

UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA
Nuevos Tiempos – Nuevas Ideas

**FACULTAD DE INGENIERÍA ADMINISTRATIVA E
INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE
INFRAESTRUCTURA EN LA EMPRESA FERREYROS S.A. SUCURSAL CUSCO
A FIN DE INCREMENTAR SU OPERATIVIDAD**

MODALIDAD:

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

BACHILLER: BELCHER CORNEJO NINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ADMINISTRATIVO

Asesor:

Hugo Enrique Oblitas Salinas

Lima – Perú

2020

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado en primer lugar a Dios por la oportunidad de vivir que me da cada día.

A mis adorables padres y hermanos por ser gran parte de mi vida y mis logros.

A mi esposa mi fiel compañera quien siempre me apoya en todo momento para continuar y avanzar con mis metas.

A la empresa Ferreyros S.A. por ser parte de mi progreso profesional.

A la Universidad Inca Garcilaso de la Vega por acogerme en su casa de estudios durante toda mi formación.

Para todos ellos es esta dedicatoria de trabajo de propuesta de mejora, con mucho afecto y aprecio.

Agradecimiento

Me siento muy orgullo de nombrar a las personas quienes contribuyeron en el proceso de mi formación como profesional a ellos les soy agradecido eternamente.

Primeramente agradezco a Dios por ser mi fortaleza cada día.

A mi esposa y a mis padres por su apoyo de siempre durante todos mis estudios.

A mi asesor de tesis magister Hugo Enrique Oblitas Salinas por todo su apoyo para escribir y concluir esta tesis.

A Ferreyros S.A por darme las facilidades y permitirme realizar mi tesis en su empresa.

A mis maestros quienes siempre me enseñaron incondicionalmente y confiaron en mí.

A la Universidad Inca Garcilaso de la Vega por formarme y darme la oportunidad de ser parte de ella.

Contenido

1.	Resumen	XII
2.	Abstract	XIII
3.	Introducción	XIV
4.	CAPITULO I.....	16
4.1.	Datos generales:.....	16
4.2.	Nombre de la empresa:	16
4.3.	Ubicación de la empresa:.....	16
4.4.	Giro de la empresa:.....	17
4.5.	Tamaño de la empresa:	17
4.6.	Breve reseña histórica de la empresa:.....	17
4.7.	Organigrama (Grafico)	19
4.8.	Misión, visión y políticas.....	21
4.8.1.	Misión:	21
4.8.2.	Visión:	21
4.8.3.	Políticas:	21
4.9.	Productos y Clientes	24
4.10.	Premios, Certificaciones.	24
4.11.	Responsabilidad social.....	27
5.	CAPÍTULO II	30

5.1.	Descripción de la realidad Problemática.	30
5.2.	Formulación del problema general y específicos.	39
5.2.1.	Problema General.....	39
5.2.2.	Problema Específico.....	39
5.3.	Objetivo General y Objetivo Específico.....	39
5.3.1.	Objetivo general	39
5.3.2.	Objetivo Específico	40
5.4.	Delimitación del estudio.....	40
5.5.	Justificación e importancia de la investigación.	41
5.5.1.	Justificación teórica.....	41
5.5.2.	Justificación practica	41
5.5.3.	Justificación metodológica.....	42
5.6.	Alcance y limitaciones.....	42
5.6.1.	Alcance.....	42
5.6.2.	Limitaciones.....	42
6.	Capítulo III	44
6.1.	Bases Teóricas	44
6.1.1.	Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) teoría según (MINSA, 2005).	44
6.1.2.	El AMFE según el texto AMFE de procesos y medios en sus páginas del 13 al 17 de autor asociación española para la calidad según (AEC).	44

6.1.3. El AMFE Según la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J – 1739 en su manual de AMEF de autor Gustavo (CARRERA, AMEF 3ra edicion , 2008) aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors.....	49
6.1.4. Análisis de fallo y efecto AMFE según el texto de mantenimiento basado en fiabilidad RCM según autor John (Moubray, s.f.).....	51
6.1.5. Tipos de mantenimiento según autor Félix (Gomez) de León en su texto tecnología del mantenimiento industrial en las páginas del 25 al 30.	57
6.2. Marco conceptual	60
6.2.1. Definiciones y términos de la metodología de análisis de criticidad según (PEREZ, s.f.)	60
6.2.2. Inspección basada en el riesgo (IBR-API RP 580) Risk Based Inspection (RBI-API RP 580) (Meneses, More, Siccha, Verastegui, & Espinoza, s.f.).....	62
6.2.3. Metodología de la mejora continua de procesos (BONILLA, DIAZ, KLEEBERG, & NORIEGA, 2010).....	66
6.3. Investigaciones	70
6.3.1. Investigaciones Internacionales.....	70
6.3.2. Investigaciones Nacionales	72
7. CAPÍTULO IV	75
7.1. Tipo y nivel de investigación.....	75
7.2. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.	76
7.3. Procesamiento de datos.	76

8.	Capítulo V	77
8.1.	Determinación de alternativas de solución.....	77
8.1.1.	Mantenimiento basado en fiabilidad RCM	77
8.1.2.	Mantenimiento utilizando la técnica de análisis modal de fallo y defecto (AMFE) 77	
8.1.3.	Mantenimiento productivo total TPM.....	78
8.2.	Evaluación de alternativas de solución.....	78
9.	Capítulo VI.....	80
9.1.	Justificación de la propuesta elegida	80
9.2.	Desarrollo de la propuesta elegida.....	81
9.2.1.	Fases para el desarrollo del análisis modal de fallo y efecto AMFE	81
9.2.2.	Iniciamos la 1RA FASE formando nuestro equipo del personal profesional.	84
9.2.3.	FASE 1: Describir la función de las máquinas, o describir sus componentes. ...	95
9.2.4.	Fase 2 Listar los modos de fallos potenciales	101
9.2.5.	Fase 3 Definir los efectos de los modos de fallo.....	105
9.2.6.	Fase 4 describir las causas que podrían originar dichos fallos.....	109
9.2.7.	Controles que permitan detectar cada modo de falla	114
9.2.8.	Fase 6 Y 7 Cálculo de prioridades.	129
9.2.9.	FASE 8 Implantar acciones de mejora para prevenirlos	146
10.	CAPÍTULO VII.....	179

10.1.	Propuesta económica de implementación.....	179
10.2.	Calendario de actividades y recursos.....	182
11.	CAPÍTULO VIII	183
11.1.	Conclusiones	183
11.2.	Recomendaciones	184
	Bibliografía	185
12.	Anexos.....	188

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Relación de equipos electromecánicos</i>	34
Tabla 2	<i>Planta de tratamiento de aguas Residuales (características)</i>	85
Tabla 3	<i>Subestación eléctrica (características)</i>	86
Tabla 4	<i>Detectores de Humo fotoeléctrico (características)</i>	86
Tabla 5	<i>Bomba contra incendios (características)</i>	88
Tabla 6	<i>CCTV video cámaras de vigilancia (características)</i>	89
Tabla 7	<i>Estaciones manuales y sirena contra incendio (características)</i>	90
Tabla 8	<i>Gabinetes contra incendios (características)</i>	90
Tabla 9	<i>Extractor de cocina (características)</i>	91
Tabla 10	<i>Grupo electrógeno C15 CAT (características)</i>	91
Tabla 11	<i>Extintores (características)</i>	92
Tabla 12	<i>Cuarto de bombeo (características)</i>	93
Tabla 13	<i>Bomba de agua pozo (características)</i>	93
Tabla 14	<i>Subestación eléctrica (función)</i>	95
Tabla 15	<i>PTAR (función)</i>	95
Tabla 16	<i>Recirculación de aguas residuales (función)</i>	96
Tabla 17	<i>CCTV video cámaras de vigilancia (función)</i>	96
Tabla 18:	<i>Bomba contra incendios (función)</i>	97
Tabla 19	<i>Detectores de Humo (función)</i>	97
Tabla 20	<i>Sistema de alarmas contra incendios (función)</i>	98
Tabla 21	<i>Trampa de grasa y lodo zona lavado Taller (función)</i>	98
Tabla 22	<i>Extractor de cocina (función)</i>	98
Tabla 23	<i>Grupo electrógeno C15 CAT (función)</i>	99

Tabla 24 <i>Tablero eléctrico (función)</i>	99
Tabla 25 <i>Cuarto de bombeo (función)</i>	99
Tabla 26 <i>Iluminación (función)</i>	100
Tabla 27 <i>Sistema de Pozos a tierra (función)</i>	100
Tabla 28 <i>Extintor contra incendios (función)</i>	101
Tabla 29 <i>Bomba de agua Pozo (función)</i>	101
Tabla 30 <i>Subestación eléctrica (método de detección de fallas)</i>	114
Tabla 31 <i>Planta de tratamiento de aguas Residuales (método de detección de fallas)</i>	114
Tabla 32 <i>Recirculación de aguas Residuales (método de detección de fallas)</i>	115
Tabla 33 <i>CCTV video cámaras de Vigilancia (método de detección de fallas)</i>	116
Tabla 34 <i>Bomba contra Incendios (método de detección de fallas)</i>	116
Tabla 35 <i>Detector de Humos (método de detección de fallas)</i>	116
Tabla 36 <i>Alarmas contra Incendios (método de detección de fallas)</i>	117
Tabla 37 <i>Extintor contra Incendios (método de detección de fallas)</i>	117
Tabla 38 <i>Extractor de Cocina (método de detección de fallas)</i>	118
Tabla 39 <i>Cuarto de bombeo (método de detección de fallas)</i>	118
Tabla 40 <i>Iluminación (método de detección de fallas)</i>	118
Tabla 41 <i>Luz de emergencia (método de detección de fallas)</i>	119
Tabla 42 <i>Pozo a Tierra (método de detección de fallas)</i>	119
Tabla 43 <i>Bomba de agua Pozo (método de detección de fallas)</i>	119
Tabla 44 <i>Subestación eléctrica (método de detección de fallas)</i>	120
Tabla 45 <i>Recirculación de aguas Residuales (método de detección de fallas)</i>	120
Tabla 46 <i>Planta de tratamiento de aguas Residuales (método de detección de fallas)</i>	121

Tabla 47 <i>CCTV Cámaras de Vigilancia (método de detección de fallas)</i>	122
Tabla 48 <i>Trampa de grasa y lodo (método de detección de fallas)</i>	124
Tabla 49 <i>Cuarto de Bombeo / Bomba contra incendios (método de detección de fallas)</i>	124
Tabla 50 <i>Detección y Alarmas contra incendios (método de detección de fallas)</i>	125
Tabla 51 <i>Extractor de cocina (método de detección de fallas)</i>	126
Tabla 52 <i>Iluminación (método de detección de fallas)</i>	126
Tabla 53 <i>Grupo electrógeno C15 CAT (método de detección de fallas)</i>	126
Tabla 54 <i>Tablero Eléctrico (método de detección de fallas)</i>	127
Tabla 55 <i>Extintores contra incendios (método de detección de fallas)</i>	128
Tabla 56 <i>Bomba de agua Pozo</i>	128
Tabla 57 <i>Gastos para la implementación de la propuesta</i>	180
Tabla 58 <i>Gastos en mantenimiento de equipos</i>	181
Tabla 59 <i>Calendario de actividades</i>	182

Índice de figuras

Figura 1 Ferreyros S.A. Sucursal Cusco.....	17
Figura 2 Organigrama de la empresa.....	20
Figura 3 Premiación.....	28
Figura 4 Responsabilidad social	29
Figura 5 Reporte de averías	31
Figura 6 Diagrama Ishikawa.....	38
<i>Figura 7</i> Formato AMFE	53
Figura 8 Criterios de evaluación.....	56
<i>Figura 9</i> Probabilidad vs Consecuencia.....	64
Figura 10 Recirculación de aguas residuales (características).....	87
Figura 11 Formato AMFE Subestación Eléctrica.....	147
Figura 12 Formato AMFE CCTV Video Cámaras.....	152
Figura 13 Formato AMFE Bomba Contra Incendios	154
Figura 14 Diagrama de Gantt.....	183

Resumen

Ferreiros s.a. Cusco se encuentra ubicado en el predio Las Fuentes Cachimayo - Anta carretera Cusco – Abancay, la empresa se dedica a la venta de bienes y servicios.

La empresa cuenta con un área total de 10250 m² en el cual su infraestructura cuenta con equipos y componentes electromecánicos para su funcionamiento y el desarrollo de sus actividades, cuyos equipos no cuentan con un mantenimiento adecuado y a tiempo, esto se refleja en paradas inesperadas, averías en los equipos afectando a su vez el desarrollo normal de las actividades de la empresa. Con el presente trabajo se ha propuesto implementar un plan de mantenimiento preventivo aplicando la metodología del AMFE, cuya metodología nos ayuda a analizar los modos de fallo, causas y efectos del fallo así como también la prioridad de atención que cada equipo debe tener. Con el AMFE logramos detectar en los equipos las posibles fallas, sus efectos y las causas, también se detectaron los equipos con mayor prioridad de atención.

Con el análisis aplicado a los equipos y la información recolectada logramos elaborar un programa de mantenimiento preventivo para cada equipo de infraestructura, con ello se espera llevar y alcanzar un correcto control en el mantenimiento y conservación de los equipos a su vez incrementar la operatividad en cada equipo ayudando así al desarrollo normal de las actividades en la empresa.

En esta tesis se recolectó toda la información necesaria de todos los equipos de infraestructura de la empresa Ferreiros s.a. Cusco. Se ha podido determinar que las principales fallas de los equipos están referido a la falta de periodicidad de mantenimiento, falta de información adecuada sobre la operación de los equipos y la falta de intervalos de mantenimiento así como la falta de documentación.

Palabras Clave: Mantenimiento, AMFE.

Abstract

Ferreyros sa Cusco is located in the Las Fuentes Cachimayo - Anta highway Cusco - Abancay property, the company is dedicated to the sale of goods and services.

The company has a total area of 10,250 m² in which its infrastructure has electromechanical equipment and components for its operation and development of its activities, whose equipment does not have adequate and timely maintenance, this is reflected in unexpected stops, breakdowns in the teams affecting in turn the normal development of the company's activities. With this work, it has been proposed to implement a preventive maintenance plan applying the AMFE methodology, whose methodology helps us to analyze the failure modes, causes and effects of failure as well as the priority of attention that each team should have. With the FMEA, we were able to detect possible failures, their effects and causes in the equipment, the equipment with the highest priority of attention was also detected.

With the analysis applied to the equipment and the information collected, we were able to develop a preventive maintenance program for each infrastructure equipment, with this it is expected to carry and achieve a correct control in the maintenance and conservation of the equipment, in turn, to increase the operability in each team thus helping the normal development of activities in the company.

In this thesis, all the necessary information was collected from all the infrastructure teams of the company Ferreyros sa Cusco. It has been determined that the main failures of the equipment are referred to the lack of periodicity of maintenance, lack of adequate information on the operation of the equipment and the lack of maintenance intervals as well as the lack of documentation.

Keywords: Maintenance, AMFE.

Introducción

Debido a que la empresa Ferreyros s.a. Sucursal Cusco no cuenta con un plan de mantenimiento de equipos de infraestructura, en lo cual se veía afectado la operatividad de dichos equipos y el desarrollo de las actividades en la empresa, se presenta la propuesta del plan de mantenimiento preventivo de equipos de infraestructura en la empresa Ferreyros s.a. Sucursal Cusco, a fin de incrementar su operatividad en el año 2020.

El cual tiene como objetivos: Proponer un plan de mantenimiento preventivo para equipos de infraestructura. Analizar las fallas y problemas de los equipos. Determinar la prioridad de mantenimiento. Definir los controles adecuados, todo ello a través de la técnica AMFE en sus 8 fases.

La técnica AMFE fue de mucha importancia esto ayudó a analizar los equipos a detalle detectando los modos y efectos de fallo.

A través del proceso del análisis y los resultados obtenidos se pudo crear un programa de mantenimiento preventivo, así mismo se pudo recolectar documentación importante de los equipos como manuales y especificaciones, para una apropiada operación y conservación de los equipos.

Capítulo I: Hace referencia de los datos generales y sus características de la empresa.

Capítulo II: Se detalla la realidad problemática de la empresa, cuáles son los síntomas, causas del problema, los objetivos, problemas específicos y justificación.

Capítulo III: Se refiere a los conceptos teóricos e investigaciones relacionados al presente trabajo de propuesta de mejora.

Capítulo IV: Se describe la metodología y técnicas a seguir para el proceso del presente trabajo.

Capítulo V: Se exponen las diferentes alternativas de solución, se realiza la evaluación y análisis críticos a los planteamientos de las diversas alternativas presentadas.

Capítulo VI: Se detalla de modo específico la justificación de la solución escogida para luego desarrollar la propuesta elegida.

Capitulo VII: Se elabora la implementación de la propuesta de mejora a través de un presupuesto de costos y un calendario de actividades.

Capitulo VIII: Se realiza las conclusiones y recomendaciones propicias a la presente propuesta de mejora.

CAPITULO I

Generalidades de la empresa

4.1. Datos generales:

Ferreyros S.A. es la organización líder en la comercialización de bienes de capital en el Perú, y en el abastecimiento de servicios en el ámbito, parte de la corporación Ferreycorp es distribuidora de Caterpillar desde el año 1942 así como de otras prestigiosas marcas.

Tipo de organización:

-Persona Jurídica

-RUC: 20100028698

Gerente general: Gonzalo Díaz Pro.

Administrador Sucursal Cusco: Angel Benjamin Carpio Delgado.

4.2. Nombre de la empresa:

FERREYROS S.A.

4.3. Ubicación de la empresa:

Sede central Lima Perú y cuenta con 12 sucursales, 6 oficinas a nivel nacional dentro de ellas sucursal Cusco que se encuentra en la carretera Cusco - Abancay (Predio las fuentes Cachimayo Anta).

Figura 1

Ferreyros S.A. Sucursal Cusco



Fuente : Elaboracion propia.

4.4. Giro de la empresa:

Comercialización de maquinaria, equipos y servicio postventa de la línea Caterpillar y sus marcas aliadas.

4.5. Tamaño de la empresa:

Gran empresa perteneciente al grupo Ferreycorp.

Monto de facturación sobre los 2300 UIT anuales.

4.6. Breve reseña histórica de la empresa:

Enrique Ferreyros Ayulo y un grupo de socios fundaron la empresa Enrique Ferreyros y Cía en 1922. Sociedad en Comandita, la cual se dedicó en sus inicios a la comercialización de productos de consumo masivo.

Veinte años más tarde la organización experimentó un giro trascendental cuando tomó la decisión de asumir la representación de Caterpillar en el Perú. A partir de entonces, la compañía incursionó en nuevos negocios y comenzó a redefinir su cartera de clientes, marcando así el futuro desarrollo de toda la organización.

Dos décadas después, en la década de los 60, otras líneas de máquinas y equipos como Massey Ferguson le encomendaron su representación. Asimismo, fue en 1962 que la empresa concretó su inscripción en la Bolsa de Valores de Lima convirtiéndose en una compañía de accionariado difundido.

En 1981, la empresa se transformó en sociedad anónima como parte de un proceso de modernización a fin de reflejar la nueva estructura accionaria.

Ello la llevó finalmente a convertirse en 1998, en una sociedad anónima abierta bajo la denominación de Ferreyros S.A.A.

En el 2012, como consecuencia del crecimiento experimentado por Ferreyros y por las otras compañías subsidiarias del grupo, se procedió a realizar una reorganización corporativa. Antes del cambio la empresa Ferreyros S.A.A. se dedicaba a las funciones operativas de una compañía distribuidora de bienes de capital y adicionalmente a un rol corporativo que definía los lineamientos de todas las empresas de la organización.

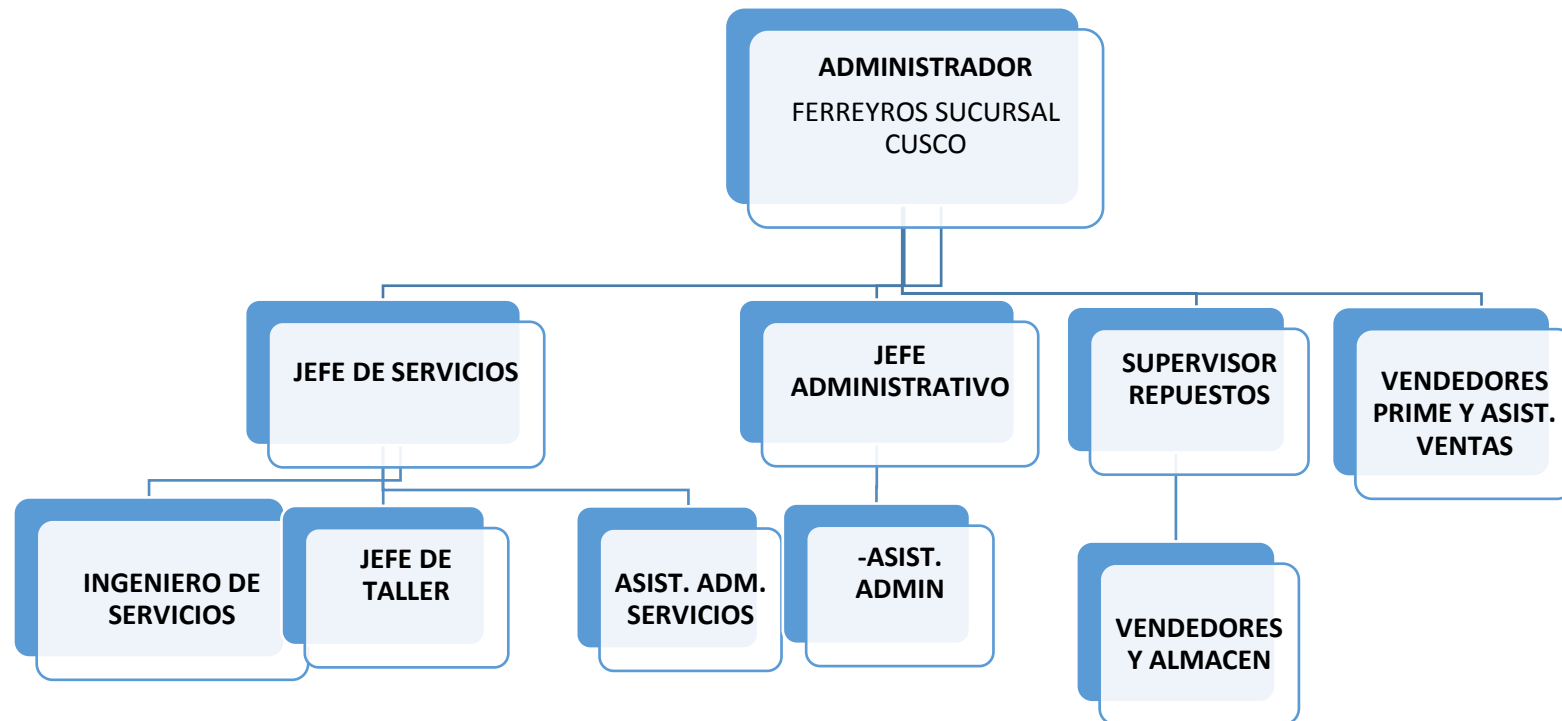
Gracias a la reorganización, Ferreyros S.A.A. se transformó en Ferreycorp S.A.A., que asumió el rol corporativo en su calidad de holding del grupo, propietaria de todas las subsidiarias de la corporación, tanto las locales como las extranjeras. Por su parte, la compañía Ferreyros S.A. fue asignada a dedicarse exclusivamente a la comercialización de maquinaria, equipos y servicio postventa de la línea Caterpillar y sus marcas aliadas.

Esta nueva estructura organizativa está diseñada para permitir que cada una de las subsidiarias de la corporación se enfoque mejor en la propuesta de valor a sus clientes, logrando una mejor cobertura para atender las propias oportunidades de negocio y mejorar así sus capacidades operativas.

4.7. Organigrama (Grafico)

Figura 2

Organigrama de la empresa



Fuente: Ferreyros

4.8. Misión, visión y políticas.

4.8.1. Misión:

Proveer las soluciones que cada cliente requiere, facilitándole los bienes de capital y servicios que necesita para crear valor en los mercados en los que actúa.

4.8.2. Visión:

Fortalecer nuestro liderazgo siendo reconocidos por nuestros clientes como la mejor opción de manera que podamos alcanzar las metas de crecimiento.

4.8.3. Políticas:

a) Política integrada de seguridad, salud y medio ambiente.

Ferreyros S.A. integrante de la corporación Ferreyrcorp liderada por nuestra alta dirección y conscientes de la responsabilidad de proveer un ambiente de trabajo seguro y saludable, nos regimos por sólidos valores de equidad, integridad y respeto a la persona, mismos que se reflejan en la protección de nuestros trabajadores y del medio ambiente acorde a la normatividad vigente aplicable en materia de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, manteniendo altos estándares de desempeño para lograr este objetivo Ferreyros S.A. se compromete a:

- Proteger la seguridad y salud de los trabajadores mediante la prevención de lesiones, dolencias, enfermedades e incidentes relacionados con el trabajo, proporcionando condiciones de trabajo seguras y saludables.
- Proteger el medio ambiente y prevenir la alteración de la calidad Ambiental mediante la utilización de prácticas, técnicas, materiales, productos, servicios o energía para evitar, reducir o controlar la generación, emisión o descarga de agentes o residuos con el fin de reducir impactos ambientales adversos.

- Respetar y cumplir los requisitos legales y otros que la organización suscriba en materia de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
- Establecer objetivos y metas para el cumplimiento de los compromisos establecidos en la presente política y que conlleven a la mejora continua del sistema de gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.
- Contar con un Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente que permita identificar los peligros, evaluar y controlar los riesgos laborales relativos a los establecimientos y operaciones, así como controlar los aspectos ambientales significativos que puedan afectar a nuestros trabajadores y al medio ambiente.
- Promover la consulta y participación de los trabajadores y sus representantes en los elementos del Sistema de Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

b) Política de suspensión y derecho a no realizar trabajos inseguros

Ferreyros S.A. liderada por su alta dirección, establece lineamientos para asegurar que todo trabajador de la empresa y empresas contratistas conozcan y apliquen su derecho a suspender o no realizar un trabajo inseguro.

En tal sentido:

- Todo colaborador que observe actos o condiciones inseguras asociada a una tarea o actividad tiene la facultad de detener u ordenar su detención, avisando de forma inmediata a su jefatura directa y a las áreas implicadas a fin de proceder con las acciones correctivas pertinentes.
- Todo colaborador tiene derecho a suspender o no realizar trabajos inseguros si tiene causas razonables para considerar que con ello pondría en riesgo su propia integridad o la de los colaboradores o implicara la transgresión a las normas internas de la empresa en materia

de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, hecho que deberá ser informado a la jefatura inmediata.

- Ningún colaborador podrá ser sometido a acción disciplinaria como producto de la aplicación de la política.
- La SEGURIDAD está al mismo nivel de la PRODUCCIÓN. De presentarse conflictos, la jefatura directa será responsable de gestionar los riesgos de tal forma que las actividades se ejecuten de forma controlada previniendo daños, lesiones y enfermedades a los trabajadores o contaminación de las instalaciones.

c) Política de fatiga y somnolencia.

Ferreyros S.A en concordancia con la Política Integrada de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, considera que las buenas prácticas para el control de fatiga y somnolencia benefician a sus trabajadores y a los procesos productivos de la empresa. Por ello, con el compromiso y liderazgo de todos los trabajadores busca tener un control efectivo de la fatiga y somnolencia.

Para alcanzar el éxito, todos debemos asumir un rol activo frente a este compromiso, realizando cada trabajo con seguridad y protegiendo nuestra propia salud e integridad, así como la de nuestros colegas y terceros.

Siendo conscientes que el estado de alerta y descanso apropiado de sus colaboradores son claves para seguridad y el éxito del negocio, se compromete a:

- Brindar condiciones adecuadas de trabajo y facilitar los recursos necesarios para garantizar el correcto descanso y sueño del personal en todas sus operaciones.
- Cumplir con las normas, procedimientos establecidos para el respeto de horarios de trabajo, sobretiempo y descanso establecido.

- Desarrollar y cumplir con los controles de riesgo establecidos en sus actividades para todos los integrantes de la organización a fin de prevenir la fatiga y somnolencia.
- Sensibilizar a todo el personal propio y contratista sobre las medidas para prevenir la fatiga y somnolencia.
- Mantener canales de comunicación abiertos para lograr que estas sean efectivas entre la supervisión, jefes, gerentes y colaboradores en lo referente a las acciones e iniciativas orientadas a controlar la fatiga y somnolencia.
- Lograr el compromiso de sus proveedores y contratistas en las iniciativas aplicables a la prevención de la fatiga y somnolencia en el lugar de trabajo.
- Cumplir con los controles establecidos para el control de la fatiga y somnolencia establecidos por nuestros clientes.
- Esta política involucra a todos los colaboradores de Ferreyros S.A., así como a los contratistas, proveedores y visitantes, quienes deberán conocerla, entenderla y aplicarla durante todas sus actividades.

4.9. Productos y Clientes

Maquinaria, equipos y servicio postventa de la línea Caterpillar, Massey ferguson y Metso.

Clientes. Gobierno y privados en el sector Construcción, Minería, Agrícola, Energía, Marino y Pesca.

4.10. Premios, Certificaciones.

- Ferreyros ocupó el 2do lugar en los Premios Pro Activo 2019, ocupamos el 2do lugar en la categoría "Instituciones vinculadas al desarrollo sostenible con los recursos de la Tierra" por nuestro proyecto “Mejoramiento y Ampliación del servicio de Agua Potable”, obras realizadas en Zurite y Sangará a 3,400 m.s.n.m.

- Somos parte de las 5 empresas con mejor reputación en el Perú, por séptimo año consecutivo hemos sido reconocidos como una de las 10 empresas con Mejor Reputación en el Perú y como la principal del sector industrial, ocupando este año el 4to lugar en el ranking Merco Talento 2018.
- Caterpillar reconoció a Ferreyros por el éxito de CCR, durante la convención Mining Sales University, en Chicago, Caterpillar reconoció como caso de éxito a Ferreyros, en la modalidad de reconstrucción Cat Certified Rebuild (CCR) para cargadores de bajo perfil que se usan en minería subterránea.
- Por quinto año consecutivo, hemos sido reconocidos como una de las 10 Mejores Empresas para Atraer y Retener Talento en el Perú y como la líder en su sector, ocupando este año el 8vo lugar en el ranking Merco Talento 2018.
- Ferreyros obtuvo certificación OEA a inicios del año 2017, el 19 de enero, Ferreyros obtuvo la certificación Operador Económico Autorizado (OEA), otorgado por la SUNAT, en la categoría Exportador e Importador.

Esta certificación está dirigida a exportadores, importadores, agentes de aduanas y almacenes; y busca que cumplan determinados estándares de seguridad de comercio exterior, siguiendo la normatividad vigente, el sistema adecuado de registros contables y logísticos, la solvencia financiera y el nivel de seguridad adecuado.

Las áreas que han trabajado para ser evaluadas y revisadas para demostrar a SUNAT que nuestros procesos son seguros son:

- Logística Compras
- Transportes
- Servicios Logísticos

-TI

-RRHH

-Auditoría

-Marketing

-Administración y Finanzas

-Contabilidad

-Seguridad

-Almacenes

La certificación OEA tiene una validez indefinida y es revisada anualmente por el ente regulador.

- 5-Star Certification Award Caterpillar - 2019 Ferreyros – Cusco obtuvo 5 estrellas por gestión del control de contaminación de sus talleres.
- Distintivo de Empresa Socialmente Responsable Entregado por Perú 2021.
- Ferreyros recibió el “Sello empresa segura libre de violencia y discriminación contra la mujer”, otorgado por el Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables (MIMP) a aquellas compañías que realizan esfuerzos destinados a la promoción de la no discriminación y no violencia contra la mujer.
- Programa de Excelencia en Servicio de Caterpillar 2017 Ferreyros alcanzó el máximo nivel Gold en el Programa de Excelencia en Servicio de Caterpillar, que evalúa indicadores como la calidad del soporte posventa, la preparación de técnicos y la satisfacción de clientes.

- Merco Talento 2017- Entre las 10 mejores empresas para atraer y retener talento en Perú y líder en su sector Entregado por Merco y la Universidad ESAN a Ferreyros S.A. por cuarto año consecutivo.
- Merco Empresas 2017- Entre las 5 empresas con mejor reputación y líder en el sector.
- Llave de la Bolsa de Valores de Lima 2017 Concedida a Ferreycorp, por quinta vez, por ser la rama emisora con mejores prácticas de gobierno corporativo en el Perú

4.11. Responsabilidad social

Ferreyros cree firmemente que la responsabilidad social debe estar integrada en la gestión empresarial, buscando generar impactos positivos en todos los grupos de interés. A continuación, presentamos una perspectiva de sus iniciativas con cada uno de ellos.

- **Nosotros:** Ferreyros asume activamente el rol de la empresa privada como agente de cambio y como impulsora del progreso del país.
- **Colaboradores:** Nuestra mayor ventaja competitiva es el recurso humano, los colaboradores son quienes forjan el liderazgo y solidez de la compañía.
- **Accionistas:** Altos estándares de cumplimiento y liderazgo en materia de buen gobierno corporativo.
- **Proveedores:** Valoramos la relación con nuestros proveedores basada en principios claramente establecidos, como transparencia, trato equitativo y crecimiento mutuo.
- **Gobierno y sociedad:** Mantenemos una férrea política de seriedad, ética y transparencia en todas nuestras operaciones comerciales.

- **Comunidad:** Ferreyros promueve la formación de estudiantes con valores y responsabilidad ciudadana. Asimismo, impulsa obras de infraestructura y servicios básicos para la comunidad.
- **Clientes:** Promovemos relaciones comerciales de mutuo beneficio y largo plazo con nuestros clientes ofreciéndoles soluciones integrales para sus negocios.
- **Medio ambiente:** Adoptamos un enfoque preventivo como principio fundamental para proteger el medio ambiente.

Figura 3

Premiación



Fuente: revista Ferreyros

Figura 4

Responsabilidad social



Fuente: revista Ferreyros

CAPÍTULO II

Planteamiento del Problema

5.1. Descripción de la realidad Problemática.

Ferreyros S.A. sucursal Cusco empresa dedicada a la venta de equipos, repuestos y servicios tiene dentro uno de sus objetivos la satisfacción con el buen servicio a sus clientes es por ello la importancia del buen funcionamiento de la organización en todas sus áreas.

Desde este punto de vista, las organizaciones requieren contar con los equipos de infraestructura y elementos en óptimo funcionamiento a fin de que se garantice el cumplimiento de las tareas y procesos por parte de cada trabajador y esencialmente se logre el buen servicio y la total satisfacción de los clientes internos y externos. Sin embargo, no siempre las organizaciones cuentan con las herramientas, maquinaria y demás elementos en funcionamiento óptimo, esto debido por que no se cuenta en la empresa con un área de mantenimiento en específico, encargado de realizar la planificación y cumplimiento del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los equipos de infraestructura por lo que termina reduciendo su operatividad de dichos equipos lo cual se refleja en paradas de planta, talleres u oficinas, incomodidad e insatisfacción de clientes internos y externos tal es el caso de Ferreyros S.A Sucursal Cusco.

Figura 5*Reporte de averías*

Reporte de averías mas relevantes y días inoperativos de equipos de infraestructura en Ferreyros Cusco entre nov 2018 y feb 2020						
F/Reporte	Equipo	Observacion	Reportado	F/Reparaci	Días Inop. Equip	
05-nov-18	Sistema de detección y alarma contra incendios	Alarmas no se activan	Seguridad y vigilancia	01-feb-19	-88	
12-dic-18	CCTVS sistema de video cámaras	Falta mantenimiento	Seguridad y vigilancia	15-mar-19	-93	
03-feb-19	Cuarto de bombeo	Baja presion de agua	Todas las areas	04-feb-19	-1	
20-feb-19	Bombeo de sistema de recirculación de aguas residuales	Inoperativo	Taller de servicios	30-mar-20	-404	
12-mar-19	Sistema de red de agua contra incendios gabinetes	Falta mantenimiento	Seguridad y vigilancia	05-may-19	-54	
18-mar-19	Bomba de agua – pozo	Falta mantenimiento	Administracion	20-mar-19	-2	
jun-19	Trampa de grasas y barro – zona lavado	Suciedad excesiva	Taller de servicios	01-nov-19	-153	
15-jun-19	Planta de tratamiento de aguas residuales	Atascamiento de bombas sumergibles	Administracion	18-jun-19	-3	
20-jun-19	Sistema de extracción de cocina	Extractores taponado	Comedor	27-jun-19	-7	
08-jul-19	Subestacion electrica	No hay energia electrica	Todas las areas	09-jul-19	-1	
01-sep-19	Cuarto de bombeo	Fugas hidraulicas	Taller de servicios	05-sep-19	-4	
10-sep-19	Tableros eléctricos	Falta mantenimiento	Seguridad y vigilancia	15-sep-19	-5	
27-dic-19	Cuarto de bombeo	Ruido extraño en bombas	Taller de servicios	03-ene-20	-7	
05-ene-20	Subestacion electrica	Ruido extraño en transformador	Todas las areas	07-ene-20	-2	
					-824	Total

Fuente: Elaboración propia

- **Ferreyros S.A Cusco cuenta con un área total de 10,250m² y el área construida de sus oficinas talleres es:**

1. Área Administrativa y Servicios 810.50 m²
2. Área de Servicio de Campo y archivos 80.80m².
3. Área de Almacén 661.18 m².
4. Área de Taller de Componentes 566.25 m².
5. Área de Taller de Máquinas 566.25 m²
6. Área de taller de pintura 136.5m²
7. Área de lavado de equipos 140m²
8. Área de Residuos 55.6m²
9. Área de Sistemas de Servicios 113.53 m²
10. Patios de Maniobras.
11. Sistemas de Servicios.

- **Zona de Subestación:** Presenta un área de 55.13 m² en la se encuentran los equipos de media tensión (10,000 voltios) que se conecta al Concesionario de Energía eléctrica Electro Sur Este.
- **Zona para Grupo Electrónico y Tableros Generales Eléctricos:** Ocupan un área de 58.40 m², se encuentran en ambientes separados con ingresos independientes, están ubicados detrás de la Zona de Subestación.
- **Zona de Cisternas:** El Proyecto cuenta con dos cisternas: Cisterna de agua de uso doméstico y cisterna de agua contra incendios. La cisterna de uso doméstico cuenta con un volumen de almacenamiento de 15.70 m³. La cisterna de agua contra incendios cuenta con un volumen de almacenamiento de 60.00 m³. Ambas

cisternas están situadas en la cota más alta del predio y cuentan con un cuarto de bombas.

- Pozo de Agua: La fuente de abastecimiento de agua para consumo humano es por medio de la captación de aguas subterráneas que se encuentra ubicado en el patio de maniobras frente a la zona de ampliación del almacén de repuestos.
- **Zona de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:** se decidió implementar para tratamiento de aguas residuales domesticas provenientes dela cafetería y los servicios higiénicos la PTAR se encuentra ubicada en la zona lateral de exposición de maquinarias.
- **Se cuenta con un total 59 trabajadores:**
 1. Personal Administrativos 25 personas
 2. Personal Técnicos operarios 23 personas
 3. Personal soporte TIC 01 persona
 4. Personal de limpieza 04 personas
 5. Personal vigilancia 04 persona
- **Funciones de cada área:**
 1. **El área de administración ventas:** impulsar la venta de maquinarias, repuestos y servicios, gestión de créditos y cobranzas también tiene como encargo RR.HH. y el mantenimiento de infraestructura de la sucursal.
 2. **El área de servicios:** es encargada de brindar todo el soporte técnico a maquinarias de los clientes en talleres y en campo.
 3. **El área de almacén:** es encargada de la recepción, almacenamiento, conservación, control y despacho de repuestos y suministros para el soporte técnico.

Tabla 1*Relación de equipos electromecánicos*

Nº	EQUIPAMIENTO
1	Subestación eléctrica
2	Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)
3	Sistema de Recirculación de aguas residuales
4	CCTV sistema de video cámaras de Vigilancia
5	Sistema de detección y alarma contra incendios
6	Trampa de grasa y lodo – zona lavado Taller
7	Sistema de extracción de vapores de cocina
8	Grupo electrógeno C15 CAT
9	Tableros eléctricos
10	Cuarto de bombeo
11	Sistema de iluminación
12	Sistema de red de agua contra incendios
13	Sistema de pozos a tierra
14	Extintores
15	Bomba de agua pozo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de Ferreyros

- **Síntomas del problema:**

1. Paradas de operaciones de la empresa por falla de equipos de infraestructura.
2. Incremento de gastos en Mantenimiento correctivos.
3. Demoras en atenciones de mantenimiento por personal tercero.
4. Tiempo acortado de vida útil de los equipos y componentes de infraestructura.
5. Fallas prematuras de equipos y componentes de infraestructura.
6. Quejas por parte del cliente interno por fallas en el sistema eléctrico y mecánico.

7. Fallas en el sistema de bombeo de agua de uso doméstico y PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales).

- **Causas del problema:**

1. La empresa no cuenta con personal de mantenimiento de equipos de infraestructura.
2. La empresa no aplica el mantenimiento adecuado a los equipos.
3. No se cuenta con un cronograma de mantenimiento establecido.
4. Falta manual de operación y mantenimiento de los equipos de infraestructura.
5. Falta registro de mantenimientos e inspecciones.
6. Demora en el suministro de repuestos por no contar con stop dentro de la ciudad.
7. En la zona de ubicación de la empresa no se cuenta con saneamiento básico por lo cual la empresa cuenta con su propio sistema de tratamiento de aguas residuales.
8. En la empresa no se cuenta con el servicio de agua potable por lo que tiene su propio sistema de bombeo de agua.
9. El agua del sub suelo que extrae la empresa para su uso acelera en la corrosión en las tuberías y sistema de bombeo.
10. Componentes frágiles de sistema de bombeo de agua de uso doméstico y PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales).
11. Mal uso y aplicación de los equipos de infraestructura.
12. Personal a cargo con poca experiencia.
13. El personal administrativo no cumple con sus deberes de control.
14. Componentes usados por más tiempo que su vida útil.
15. No hay un almacenamiento adecuado de repuestos.
16. No existe un plan de capacitación al personal.

- 17. No actúa el Comité de Control Interno.
- 18. No existe un plan de reposición de maquinarias.
- 19. Falta de control de calidad al momento de comprar.
- 20. No existe un control de vida útil de las maquinarias.

- **Diagrama de Ishikawa:**

Disminución en la operatividad de los equipos

- **1. A nivel personal:**

- Inadecuado uso de equipos.
- Personal con poca experiencia.
- Mala aplicación de equipos.
- No hay personal técnico encargado.
- No se cuenta con personal capacitado.
- El personal administrativo no cumple con sus deberes de control.

1. A nivel Maquina:

- Falla de equipos.
- Mantenimiento a destiempo.
- Maquinarias y componentes usados por más tiempo que su vida útil.
- Componentes desgastados.
- No hay un almacenamiento adecuado de repuestos.
- Funcionamiento defectuoso.
- Equipos en mal estado.

2. A nivel de métodos:

- No existe un plan de capacitación al personal.

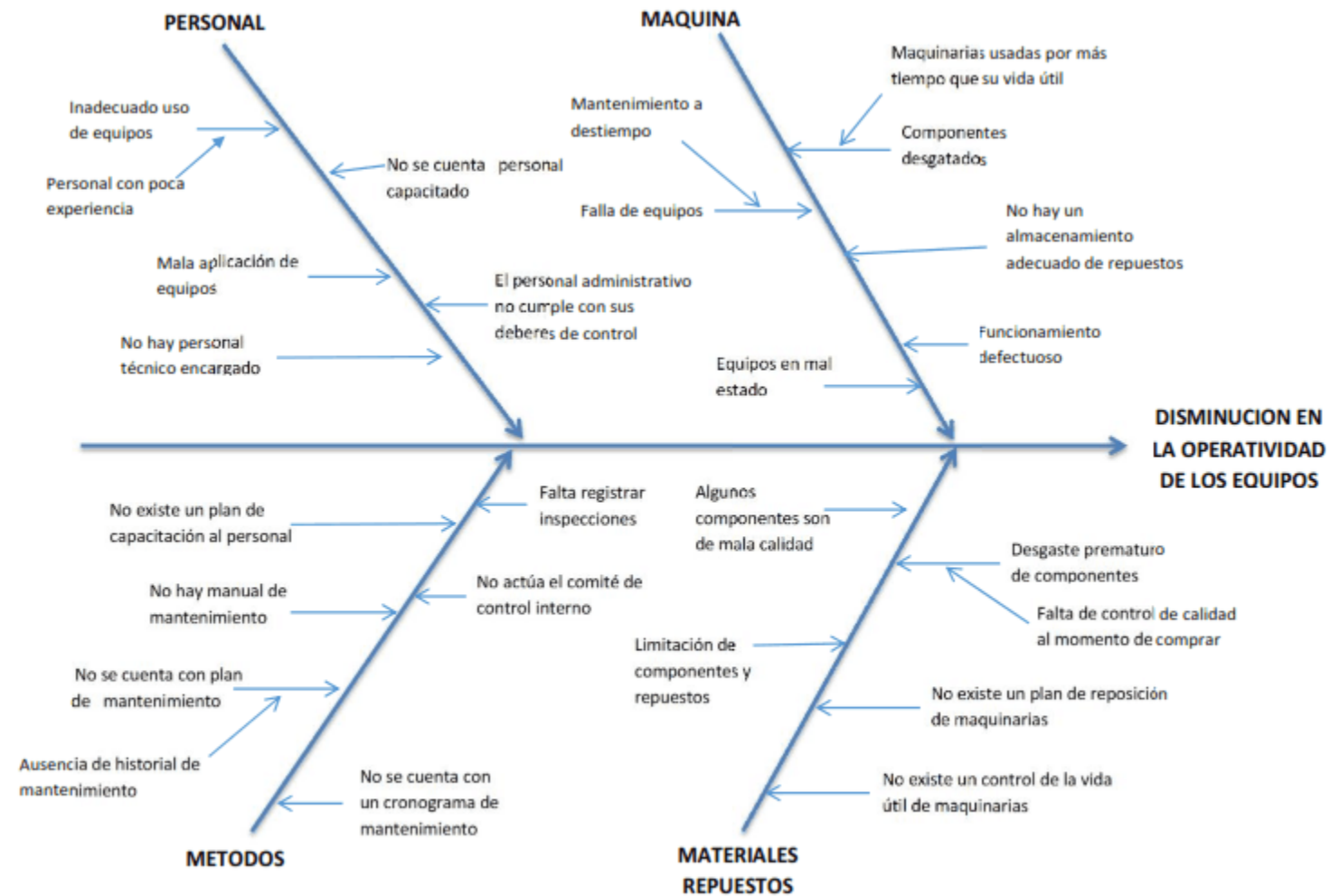
- Falta registrar inspecciones.
- No hay manual de mantenimiento.
- No actúa el comité de control interno.
- No se cuenta con plan de mantenimiento.
- Ausencia de historial de mantenimiento.
- No se cuenta con un cronograma de mantenimiento.

3. A nivel material repuestos

- Algunos componentes son de mala calidad.
- Desgaste prematuro e componentes.
- Falta de control de calidad al momento de comprar.
- Limitación de componentes y repuestos.
- No existe un plan de reposición de máquinas.
- No existe un control de la vida útil de maquinarias.

Figura 6

Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

5.2. Formulación del problema general y específicos.

5.2.1. Problema General

¿De qué manera la propuesta de plan de mantenimiento preventivo de equipos de infraestructura puede incrementar su operatividad de dichos equipos en la empresa Ferreyros S.A. Sucursal Cusco en el año 2020?

5.2.2. Problema Específico

➤ Problema específico 1

¿Es necesario analizar los orígenes de las fallas y problemas de los equipos de infraestructura a fin de incrementar su operatividad de dichos equipos en la empresa Ferreyros S.A. Sucursal Cusco en el año 2020?

➤ Problema específico 2

¿Es necesario determinar la prioridad de mantenimiento de equipos, la cual deberá ejecutarse en los equipos de infraestructura a fin de incrementar su operatividad en la empresa Ferreyros S.A. Sucursal Cusco en el año 2020?

➤ Problema específico 3

¿Es necesario recolectar y documentar toda la información de los equipos de infraestructura para llevar un control adecuado en la empresa Ferreyros S.A Sucursal Cusco a fin de incrementar su operatividad el año 2020?

5.3. Objetivo General y Objetivo Específico

5.3.1. Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de infraestructura a fin de incrementar su operatividad en la empresa Ferreyros S.A Sucursal Cusco en el año 2020.

5.3.2. *Objetivo Específico*

➤ Objetivo específico 1

Analizar los orígenes de las fallas y problemas de los equipos de infraestructura a fin de incrementar su operatividad de dichos equipos en la empresa Ferreyros S.A. Sucursal Cusco en el año 2020.

➤ Objetivo específico 2

Determinar la prioridad de mantenimiento de equipos, la cual deberá ejecutarse en los equipos de infraestructura a fin de incrementar su operatividad en la empresa Ferreyros S.A. Sucursal Cusco en el año 2020.

➤ Objetivo específico 3

Recolectar y documentar toda la información de los equipos de infraestructura para llevar un control adecuado en la empresa Ferreyros S.A Sucursal Cusco a fin de incrementar su operatividad el año 2020.

5.4. Delimitación del estudio.

La empresa Ferreyros, es una compañía con sede principal en Lima y con 12 Sucursales, 6 oficinas en diferentes regiones del Perú dentro de ellos se encuentra en la región de Cusco, ruta hacia Abancay predio las fuentes Cachimayo Anta, lo que implica que es una compañía grande en extensión de mercado que tiene a su alcance, por lo que nuestro estudio se realizará solamente en la Sucursal de Cusco, ya que realizar un análisis del estado de la empresa y plantear una propuesta de mejora a toda la empresa requiere un monto de financiamiento considerable y por ser el presente trabajo académico y no contar con financiamiento externo se realiza solamente en la sede de Cusco. En conclusión, en el presente trabajo analizaremos el estado de las operaciones de la empresa, maquinarias, equipos, herramientas y personal para plantear una propuesta de mejora a los

responsables de la sede de Cusco esperando que en un momento futuro tenga resultados óptimos y se realice un estudio y plan de mejora a nivel nacional.

5.5. Justificación e importancia de la investigación.

5.5.1. *Justificación teórica*

El presente trabajo es de gran importancia ya que servirá como implementación dentro del plan de ejecución del mantenimiento preventivo de equipos de infraestructura en de Ferreyros S.A. Sucursal Cusco.

El resultado del trabajo de mejora será primordial ya que este tema es uno de los principales problemas en el mantenimiento de activos en las Empresas. La propuesta que se expone ayudara a la empresa a llevar un control adecuado y correcto, sobre el mantenimiento preventivo de sus equipos de infraestructura de acuerdo a un programa y por el cual se busca aumentar su operatividad a la vez reduciendo gastos de mantenimientos correctivos.

5.5.2. *Justificación practica*

Con las evaluaciones aplicadas a los equipos se podrá identificar con exactitud los problemas que adolecen los equipos de infraestructura, se identificará también que equipos requieren mayor prioridad. Con esto se determinaran propuestas para que Ferreyros Cusco pueda establecer un diseño de mantenimiento a seguir, para que así cada uno de sus equipos de infraestructura tenga un incremento de vida útil en su operatividad y a la vez no se vean afectadas las operaciones de la empresa.

El trabajo de mejora busca diseñar un Plan de Mantenimiento mediante la aplicación de la investigación metodológica, para seleccionar las estrategias de mantenimiento, incrementando así la operatividad de los equipos de infraestructura y reduciendo fallas en los mismos.

5.5.3. Justificación metodológica

Con la finalidad de cumplir con cada uno de los procesos de esta investigación, se realizará un plan de mantenimiento basado en protocolos de mantenimiento, que parten de la idea de que los equipos se pueden agrupar por tipos, y hacer el uso del método que nos permita realizar un análisis a detalle de todas las fallas en todos sus aspectos, que pudiera tener cada equipo (AMFE) y poder así incrementar la vida útil de los equipos y componentes de infraestructura de la empresa.

Se documentarán los resultados del trabajo los cuales propondrán diseños de mejora como cronograma de mantenimiento, inventario con datos técnicos, reportes de mantenimiento y métodos de control para llevar la ejecución de la mejora del plan de mantenimiento propuesto.

5.6. Alcance y limitaciones

5.6.1. Alcance.

El presente trabajo de mejora se aplicará a los equipos y componentes de Infraestructura de Ferreyros S.A. Sucursal Cusco, en este caso se analizará la información recopilada de los equipos con lo cual se tendrá un alcance de la situación de dichos equipos y se implementarán las mejoras del caso a fin de incrementar su operatividad.

5.6.2. Limitaciones.

5.6.2.1. Limitaciones del tiempo:

El presente estudio se realizará en el presente año 2020 con información de tipo transversal, ya que la información obtenida será solo del año 2019, por lo que no analizaremos información del estado de la empresa o sus equipos, maquinarias ni personal de años anteriores, Tampoco realizaremos estudio o proyecciones al futuro. En conclusión analizaremos el estado de las maquinarias, equipos, herramientas, personal, organización de la empresa y posibles falencias que se presentan con información del presente.

5.6.2.2. Limitaciones de espacio y territorio:

La empresa Ferreyros S.A con sede principal en Lima y con 12 Sucursales, 6 oficinas en diferentes regiones del Perú, dentro de ellos se encuentra la Sucursal de Cusco, en el predio las fuentes s/n Cachimayo – Anta, ruta Cusco – Abancay; y el presente estudio solamente está enfocada en la Sucursal Cusco, por ser la empresa muy grande y que para obtener información a nivel nacional se requiere visitar las diferentes sedes a nivel nacional; razón por lo cual nos centramos en plantear un plan de mejora a una sola sede para que posteriormente y de acuerdo a los resultados, la empresa se interese en implementar en los demás sedes con un previo estudio.

5.6.2.3. Limitaciones de recursos:

Éste trabajo se realiza con los recursos del estudiante, por lo que no se cuenta con suficiente financiamiento para detallar exactamente o implementar la propuesta; sin embargo, los resultados se entregará a los responsables de la empresa Ferreyros S.A para su posterior implementación.

Capítulo III

Marco teórico

6.1. Bases Teóricas

6.1.1. *Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) teoría según (MINSA, 2005).*

El AMFE nos permite priorizar las acciones encaminadas a minimizarlas o eliminarlas mediante una metodología simple y sistemática que aborda problemas, preocupaciones, desafíos, errores y fallas con el fin de buscar respuestas para su mejora (Salud, 2005).

6.1.2. *El AMFE según el texto AMFE de procesos y medios en sus páginas del 13 al 17 de autor asociación española para la calidad según (AEC).*

Cliente o usuario

Solemos asociar la palabra cliente al usuario final del producto fabricado o el destinatario-usuario del resultado del proceso o parte del mismo que ha sido analizado.

Por lo tanto, en el AMFE, el cliente dependerá de la fase del proceso o del ciclo de vida del producto en el que apliquemos el método. La situación más crítica se produce cuando un fallo generado en un proceso productivo que repercute decisoriamente en la calidad de un producto no es controlado a tiempo y llega en tales condiciones al último destinatario o cliente.

Producto

El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de qué, subconjuntos subproductos está compuesto el producto, Por ejemplo: podemos analizar un vehículo motorizado en su conjunto o el sistema de carburación del mismo. Evidentemente, según el objetivo del AMFE, podrá ser suficiente revisar las funciones esenciales de un producto o

profundizar en alguna de sus partes críticas para analizar en detalle sus modos de fallo. Seguridad de funcionamiento Hablamos de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales.

Denominación del componente e identificación

Debe identificarse el PRODUCTO o parte del PROCESO incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.

Parte del componente. Operación o función

Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso. Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para el AMFE de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Fallo o Modo de fallo.

El “Modo de Fallo Potencial” se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente. Los modos de fallo potencial se deben describir en términos “físicos” o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción

u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente. Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

Efecto/s del fallo

Normalmente es el síntoma detectado por el cliente/ usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario. Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.

Detectabilidad

Este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente. Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier “output” defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo “detectemos”, pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final. Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectar lo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Frecuencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

Gravedad

Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual debe ir asociado también a su probabilidad de generación.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Tal índice está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMFE incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto, debe ser calculado para todas las causas de fallo. $IPR = D.G.F$

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar. Para ello hay que recurrir a la observación directa que se realiza por el propio grupo de trabajo, y a la aplicación de técnicas generales de análisis desde el “brainstorming” a los diagramas causa-efecto de Ishikawa, entre otros, que por su sencillez son de conveniente utilización. La aplicación de dichas técnicas y el grado de profundización en el análisis depende de la composición del propio grupo de trabajo y de su cualificación, del tipo de producto a analizar y como no, del tiempo hábil disponible.

Descripción del método

A continuación, se indican de manera ordenada y esquemática los pasos necesarios con las correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema de presentación de la información que se muestra en esta NTP tiene un valor meramente orientativo, pudiendo adaptarse a las características e

intereses de cada organización. No obstante, el orden de cumplimentación sigue el mismo en el que los datos deberían ser recabados. Al final se adjunta una sencilla aplicación práctica, a modo de ejemplo. En primer lugar, habría que definir si el AMFE a realizar es de proyecto o de producto/proceso. Cuando el AMFE se aplica a un proceso determinado.

Causas del modo de fallo

La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo. Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

Ejemplo de AMFE de diseño: Supongamos que estamos analizando el tubo de escape de gases de un automóvil en su proceso de fabricación.

Modo de fallo: Agrietado del tubo de escape Efecto:

Ruido no habitual Causa: Vibración – Fatiga

Ejemplo AMFE de proceso: Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

Modo de fallo 1: Ausencia de agua. Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.

Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante. Causas: Obstrucciones calcáreas en el

Serpentín, perforación en el circuito de refrigeración. Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura. Descontrol de la reacción

Medidas de ensayo y control previstas

En muchos AMFE suele introducirse este apartado de análisis para reflejar las medidas de control y verificación existentes para asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de tales medidas de ensayo y control condicionará a su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de control deberían corresponderse para cada una de las causas de los modos de fallo.

Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación. Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones en el diseño, y no deberían afectarlo los controles derivados de la propia aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

El cuadro de clasificación de tal índice debería diseñarlo cada empresa en función del producto, servicio, proceso en concreto. Generalmente el rango es con números enteros.

6.1.3. El AMFE Según la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J – 1739 en su manual de AMEF de autor Gustavo (CARRERA, AMEF 3ra edicion , 2008) aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors.

Lo más deseable para las organizaciones es colocar en el mercado un producto o servicio que no presente defectos y para tal fin en el presente trabajo se expone el análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMFE), como un procedimiento de gran utilidad para incrementar la confiabilidad y buscar soluciones a los problemas que puedan presentar los productos y procesos antes de que estos sucedan.

Reseña Histórica

La disciplina del AMFE se desarrolló por el ejército de Estados Unidos, exactamente por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, con el nombre de “Procedimientos para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad” fue elaborado el día 9 de noviembre de 1949 siendo utilizado como técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o los equipos utilizados.

En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó una serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad, los requisitos de esta serie hicieron que muchas organizaciones desarrollen el Sistema de Gestión de la Calidad enfocados hacía las necesidades, requisitos y expectativas del cliente, entre estos surge el área automotriz del QS 9000, éste se desarrolló por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation en un gran esfuerzo por estandarizar el Sistema de Gestión de la Calidad de los proveedores, de acuerdo con las normas de QS 9000 para los proveedores automotrices que deben emplear la planificación de la calidad del producto de forma avanzada, conocido como APQP, la cual es necesario que se incluya en el AMFE del diseño y el proceso, además del plan de control.

En el mes de febrero de 1993 el grupo de acción automotriz industrial (AIAG) y la Sociedad Americana para el Control de la Calidad (ASQC) registró las normas AMFE para su implantación en la industria, las normas equivalen al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAEJ-1739.

Todos los estándares se han presentado en el manual de AMFE una vez ha sido aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors.

Dicho manual facilita los alineamientos generales para la preparación y ejecución del AMFE.

Actualmente, el AMFE se ha popularizado en todas las organizaciones automotrices americanas y ha comenzado a ser utilizado en diferentes áreas de una gran variedad de organizaciones a nivel mundial.

6.1.4. Análisis de fallo y efecto AMFE según el texto de mantenimiento basado en fiabilidad RCM según autor John (Moubray, s.f.).

¿Qué es AMFE?

El Análisis de modos y efectos de fallas potencial (AMFE) es un proceso sistemático que se utiliza para identificar los fallos potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que suceda, el propósito que persigue será eliminarlo o minimizar el riesgo asociado a los mismos.

Por lo tanto, el AMFE puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistémica y total, cuyos objetivos son:

- Evaluar todos los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema, las acciones que se pueden eliminar o reducir la oportunidad de que suceda la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

¿En qué consiste? AMFE o también denominado AMEF son las siglas de Análisis Modal de fallos y efectos) y se define como un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) que se pueden producir en los procesos. Es decir, esta herramienta se usa para detectar los errores potenciales que se pueden producir en los procesos, productos, servicios y/o sistemas y que se les relaciona con el efecto que puedan ocasionar al cliente. También se estudian los controles que se plantean para cada proceso para la detección de las fallas. Por lo tanto, este análisis está concebido como técnica preventiva para ser aplicada en cualquier proceso, producto, diseño o sistema que tenga cierto riesgo de incumplimiento de los requisitos para los que ha sido planteado. También se aplica para las acciones correctoras, en los casos que se ha detectado una situación anómala de error o de fallo, que se debe eliminar y de no corregirse continuaría provocando errores.

El objetivo principal es proteger al cliente en cuanto a sus intereses y requisitos como es la esencia de los sistemas de gestión de calidad.

El aspecto más común que tiene una tabla donde se realiza el análisis AMFE es como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 7

Formato AMFE

AMFE: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS POTENCIALES (PROCESO)														
Nombre del proceso: Ensamble de componentes			Proveedor del material: Empresa ABC						Nombre y firma:					
Producto: Silla modelo TL-65			Fecha de fabricación:						Supervisor:					
Fecha AMFE Inicial: 02/05/2017							Fecha AMFE última revisión: 15/05/2017							
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Causa potencial del fallo	Condiciones Existentes					Estado y acción recomendados	Área responsable acción correctora	Resultados				
			Controles actuales	O	G	D	Índice prioritario del riesgo (NPR)			Acción correctora	O	G	D	Índice prioritario del riesgo (NPR)
Falta de soldadura	Rebajos, ruidos y falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguno	8	8	2	128	Control	Fabricación	Previstos grupos de aprietes en la zona	6	8	2	96
		Pestañas fuera de geometría	Ninguno	6	8	2	96	Rediseño	Diseño	Pestañas bien diseñadas para la geometría	3	6	2	36
Soldadura defectuosa	Agujeros en la chapa	Desacoplamiento de chapas	Ninguno	8	8	2	128	Rediseño	Diseño	Garantizar acoplamientos	6	8	2	96
	Mala ejecución de la soldadura	Falta capacitación soldadores	Ninguno	8	8	4	256	Formación	RR.HH y supervisor	Formación y supervisión a los soldadores	5	6	3	90

Fuente: manual AMFE

Tipos de análisis modal de fallos y efectos AMFE:

- AMEF de sistema (S - AMEF): asegura la compatibilidad de los componentes del sistema.
- AMEF de diseño (D - AMEF): reduce los riesgos de los errores en el diseño.
- AMEF de proceso (P - AMEF): revisa los procesos para encontrar posibles fuentes de error.

¿Cuál es el origen de este análisis?

Inicialmente se creó como estándar militar. Fue introducido formalmente a finales de los años 40 en la industria aeroespacial en el desarrollo de cohetes. El aplicar este análisis fue de mucha ayuda para evitar errores en la fabricación de los componentes, aspecto importante debido al alto coste que supone el proceso de producción de esta actividad.

¿Para qué y cuándo se aplica?

Es ampliamente por empresas con procesos de fabricación (manufactureras), aunque actualmente se está aplicando en la industria de servicios. Se puede aplicar en varias fases del proceso de producción.

Sirve para identificar los fallos y defectos en un proceso antes de que ocurran.

¿Quiénes lo aplican?

- Por la empresa
- Por la persona que quiere reducir costes
- Para identificar fallos y defectos antes de que ocurran

¿Cómo definimos los conceptos que aplican a esta herramienta?

Los diferentes conceptos que debemos tener en cuenta son:

Modo potencial de falla: lo que podría salir mal del proceso.

Efecto: el daño que causaría el modo potencial de falla en el cliente.

Severidad (S): Que tan grande es el daño (efecto) en el cliente. Se clasifica en una escala de 1 (menos severo) a 10 (más severo). La tabla de evaluación con los criterios os los muestro más adelante.

Causas potenciales: lo que ocasiona los modos de falla. Para poder aplicar este análisis se deben determinar las causas, para ello se realiza un análisis previo con el diagrama Causa-Efecto de este modo, identificamos las causas que necesitamos aplicar en el análisis AMFE y en qué procesos se debe aplicar.

Ocurrencia (O): es la frecuencia con la que ocurren las causas potenciales. Se clarifica en una escala de 1 (probabilidad remota que ocurra) a 10 (probabilidad máxima que ocurra). La tabla de evaluación con los criterios os los muestro más adelante.

Control: con qué dispositivos, inspecciones o revisiones se cuenta para evitar/detectar las causas o los modos de falla antes que impacte en el cliente.

Detección (D): Qué tan efectivos son los controles, qué capacidad tienen para detectar y de ese modo prevenir la falla. Se clarifica en una escala de 1 (detección prácticamente segura) a

10 (el control no detecta la falla). La tabla de evaluación con los criterios os los muestro más adelante.

¿Cómo se calcula? ¿Y qué significa su resultado?

El análisis AMFE se basa en el análisis del valor del Índice prioritario del riesgo (IPR) o en inglés Risk Priority Number (RPN). Una vez calculado este valor, debemos tomar las medidas correctoras necesarias para intentar disminuir al máximo este índice. El índice prioritario del riesgo (IPR) se obtiene de multiplicar la severidad (S) por la ocurrencia (O) y por la detección (D).

$$\text{IPR (RPN)} = S \times O \times D$$

¿Cuál es el procedimiento para construir un AMEF?

Podemos identificar dos bloques, el de identificación de todos los aspectos y el otro la propia evaluación.

Identificación

1. Listar las fases del proceso que serán analizados
2. Listar los modos potenciales de error
3. Identificar los efectos si los modos de falla ocurrieran
4. identificar cuáles son las causas que podrían originar los errores en el proceso. Para identificar las causas y efectos que verdaderamente aplican en nuestro análisis podemos utilizar otras herramientas como puede ser el diagrama causa-efecto.

5. Descubrir cuáles son los controles con los que cuenta el proceso para prevenir que los errores lleguen al cliente (prevención/ detección).

Evaluación

1. Evaluar la severidad

2. Evaluar la ocurrencia
3. Evaluar la detección
4. Calcular el índice prioritario de riesgo (IPR)
5. Identificar los puntos en los que debemos aplicar acciones correctoras y las acciones de mejora. Se debe desarrollar un plan de acción enfocados a los casos de severidad altos e IPR altos.

¿Cómo evaluamos la severidad, ocurrencia y detección?

Existen numerosas escalas de evaluación, pero se muestra en la tabla siguiente la más aplicada.

Figura 8

Criterios de evaluación

Tabla de criterios de evaluación de Severidad, ocurrencia y Detección			
Puntuación	Severidad (S)	Frecuencia – ocurrencia (O)	Detección (D)
10	Peligroso sin advertencia	Muy alta: fallo casi inevitable	No se pueden detectar
9	Peligroso con advertencia		Posibilidad muy remota de detección
8	Pérdida de función primaria	Alta: fallos repetidos	Posibilidad remota de detección
7	Rendimiento reducido de la función primaria		Posibilidad muy baja de detección
6	Pérdida de función secundaria	Moderada: fallos ocasionales	Posibilidad baja de detección
5	Rendimiento reducido de función secundaria		Posibilidad moderada de detección
4	Defecto pequeño notado por la mayor parte de los clientes		Posibilidad moderada alta de detección
3	Defecto pequeño notado por algunos clientes	Baja: pocos fallos	Posibilidad alta de detección
2	Defecto pequeño notado por pocos clientes meticulosos		Posibilidad muy alta de detección
1	Sin efecto	Remota: fallos improbables	Detección casi segura

Fuente: manual AMFE

Se utiliza también la herramienta del diagrama de causa - efecto, para determinar las causas raíces teniendo en cuenta los diferentes aspectos a evaluar de una organización. Con este diagrama identificamos el problema en el proceso: por ejemplo fallas en el ensamblaje de los componentes de un producto que estamos fabricando. Posteriormente determinaremos todas las causas

analizando todos los aspectos que pueden afectar a la hora de producirse el error, como son la metodología, maquinarias, materiales, medio ambiente, mano de obra y medición. Una vez disponemos de las todas las posibles causas que nos llevan a producirse las fallas, hemos de acotar (reducir) las causas, a aquellas que realmente son sobre las que tenemos que actuar.

¿Qué acciones correctoras debemos aplicar para disminuir cada uno de los índices?

Una vez que disponemos de la tabla, para poder determinar las acciones correctoras podemos tener en cuenta cómo podemos minimizar cada uno de los índices, algunas claves son:

1) Índice de frecuencia: las acciones de mejora para reducir la frecuencia son:

- a) Incrementar o mejorar los sistemas de control
- b) Cambiar el diseño

2) Índice de gravedad: se hace atendiendo a:

- a) insatisfacción del cliente
- b) La degradación de las prestaciones
- c) Coste y tiempo en las reparaciones de los productos y/o servicios defectuosos

Las alternativas para minimizar son:

- a) Correcciones del diseño modificando los elementos o componentes causantes
- b) Eliminar sistemas repetitivos

3) Índice de detección, para reducir este índice se puede:

- a) Incrementar o mejorar los sistemas de control de calidad
- b) Modificar el diseño.

6.1.5. Tipos de mantenimiento según autor Félix (Gomez) de León en su texto tecnología del mantenimiento industrial en las páginas del 25 al 30.

Mantenimiento Correctivo:

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

➤ **Mantenimiento Preventivo:**

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se intervienen, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

➤ **Mantenimiento Predictivo:**

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

➤ **Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos

sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

➤ **Mantenimiento En Uso:**

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

➤ **Mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM)**

Es una técnica para elaborar un plan de mantenimiento. Pero en realidad, el plan de mantenimiento no es más que uno de los productos del profundo análisis que debe efectuarse en la instalación. Además del plan de mantenimiento, se obtienen otra serie de conclusiones:

Las modificaciones que es necesario llevar a cabo en la instalación, asumiendo que un buen mantenimiento no soluciona un mal diseño, y, por tanto, si la causa raíz de un posible fallo reside en el diseño es esto lo que hay cambiar.

Una serie de procedimientos de operación y mantenimiento que evitan que se produzcan los fallos analizados.

Una serie de medidas a adoptar para que, en caso de fallo, las consecuencias se minimicen. Una lista del repuesto que es necesario mantener en stock en la instalación, no para evitar el fallo, sino para minimizar el tiempo de parada de ésta y por tanto para minimizar las consecuencias.

➤ **Mantenimiento centrado en fiabilidad (TPM)**

TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en

disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone:

Cero averías.

Cero tiempos muertos.

Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos.

Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debido al estado de los equipos.

6.2. Marco conceptual

6.2.1. Definiciones y términos de la metodología de análisis de criticidad según (PEREZ, s.f.)

Para dominar el lenguaje de la metodología de análisis de criticidad es necesario conocer los siguientes términos y conceptos.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer jerarquías entre.

- Instalaciones
- Sistemas
- Equipos
- Elementos de un equipo

De acuerdo con su impacto en el negocio, del producto se obtiene la frecuencia de fallas por severidad de su ocurrencia más los efectos de su población, daños y perjuicios a su población, impacto en el medio ambiente, daños en las instalaciones y pérdidas en el nivel de producción. De igual manera apoya a la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de mejora de proyectos.

- **Activo:** se refiere a un producto que puede ser físico, intangible o incluso humano que genera ingresos y cuenta con un ciclo de vida.

- **Acción y/o recomendación:** ejecución de una tarea previa ejecución, puede ser también una serie de tareas para resolver una causa determinada durante una investigación.
- **Afectación:** Son las condiciones que se imponen al uso de un bien inmueble para destinarlos a obrar de utilidad pública.
- **Causa de falla:** Circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación o mantenimiento que haya conducido a una falla.
- **Consecuencia:** Resultado de un evento o suceso, puede existir varias consecuencias de un solo evento, las mismas que pueden ser expresadas cuantitativamente o cualitativamente.
- **Consecuencia de una falla:** Se define de acuerdo a los aspectos que son de mayor importancia por el operador como el de seguridad o ambiental o incluso lo económico.
- **Críticidad:** Es un indicador de riesgo que permite establecer las prioridades del proceso, creando una estructura que facilita realizar decisiones acertadas además permite direccionar el esfuerzo y recursos de las áreas donde son más importantes donde es necesario mejorar la confiabilidad del riesgo.
- **Defecto:** Es la causa de una falla, se conoce también como desalineación o mal ajuste.
- **Efecto de falla:** Describe lo que sucede lo acontecido después de cada falla.
- **Falla:** Terminación de una habilidad o función para para ejecutar una diferente a lo establecido.

- Modo de falla: La manera de que es observada una falla, describe como ocurre y su impacto en el equipo y/o maquinaria, se puede decir también que es un efecto en que una falla es observada en un equipo fallado.

6.2.2. Inspección basada en el riesgo (IBR-API RP 580) Risk Based Inspection (RBI-API RP 580) (Meneses, More, Siccha, Verastegui, & Espinoza, s.f.)

Debido a lo acelerado y complejo que resulta actualmente la Toma de Decisiones en los procesos productivos, muchas veces las empresas se ven obligadas a ejecutar acciones de inversión basadas en información incompleta, incierta o difusa, debiendo a su vez producir con más bajo costo, mejor calidad y mayor nivel de Confiabilidad. Es por ello que muchas de las más importantes empresas del mundo utilizan cada vez más intensamente las disciplinas y metodologías de Ingeniería de Confiabilidad, Análisis de Riesgos y Gerencia de la Incertidumbre. Más aún, la tendencia es hacia la utilización de enfoques integrados, como Confiabilidad Integral. La historia nos dice que el 80% de los riesgos en las plantas industriales, en general, el 20% se relacionan con el equipo de presión. Para ser más eficiente con las inspecciones y el mantenimiento, es muy útil para identificar este 20% o más.

El propósito de la clasificación de riesgo del equipo es proveer las bases para tener una idea de la inspección directa de riesgo donde los recursos de mantenimiento (tiempo y dinero) se pueden optimizar en el programa de inspección. Esto da como resultado operaciones más seguras y fiables, mientras se controlan los recursos. Los pagos de los programas de Inspección basada en el Riesgo están en promedio alrededor de 10 a 1.

La IBR nos permite:

- Permite la inspección basada en riesgo puede reducir el riesgo de fallas de alta consecuencia

- Mejora la rentabilidad de los recursos de inspección y mantenimiento
- Proporciona una base para la transferencia de recursos de menor a equipos de mayor riesgo
- Permite medir y comprender los riesgos asociados a los programas de inspección en curso -Mide de reducción del riesgo como consecuencia de las prácticas de inspección.

Capacidades de la Inspección Basa en el Riesgo.

La Inspección Basa en el Riesgo (RBI) tiene la capacidad de hacer lo siguiente:

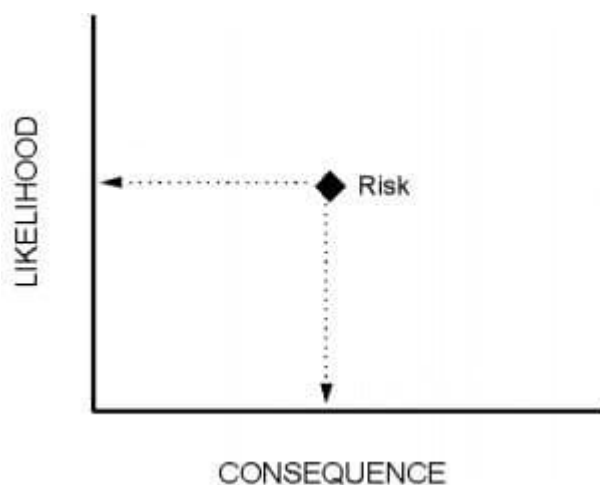
- Evaluar los planes actuales de inspección para determinar las prioridades para las inspecciones.
- Evaluar los planes de futuro para la toma de decisiones.
- Evaluar los cambios a las operaciones básicas que afectan a la integridad del equipo.
- Identificar crítica contribuyentes al riesgo que de otro modo puede ser pasado por alto.
- Establecer niveles óptimos económicos de la inspección pesadas contra la reducción del riesgo.
- Incorporar los niveles de "riesgo aceptable"

Medición del Riesgo.

El riesgo es una combinación de la probabilidad y consecuencia. Una forma de ilustrar el riesgo es para mostrar los factores de riesgo y las consecuencias en un gráfico XY.

Figura 9

Probabilidad vs Consecuencia



Fuente: Revista IBR

Niveles de la Inspección Basada en el Riesgo.

El procedimiento API RBI tiene tres niveles de análisis:

- **Nivel I** - Herramienta de la investigación que rápidamente se pone de relieve el riesgo que los usuarios de equipos de alto riesgo tal vez desee evaluar en mayor detalle.
- **Nivel II** - un paso más cerca de ser un análisis cuantitativo de Nivel I, y se trata de un enfoque debajo de la escala de nivel III. Proporciona la mayor parte del beneficio del análisis Nivel III, pero que requiere menos de entrada de nivel III.
- **Nivel III** - enfoque cuantitativo del RBI que proporciona el análisis más detallado de los tres niveles.

Metodología

La metodología Inspección Basada en Riesgo está fundamentada en las normativas API RP-580 y API PUB-581 y que permite caracterizar el riesgo asociado a los componentes estáticos

de un sistema de producción sometidos a corrosión, con base en el análisis del comportamiento histórico de fallas, modos de degradación o deterioro, características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y políticas gerenciales tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas.

El objetivo fundamental del RBI es definir planes de inspección basados en la caracterización probabilística del deterioro y el modelaje probabilístico de la consecuencia de una falla (caracterización del riesgo).

Existe una “Metodología RBI mejorada o Metodología Integrada para la Integridad Mecánica de Activos” se basa en la integración de las metodologías de Inspección Basada en Riesgos, “Valoración del Riesgo por Corrosión” (VRC)”, Integridad Mecánica (IM) y modelaje probabilístico del deterioro, lo cual permite ampliar el espectro de cobertura de mecanismos de deterioro considerados en el enfoque clásico del IBR.

La inspección basada en riesgo sigue la siguiente metodología:

- Recolección de datos e información.
- Análisis del riesgo.
- Evaluación de consecuencias.
- Evaluación de la probabilidad de falla (veces/año).
- Evaluación del riesgo (mediante matriz de riesgos).
- Clasificación de los riesgos.
- Revisión del plan de inspección.
- Reevaluación del plan de inspección.

6.2.3. Metodología de la mejora continua de procesos (BONILLA, DIAZ, KLEEBERG, & NORIEGA, 2010)

La mejora continua de los procesos es una estrategia de la gestión empresarial que consiste en desarrollar mecanismos sistemáticos para mejorar el desempeño de los procesos y, como consecuencia, elevar el nivel de satisfacción de los clientes internos o externos y de otras partes interesadas (stakeholders).

La satisfacción de un cliente o parte interesada se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Satisfacción} = \frac{\text{Calidad percibida}}{\text{Expectativa}}$$

6.2.3.1. Técnicas para la mejora continua de los procesos

Existen diversas técnicas para implementar la mejora continua en las organizaciones, entre las cuales resaltan el programa de las cinco “S”, la mejora continua Kaizen y la mejora a través del enfoque del Six Sigma. A continuación pasamos a explicar brevemente cada una de ellas.

Las cinco “S” y el proceso de mejora continua

Las cinco “S” constituyen una de las estrategias que da soporte al proceso de mejora continua (Kaizen) utilizadas por la manufactura esbelta, su origen es paralelo al movimiento de la calidad total ocurrida en Japón, en la década de 1950, y su principal objetivo es lograr cambios en la actitud del empleado para con la administración de su trabajo. Los principales valores que se desean reforzar son:

- **Seiri (clasificar):** Diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios, en el ambiente de trabajo.
- **Seiton (organizar):** Disponer en forma ordenada los elementos clasificados como necesarios.

- **Seiso (limpiar):** Desarrollar un sentido de limpieza permanente en el lugar de trabajo.
- **Seiketsu (normalizar):** Estandarizar las prácticas para mantener el orden y limpieza, y practicar continuamente los principios anteriores.
- **Shitsuke (perseverar):** Vencer la resistencia al cambio y hacer un hábito de las buenas prácticas.

Mejora continua (Kaizen)

La mejora continua (Kaizen) es una filosofía japonesa que abarca todas las actividades del negocio, se le conceptualiza también como una estrategia de mejoramiento permanente; puede ser considerada como la llave del éxito competitivo japonés. La mejora puede referirse a los costos, el cumplimiento de las entregas, la seguridad y la salud ocupacional, el desarrollo de trabajadores, los proveedores, los productos, etcétera.

Kai + Zen

Cambio + Bueno = Mejoramiento

La filosofía Kaizen ha sido adoptada exitosamente en muchas corporaciones japonesas, como Toyota y Sanyo, y en otras empresas líderes del mundo: Mercedes Benz, 3M, Motorola, AT&T, etcétera.

En el desarrollo de la estrategia Kaizen han contribuido los expertos japoneses Masaaki Imai, Kaouro Ishikawa, Genichi Taguchi, Kano, Shigeo Shingo y Taichii Ohno, así como los gurús occidentales Edwards Deming y Joseph Juran.

La mejora continua se fundamenta en el perfeccionamiento constante del diseño original, a cargo de todos los empleados de la empresa, con especial énfasis en los operarios de producción, y no requiere grandes inversiones. Afecta al producto y a los procesos que permiten su obtención, incluyendo los procesos de gestión. Promueve la colaboración del personal y hace posible su crecimiento en motivación y en “saber hacer” colectivo.

La metodología Kaizen precisa de una fuerte disciplina, de una concentración necesaria para mejorar de forma continua, planteando nuevas marcas en materia de calidad, productividad, satisfacción del cliente, tiempos del ciclo y costos.

Según esta técnica, no basta que el ejecutivo cuente con un sistema de información que le notifique lo que sucede en los procesos productivos (sean estos de bienes o de servicios) sino que resulta fundamental visitar varias veces por día el proceso para evaluar personalmente qué ocurre y por qué; es decir, “Si se quiere mejorar los resultados es menester concentrarse en mejorar los procesos”

La importancia de esta técnica gerencial radica en que con su aplicación se puede contribuir a superar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización. A través del mejoramiento continuo la organización logra ser más productiva y competitiva en su sector de mercado.

El punto de partida para el mejoramiento es saber identificar un problema u oportunidad de mejora, es decir todo resultado o estado que difiere de su meta o estándar preestablecido. Mantener el estado de las cosas (statu quo) es el principal enemigo del Kaizen. Esta técnica enfatiza el reconocimiento de problemas, proporciona pistas para la identificación de estos y es un proceso para su resolución.

Entre las características del proceso del Kaizen se encuentran:

- Motiva la participación de los trabajadores en la solución de los problemas.

- Fortalece el trabajo en equipo y eleva el nivel de inteligencia emocional de la organización.
- Promueve el pensamiento orientado al proceso, ya que al mejorar los procesos se mejoran los resultados.
- No requiere necesariamente de técnicas sofisticadas o tecnologías avanzadas; solo se necesitan técnicas sencillas, como las siete herramientas del control de calidad.
- La resolución de problemas enfoca las causas-raíz.
- Busca elevar la calidad y productividad de los procesos, y su principal motivación es la satisfacción de los clientes.

Six Sigma

El Six Sigma es una filosofía de mejoramiento que parte de la voz del cliente para optimizar los procesos basándose en dos pilares fundamentales: el elemento humano y las herramientas estadísticas; a diferencia de la mejora continua Kaizen, la técnica Six Sigma mejora los indicadores de resultados al menos en 50%.

La meta de Six Sigma es llegar a un máximo de 3,4 “defectos” por millón de instancias u oportunidades, entendiéndose como “defecto” cualquier instancia en que un producto o un servicio no logran cumplir los requerimientos del cliente, aquello tiene un impacto directo sobre los resultados económicos, ya que reducir los defectos por medio de la herramienta Six Sigma permitirá generar ahorros hasta del 40% de sus ingresos. Por ello, decimos, es la herramienta gerencial de excelente aplicación, ya que desarrolla una cultura gerencial en la toma de decisiones, buscando incrementar ingresos y reducir costos. El nivel de mejora exigido por esta técnica requiere del uso de herramientas estadísticas complejas.

En 1982, Motorola inicia la aplicación de la estrategia para mejorar la calidad y la competitividad de la organización; posteriormente, el ejemplo fue seguido por la General Electric, en ambos casos

los resultados fueron exitosos. Motorola logró incrementar la productividad de un 12,3% anual; redujo los costos de mala calidad por encima de 84,0%, y eliminó el 99,7% de los defectos en sus procesos; logró un crecimiento anual del 17,0% de sus ganancias. La compañía ha con seguido ahorros de 17 mil millones de dólares desde su implementación, resultado que ha motivado a empresas como 3M, Sony, British Airways, Kodak, entre otras, a seguir su ejemplo.

Entre los principios de la técnica Six Sigma se encuentran los siguientes:

- Toda mejora debe alinearse con los objetivos del negocio.
- Las decisiones deben basarse en hechos, datos y pensamiento estadístico, pues lo único constante en los procesos es la variación. “Lo que no se mide no se puede mejorar”.
- Las oportunidades de mejora deben enfocarse en forma sistémica. Optimizar un sub proceso nos puede llevar a sub optimizar el proceso global.
- Las causas de los problemas deben ser eliminadas en su raíz para prevenir que vuelvan a aparecer y así poder hacer bien las cosas desde el principio.
- Cada vez que un proceso es mejorado debe garantizarse que los resultados se mantengan en el tiempo.
- El recurso humano es el capital fundamental de la empresa.
- En la empresa todos deben ser líderes, maestros y modelos en la práctica de los principios.

6.3. Investigaciones

Para el presente trabajo se tomó como antecedentes a las siguientes investigaciones:

6.3.1. Investigaciones Internacionales

- ✓ **Juan Oscar** (Aguirre Tinitana, 2019) desarrollo su tesis para optar el grado de ingeniero industrial con título “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para equipos e infraestructura de la empresa metal industrial José campuzano S.A.

de la ciudad de Guayaquil, provincia del guayas” cuyo objetivo fue diseñar un Plan de mantenimiento preventivo para equipos e infraestructura de la Empresa Metal industrial José Campuzano S.A. de la ciudad de Guayaquil, provincia de Guayas, así como también elaborar el inventario de equipos e infraestructura instalada en la empresa y sus fichas técnicas para evaluación metodológica, además de analizar la criticidad de los equipos e infraestructura de la empresa con la metodología AMFEC (Análisis de Modo de Fallos, Efectos y Criticidad) para establecer la gestión del proceso de mantención para lo que realizó un análisis de diagnóstico situacional de la empresa llegando a la siguiente conclusión:

La metodología de Análisis de modos de fallos, efectos y criticidad AMFEC (FMECA por sus siglas en inglés) definió que los equipos e infraestructura requieren mayor nivel de atención preventiva para garantizar un normal desarrollo y cumplimiento de trabajos en Metal Industrial José Campuzano S.A.

- ✓ **Fernando Manuel** (Martinez Garcia, 2015) desarrollo la tesis titulada “Gestión integrada del mantenimiento y la energía para la prevención de fallos en equipos de plantas de proceso” cuyo objetivo fue desarrollar un sistema integrado de gestión del mantenimiento predictivo de los equipos dinámicos basado en su condición CMP (Condition Monitoring Program) y en el control energético (E-control), además de analizar los modos de fallo de los equipos incluidos en el estudio, determinando la periodicidad optima de revisión, sus posibles estados funcionales, y los equipos y medios técnicos a utilizar para la determinación de los anteriores aspectos, también analizó la criticidad de los equipos conforme a una serie de criterios preestablecidos por los departamentos de Operaciones y Mantenimiento,

por otro lado, analizó también los consumos energéticos de los equipos en condiciones normales de trabajo y previas al fallo, finalmente desarrolló una herramienta informática que soporte, gestione e interprete los datos recogidos durante las mediciones, para así asignar un valor funcional a los equipos dinámicos en función del estado de sus componentes y elementos principales llegando a las siguientes conclusiones:

El representar la operatividad en un equipo con un valor numérico que sea indicativo de su fiabilidad, esto es de su probabilidad de fallo, hace posible disponer de una información muy útil para la toma de decisiones a para la gestión y planificación estratégica de un plan de Mantenimiento.

La valoración numérica debe ser comprensible y fácil de interpretar por el personal no habituado al mantenimiento de equipos, ya que la información notable de la empresa, en lo referente a la operatividad de los equipos, cualquier departamento pueda disponer y hacer uso de ella.

6.3.2. Investigaciones Nacionales

- ✓ **Rebelino** (Ayala Quispe, 2018) “Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de maquinaria y equipo del edificio Senati 28 de julio, aplicando la técnica de análisis modal de fallo y efecto, a fin de reducir costos y mejorar la calidad en la prestación de servicio”, quien obtuvo el grado de ingeniero industrial, cuyo objetivo fue proponer mejora del plan de mantenimiento de maquinaria y equipo aplicando la técnica AMFE, a fin de reducir costos y mejorar la calidad en la prestación de servicio, definiendo las posibles fallas, causas, controles pertinentes y estableciendo

las prioridades de mantenimiento que debe llevarse a cabo en las máquinas y equipos del edificio SENATI.

El AMFE facilito la identificación de los puntos críticos de las máquinas y equipos que requieren una atención y control específico del procedimiento de mantenimiento.

El método AMFE permite obtener un plan con operaciones preventivas, correctivas así mismo para evitar cualquier tipo de anomalía en las máquinas y equipos, para asegurar la calidad de servicio en el edificio.

La técnica del AMFE es muy efectiva para la advertencia temprana, por lo cual permite aprovechar la comunicación entre las diferentes áreas de trabajo también permite evidenciar el registro de mantenimiento aumentando la eficacia y seguridad del sistema.

- ✓ **Wilder y José** (Carrasco Burga & Chavez Ñonto, 2015) desarrollaron en su tesis titulado “Implementación de un plan de mejora para reducir el mantenimiento correctivo en el servicio de mantenimiento de infraestructura por parte de la empresa Ricsam Ingenieros SRL”, quienes obtuvieron el grado de ingeniero industrial, cuyo objetivo es su trabajo fue implementar un plan de mejora en el servicio de mantenimiento de infraestructura para la empresa Ricsam Ingenieros Srl, para reducir la cantidad de mantenimientos correctivos en sus cuatro ubicaciones (Cajamarca, KM 24, La Quinua y Operaciones Mina) en los servicios de electricidad, gasfitería, ebanistería y trabajos civiles. Para lo que se realizó un análisis de diagnóstico situacional de la empresa y del mantenimiento para conocer los puntos débiles dentro del proceso, de igual manera para lograr la

implementación del plan de mejora se realizó el uso de las herramientas de calidad, las cuales permitieron la identificación de los diferentes problemas analizados en las cuatro ubicaciones, llegando a la siguiente conclusión:

El trabajo ayudo a determinar los tiempos de operaciones que se lleva durante los procesos en el mantenimiento y se identificó toda deficiencia que ocasiona la disminución del servicio como resultado de esta investigación se determinó que, de las 8814 órdenes de servicio atendidas, 5082 pertenecieron a los correctivos y 3732 a los preventivos.

CAPÍTULO IV

Metodología

7.1. Tipo y nivel de investigación.

TIPO

Tipo investigación Aplicada

“La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento de aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo” (Lozada, 2014). El énfasis de este tipo de investigaciones está en la resolución práctica de los problemas identificados. El presente trabajo es aplicativo ya que en el proceso del desarrollo del trabajo buscaremos resolver los problemas que se presentan en el funcionamiento y operatividad de los equipos de infraestructura de la empresa Ferreyros.

NIVEL

Nivel exploratorio

Este tipo de investigación se utiliza para realizar problemas que no están bien definidos y suele ser flexible en la manera de cómo se puede realizar el proceso de recolección de datos y procesamiento de los mismos. Al investigar el estado de las maquinarias, herramientas, equipos o el personal no se define exactamente el problema que se está abordando, por lo tanto es exactamente una investigación exploratoria (Lozada, 2014).

Nivel descriptivo

El presente trabajo es de nivel descriptivo por ser uno de los “tipos o procedimientos investigativos más populares utilizados por los investigadores y que en éste tipo de investigación se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones o rasgos característicos de un objeto de estudio” (Bernal Torres, 2015), pero no se dan explicaciones o razones de las situaciones, por

lo que en el presente trabajo utilizaremos éste procedimiento investigativo ya que no explicaremos las causas de las situaciones ni proyectaremos suposiciones de posibles situaciones, mas solo describiremos la situación de cada problemática y plantearemos las posibles soluciones para la mejora de la empresa.

7.2. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

Encuesta:

Éste instrumento sirve para recopilar información determinado sobre un objeto de investigación, puede ser estructurada con preguntas abiertas o cerradas, por lo que en nuestro trabajo utilizaremos éste instrumento para recabar información sobre las maquinarias, herramientas, equipos o el personal de la empresa.

Entrevista:

Entre las herramientas que se va utilizar en el proceso de recolección de información son análisis documental para información secundaria de métodos de investigación y obtención de información, la observación para determinar el estado de las máquinas y herramientas de la empresa y la encuesta que es una herramienta que sirve para recabar información para diferentes investigaciones, en caso del presente estudio solamente utilizaremos para ahondar en los temas a estudiar.

7.3. Procesamiento de datos.

La información obtenida por medio de las herramientas ya mencionadas sobre la situación de la empresa Ferreyros, lo procesaremos utilizando la herramienta estadístico Excel.

Capítulo V

Análisis crítico y planteamiento de alternativas

8.1. Determinación de alternativas de solución.

Para analizar los problemas de la empresa Ferreyros S.A. se cuenta con las siguientes propuestas de solución:

8.1.1. Mantenimiento basado en fiabilidad RCM

Esta alternativa de solución es una de las opciones que consideramos; sin embargo, esta metodología requiere más personal profesional y para aplicarlo podría requerirse por lo menos un promedio de 4 personas y todos a dedicación exclusiva y el tiempo de demora no sería menos de ocho meses, puesto que un plan de mantenimiento basado en RCM es un estudio de profundidad que requiere mucho tiempo y dedicación.

Se requiere de un mayor presupuesto para aplicar esta metodología, pero en este caso por ser un estudio realizado para obtener un grado académico no se cuenta con financiamiento para poder realizar estudios con alto costo; no obstante esta misma metodología es muy recomendable realizarlo en la empresa, puesto que sería una buena inversión por tener resultados óptimos.

8.1.2. Mantenimiento utilizando la técnica de análisis modal de fallo y defecto (AMFE)

Una de las ventajas de la metodología AMFE es el bajo costo que implica implementar en comparación con las demás metodologías. El proceso de análisis brinda muchos beneficios a la empresa ya que es una forma de identificar los problemas de manera detallada, una vez utilizado esta metodología es probable que a la empresa le genere buena cantidad de inversión aunque esto depende de la gravedad de los problemas identificados.

La finalidad de la metodología AMFE es eliminar o reducir los fallos, comenzando por los problemas más graves que se presentan en la empresa.

8.1.3. *Mantenimiento productivo total TPM*

La metodología TPM es otra opción de solucionar los problemas identificados en una empresa determinada; sin embargo, el éxito de la aplicación de ésta metodología requiere de un cambio de cultura general, por otro lado, es complicado introducir una forma de pensar lo que parece ser una imposición y para llevar adelante se requiere que todos los integrantes de una empresas estén convencidos de que será beneficioso para obtener resultados óptimos y no todas las personas están dispuestos al cambio.

El costo de implementar esta metodología es elevado ya que implica una buena cantidad de inversión por ser de aplicación por varios años.

8.2. Evaluación de alternativas de solución.

Todas las alternativas metodológicas propuestas como el RCM /TPM y AMFE son buenas y recomendadas por los expertos pero debemos optar por la alternativa que más nos facilite su aplicación para ello veremos las características más resaltantes:

RCM:

- Requiere mayor cantidad de profesionales para su ejecución y aplicación del método.
- Requiere más tiempo para su aplicación y obtención de resultados.
- Requiere de mucha inversión en capacitación para el personal de mantenimiento para la implementación del RCM.
- Se necesita el apoyo de todos los recursos humanos involucrados en la entidad productiva lo cual por lo general es difícil en un inicio.

AMFE:

- Es de bajo costo no requiere de mucho presupuesto para su aplicación

- Incrementa la calidad, fiabilidad y seguridad del Sistema de Gestión.
- Esta metodología es más práctica y analiza los problemas de manera detallada.
- No se requiere de mucho personal para la implementación del método.
- No requiere de mucho tiempo para implementar el método.
- Puede reducir o eliminar las fallas identificadas en un corto tiempo.

TPM:

- Requiere generar cambio de cultura general en todo el personal de la empresa.
- El proceso de implementación requiere de varios años.
- No puede ser introducido por imposición.
- La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa.
- Requiere que todo el personal de la planta esté conforme para aplicar ésta metodología.

Después de analizar las tres metodologías elegimos la metodología del AMFE para la aplicación en el presente trabajo, lo cual nos permitirá en un corto plazo el análisis de manera detallada de cada problema de los equipos, la otra razón de nuestra selección del AMFE es el bajo costo que implica su aplicación, y por ser un trabajo para la obtención de un grado académico y no contar con mucho presupuesto se adapta la presente metodología.

Capítulo VI

Prueba de diseño (desarrollo y justificación de la propuesta elegida).

9.1. Justificación de la propuesta elegida

El AMFE es la solución que más se adecua a la propuesta del plan de mantenimiento de equipos de infraestructura de Ferreyros s.a. Sucursal Cusco, para lo cual realizaremos el procedimiento de dicha técnica de análisis modal de fallo y efecto AMFE en 8 fases y lograremos proponer todos los trabajos de mejora necesarios.

Usaremos la técnica de análisis debido al diagnóstico siguiente:

- ✓ Mantenimiento de equipos y componentes de infraestructura a destiempo.
- ✓ No se cuenta con una planificación de mantenimiento de equipos y componentes.
- ✓ Falta evidenciar los procedimientos del mantenimiento.
- ✓ Falta registrar las inspecciones y mantenimientos de los equipos.
- ✓ No se cuenta con manual de mantenimiento.

Por ende el plan de mantenimiento de equipos de infraestructura en Ferreyros s.a. Sucursal Cusco es imperfecto ya que no se realiza inspecciones de mantenimientos preventivos lo cual conlleva a realizar mantenimientos correctivos y al mismo tiempo reduce la vida útil de dichos equipos y componentes.

Las paradas inesperadas de planta talleres u oficinas se reflejan en la incomodidad de los trabajadores, clientes internos y externos lo cual se puede evitar llevando un plan de mantenimiento y análisis adecuado, esto ayudara a anticiparnos en las posibles fallas de los equipos.

9.2. Desarrollo de la propuesta elegida.

9.2.1. Fases para el desarrollo del análisis modal de fallo y efecto AMFE

La metodología se elabora con los textos RCM del autor John Moubray y AMFE de procesos y medios de la asociación española de calidad (AEC).

Lo cual nos ayudara a estudiar los modos de fallo del producto o servicio para posteriormente clasificarlos según su importancia. Las fases de la metodología a seguir son:

Establecer el equipo

Es la creación de un grupo de trabajo de 4 o 5 personas que tengan conocimientos sobre las funciones del producto/servicio/proceso que se está desarrollando. Lo ideal es que el grupo sea multidisciplinario y que incluya varios perfiles diferentes, como diseñadores, ingenieros, técnicos e incluso usuarios finales.

En este paso seleccionaremos a los profesionales más capacitados sobre este método para poder realizar el análisis de los equipos y componentes.

Fase 1: Funciones o Componentes

Es la descripción de la función específica que cumple cada equipo y componente e incluye todos los datos técnicos necesarios de cada componente.

En esta fase se describirá los datos de los equipos y sus funciones, de cada equipo y componentes con la ayuda de los manuales de operación de cada equipo.

Fase 2: Modos de Fallo Potenciales

Es la forma en que se produce el fallo.

Se suele responder a la pregunta: ¿cómo se produjo el fallo?

Modos de fallo típicos: Rotura. Deformación. Fuga. Cortocircuito.

En esta fase se enumerara todas las posibles fallas que podrían sufrir los equipos usando guías de mantenimiento y experiencia del personal profesional capacitado para realizar el análisis AMFE.

Fase 3: Efectos de los Modos de Fallo

Es cada modo de fallo posible, sin ser necesario que el fallo haya podido ocurrir realmente.

Se suele responder a preguntas como:

¿En qué forma se percibe que podría fallar el producto o proceso?

¿Cómo podría el componente dejar de cumplir las especificaciones?

Modos de fallo potenciales pueden ser: Roto, Torcido, Suelto, Mal montado, Omitido, Que se traducen en lo que puede observar el cliente en el caso de que el fallo ocurra: Ruidos. Olores. Humos. Excesivo calentamiento. Partes que no funcionan. Mal aspecto. Etc.

En esta fase precisaremos los efectos que puede producir cada modo de fallo de los equipos y componentes, lo cual con esta precisión podremos determinar la acción correctiva correspondiente para cada equipo o componente.

Fase 4: Causas que podrían originar dichos Fallos

Son todas las causas asignables a cada modo de fallo.

Ejemplos:

- Errores de montaje.
- Errores de fabricación.
- Mantenimiento inadecuado.
- Material inadecuado.
- Mal uso.
- Condiciones no previstas de operación.

-Inadecuado control o protección ambiental. Etc.

En esta fase describiremos todas las causas posibles que producirían algún fallo según análisis realizado. Así mismo se estará obteniendo el objetivo de definir todos los posibles fallos y las causas de equipos y componentes para prevenir su inoperatividad.

Fase 5: Controles que permitan Detectar cada Modo de Fallo

Es la realización de un programa de inspecciones para identificar todo el posible fallo y registrarlos.

En esta fase elaboraremos el procedimiento de inspecciones, mantenimientos y pruebas de operatividad para descubrir, enumerar todos los modos de fallo en el formato AMFE y posteriormente propondremos acciones de mejora.

Fase 6, 7: Calcular Prioridades (importancia de cada riesgo)

El NPR índice prioritario de riesgo es un número que se calcula basándose en la información que se obtiene debido a:

- Los modos de las fallas potenciales
- Los efectos
- La capacidad actual del proceso o servicio para detectar las fallas antes de que lleguen al cliente.

Se calcula como el producto de tres calificaciones cuantitativas, relacionadas cada una a los efectos, causas y controles:

Severidad: es la estimación de la gravedad del efecto del modo de falla del cliente.

Ocurrencia: es la probabilidad de que una causa específica, resulte en un modo de falla.

Detección: es un valor para clasificar la probabilidad de encontrar la falla antes de que la parte llegue al cliente.

En estas fases calcularemos el índice de NPR de cada equipo y componente, en el cual evaluaremos el nivel de severidad (S), ocurrencia (O) y detectabilidad (D) para saber qué equipo o componente requiere ser atendido con prioridad o urgencia.

La fórmula para el cálculo del NPR es la multiplicación de los valores obtenidos en los niveles de severidad, ocurrencia y detectabilidad.

$$\text{NPR} = S \times O \times D$$

Fase 8: Implantar acciones de Mejora para prevenirlos

De acuerdo a los resultados obtenidos con todo lo anterior se debe realizar un programa de acciones, el cual debe incluir la posibilidad de optimizar y mejorar nuestros procesos o servicios.

Después de haber calculado el NPR de cada equipo y componente, en esta fase se tendrá la información necesaria para poder evidenciar el proceso y tomar las acciones correctivas necesarias.

Así mismo plantearemos acciones de mejora y recomendaremos soluciones según los resultados conseguidos con la técnica del análisis modal de fallo y efecto AMFE.

Se usará un formato de la técnica, de análisis modal de fallo y efecto AMFE donde se sintetizará todas las fases anteriores.

9.2.2. Iniciamos la IRA FASE formando nuestro equipo del personal profesional.

- 1) Un Técnico mecánico profesional.

Quien estará a cargo de las tareas técnicas relacionadas con la manufactura, construcción, montaje, operación, mantenimiento y reparación de los equipos de infraestructura.

- 2) Un Ingeniero eléctrico profesional.

Quien estará capacitado para realizar mantenimiento e instalaciones, probar, reparar controles electrónicos de equipos eléctricos e industriales.

3) Un Ingeniero Supervisor (perfil profesional)

El cual debe contar con conocimientos, destrezas y cualidades para emplear métodos, técnicas y herramientas en la administración del mantenimiento a equipos, de infraestructura. Así mismo en la aplicación de normas de calidad, seguridad y salud ocupacional.

Con nuestro grupo de profesionales realizaremos el estudio de los equipos y componentes de infraestructura de acuerdo a las características técnicas, por lo cual a continuación mostraremos nuestro inventario conseguido en campo.

Tabla 2

Planta de tratamiento de aguas Residuales (características)

MODELO PCH-500 + TE (CAUDAL 18 m3/DIA)					
DESCRIPCION	POTENCIA HP	TENSION V	CORRIENTE A	CAPACIDAD m3	CANT
Bombas sumergibles	1.5	240	6		2
Soplador de aire (Blower)	5	220			1
Bomba dosificadora de cloro		115			1
Cámara de Ecuilización				5.95	1
Cámara de aireación				20.85	1
Cámara de Decantación				3.17	1
Cámara de desinfección				0.4	1
Retorno de lodos					1
Control de Espuma flotante					1
Tablero eléctrico con control automático				220	1

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo

Tabla 3*Subestación eléctrica (características)**Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo***Tabla 4***Detectores de Humo fotoeléctrico (características)*

MARCA	MODELO	TENSION V	CORRIENTE	TEMPERATURA	CONECCION	CANT
Mircon	Mix 330	16-28 VDC	38mA	(-20°C a +70°C)	4 Hilos	66

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo

Figura 10

	POTENCIA (KVA)	TENSION (KV)	TENSION 2 (V)	CORRIENTE (KA)	CORRIENTE (A)	MARCA	MODELO	CANT
Transformador integrado de medida	0.03/0.05	22.9	□	□	0.005	ELECTRO ANDINAS S.A.C.	barbotante	1
Celda seccionador de línea	25	22.9	□	25	□	ORMAZABAL	Autosoportado	1
Celda de llegada con interruptor automático	25	22.9	□	25	□	ORMAZABAL	Autosoportado	1
Transformador seco	500	22.9	230	12.61	1255.11	TMC TRANSFORMERS	seco encapsulado	1
Tablero de transferencia	□	□	230	□	1250	TRIANON	motorizado	1
Tablero general de distribución eléctrica	□	□	230	□	1250	TRIANON	motorizado	1

Recirculación de aguas residuales (características)

N°	DESCRIPCION	POTENCIA HP	TENSIÓN V	CAPACIDAD lts./min	CORRIENTE A	RPM	MARCA	CANT
1	Bomba centrifuga CP660 M	2	220 a 380	160	6.7 a 3.9	3540	Pedrollo	2
2	Boyas de nivel de agua		220		10			4
3	Tablero electrico de control							2
4	Reservorios de 200 L							4

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo

Tabla 5

Bomba contra incendios (características)

DESCRIPCION	MARCA	MODELO	POTENCIA (HP)	TENSION (V)	CORRIENTE (A)	FRECUENCIA (HZ)	RPM	CANT	UBICACIÓN	AÑO DE FABRICACION
BOMBA CONTRA INCENDIOS										
Bomba vertical Jockey	Urs pumps		2	220/380	2.6	60	3450	1	Cuarto de bombeo	2015
Bomba horizontal principal	Barnes	GSP2-3C	40	220/380/400	102/58.89/51	60	3600	1	Cuarto de bombeo	2015

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo

Tabla 6*CCTV video cámaras de vigilancia (características)*

N°	DESCRIPCION	MODELO	CANT
1	Cámara IP minidomo Panasonic 800x600	WV-SP332	3
2	Cámara IP fija Panasonic 800x600	WV-SP302	7
3	Cámara Domo PTZ Panasonic 36x	WV-SC385	4
4	Grabador Digital NVR de 32 canales (4TB)	WJ-ND300A	2
5	CPU compatible CoreI7 Y Monitor led de 27"	23EA53V	1
6	Software de Administración	WV-ASM200	1
7	Switch Allied Telesis administrable 24 puertos PoE	T8000S/24-PoE	1
8	Switch 8 puertos PoE Allied Telesis 10/100 BaseT	AT-FS708/PoE	3
9	Gabinete de pared de 10 RU		1
10	Gabinetes metálicos 40X30X20		1

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del sistema

Tabla 7

Estaciones manuales y sirena contra incendio (características)

N°	DESCRIPCION	MARCA	CANT	UBICACIÓN
1	Panel de control inteligente	Mircom	1	Garita vigilancia
2	Estación manual	Mircom	19	Oficinas y Talleres
3	Sirenas	Mircom	19	Oficinas y Talleres

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo

Tabla 8

Gabinetes contra incendios (características)

N°	DESCRIPCION	CANT	UBICACIÓN
1	Manguera contra incendio poliéster	5	Pasadizo C/área
2	Gabinete contra Incendio metálico para manguera con chapa push botón	5	Pasadizo C/área
3	Rociador Automático UPRIGHT 68°	10	Oficinas administrativas

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo

Trampa de grasas y solido zona de lavado

Cuenta con un área de 140m² en la zona de lavado y se encuentra al aire libre, la capacidad de las cámaras de trampa de grasa y lodo es 19.45m³.

Tabla 9*Extractor de cocina (características)*

DESCRIPCION	POTENCIA HP	TENSION V	CORRIENTE A	CFM	MARCA
Extractor centrifugo de simple entrada	3	219 a 220	7.1 a 7.2	3500	VMH

*Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo***Tabla 10***Grupo electrógeno C15 CAT (características)*

DESCRIPCION	POTENCIA Kw	TENSION V	POTENCIA Kva	FRECUENCIA Hz	RPM	MODELO
GRUPO ELECTROGENO DIESEL	410	480	513	60	1800	C15 CAT

*Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo***Tablero eléctrico metálico**

Empotrado en pared 15 unidades.

Sistema de iluminación

Equipo fluorescente en U, T8, de (G13) de 31W con rejilla 70 unidades.

Luminarias industriales halógeno de 250W 40 unidades.

Sistema de pozos a tierra

36 Unidades

Tabla 11*Extintores (características)*

TIPO	CAPACIDAD	CANT	FECHA RECARGA	FECHA VENCIMIENTO
PQS ABC	20 LB	30	dic-19	dic-20
CO2 BC	20 LB	2	dic-19	dic-20
Acetato de potasio	12 k	1	dic-19	dic-20

*Fuente:**Elaboración propia*

Tabla 12*Cuarto de bombeo (características)*

N°	DESCRIPCION	POTENCIA HP	TENSION V	CAPACIDAD lts./min	CORRIENTE A	RPM	MARCA	CANT
1	Bomba centrífuga	3	220 a 440	360	8.6 a 8.1	2900	PRISMA	2
2	Tablero eléctrico variador de control automático						ABB ACS310	1
3	Cisternas de concreto para agua de 15m3 y 40m3							2

*Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo***Tabla 13***Bomba de agua pozo (características)*

N°	DESCRIPCION	POTENCIA HP	TENSION V	CAPACIDAD lts./min	POTENCIA Kw	DIAMETRO inch	MARCA	CANT
1	Bomba tubular	2		57		4	Shafer 35	1
2	Motor tubular	2	220		1.5	4	Franklin	1
3	Tablero de control de 6.3 a 10 A de tres fases						General Electric	1

Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo

9.2.3. FASE 1: Describir la función de las máquinas, o describir sus componentes.

Con la ayuda de manuales y nuestro grupo de profesional describiremos cada función de cada máquina o componente.

Tabla 14

Subestación eléctrica (función)

COMPONENTES	FUNCION
Transformador integrado de medida (trafomix).	Reducir las tensiones y corrientes, a valores adecuados, con la finalidad de que éstos puedan ser censados por los equipos de medición.
Celda de llegada con interruptor automático	Celda de llegada del trafomix que protege contra corto circuito, a través de los fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptora.
Celda seccionador de línea	Celda de protección equipada con SF6 para proteger la aperturas y cierre de las líneas que energizan al transformador seco
Transformador seco	Equipo que tiene la función de transformar los niveles de voltaje y corriente a niveles de baja tensión trifásica estandarizados de 220 Voltios
Tablero de transferencia	Tablero eléctrico que tiene la función de conectar y desconectar el suministro eléctrico al transformador seco y/o grupo electrógeno de 500KVA
Tablero general de distribución eléctrica	Tablero eléctrico que tiene la función de distribuir energía a todos los sub tableros que tiene Ferreyros

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

PTAR (función)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMPONENTES	FUNCION
Soplador de aire (blower)	- Conseguir, a partir de aguas negras o mezcladas y mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, un agua efluente de mejores
Bombas hidráulicas sumergibles	
Bomba dosificadora de cloro	
Retorno de lodos	
Control de espuma flotante	
Cámara de equalización	

Cámara de aeración	características para el uso
Cámara de decantación	humano.
Cámara de desinfección	
Tablero de control eléctrico	
Tuberías metálicas	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Recirculación de aguas residuales (función)

COMPONENTES	FUNCION
Bomba centrífuga CP660 M	- Extraer y llevar aguas servidas, tratadas al exterior para darle otras aplicaciones de uso.
Boyas de nivel de agua	
Interruptor de control	
Reservorios para agua	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

CCTV video cámaras de vigilancia (función)

COMPONENTES	FUNCION
Cámaras analógicas fijas y móviles	- CCTV, sistema tecnológico de video vigilancia, cuyo fin es la supervisión de distintos ambientes y actividades.
Grabador de video digital (DVR)	
Monitor	
Ruteador	
Ups	
Cableado	
Software de gestión WV-ASM200	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18:*Bomba contra incendios (función)*

COMPONENTES	FUNCIÓN
Bomba Jockey	
Carcasa	
caja de conexión	- Mantener la presión en la red contraincendios y evitar la puesta en marcha de las bombas principales en caso de pequeñas demandas generadas en la red.
rodamiento	
sello mecánico	
rotor	
estator	
Bomba Principal	
Carcasa	
caja de conexión	- Según normativa debe arrancar automáticamente, pero el paro de la misma debe ser obligatoriamente manual.
rodamiento	
sello mecánico	
rotor	
estator	

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 19***Detectores de Humo (función)*

COMPONENTES	FUNCIÓN
Base de cámara óptica	
Led óptico	- Sensor humos y enviar señal al panel central y este activa a las alarmas o sirenas.
Placa electrónica	
Cables de conexión	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20*Sistema de alarmas contra incendios (función)*

COMPONENTES	FUNCIÓN
Panel de control	
Sirenas	- Recepcionar señal eléctrica y emitir señal sonora.
Estación manual	
Sensores	

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 21***Trampa de grasa y lodo zona lavado Taller (función)*

COMPONENTES	FUNCION
Cámara 1	- Separar las grasas y solidos del agua de desecho antes que entre al alcantarillado.
Cámara 2	
Tuberías de conexión	

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 22***Extractor de cocina (función)*

COMPONENTES	FUNCIÓN
Filtro metálico	- Extraer y renovar el aire de una estancia para eliminar vapores, grasas y malos olores.
Extractor centrifugo	
Interruptor de control	
Campana de acero inoxidable	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23*Grupo electrógeno C15 CAT (función)*

COMPONENTES	FUNCION
Motor Diésel CAT Generador eléctrico CAT Tablero de control eléctrico	- Producir energía eléctrica y abastecer de energía eléctrica a todas las instalaciones.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 24***Tablero eléctrico (función)*

COMPONENTES	FUNCIÓN
Interruptor termomagnético Interruptor diferencial Barras de cobre Tornillos de sujeción Cables eléctricos Tapa de tablero Chapa push botón	- Proteger controlar y medir, el funcionamiento de los circuitos eléctricos.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 25***Cuarto de bombeo (función)*

COMPONENTES	FUNCION
Bomba centrífuga Bomba dosificadora de cloro Boyas de nivel Tuberías galvanizadas Variador ABB ACS 310 Diafragma Tablero eléctrico de control automático	- Presurizar y clorificar toda la red de servicio de agua para uso en la instalaciones.

Reservorio de concreto para de agua de
15m³ y 70m³.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Iluminación (función)

COMPONENTES	FUNCIÓN
Fluorescente en U de 31W.	- Brindar iluminación efectiva y segura sin calentamientos excesivos ni peligros.
Balastro electrónico.	
Cables eléctricos.	
Interruptor.	
Rejilla.	
Cuerpo	
Luminarias industriales de 250W	
Difusor	
Prensaestopas	
Ampolla halógena	
Porta lámpara	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Sistema de Pozos a tierra (función)

COMPONENTES	FUNCIÓN
Electrodo de cobre	- Conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.
Conector de cobre	
Pozo	
Thor gel	
Registro	
Tierra	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28*Extintor contra incendios (función)*

COMPONENTES	FUNCIÓN
Cilindro metálico	- Amago de fuego en su fase inicial de un incendio
Seguro	
Manómetro	
Manguera o tobera	
Manija o válvula	
Contenido químico	

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 29***Bomba de agua Pozo (función)*

COMPONENTES	FUNCION
Motor sumergible	- Extraer agua del subsuelo para abastecer a la red a agua en la empresa.
Rodamientos	
Controlador	
Caja protectora	
Cableado	
Cuerda de seguridad	
Tubería de impulsión	
Pozo tubular	

*Fuente: Elaboración propia***9.2.4. Fase 2 Listar los modos de fallos potenciales**

Listaremos los modos de falla potenciales a partir de manuales y experiencia de nuestro equipo de trabajo (ver anexo de pág.)

1) SUBESTACIÓN ELÉCTRICA – (modos de fallo)

- No proporciona energía eléctrica.
- No transforma apropiadamente la tensión.
- No estabiliza el voltaje.
- No funciona el tablero de transferencia.

2) PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – (modo de fallo)

- Los motores no funcionan.
- Exceso de espuma.
- El equipo no funciona en automático.
- Acumulación de lodo arriba del tanque de depósito de lodos.

3) RECIRCULACION DE AGUAS RESIDUALES – (modo de fallo)

- Los motores, bombas no funcionan.
- Obstrucción de tuberías.
- Las boyas no activan el sistema.
- Interruptor de control no funciona.

4) CCTV VIDEO CÁMARAS DE VIGILANCIA – (modo de fallo)

- No sale video.
- Video distorsionado.
- Proyecta imagen con baja potencia.
- Cámara domo móviles no gira.

5) BOMBA CONTRA INCENDIOS – (modo de fallo)

- No bombea agua.
- No mantiene presurizado la red de tubería de agua.

- No llega a su presión en salidas de las mangueras.

6) DETECTORES DE HUMO – (modo de fallo)

- No detecta humo ni emite señal al panel de alarma.
- Funcionamiento anormal del sistema.

7) SISTEMA DE ALARMAS – (modo de fallo)

- No emite sonido.
- Emite sonido bajo.
- Funciona manualmente pero no de forma automática

8) TRAMPA DE GRASA Y LODO ZONA DE LAVADO TALLER – (modo de fallo)

- Saturación y obstrucción de las cámaras

9) EXTRACTOR DE COCINA – (modo de fallo)

- Motor no funciona.
- Pernos sueltos.
- Funciona el motor pero no ventila.
- Interruptor no activa el ventilador.

10) GRUPO ELECTROGENO – (modo de fallo)

- Motor no arranca o demora en el arranque.
- Funcionamiento deficiente del motor.
- Generador eléctrico no genera.

11) TABLEROS ELETRICOS – (modo de fallo)

Interruptor termo magnético

- No controla activación.
- Calienta.

Interruptor diferencial

- No controla activación
- Salta con mucha frecuencia

Cable de conexión

- Recalienta.
- Cortocircuito.

Cerradura push botón

- No permita apertura de tablero.

12) CUARTO DE BOMBEO – (modo de fallo)

- Bombas no funcionan.
- Variador descontrolado.
- Boyas de nivel no activan las bombas.

13) ILUMINACION – (modo de fallo)**Fluorescente**

- No ilumina.
- Parpadea.

Balastro electrónico

- Suministra bajo voltaje
- Calentamiento excesivo.

Cables de conexión

- Calientan.

Luminarias industriales

- No ilumina

14) POZOS DE TIERRA – (modo de fallo)

- No conduce los desvíos de corriente al pozo de tierra
- Energiza el cable de tierra de circuito conectado

15) EXTINTORES – (modo de fallo)

- Manómetro indica despresurización.
- No tiene seguro, precinto.
- Que la manija esté atascada.
- Que la tobera esté dañada.

16) BOMBA DE AGUA POZO – (modo de fallo)

- Motor no funciona.
- No bombea agua a las cisternas.
- No opera de manera automática.
- Pérdida de caudal.

9.2.5. Fase 3 Definir los efectos de los modos de fallo

A continuación conoceremos cómo puede afectar el fallo de un equipo o componente si llegara a ocurrir.

1. SUB- ESTACION ELECTRICA – (efectos de modo de fallo)

- Que todas las instalaciones se queden sin energía eléctrica.
- Alteraciones de corriente en la red eléctrica.
- Que los equipos se expongan a voltajes excesivos.
- Que exista riesgo de daños en los equipos.

2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – (efectos de modo de fallo)

- Inhabilitación de servicios de sanitarios, piletas de agua, riego.
 - Fatiga al personal en la operación del sistema.
 - Inundaciones en la PTAR.
 - Malos olores.
3. RECIRCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES – (efectos de modo de fallo)
- Inundación en el sistema y la PTAR
 - Consumo excesivo de agua.
 - Malos olores en el agua tratada.
 - No se activa el sistema en automático.
4. CCTV VIDEO CÁMARAS DE VIGILANCIA – (efectos de modo de fallo)
- Que no se tenga registro de imágenes en caso de ocurrir un evento inesperado.
 - Que se estropee los registros grabados, guardados.
 - Dificultad para distinguir las imágenes.
 - No se puede visualizar las imágenes en el monitor.
 - No permite trabajos de monitoreo por parte del personal encargado.
5. BOMBA CONTRA INCENDIOS – (efectos de modo de fallo)
- Que el sistema no arranque en caso de un Incendio.
 - Baja presión de agua en la tubería.
 - Ausencia de agua en toda la red del sistema contra incendios.
 - Arranques inesperados de la bomba principal.
 - Que no llegue agua a los gabinetes contra incendios.
6. DETECTORES DE HUMO – (efectos de modo de fallo)
- Que no funcione en caso de algún evento o suceso.

- Que emita falsas señales al panel principal de alarmas.
7. SISTEMA DE ALARMAS – (efectos del modo de fallo)
- Que en caso de sismo o incendio no se pueda alarmar al personal.
 - Que no emita señal, sonora.
 - Que el mensaje de alarma no llegue a todo el personal.
 - Que no alarme de manera automática cuando haya presencia de humos.
8. TRAMPA DE GRASA Y LODO ZONA DE LAVADO TALLER – (efecto de modo de fallo)
- Malos olores.
 - Inundación en zona de lavado.
 - Riesgo de exposición del personal a enfermedades.
9. EXTRACTOR DE COCINA – (efectos de modo de fallo)
- Que no haya ventilación.
 - Ruidos extraños en el motor.
 - Malos olores en el ambiente.
 - Exceso de vapores y grasas en la campana.
10. GRUPO ELECTROGENO – (efectos de modo de fallo)
- Que no opere el motor en caso sea necesario.
 - Que todas las instalaciones se queden sin energía eléctrica.
 - Alteraciones en la red eléctrica.
 - Ruidos extraños en el motor.
11. TABLEROS ELETRICOS – (efectos de modo de fallo)
- Desgaste rápido de Interruptor termo magnético y contactos eléctricos.

- Daños en los cables de conexión.
- Que el interruptor diferencial desenergice el circuito de tomacorrientes innecesariamente.
- En caso de fuga de energía eléctrica no controle el interruptor.
- Cortocircuitos en el cableado.
- Que la puerta del tablero no se pueda abrir para realizar inspecciones de los accesorios eléctricos.

12. CUARTO DE BOMBEO – (efectos de modo de fallo)

- Desabastecimiento de agua en todas las instalaciones.
- Ausencia de agua en toda la red de la empresa.
- El sistema no se activa en automático.
- Inhabilitación de servicios de saneamiento básico.
- Baja presión de agua en todos los grifos y sanitarios.

13. ILUMINACION – (efectos de modo de fallo)

- Deficiencias en la iluminación del fluorescente.
- Desgaste de componentes de iluminación.
- Riesgo de corto circuito.
- Deficiente en la iluminación de la luminaria industrial.

14. POZOS DE TIERRA – (efectos de modos de fallo)

- Que los equipos se queden con las desviaciones de corriente.
- Exposición del usuario al peligro al hacer uso de los equipos, maquinas.
- Variaciones en la red de energía eléctrica.

15. EXTINTORES – (efectos de modo de fallo)

- Extintor no funciona o no se pueda usar.
- Presión inadecuada del extintor.
- Riesgo de lesiones en el uso del extintor.

16. BOMBA DE AGUA POZO – (efectos de modos de fallo)

- Ausencia de agua en las cisternas.
- Demora en el llenado de los reservorios.
- Inhabilitación de servicios de saneamiento básico.
- Ruidos extraños en el motor.

9.2.6. Fase 4 describir las causas que podrían originar dichos fallos.

Según la experiencia de nuestro equipo profesional a continuación detallaremos las causas que podrían originar los fallos en los equipos y componentes.

1. SUBESTACION ELECTRICA

- Acumulación de polvo en los equipos de protección de celda.
- Acumulación de humedad en las superficies del transformador y puntos de conexión de los devanados.
- Ausencia de tensión en la zona.
- Transformador con contactos sucios, sulfatados.
- Mala ventilación a los devanados del transformador seco.
- Carga excesiva en circuitos de distribución
- Pérdida de propiedades del aceite refrigerante del transformix.

2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- Recalentamiento, averías en el soplador de aire.
- Bombas sumergibles malogrados, atascadas.

- Averías daños en el tablero eléctrico.
- Excesiva oxigenación.

3. RECIRCULACION DE AGUAS RESIDUALES

- Averías daños en los motores y bombas.
- Falta de limpieza de los tanques de agua.
- Interruptor averiado desgastado.
- Llaves de paso dañados.

4. CCTV VIDEO CÁMARAS DE VIGILANCIA

- El componente de video no está bien conectado
- La entrada del monitor TV no está bien ajustada.
- Desactualización de software del DVR.
- Daños en el cableado.
- Falta de mantenimiento.
- Averías en el video cámaras.

5. BOMBA CONTRA INCENDIOS

- Interruptor térmico desactivado.
- Averías en el motor, bomba principal.
- Averías en la bomba Jockey.
- Selector en modo manual.
- Falta de tensión eléctrica.
- Ausencia de agua en la cisterna.
- Desgates en las válvulas de presión.

6. DETECTORES DE HUMO

- Detector averiado.
- Cable malogrado.
- Batería baja.
- Falsos contactos.
- Falta de mantenimiento.

7. SISTEMA DE ALARMAS

- Daños y averiada en las sirenas.
- Falsos contactos en el sistema.
- Daños en los sensores.
- Des configuración del panel principal.
- Falta de mantenimiento.

8. TRAMPA DE GRASA Y LODO ZONA DE LAVADO DEL TALLER

- Falta de limpieza.
- Falta de mantenimiento.

9. EXTRACTOR DE COCINA

- Motor averiado, quemado.
- Filtros metálicos obstruidos.
- Interruptor desgastado.
- Ventilador roto o rajado.
- Control interruptor averiado.
- Falta de mantenimiento.

10. GRUPO ELECTROGENO

- Presión baja de combustible.

- Baterías sin carga.
- Falta de mantenimiento del motor.
- Falta de mantenimiento del generador eléctrico.

11. TABLEROS ELETRICOS

- Componentes eléctricos sulfatados.
- Antiguo.
- Falsos contactos.
- Interruptores averiados.
- Manipulación inadecuada.
- Cableado dañado, falso contacto.
- Chapa atascada.

12. CUARTO DE BOMBEO

- Bombas averiadas.
- Falta de tensión.
- Variador controlador des configurado o averiado.
- Fugas de agua por los conectores de tubería.
- Boyas de nivel averiadas.
- Falta limpieza de cisternas de agua.

13. ILUMINACION

- Alteración en la corriente eléctrica.
- Instalaciones inadecuadas.
- Mala calidad de componentes eléctricos.
- Vida útil excedida de componentes.

- Falsos contactos en los cables.
- Falta de mantenimiento.

14. POZOS DE TIERRA

- Cobre corroído, deteriorado.
- Cables con terminales flojos, sulfatados.
- Presencia de contaminantes en el pozo.
- Falta de mantenimiento.

15. EXTINTORES DE INCENDIO

- Polvo químico en mal estado.
- Manómetro averiado.
- Manija averiada.
- Extintor usado.
- Tobera dañada.
- Falta de mantenimiento.

16. BOMBA DE AGUA POZO

- Motor, bomba averiada.
- Baja tensión en el sistema.
- Corrosión en el cableado.
- Controlador averiado.
- Falta de mantenimiento.

9.2.7. Controles que permitan detectar cada modo de falla

Con nuestro equipo de profesionales y con la información recopilada de los equipos de infraestructura de Ferreyros S.A Cusco, hemos elaborado un programa de los intervalos de inspecciones y mantenimientos para detectar los modos de fallo.

9.2.7.1. Programa de inspecciones y verificaciones de equipos y componentes de infraestructura de Ferreyros .s.a. Sucursal Cusco.

Tabla 30

Subestación eléctrica (método de detección de fallas)

CADA SEIS MESES INSPECCIONAR SUBESTACION ELECTRICA (registrar y documentar)	
1	Inspeccionar que no exista ruidos extraños en el funcionamiento
2	Verificar que el ambiente esté libre de humedad y polvo.
3	Verificar el buen estado de los componentes externos que lo conforman.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Planta de tratamiento de aguas Residuales (método de detección de fallas)

CADA DIA INSPECCIONAR LA PTAR (registrar y documentar)	
1	Realizar inspección visual del funcionamiento de los componentes de la planta blower, bombas y tablero eléctrico, para asegurarse de que todo el equipo esté operando.
2	Verificar y pasar el rastrillo sobre la rejilla y eliminar los desperdicios recogidos. No los haga pasar a la fuerza, estos materiales deben ser eliminados.

- 3 Verificar que haya una igual distribución de aire a lo largo de todo el tanque. Todas las válvulas de la cámara de aeración deben estar totalmente abiertas, a excepción de la cámara de ecualización deben estar ligeramente abiertas para evitar que se escape el aire por esas boquillas al tener diferente nivel de agua.
- 4 Compruebe que el elevador de aire esté devolviendo lodo a la cámara de oxigenación.
- 5 Compruebe que el clorinador esté funcionando. Añada solución de cloro cuando se necesite y agite el tanque de solución de cloro.
- 6 Fíjese y desbarate la costra dentro del tanque del depósito de lodos o decantador para asegurar que regrese debidamente por medio del elevador de aire.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Recirculación de aguas Residuales (método de detección de fallas)

**CADA DIA INSPECCION DEL SISTEMA RECIRCULACION
DE AGUAS RESIDUALES (registrar y documentar)**

- 1 Realizar inspección visual y verificar el funcionamiento de los componentes del sistema bombas y tablero eléctrico, para asegurarse de que todo el equipo esté operando.
- 2 Verificar el nivel de agua de los tanques para riego de jardines y riego periódico.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

CCTV video cámaras de Vigilancia (método de detección de fallas)

CADA TRES MESES INSPECCIONAR CCTV (registrar y documentar)	
1	Inspeccionar, verificar el correcto funcionamiento del sistema.
2	Verificar que los lentes de las cámaras se encuentren limpios.
3	Verificar que el cableado no se encuentre maltratado.
4	Verificar la fuente de alimentación de las cámaras.
5	Inspeccionar la calidad de imagen.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Bomba contra Incendios (método de detección de fallas)

CADA SEMANA INSPECCIONAR LA BOMBA CONTRA INCENDIOS (registrar y documentar)	
1	Comprobar accesibilidad.
2	Verificar que el sistema se encuentre energizado.
3	Verificar que la activación del sistema se encuentre en modo automático.
4	Verificar nivel de agua en el reservorio.
5	Verificar que el sistema se encuentre presurizado.
6	Verificar que no haya fugas de agua en el sistema.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Detector de Humos (método de detección de fallas)

--

**CADA TRES MESES INSPECCIONAR SISTEMA DE
DETECCION (registrar y documentar)**

- 1 Comprobar accesibilidad.
- 2 Verificar que no existan daños ni averías.
- 3 Verificar comprobar funcionamiento de la luz led.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

Alarmas contra Incendios (método de detección de fallas)

**CADA TRES MESES INSPECCIONAR ALARMAS CONTRA
INCENDIOS (registrar y documentar)**

- 1 Comprobar accesibilidad.
- 2 Comprobar la configuración del panel de control.
- 3 Comprobar la operatividad de los sensores y actuadores.
- 4 Verificar estado de componentes del sistema.
- 5 Comprobar el funcionamiento de estaciones manuales.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Extintor contra Incendios (método de detección de fallas)

**CADA TRES MESES INSPECCIONAR EXTINTOR CONTRA
INCENDIOS (registrar y documentar)**

- 1 Comprobar accesibilidad.
- 2 Verificar el buen estado de conservación, seguros, precintos de seguridad, inscripciones y manguera.
- 3 Verificar el estado de carga del extintor (peso y presión).
- 4 Verificar el estado de todas las partes mecánicas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38*Extractor de Cocina (método de detección de fallas)*

CADA TRES MESES INSPECCIONAR EXTRACTOR DE COCINA (registrar y documentar)	
1	Verificar que no haya componentes y pernos sueltos.
2	Verificar que no haya ruidos extraños en el funcionamiento.
3	Inspeccionar limpiar los filtros metálicos.
4	Comprobar el correcto funcionamiento del sistema.
5	Verificar que no haya daños en el sistema eléctrico.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 39***Cuarto de bombeo (método de detección de fallas)*

CADA QUINCE DIAS INSPECCIONAR CUARTO DE BOMBEO (registrar y documentar)	
1	Verificar estado de componentes del sistema.
2	Verificar tuberías, válvulas y conexiones.
3	Verificar el correcto funcionamiento del variador y las bombas.
4	Verificar el nivel de cloro en el tanque del clorinador.
5	Verificar que no haya ruidos extraños durante el funcionamiento.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 40***Iluminación (método de detección de fallas)*

CADA SEIS MESES INSPECCIONAR ILUMINACION (registrar y documentar)	
1	Determinar el número de lámparas activas, si existe un porcentaje defectuoso o mayor del 50% reemplazar en su totalidad.
3	Verificar el estado de interruptores y tomacorrientes.
4	Comprobar el funcionamiento de interruptores y tomacorrientes.

5 Comprobar la iluminación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Luz de emergencia (método de detección de fallas)

CADA TRES MESES INSPECCIONAR LUZ DE EMERGENCIA (registrar y documentar)	
1	Verificar accesibilidad.
2	Verificar interruptores.
3	Verificar que se encuentre energizado.
4	Verificar que las baterías se encuentren en buen estado.
5	Realizar pruebas de operación y funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Pozo a Tierra (método de detección de fallas)

CADA AÑO INSPECCIONAR POZO A TIERRA (registrar y documentar)	
1	Verificar la conservación de la barra cobre.
2	Verificar que no existan contaminantes dentro de la caja de registros.
3	Comprobar el ajuste de los cables de llegada.
4	Verificar el estado de conservación de la caja de registro.
5	Medir el ohmiaje del Pozo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Bomba de agua Pozo (método de detección de fallas)

CADA TRES MESES INSPECCIONAR BOMBA DE AGUA POZO (registrar y documentar)	
---	--

1	Verificar el funcionamiento de todas las llaves y controles.
2	Observar si existen vibraciones o ruidos extraños.
3	Verificar comprobar el caudal de la bomba.
4	Verificar las válvulas y tuberías del sistema.

Fuente: Elaboración propia

9.2.7.2. Programa de mantenimiento de equipos y componentes

Tabla 44

Subestación eléctrica (método de detección de fallas)

SUBESTACION ELECTRICA		
CADA DOS AÑOS	Inspección visual y general de todo el sistema	
	Análisis de aceite.	
	Detección de emisiones ultravioleta.	Componentes a inspeccionar:
	Apriete de contactos y conectores.	-Transformadores
	Limpieza ajuste de tornillos y borneras.	-Interruptores
	Verificar nivel de aceite.	-Banco de capacitadores
	Medición de conductancia.	-Variadores de frecuencia
	Comprobar resistencia de aislamiento.	-Cables de potencia
	Comprobar factor de potencia.	-Terminales de conexión
	Comprobar descargas parciales.	- Fuentes de poder
	Verificar relación de transformación.	-Tablero general de distribución
	Verificar resistencia de devanado.	-UPS.
	Verificar resistencia de contacto.	
	Verificar tiempo de operación de interruptores.	
	Evidenciar el servicio de mantenimiento.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Recirculación de aguas Residuales (método de detección de fallas)

SISTEMA DE RECIRCULACION DE AGUAS RESIDUALES
--

CADA AÑO	<p>Evaluar reemplazar válvulas y conexiones de tuberías.</p> <p>Reemplazar sellos y empaquetadura.</p> <p>Evaluar, reemplazar y lubricar componentes de bombas.</p> <p>Realizar mediciones eléctricas de los componentes de los motores.</p> <p>Realizar mantenimiento al interruptor de arranque.</p> <p>Comprobar boyas de nivel de agua.</p> <p>Realizar ajustes del sistema en general</p> <p>Realizar limpieza de cisternas de agua.</p> <p>Inspeccionar estado de pintura del sistema.</p> <p>Evidenciar el mantenimiento.</p>
----------	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Planta de tratamiento de aguas Residuales (método de detección de fallas)

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PTAR (evidenciar el mantenimiento)	
CADA SEMANA	<p>-Prueba de treinta (30) minutos (Prueba de Volumen de Lodo Activado).</p> <p>-Compruebe que todo los componentes estén trabajando debidamente y si algún fusible está quemado o algún interruptor automático o relé de protección está abierto.</p> <p>-Limpie la grasa y los sólidos flotantes de las paredes y de la superficie del agua de los tanques de oxigenación y del decantador.</p> <p>-Rellene el tanque clorinador de solución de cloro.</p> <p>-Efectúe la prueba de cloro residual; efectúe la prueba de oxígeno disuelto.</p> <p>-Asegúrese que el blower tenga aceite y que la faja se encuentre en buen estado.</p>
CADA MES	<p>-Limpiar el filtro de aire regularmente.</p> <p>-Engrase los rodamientos del blower (Ver manual de Instrucciones del Fabricante).</p> <p>-Compruebe que las fajas tipo “V” tengan la tensión y desgaste debidos (cámbielas cuando sea necesario).</p>

CADA TRES MESES	<ul style="list-style-type: none"> -Chequear al interior del Tablero Eléctrico de Control y verificar que esté seco y trabajando apropiadamente. -Limpie los filtros de aire del soplador o reemplácelos de ser necesario. -Chequear que exista una distribución pareja de aire en toda la cámara de aeración. -Verifique que no se escape el aire por las boquillas del tanque de ecualización. -Comprobar boyas de nivel de agua.
	<ul style="list-style-type: none"> -Verificar el nivel de aceite, en ningún caso el aceite usado deberá caer dentro del depósito de aeración.
	<ul style="list-style-type: none"> -Cada 1,500 horas de funcionamiento o cada 3 meses mínimo, comprobar la calidad del aceite y cambiarlo. -Según las condiciones de uso o cada 3 meses mínimo, engrasar los rodajes del Blower. -Utilizar aceite ISO 150 para engranajes.
CADA AÑO	<ul style="list-style-type: none"> -Las electro-bombas sumergibles, mínimo levantarlas una vez cada 3 meses y verificar que no existe material atrapado en el impeler.
	<ul style="list-style-type: none"> -Medir el nivel de lodo cada tres meses, el porcentaje de lodo no debe exceder del 60%. -Aplicar pintura a los equipos y tuberías esto puede variar de 1 a 3 años según el tipo de pintura utilizada, el proceso de aplicación y la agresividad del medio.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

CCTV Cámaras de Vigilancia (método de detección de fallas)

SISTEMA DE CCTV CAMARAS DE VIGILANCIA	
CADA AÑO	<p>Cámaras fijas y tipo domo</p> <ul style="list-style-type: none"> -Limpieza de cámara y óptica con productos especiales. -Comprobar el nivel de calidad de imagen. -Inspeccionar el soporte. -Verificar la tensión y fuente de alimentación.

CADA AÑO

- Verificar y comprobar las conexiones.
- Verificar la estanqueidad.
- Verificar las funciones PAN,TILT, ZOOM.
- Lubricar las partes móviles.
- Verificar el desgaste de partes móviles.

Monitor.

- Limpieza general.
- Verificar la tensión de alimentación.
- Verificar el estado de conectores y conexiones.
- Verificar los niveles de calidad de señal.

Videograbador (DVR)

- Comprobación de funciones.
- Actualización de software.
- Limpieza del disco duro.
- Verificar la tensión de red.
- Ajuste de control.

Paneles de conexión (señal vídeo y datos)

- Comprobación de estación de conexiones, conectores y cableado.
- Comprobación estado conexiones entrada.
- Comprobación estado conexiones salida.
- Evidenciar mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48*Trampa de grasa y lodo (método de detección de fallas)*

TRAMPA DE GRASAS Y LODOS ZONA DE LAVADO TALLER	
TRES VECES AL AÑO	Se requiere limpieza general de acuerdo al uso que se dé la misma o tres veces al año cada que la grasa y los sólidos cimentados ocupen el 25 % de su volumen total. -Evidenciar y registrar mantenimiento.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 49***Cuarto de Bombeo / Bomba contra incendios (método de detección de fallas)*

CUARTO DE BOMBEO/BOMBA CONTRA INCENDIOS	
CADA AÑO	<p>Evaluar reemplazar válvulas y conexiones de tuberías. Reemplazar sellos y empaquetadura. Evaluar, reemplazar y lubricar componentes de bombas. Realizar mediciones eléctricas de los componentes de los motores Realizar mantenimiento integral del tablero controlador ACI. Verificar manómetros y presostatos. Comprobar el variador de presiones y Clorinador. Comprobar reemplazar boyas de nivel de agua. Inspeccionar estado de pintura del sistema. Realizar pruebas de operación de todo el sistema. Evidenciar registrar el mantenimiento.</p> <p>CADA SEIS MESES REALIZAR LIMPIEZA DE CISTERNAS DE AGUA</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50

Detección y Alarmas contra incendios (método de detección de fallas)

SISTEMA DE DETECCION Y ALARMAS	
CADA AÑO	<p>Detectores de humo fotoeléctrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Desmontaje y limpieza de estas unidades de detección. -Verificación de sus condiciones internas y asegurar que no presente averías u obstrucciones. <p>-Desmontar y desactivar las estaciones manuales, para su verificación de voltaje y su estado físico.</p> <p>-Comprobar su activación en forma normal.</p> <p>Estrobos y sirenas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Limpieza y verificación de voltaje en sus respectivos decibeles de operatividad para el correcto funcionamiento. <p>Panel central de control.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Verificación el estado de operatividad, limpieza y programación del sistema integrado. -Verificar los cables de conexión del sistema. -Realizar pruebas de funcionamiento de todo el sistema. -Evidenciar el mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51*Extractor de cocina (método de detección de fallas)*

EXTRACTOR DE COCINA	
CADA AÑO	Desmontaje de rejilla, regulador de aire y cuerpo del extractor. Limpieza general del motor, aspa y filtros metálicos. Lubricar puntos de engrase y ajustar pernos. Realizar pruebas de funcionamiento de todo el sistema. Evidenciar y registrar el mantenimiento.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 52***Iluminación (método de detección de fallas)*

ILUMINACION EN GENERAL	
CADA AÑO	Verificación y limpieza en general de sus componentes. De ser necesario cambiar fluorescentes, ampollas halógenas o balastos. Verificar comprobar cables, conexiones, tomacorrientes e interruptores. Realizar pruebas de funcionamiento. Evidenciar y registrar mantenimiento.

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 53***Grupo electrógeno C15 CAT (método de detección de fallas)*

GRUPO ELECTROGENO C15 CATERPILLAR

CADA 3000 HORAS O TRES AÑOS DE SERVICIO	CADA 2000 HS. O UN AÑO DE SERVICIO	CADA 500 HORAS O UN AÑO DE SERVICIO	CADA 250 HORAS O SEIS MESES DE SERVICIO	CADA SEMANA
Inspeccionar bombas de agua del motor.	Inspeccionar turbocompresor.	Inspeccionar motor de arranque.	Inspeccionar rotores de válvulas de motor.	Verificar juego de válvulas de motor.
Inspeccionar soportes de motor.	Verificar inyector unitario electrónico.	Inspeccionar amortiguador de vibraciones de cigüeñal.	Reemplazar regulador de temperatura de refrigerante.	Inspeccionar alternador.
Verificar limpiar radiador.	Inspeccionar vibración del grupo electrógeno.	Comprobar cable redondo de generador.	Limpia respiradero de Carter de motor.	Reemplazar filtro secundario de combustible.
Reemplazar elemento de combustible filtro separador de agua.	Comprobar dispositivo de protección del motor.	Cambiar aceite y filtro del motor.	Probar agregar aditivo de refrigerante suplementario.	Inspeccionar ajustar correas.
Inspeccionar/reemplazar mangueras y abrazaderas.	Drenaje de agua y sedimentos de tanque de combustible.	Obtener muestra de aceite de motor.	Obtener muestra de refrigerante.	Comprobar nivel de electrolito de batería.
Comprobar nivel de aceite del motor.	Inspeccionar generador.	Comprobar nivel de aceite del motor.	Temperatura del cojinete del generador probar y registrar.	Cable de trenzado plano de generador comprobar.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Tablero Eléctrico (método de detección de fallas)

TABLEROS ELECTRICOS

CADA AÑO	
	Realizar limpieza general de tablero con productos apropiados. Verificar falsos contactos y ajustar tornillos. Limpiar conectores y terminales con limpia contactos dieléctricos. Verificar comprobar las llaves térmicas y remplazar de ser necesario. Realizar pruebas de operación y funcionamiento del sistema. Evidenciar y registrar el mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55

Extintores contra incendios (método de detección de fallas)

EXTINTORES CONTRA INCENDIO	
CADA CINCO AÑOS	Realizar mantenimiento general de los extintores y de ser necesario realizar recarga de agente químico. Realizar la prueba hidrostática cada 5 años a partir de su fecha de fabricación o la última prueba efectuada en el extintor. Evidenciar y registrar el mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56

Bomba de agua Pozo

BOMBA DE AGUA POZO	
CADA AÑO Y MEDIO	Extraer la bomba del pozo. Evaluar reemplazar válvulas y conexiones de tuberías. Reemplazar sellos y empaquetadura. Evaluar, reemplazar y lubricar componentes de bombas.

Realizar mediciones eléctricas de los componentes de los motores.
 Realizar mantenimiento al interruptor.
 Evaluar comprobar boyas de nivel de agua.
 Realizar ajustes del sistema en general.
 Realizar pruebas de operación y funcionamiento.
 Evidenciar y registrar el mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

9.2.8. Fase 6 Y 7 Cálculo de prioridades.

Aquí calcularemos el NPR índice de prioridad de riesgo para cada equipo y luego precisaremos la criticidad y prioridad de atención.

Fórmula para el cálculo del NPR:

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

Donde:

SEVERIDAD S: (gravedad del fallo observada por el usuario).

OCURRENCIA O: (probabilidad de que ocurra el fallo).

DETECTABILIDAD D: (probabilidad de que no se detecte el error antes de que ocurra el fallo).

Para ello usaremos la tabla de criterios de evaluación de severidad, ocurrencia y detección.

1. SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA (modo de fallo)

No proporciona energía eléctrica.

S = 9 (grave para el usuario porque interrumpiría el desarrollo de las actividades en la empresa).

O = 1 (poco habitual de que ocurra el evento).

D = 8 (difícil de detectar, se requiere solo de personal especializado para su inspección).

$$\text{NPR} = 9 \times 1 \times 8 = 72$$

No transforma apropiadamente la tensión.

S = 9 (grave para los equipos, representaría riesgo de daños en caso de ocurrir).

O = 1 (poco habitual de que ocurra el evento).

D = 2 (fácil de detectar, a veces emite ruidos anormales).

$$\text{NPR} = 9 \times 1 \times 2 = 18$$

No estabiliza el voltaje.

S = 9 (grave para los equipos, representaría riesgo de daños en caso de ocurrir).

O = 2 (poco habitual de que ocurra el evento).

D = 2 (detección simple mediante observación visual).

$$\text{NPR} = 9 \times 2 \times 2 = 36$$

No funciona el tablero de transferencia.

S = 9 (grave para el grupo electrógeno, no permitiría un arranque automático).

O = 1 (poco habitual de que ocurra el evento).

D = 8 (difícil de detectar, se requiere solo de personal especializado para su inspección)

$$\text{NPR} = 9 \times 1 \times 8 = 72$$

2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (modo de fallo)**Los motores no funcionan.**

S = 9 (grave para el usuario, dejaría de operar la PTAR).

O = 4 (ocasionalmente ocurre el evento en el tanque de ecualización).

D = 8 (detectable mediante programa de mantenimiento).

$$\text{NPR} = 9 \times 4 \times 7 = 252$$

Exceso de espuma.

S = 1 (sin efecto para las instalaciones)

O = 2 (poco habitual que suceda).

D = 2 (fácil de detectar mediante las inspecciones visuales).

$$\text{NPR} = 1 \times 2 \times 2 = 4$$

El equipo no funciona en automático.

S = 8 (grave para el usuario, esto causaría fatiga en la operación de la PTAR).

O = 3 (poco habitual que suceda el evento).

D = 1 (detección simple mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 3 \times 1 = 24$$

Acumulación de lodo arriba del tanque de depósito de lodos.

S = 8 (grave para el usuario, esto ocasionaría deficiencias en la operación del sistema y presencia de malos olores).

O = 2 (poco habitual que suceda).

D = 2 (detección simple mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 2 = 32$$

3. RECIRCULACION DE AGUAS RESIDUALES (modo de fallo)

Las bombas no funcionan.

S = 9 (grave para el usuario, en caso de ocurrir esto ocasionaría inundaciones de agua)

O = 4 (ocasionalmente sucede)

D = 5 (detectable mediante programa de mantenimiento)

$$\text{NPR} = 9 \times 4 \times 5 = 180$$

Obstrucción de tuberías.

S = 8 (grave para el sistema, en caso de ocurrir no dejaría evacuar las aguas residuales causando malos olores en las mismas)

O = 2 (poco habitual que suceda)

D = 2 (detección simple mediante pruebas de funcionamiento)

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 2 = 32$$

Las boyas no activan el sistema.

S = 9 (grave para el equipo, esto no permitiría la activación en automático del sistema)

O = 2 (poco habitual que suceda)

D = 2 (detección simple mediante los controles de inspección)

$$\text{NPR} = 9 \times 2 \times 2 = 36$$

Interruptor de control no funciona.

S = 9 (grave para el usuario, esto no permitiría el funcionamiento del sistema)

O = 2 (poco habitual que suceda)

D = 2 (detección simple mediante los controles de inspección)

$$\text{NPR} = 9 \times 2 \times 2 = 36$$

4. CCTV VIDEO CÁMARAS DE VIGILANCIA (modo de fallo)

No sale video.

S = 9 (grave para el usuario, ya que no permitiría visualizar las instalaciones desde un solo punto).

O = 2 (es poco habitual no suele suceder)

D = 2 (detectable mediante monitoreo diario del sistema)

$$\text{NPR} = 9 \times 2 \times 2 = 36$$

Video distorsionado.

S = 8 (grave para el usuario, ya que no se podría identificar las imágenes).

O = 4 (moderado ocurre algunas veces)

D = 6 (detectable mediante controles de inspección)

$$\text{NPR} = 8 \times 4 \times 6 = 192$$

Proyecta imagen con baja potencia.

S = 8 (grave para usuario, no permitirá el monitoreo de las instalaciones de la empresa)

O = 2 (poco habitual no suele suceder)

D = 6 (detectable mediante las inspecciones visuales)

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 6 = 96$$

Cámara domo móviles no gira.

S = 9 (grave para el monitoreo de las instalaciones de la empresa)

O = 2 (poco habitual que suceda el evento)

D = 1 (fácil de detectar mediante las inspecciones visuales)

$$\text{NPR} = 9 \times 2 \times 1 = 18$$

5. BOMBA CONTRA INCENDIOS (modo de fallo)

No bombea agua.

S = 9 (grave para el usuario, en caso de un incendio no ayudaría a extinguirlo).

O = 1 (no suele suceder este tipo de evento)

D = 2 (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$\text{NPR} = 9 \times 1 \times 2 = 18$$

No mantiene presurizado la red de tubería de agua.

S = 8 (grave para el sistema, ocasionaría arranques innecesarios del sistema)

O = 2 (es poco habitual, no sucede en la mayoría de casos)

D = 2 (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 2 = 32$$

No llega a su presión en salidas de las mangueras.

S = 8 (grave para el usuario, en caso de un incendio no ayudaría a extinguirlo)

O = 2 (es poco habitual no sucede en la mayoría de casos)

D = 2 (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 2 = 32$$

6. DETECTORES DE HUMO (modo de fallo)

No detecta humo ni emite señal al panel de alarma.

$S = 9$ (grave para usuario, no operaria el panel central en caso de un evento de incendio).

$O = 2$ (es poco habitual no sucede en la mayoría de casos)

$D = 2$ (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$NPR = 9 \times 2 \times 2 = 36$$

Funcionamiento anormal del sistema

$S = 3$ (defecto notado por algunos usuarios)

$O = 3$ (es poco habitual no sucede en la mayoría de casos)

$D = 7$ (es detectable mediante el mantenimiento programado)

7. SISTEMA DE ALARMAS (modo de fallo)

No emite sonido.

$S = 9$ (grave para el usuario, ya que no sería alertado en caso de emergencia)

$O = 3$ (es poco habitual no sucede en la mayoría de casos)

$D = 2$ (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$NPR = 9 \times 3 \times 2 = 54$$

Emite sonido bajo.

$S = 7$ (grave para el usuario, no alertaría correctamente al personal)

$O = 3$ (es poco habitual no sucede en la mayoría de casos)

$D = 2$ (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$NPR = 7 \times 3 \times 2 = 42$$

Funciona manualmente pero no de forma automática

S = 8 (grave para el usuario, no daría alertas de forma automática).

O = 2 (es poco habitual no sucede en la mayoría de casos)

D = 7 (detectable de forma moderada mediante los mantenimientos programadas)

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 7 = 112$$

8. TRAMPA DE GRASA Y LODO ZONA DE LAVADO DEL TALLER (modo de fallo)

Saturación y obstrucción de las cámaras contenedoras

S = 8 (grave para el usuario, generaría malos olores e incomodidad)

O = 3 (es poco habitual no sucede en mayoría de casos)

D = 1 (fácil de detectar mediante la inspección visual)

$$\text{NPR} = 8 \times 3 \times 1 = 24$$

9. EXTRACTOR DE COCINA (modo de fallo)

Motor no funciona.

S = 9 (grave para el equipo, no funcionaría en caso de requerirlo)

O = 2 (es poco habitual no sucede en mayoría de casos)

D = 5 (detectable mediante mantenimiento)

$$\text{NPR} = 9 \times 2 \times 5 = 90$$

Pernos sueltos.

$S = 7$ (grave para el usuario, ocasionaría ruidos y molestias en la operación).

$O = 2$ (es poco habitual no sucede en mayoría de casos)

$D = 1$ (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$NPR = 7 \times 2 \times 1 = 14$$

Funciona el motor pero no ventila.

$S = 8$ (grave para el usuario, ocasionaría malos olores e incomodidad)

$O = 5$ (en ocasiones sucede en algunos casos)

$D = 1$ (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$NPR = 8 \times 5 \times 1 = 40$$

Interruptor no activa el ventilador.

$S = 8$ (grave para el usuario, ocasionaría incomodidad y molestias al no poder hacer uso del extractor)

$O = 3$ (es poco habitual no sucede en mayoría de casos)

$D = 1$ (fácil de detectar mediante las inspecciones programadas)

$$NPR = 8 \times 3 \times 1 = 24$$

10. GRUPO ELECTROGENO (modo de fallo)

Motor no arranca o demora en el arranque.

$S = 9$ (grave para el usuario, no se tendría energía eléctrica en un caso de emergencia).

$O = 3$ (es poco habitual no sucede en mayoría de casos)

D = 3 (detectable mediante las inspecciones programadas)

$$\text{NPR} = 9 \times 3 \times 3 = 81$$

Funcionamiento deficiente del motor.

S = 8 (grave para los equipos, no se tendría red eléctrica estable).

O = 3 (es poco habitual no sucede en mayoría de casos)

D = 7 (detectable mediante mantenimiento preventivo)

$$\text{NPR} = 8 \times 3 \times 7 = 168$$

Generador eléctrico no genera.

S = 9 (grave para el usuario, no se tendría energía eléctrica en un caso de emergencia).

O = 2 (es poco habitual no sucede en mayoría de casos)

D = 2 (detectable mediante las inspecciones programadas)

$$\text{NPR} = 9 \times 2 \times 2 = 36$$

11. TABLERO ELETRICO (modo de fallo)

Interruptor termo magnético

No controle activación

S = 8 (grave para el usuario, en caso de algún evento).

O = 1 (poca probabilidad que suceda).

D = 1 (es fácil de detectar mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 1 \times 1 = 8$$

Calienta

S = 8 (grave para el usuario, representaría un riesgo de cortocircuito).

O = 2 (es poco habitual, no sucede en la mayoría de los casos).

D = 1 (es fácil de detectar mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 1 = 16$$

Interruptor diferencial**No controla activación**

S = 8 (grave para el usuario, en caso de algún evento).

O = 1 (casi imposible de que suceda).

D = 1 (es fácil de detectar mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 1 \times 1 = 8$$

Salta con mucha frecuencia

S = 2 (poco visible por el usuario).

O = 7 (es habitual, suele suceder mayormente por mal uso o desconocimiento del personal).

D = 2 (detección fácil mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 2 \times 7 \times 2 = 28$$

Cable de conexión**Recalienta.**

S = 8 (grave para el usuario, generaría incomodidad en el usuario por falla de botones).

O = 3 (es poco habitual, no suele suceder en la mayoría de los casos).

D = 2 (es detectable fácilmente mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 3 \times 2 = 48$$

Cortocircuitos.

S = 8 (grave para el usuario, podría ocasionar eventos de incendio).

O = 1 (es casi imposible de que suceda).

D = 2 (es detectable mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 1 \times 2 = 16$$

Cerradura push botón

No permita apertura de tablero.

S = 1 (sin efecto).

O = 1 (es casi improbable de que ocurra).

D = 2 (es detectable fácilmente mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 1 \times 1 \times 2 = 2$$

12. CUARTO DE BOMBEO (modo de fallo)

Bombas no funcionan.

S = 9 (grave para el usuario, esto inhabilitaría el uso de servicios de agua).

O = 3 (poco habitual no sucede en la mayoría de casos).

D = 6 (detectable mediante mantenimiento preventivo).

$$\text{NPR} = 9 \times 3 \times 6 = 162$$

Variador descontrolado.

S = 8 (grave para el usuario, esto ocasionaría una baja presión de agua en la red).

O = 2 (poco habitual no sucede en la mayoría de casos).

D = 1 (detectable mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 2 \times 1 = 16$$

Boyas de nivel no activan.

S = 8 (grave para el equipo, esto desactivaría el funcionamiento del sistema).

O = 5 (ocasionalmente suele suceder).

D = 4 (detectable moderadamente mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 5 \times 4 = 160$$

13. ILUMINACION (modo de fallo)**Fluorescente****No ilumina.**

S = 10 (grave para el usuario, esto generaría dificultad de visibilidad).

O = 2 (es poco habitual, raras veces se da el caso)

D = 4 (detección moderado, mediante inspección visual)

$$\text{NPR} = 10 \times 2 \times 4 = 80$$

Parpadea.

S = 7 (grave para el usuario, esto generaría incomodidad debido al mal funcionamiento).

$O = 7$ (es casi habitual, cuando los componentes requieren mantenimiento).

$D = 8$ (es detectable, mediante mantenimiento preventivo).

$$NPR = 7 \times 7 \times 8 = 392$$

Balastro electrónico

Suministra bajo voltaje

$S = 9$ (grave para el equipo, esto ocasionaría iluminación imperfecta).

$O = 1$ (poco habitual, raras veces puede suceder)

$D = 8$ (es detectable, mediante el mantenimiento preventivo)

$$NPR = 9 \times 1 \times 8 = 72$$

Calentamiento excesivo.

$S = 10$ (grave para el usuario, riesgo de corto circuito).

$O = 2$ (es poco habitual, no sucede en la mayoría de casos).

$D = 8$ (es detectable, mediante el mantenimiento preventivo)

$$NPR = 10 \times 2 \times 8 = 160$$

Cables

Calientan mucho

$S = 10$ (grave para el usuario, esto podría generar corto circuito).

$O = 1$ (poco probable, que suceda).

D = 2 (es detectable, mediante las inspecciones visuales).

$$\text{NPR} = 10 \times 1 \times 2 = 20$$

Reflector halógeno de 500W

No ilumina

S = 10 (grave para el usuario, esto generaría dificultad de visibilidad).

O = 2 (es poco habitual, raras veces sucede)

D = 5 (es detectable, mediante mantenimiento).

$$\text{NPR} = 10 \times 2 \times 5 = 100$$

14. POZOS DE TIERRA (modo de fallo)

No conduce los de desvíos de corriente al pozo de tierra

S = 8 (grave para los equipos, representaría riesgo de daños en caso de ocurrir).

O = 1 (es casi imposible de que suceda).

D = 2 (es detectable, mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 1 \times 2 = 16$$

Energiza el cable de tierra de circuito conectado

S = 8 (grave para el usuario, en caso de ocurrir representaría riesgo de electrocución mediante los equipos).

O = 1 (es casi improbable que suceda).

D = 1 (es detectable mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 1 \times 1 = 8$$

15. EXTINTORES (modo de fallo)

Manómetro indica despresurización.

S = 9 (grave para el usuario, esto pone fuera de servicio al extintor)

O = 3 (es poco habitual, muy raras veces sucede).

D = 1 (es fácil de detectar mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 9 \times 3 \times 1 = 27$$

No tiene seguro, precinto.

S = 9 (grave para el usuario, esto no le permitiría saber con exactitud el estado del extintor)

O = 3 (es poco habitual, muy raras veces sucede).

D = 1 (es fácil de detectar mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 9 \times 3 \times 1 = 27$$

Que la manija esté atascada.

S = 8 (grave para el usuario, en un caso de emergencia no permitiría la manipulación del extintor).

O = 1 (es casi imposible de que suceda en la mayoría de casos).

D = 9 (difícil de detectar, mediante mantenimiento).

$$\text{NPR} = 8 \times 1 \times 9 = 72$$

Que la tobera esté dañada.

S = 8 (grave para el usuario, no permitiría la manipulación correcta del extintor).

O = 3 (es poco habitual, no suele suceder en la mayoría de los casos).

D = 2 (es detectable, mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 8 \times 3 \times 2 = 48$$

16. BOMBA DE AGUA POZO (modos de fallo).

Motor no funciona.

S = 9 (grave para el usuario, esto ocasionaría ausencia de agua en las cisternas).

O = 1 (muy pocas probabilidades de que suceda).

D = 8 (detectable, mediante el mantenimiento preventivo).

$$\text{NPR} = 9 \times 1 \times 8 = 72$$

No bombea agua a las cisternas.

S = 8 (grave para el usuario, esto ocasionaría desabastecimiento de agua).

O = 1 (muy pocas probabilidades de que suceda).

D = 8 (detectable, mediante el mantenimiento preventivo).

$$\text{NPR} = 8 \times 1 \times 8 = 64$$

No opera de manera automática.

S = 7 (grave para el usuario, esto ocasionaría fatiga en la operación del sistema).

O = 1 (muy pocas probabilidades de que suceda).

D = 2 (es detectable, mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 7 \times 1 \times 2 = 14$$

Perdida de caudal.

S = 7 (grave para el usuario esto ocasionaría una pérdida de presión de agua)

O = 2 (es poco habitual, raras veces sucede).

D = 2 (es detectable, mediante los controles de inspección).

$$\text{NPR} = 7 \times 2 \times 2 = 28$$

Con el índice de prioridad de riesgo (NPR) obtenido de todos los equipos, diferenciaremos que equipos necesitan ser atendidos con mayor prioridad, los especialistas de procesos recomiendan un NPR entre 100 y 120; el NPR máximo permisible para nuestros equipos será NPR = 120 esto quiere decir que los equipos que se encuentren por encima de este índice serán los que tienen prioridad en la atención.

9.2.9. FASE 8 Implantar acciones de mejora para prevenirlos

En esta fase utilizaremos el formato AMFE para hacer un análisis resumido de todas las fases anteriores, así mismo describiremos las acciones de mejora y recomendaciones para cada equipo prioritariamente para los de NPR ≥ 120 .

Figura 11*Formato AMFE Subestación Eléctrica*

NOMBRE DEL SISTEMA					SUBESTACION ELÉCTRICA ENCAPSULADO				
FECHA					01/09/2020				
RESPONSABLE DEL AMFE					Belcher Cornejo Nira				
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurriencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Reducir la tensión de 22900 voltios trifásico a 220 voltios trifásico	No transforma apropiadamente la tensión	Alteraciones de corriente en la red eléctrica	Suciedad, humedad y falsos contacto en el transformador	Inspección	9	1	2	18	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
Transformar los niveles de voltaje y corriente a niveles de baja tensión trifásica estandarizados de 220 Voltios	No estabiliza el voltaje	Puede existir riesgo de daños de equipos	Mala ventilación a los devanados del transformador seco	Inspección	9	2	2	36	
Conectar y desconectar el suministro eléctrico al transformador seco y/o	No funciona el tablero de transferencia	Ausencia de suministro de energía eléctrica	Mala operación del tablero de transferencia automática	Inspección	9	1	8	72	
Distribuir energía a todos los sub tableros que tiene Ferreyros	No proporciona energía eléctrica	Que todas las instalaciones se queden sin energía eléctrica	Ausencia de tensión en la zona	Inspección	9	1	8	72	

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de análisis de este equipo muestra los NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE PTAR

NOMBRE DEL SISTEMA				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PCH-500 + TE					
FECHA				01/09/2020					
RESPONSABLE DEL AMFE				Belcher Cornejo Nina					
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Conseguir, a partir de aguas negras o mezcladas y mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, un agua efluente de mejores características para el uso humano	Los motores no funcionan	Inhabilitación total de sanitarios, piletas de agua y riego.	Recalentamiento, averías en el soplador	Mantenimiento	9	4	7	252	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
			Bombas sumergibles malogradas atascadas						
	El equipo no funciona en automático	Fatiga al personal en la operación del sistema	Averías daños en el tablero de control electico	Inspección	8	3	1	24	
	Acumulación de lodo arriba del tanque de depósito de lodos	Inundaciones y malos olores en la PTAR	Falta de limpieza y evacuación de lodos	Inspección	8	2	2	32	

El cuadro de análisis de este equipo muestra un $NPR = 252$ critico, por lo cual requiere de mayor atención y monitoreo constante. Para bajar su NPR la acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Recirculación de Aguas Residuales

NOMBRE DEL SISTEMA		RECIRCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES							
FECHA		01/09/2020							
RESPONSABLE DEL AMFE		Belcher Cornejo Nina							
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Extraer y llevar aguas servidas tratadas al exterior para darle otras aplicaciones de uso.	Motores, bombas no funcionan	Inundaciones en la PTAR	Averías, daños en las bombas y motores.	Mantenimiento	9	4	5	180	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
		Consumo excesivo de agua.							
	Obstrucción de tuberías	Malos olores en el agua tratada	Falta de limpieza de los tanques de agua	Inspección	8	2	2	32	
	Interruptor de control no funciona	Deficiencias en la operación del equipo	Interruptor averiado o desgastado	Inspección	9	2	2	36	
	Boyas de nivel no activan	No activa el sistema en modo automático	Exceso de suciedad, tiempo de uso	Inspección	9	2	2	36	

El cuadro de análisis de este sistema muestra un NPR=180 critico, por lo cual requiere de mayor atención y monitoreo constante. Para bajar su NPR la acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Figura 12

Formato AMFE CCTV Video Cámaras

NOMBRE DEL SISTEMA			CCTV VIDEO CÁMARAS DE VIGILANCIA PANASONIC						
FECHA			01/09/2020						
RESPONSABLE DEL AMFE			Belcher Cornejo Nina						
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Visualizar supervisar los distintos ambientes y actividades de la empresa	No sale video	Que no se cuente con un registro de imágenes en caso de ocurrir un evento inesperado	Averías en las cámaras	Inspección	9	2	2	36	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
			desactualización de software del DVR						
	Video distorsionado	No se puede visualizar, distinguir las imágenes en el monitor	La entrada del monitor TV no está bien ajustada	Inspección	8	4	6	192	
			El componente video no esta bien conectado						
	Proyecta imagen con baja potencia	No se puede visualizar, distinguir las imágenes en el monitor	Daños en el cableado	Mantenimiento	8	2	6	96	
			Desactualización de software del DVR						
	Cámara domo móviles no gira	No permite trabajos de monitoreo por parte del personal encargado	Daños, averías en la cámara	Inspección	9	2	1	18	
			Falta de mantenimiento						

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de análisis de este sistema muestra un NPR=192 critico, por lo cual requiere de mayor atención y monitoreo constante. Para bajar su NPR la acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Figura 13

Formato AMFE Bomba Contra Incendios

NOMBRE DEL SISTEMA				BOMBA CONTRA INCENDIOS						
FECHA				01/09/2020						
RESPONSABLE DEL AMFE				Belcher Comejo Nina						
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8	
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas	
Mantener la presión en la red contraincendios y evitar la puesta en marcha de las bombas principales en caso de pequeñas demandas generadas en la red	No mantiene presurizado la red de tubería de agua	Arranques inesperados de la bomba principal	Averías y fallas en la bomba jockey	Inspección	8	2	2	32	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias	
			falta de tensión eléctrica							
Arrancar automáticamente, pero el paro de la misma debe ser obligatoriamente manual.	No llega a su presión en salidas de las mangueras	No llega agua a los gabinetes contra incendios	Ausencia de agua en la cisterna	Inspección	8	2	2	32		
			Desgaste en las válvulas de presión							
	No bombea agua	Ausencia de agua en toda la red del sistema contra incendios	Selector en modo manual	Inspección	9	1	2	18		
			Averías y fallas en motor, bomba							

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de análisis de este equipo muestra los NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Sistema de Detección

NOMBRE DEL SISTEMA				DETECTORES DE HUMO FOTOELECTRICOS MIRCOM					
FECHA				01/09/2020					
RESPONSABLE DEL AMFE				Belcher Cornejo Nina					
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrenci	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Censar humos y enviar señal al panel central y este activa a las alarmas o sirenas	No detecta humo ni emite señal al panel de alarma	Que no funcione en caso de algún evento o suceso	Detector averiado	Inspección	9	2	2	36	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
			Batería baja						
			Cable malogrado						
			Falta de mantenimiento						
	Funcionamient o anormal del sistema	Que emita falsas señales al panel principal de alarma	Falsos contactos	Mantenimiento	3	3	7	63	
			Falta de mantenimiento						

El cuadro de análisis de este equipo muestra el NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Extractor de Cocina

NOMBRE DEL SISTEMA		EXTRACTOR DE COCINA VMH							
FECHA		01/09/2020							
RESPONSABLE DEL AMFE		Belcher Cornejo Nina							
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Extraer y renovar el aire de una estancia para eliminar vapores, grasas y malos olores	Motor no funciona.	Que no haya ventilación	Motor averiado	Mantenimiento	9	2	5	90	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
	Pernos sueltos.	Ruidos extraños	Falta de mantenimiento	Inspección	7	2	1	14	
			Filtros obstruidos	Inspección	8	5	1	40	

	Funciona el motor pero no ventila	Malos olores en el ambiente	Ventilador averiado						
	Interruptor no activa el ventilador	Exceso de grasas en la campana	Interruptor desgastado	Inspección	8	3	1	24	
			Falta de mantenimiento						

El cuadro de análisis de este equipo muestra los NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Grupo Electrógeno

NOMBRE DEL SISTEMA				GRUPO ELECTROGENO C15 CAT					
FECHA				01/09/2020					
RESPONSABLE DEL AMFE				Belcher Cornejo Nina					
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Producir energía eléctrica y abastecer de energía a todas	Motor no arranca o demora en el arranque	Que no opere el motor en caso sea necesario	Presión baja de combustible	Inspección	9	3	3	81	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y
			Baterías sin carga						
				Mantenimiento	8	3	7	168	

las instalaciones	Funcionamiento deficiente del motor	Alteraciones en la red eléctrica	Falta de mantenimiento						documentar evidencias
	Generador eléctrico no genera	Que todas las instalaciones se queden sin energía eléctrica	Falta de mantenimiento	Inspección	9	2	2	36	

El cuadro de análisis de este equipo muestra un NPR=168 critico, por lo cual requiere de mayor atención y monitoreo constante.

Para bajar su NPR la acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Tablero Eléctrico

NOMBRE DEL SISTEMA			TABLERO ELETRICO EMPOTRADO						
FECHA			01/09/2020						
RESPONSABLE DEL AMFE			Belcher Cornejo Nina						
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas

Proteger controlar y medir, el funcionamiento de los circuitos eléctricos	Interruptor magnético no controle	Desgaste de interruptor magnético	Averiado	Mantenimiento	8	1	1	8	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
	Interruptor magnético recalienta	Daños en los cables de conexión	Antiguo	Mantenimiento	8	2	1	16	
	Interruptor diferencial no controla activación	En caso de fuga de corriente no controle el interruptor	Averiado	Mantenimiento	8	1	1	8	
	Interruptor diferencial salta frecuentemente	Desenergice los tomacorrientes sin necesidad	Desgastado	Mantenimiento	2	7	2	28	
	Recalentamiento de cables	Corto circuito	Dañado, falsos contacto	mantenimiento	8	3	2	48	

El cuadro de análisis de este equipo muestra los NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Cuarto de Bombeo

NOMBRE DEL SISTEMA			CUARTO DE BOMBEO				
FECHA			01/09/2020				
RESPONSABLE DEL AMFE			Belcher Cornejo Nina				
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8

Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Presurizar y clorificar toda la red de servicio de agua para uso en la instalaciones	Bombas no funcionan	Ausencia de agua en toda la red	Averías en las bombas	Mantenimiento	9	3	6	162	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
			Falta de tensión						
	Variador descontrolado	Baja presión de agua en la red	Desconfigurado	Inspección	8	2	1	16	
			Falta mantenimiento						
	Boyas de nivel no activan	No activa el funcionamiento automático del sistema	Boyas malogradas	Inspección	8	5	4	160	
			Ausencia de agua en la cisterna						

El cuadro de análisis este equipo muestra un NPR=162 y NPR=160 crítico, por lo cual requiere de mayor atención y monitoreo constante. Para bajar su NPR la acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Sistema de Iluminación

NOMBRE DEL SISTEMA	ILUMINACIÓN - (Fluorescente en U DE 31W)
FECHA	01/09/2020
RESPONSABLE DEL AMFE	Belcher Cornejo Nina

FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Fluorescente	No ilumina	Deficiencias en la iluminación	Sobre carga eléctrica	Inspección	10	2	4	80	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
	Parpadea		Producto defectuoso		7	7	8	392	
Balastro electrónico	Suministra bajo voltaje	Desgaste rápido del fluorescente	Mala instalación	Mantenimiento	9	1	8	72	
	Calentamiento excesivo	Riesgo de corto circuito	Antiguo vida útil excedido	Mantenimiento	10	2	8	160	
Cables	Calientan	Riesgo de corto circuito	Daños, falsos contactos	Mantenimiento	10	1	2	20	
Luminarias industriales	No ilumina	Iluminación deficiente en los ambientes	Mala calidad	Mantenimiento	10	2	5	100	
			Falta mantenimiento						

El cuadro de análisis de este sistema muestra un NPR=392 y NPR=160 crítico, por lo cual requiere de mayor atención. Para bajar su NPR la acción recomendada a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Pozo a Tierra

NOMBRE DEL SISTEMA				POZO A TIERRA VERTICAL					
FECHA				01/09/2020					
RESPONSABLE DEL AMFE				Belcher Cornejo Nina					
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrenci	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Conducir eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.	No conduce los desvíos de corriente al pozo de tierra	Equipos con las desviaciones de corriente	Cobre corroído deteriorado	Inspección	8	1	2	16	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
			Terminales flojos, sulfatados						
	Energiza el cable de tierra de circuito conectado	Variaciones en la red eléctrica	Presencia de contaminantes en el pozo	Inspección	8	1	1	8	
		Riesgo al personal al usar los equipos	Falta mantenimiento						

El cuadro de análisis de este sistema muestra los NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Extintor de Incendios

NOMBRE DEL SISTEMA			EXTINTOR - 20LB y 12K						
FECHA			01/09/2020						
RESPONSABLE DEL AMFE			Belcher Cornejo Nina						
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Amago de fuego en su fase inicial de un incendio	Manómetro indica despresurización	Extintor no funciona	Manómetro averiado	Inspección	9	3	1	27	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias
			Falta mantenimiento						
	Sin seguro o precinto	No se puede utilizar	Extintor usado	Inspección	9	3	1	27	
	Manija atascada		Manija averiada	Mantenimiento	8	1	9	72	
	Tobera dañada		Falta mantenimiento	Inspección	8	3	2	48	

El cuadro de análisis de este equipo muestra los NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

Formato AMFE Bomba de Agua Pozo

NOMBRE DEL SISTEMA	BOMBA DE AGUA POZO TUBULAR FEMH-01
---------------------------	------------------------------------

FECHA				01/09/2020						
RESPONSABLE DEL AMFE				Belcher Cornejo Nina						
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6			FASE 7	FASE 8	
Función o componente del producto o servicio	Modo de fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones recomendadas	
Extraer agua del subsuelo para abastecer a la red a agua en la empresa	Motor no funciona	Ausencia de agua en las cisternas	Motor, bomba averiado	Mantenimiento	9	1	8	72	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y documentar evidencias	
	No bombea agua a las cisternas			Mantenimiento	8	1	8	64		
	No opera de manera automática	Fatiga en la operación	Controlador averiado	Inspección	7	1	2	14		
	Pérdida de caudal	Desabastecimiento de agua	Baja tensión en el sistema	Inspección	7	2	2	28		
			Falta mantenimiento							

El cuadro de análisis de este equipo muestra los NPR dentro de nuestro índice de riesgo. La acción a tomar es la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y documentar las evidencias.

A continuación presentaremos la periodicidad del programa de mantenimiento preventivo elaborado para cada equipo de infraestructura de Ferreyros S.A. Sucursal Cusco.

FRECUENCIA	SUBESTACION ELÉCTRICA ENCAPSULADO
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a Cusco
CADA SEIS MESES	1.- Inspeccionar que no exista ruidos extraños en el funcionamiento. 2.- Verificar que el ambiente esté libre de humedad y polvo. 3.- Verificar el buen estado de los componentes externos que lo conforman 4.- Documentar y registrar actividades
CADA DOS AÑOS	1.- Inspección visual y general de todo el sistema. 2.- Análisis de aceite. 3.- Detección de emisiones ultravioleta. 4.- Medición de conductancia. 5.- Comprobar resistencia de aislamiento. 6.- Comprobar factor de potencia. 7.- Comprobar descargas parciales. 8.- Verificar relación de transformación. 9.- Verificar resistencia de devanado. 10.- Verificar resistencia de contacto. 11.- Verificar tiempo de operación de interruptores. 12.- Documentar y registrar actividades.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUENCIA	SISTEMA DE RECIRCULACION DE AGUAS RESIDUALES
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a. Cusco
TODOS LOS DIAS	<p>1.- Realizar inspección visual y verificar el funcionamiento de los componentes del sistema, bombas y tablero eléctrico, para asegurarse de que todo el equipo esté operando.</p> <p>2.- Verificar el nivel de agua de los tanques para el riego periódico de jardines.</p> <p>3.- Documentar y registrar actividades.</p>
CADA AÑO	<p>1.- Evaluar reemplazar válvulas y conexiones de tuberías.</p> <p>2.- Reemplazar sellos y empaquetadura.</p> <p>3.- Evaluar, reemplazar y lubricar componentes de bombas.</p> <p>4.- Realizar mediciones eléctricas de los componentes de los motores</p> <p>5.- Realizar mantenimiento al interruptor.</p> <p>6.- Evaluar comprobar boyas de nivel de agua.</p> <p>7.- Realizar ajustes del sistema en general.</p> <p>8.- Realizar limpieza de tanques de agua.</p> <p>9.- Inspeccionar estado de pintura del sistema.</p> <p>10.- Documentar y registrar actividades.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUENCIA	TRAMPA DE GRASA Y LODO ZONA DE LAVADO TALLER
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a. Cusco
CADA CUATRO MESES	<p>1.- Se requiere limpieza general de acuerdo al uso que se dé la misma o tres veces al año cada que la grasa y los sólidos cimentados ocupan el 25 % de su volumen.</p> <p>2.- Documentar y registrar actividades.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUCENCIA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PCH-500 + TE Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a Cusco
TODOS LOS DIAS	<p>1.- Realizar inspección visual del funcionamiento de los componentes de la planta blower, bombas y tablero eléctrico, para asegurarse de que todo el equipo esté operando.</p> <p>2.- Verificar y pasar el rastrillo sobre la rejilla y eliminar los desperdicios recogidos. No los haga pasar a la fuerza, estos materiales deben ser eliminados.</p> <p>3.- Verificar que haya una igual distribución de aire a lo largo de todo el tanque. Todas las válvulas de la cámara de aeración deben estar totalmente abiertas, a acepción de la cámara de ecualización deben estar ligeramente abiertas para evitar que se escape el aire por esas boquillas al tener diferente nivel de agua.</p> <p>4.- Compruebe que el elevador de aire esté devolviendo lodo a la cámara de oxigenación.</p> <p>5.-Compruebe que el clorinador esté funcionando. Añada solución de cloro cuando se necesite y agite el tanque de solución de cloro.</p> <p>6.- Fíjese y desbarate la costra dentro del tanque del depósito de lodos o decantador para asegurar que regrese debidamente por medio del elevador de aire.</p> <p>7.- Documentar y registrar actividades.</p>
CADA SEMANA	<p>1.- Prueba de treinta (30) minutos (Prueba de Volumen de Lodo Activado).</p>

	<p>2.-Compruebe que todo los equipos estén trabajando debidamente y si algún fusible está quemado o algún interruptor automático o relé de protección está abierto.</p> <p>3.- Limpie la grasa y los sólidos flotantes de las paredes y de la superficie del agua de los tanques de oxigenación y del decantador.</p> <p>4.- Rellene el tanque de solución de cloro.</p> <p>5.- Efectúe la prueba de cloro residual; efectúe la prueba de oxígeno disuelto.</p> <p>6.- Asegúrese que el blower tenga aceite y que la faja se encuentre en buen estado.</p> <p>7.-Limpiar el filtro de aire regularmente.</p> <p>8.- Documentar y registrar actividades.</p>
CADA MES	<p>1.- Engrase los rodamientos del blower (Ver manual de Instrucciones del Fabricante).</p> <p>2.- Compruebe que las fajas tipo “V” tengan la tensión y desgaste debidos. Cámbielas cuando sea necesario.</p> <p>3.- Chequear al interior del Tablero Eléctrico de Control y verificar que esté seco y trabajando apropiadamente.</p> <p>4.-Limpie los filtros de aire del soplador o reemplácelos de ser necesario.</p> <p>5.- Chequear que exista una distribución pareja de aire en toda la cámara de aeración. Verifique que no se escape el aire por las boquillas del tanque de ecualización.</p> <p>6.- Verificar el nivel de aceite En ningún caso el aceite usado deberá caer dentro del depósito de aeración.</p> <p>7.- Documentar y registrar actividades.</p>
CADA TRES MESES	<p>1.- Cada 1,500 horas de funcionamiento, cada 3 meses mínimo comprobar la calidad del aceite y cambiarlo.</p> <p>2.- Según las condiciones de uso, cada 3 meses mínimo engrasar los rodajes del Blower. Utilizar aceite ISO 150 para engranajes.</p> <p>2.- Según las condiciones de uso, cada 3 meses mínimo engrasar los rodajes del Blower. Utilizar aceite ISO 150 para engranajes.</p>

	<p>3.- Las electro-bombas sumergibles, mínimo levantarlas una vez cada 3 meses y verificar que no existe material atrapado en el impeler.</p> <p>4.- Medir el nivel de lodo cada tres meses, el porcentaje de lodo no debe exceder del 60%.</p> <p>5.- Documentar y registrar actividades.</p>
CADA AÑO	<p>1.- Aplicar la pintura a los equipos y tuberías puede variar de 1 a 3 años según el tipo de pintura utilizada, el proceso de aplicación y la agresividad del medio.</p> <p>2.- Documentar y registrar actividades.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUENCIA	EXTRACTOR DE COCINA VMH
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a. Cusco
CADA TRES MESES	1.-Verificar que no haiga componentes ni pernos sueltos
	2.-Verificar que no haiga ruidos extraños en la operación dl equipo
	3.-Inspeccionar limpiar los filtros metálicos
	4.-Comprobar el correcto funcionamiento del sistema
	5.-Verificar que no haiga daños en el sistema eléctrico
	6.-Documentar y registrar actividades
CADA AÑO	1.-Desmontaje de rejilla regulador de aire y cuerpo de extractor
	2.-Limpieza general del motor aspa filtros metálicos
	3.-Lubricar puntos de engrase y ajustar pernos
	4.-Realizar pruebas del funcionamiento de todo el sistema
	5.-Documentar y registrar actividades

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUENCIA	SISTEMA CCVT CÁMARAS DE VIGILANCIA
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a Cusco
CADA TRES MESES	1.- Inspeccionar, verificar el correcto funcionamiento del sistema
	2.- Verificar que los lentes de las cámaras se encuentren limpios
	3.- Verificar que el cableado no se encuentre maltratado.
	4.- Verificar la fuente de alimentación de las cámaras
	5.- Inspeccionar la calidad de imagen
	6.- Documentar y registrar actividades.

CADA AÑO	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Inspeccionar cámaras fijas y tipo domo 2.- Limpieza de cámara y óptica con productos no abrasivos. 3.- Comprobación de los niveles de calidad de imagen. 4.- Verificación del soporte. 5.- Comprobación de la tensión y fuente de alimentación. 6.- Comprobación de conexiones. 7.- Verificación de la estanqueidad. 8.- Verificación de las funciones “PAN”, “TILT”, “ZOOM”. 9.- Engrase de partes móviles. 10.- Verificación del desgaste de partes móviles.
CADA AÑO	Monitor <ul style="list-style-type: none"> 1.- Limpieza de pantalla. 2.- Verificación del soporte. 3.- Comprobación de la tensión de alimentación. 4.- Comprobación del estado de conectores y conexiones. 5.- Comprobación de niveles de calidad de señal
CADA AÑO	Videograbador <p>Comprobación de funciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.- Escaneo de la superficie del disco duro. 2.- Comprobación de la tensión de red. 3.- Ajuste de controles. 4.- Comprobación de conectores. 5.- Verificación, en su caso, de funcionamiento video detección de movimiento.
CADA AÑO	Paneles conexión (señal vídeo y datos) <ul style="list-style-type: none"> 1.- Comprobación de estación de conexiones, conectores y cableado. 2.- Comprobación estado conexiones entrada. 3.- Comprobar estado de conexiones de salida. 4.- Comprobación estado conexiones salida. 4.- Documentar y registrar actividades.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUENCIA	SISTEMA CONTRA INCENDIOS
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a Cusco
CADA SEMANA	BOMBA CONTRA INCENDIOS 1.- Comprobar accesibilidad. 2.- Verificar que el sistema se encuentre energizado. 3.- Verificar que la activación del sistema se encuentre en modo automático. 4.- Verificar nivel de agua de la cisterna. 5.- Verificar que el sistema se encuentre presurizado. 6.- Verificar que no haya fugas de agua en el sistema. 5.- Verificar nivel de agua en las cisterna. 6.- Verificar que el sistema se encuentre presurizado. 7.- Verificar que no haya fugas de agua en el sistema. 8.- Documentar y registrar actividades.
CADA TRES MESES	SISTEMA DE DETECCION MIRCOT 1.- Comprobar accesibilidad. 2.- Verificar que no existan daños ni averías. 3.- Verificar comprobar funcionamiento de la luz led. SISTEMA DE ALARMAS MIRCOT 4.- Comprobar accesibilidad. 5.- Comprobar la configuración del panel de control. 6.- Comprobar la operatividad de los sensores y actuadores. 7.- Verificar estado de componentes del sistema. 8.- Comprobar el funcionamiento de estaciones manuales. EXTINTORES CONTRA INCENDIOS 9.- Comprobar accesibilidad 10.- Verificar el buen estado de conservación, seguros, precintos de seguridad, inscripciones y manguera. 11.- Verificar el estado de carga del extintor (peso y presión). 12.- Verificar el estado de todas las partes mecánicas. 13.- Documentar y registrar actividades.
CADA AÑO	BOMBA CONTRA INCENDIOS 1.- Evaluar reemplazar válvulas y conexiones de tuberías. 2.- Reemplazar sellos y empaquetadura. 3.- Evaluar, reemplazar y lubricar componentes de bombas. 4.- Realizar mediciones eléctricas de los componentes de los motores. 5.- Realizar mantenimiento integral del tablero controlador.

	6.- Verificar manómetros y presostatos. 7.- Inspeccionar estado de pintura del sistema. 8.- Realizar pruebas de operación de todo el sistema. 9.- Documentar y registrar actividades.
CADA SEIS MESES	REALIZAR LIMPIEZA DE CISTERNAS DE AGUA.
CADA AÑO	Detectores de humo fotoeléctrico MIRCOM. 1.- Desmontaje y limpieza de estas unidades de detección. 2.- Verificación de sus condiciones internas y asegurar que no presente averías u obstrucciones.
	Estaciones manuales MIRCOM 3.- Desmontar y desactivar las estaciones manuales, para su verificación de voltaje y su estado físico. 4.- Comprobar su activación en forma normal.
	Estrobos y sirenas MIRCOM 5.- Limpieza y verificación de voltaje en sus respectivos decibeles de operatividad para el correcto funcionamiento.
	Panel central de control MIRCOM. 6.- Verificación el estado de operatividad, limpieza y programación del sistema integrado. 7.- Verificar los cables de conexión del sistema. 8.- Realizar pruebas de funcionamiento de todo el sistema. 9.- Documentar y registrar actividades.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUENCIA	GRUPO ELECTROGENO C15 CATERPILLAR
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a Cusco
CADA SEMANA	<p>Comprobar nivel de aceite del motor.</p> <p>Inspeccionar generador.</p> <p>Temperatura del cojinete del generador probar y registrar.</p> <p>Cable de trenzado plano de generador comprobar.</p> <p>Documentar y registrar actividades.</p>
CADA 250 HORAS O SEIS MESES DE SERVICIO	<p>Comprobar nivel de electrolito de batería.</p> <p>Obtener muestra de refrigerante.</p> <p>Obtener muestra de aceite de motor.</p> <p>Drenaje de agua y sedimentos de tanque de combustible.</p> <p>Inspeccionar/reemplazar mangueras y abrazaderas.</p> <p>Documentar y registrar actividades.</p>
CADA 500 HORAS O UN AÑO DE SERVICIO	<p>Inspeccionar ajustar correas.</p> <p>Probar agregar aditivo de refrigerante suplementario.</p> <p>Cambiar aceite y filtro del motor.</p> <p>Comprobar dispositivo de protección del motor.</p> <p>Reemplazar elemento de combustible filtro separador de agua.</p> <p>Reemplazar filtro secundario de combustible.</p> <p>Documentar y registrar actividades</p>
CADA 2000 HS. O UN AÑO DE SERVICIO	<p>Limpiar respiradero de Carter de motor.</p> <p>Comprobar cable redondo de generador.</p> <p>Inspeccionar vibración del grupo electrógeno.</p> <p>Verificar limpiar radiador.</p> <p>Documentar y registrar actividades</p>
CADA 3000 HORAS O TRES AÑOS DE	<p>Inspeccionar alternador.</p> <p>Reemplazar regulador de temperatura de refrigerante.</p> <p>Inspeccionar amortiguador de vibraciones de cigüeñal.</p>

	Verificar inyector unitario electrónico. Inspeccionar soportes de motor. Verificar juego de válvulas de motor. Inspeccionar rotores de válvulas de motor. Inspeccionar motor de arranque. Inspeccionar turbocompresor. Inspeccionar bomba de agua del motor. Documentar y registrar actividades
--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de manual CAT

FRECUENCIA	SISTEMA ELÉCTRICO TABLEROS EMPOTRADOS, LUCES Y POZOS A TIERRA
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a Cusco
CADA SEIS MESES	Iluminación Fluorescente en U de 31W 1.- Determinar el número de lámparas activas, si existe un porcentaje defectuoso o mayor del 50% reemplazar en su totalidad. 2.- Verificar el estado de interruptores y tomacorrientes. 3.- Comprobar el funcionamiento de interruptores y tomacorrientes. 4.- Comprobar la iluminación. 5.- Documentar y registrar actividades.
CADA AÑO	1.- Verificación y limpieza en general de sus componentes. 2.- De ser necesario cambiar fluorescentes, ampollas halógenas o balastos. 3.- Verificar comprobar cables, conexiones, tomacorrientes e interruptores. 4.- Realizar pruebas de funcionamiento. 5.- Documentar y registrar actividades.
CADA AÑO	Tablero eléctrico empotrado 1.- Realizar limpieza general de tablero con productos apropiados. 2.- Verificar falsos contactos y ajustar tornillos. 3.- Limpiar conectores y terminales con limpia contacto dieléctrico. 4.- Verificar comprobar las llaves térmicas y reemplazar de ser necesario. 5.- Realizar pruebas de operación y funcionamiento del sistema. 6.- Documentar y registrar actividades.
CADA TRES MESES	luz de emergencia 1.- Verificar accesibilidad. 2.- Verificar interruptores. 3.- Verificar que se encuentre energizado.

	4.- Verificar que las baterías se encuentren en buen estado. 5.- Comprobar funcionamiento. 6.- Documentar y registrar actividades.
CADA AÑO	Pozo a tierra vertical 1.- Verificar la conservación de la barra cobre. 2.- Verificar que no existan contaminantes dentro de la caja de registros. 3.- Comprobar el ajuste de los cables de llegada. 4.- Verificar el estado de conservación de la caja de registro. 5.- Medir el ohmiaje del Pozo. 6.- Documentar y registrar actividades.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

FRECUENCIA	CUARTO DE BOMBEO
	Actividades de programa de mantenimiento Ferreyros s.a Cusco
CADA QUINCE DÍAS	Cuarto de Bombeo Verificar estado de componentes del sistema. Verificar tuberías, válvulas y conexiones. Verificar el correcto funcionamiento del variador y las bombas. Verificar el nivel de cloro en el tanque del clorinador. Verificar que no haiga ruidos extraños durante el funcionamiento. Documentar y registrar actividades.
CADA SEIS MESES	REALIZAR LIMPIEZA DE CISTERNAS DE AGUA.
CADA AÑO	Evaluar reemplazar válvulas y conexiones de tuberías. Reemplazar sellos y empaquetadura. Evaluar, reemplazar y lubricar componentes de bombas. Realizar mediciones eléctricas de los componentes de los motores. Realizar mantenimiento integral del tablero controlador ACI. Verificar manómetros. Comprobar variador de presiones y Clorinador. Comprobar reemplazar boyas de nivel. Inspeccionar estado de pintura del sistema. Realizar pruebas de operación de todo el sistema.

	Documentar y registrar actividades.
CADA TRES MESES	Bomba de agua pozo Tubular FEMH - 01 Verificar el funcionamiento de todas las llaves y controles. Observar si existen vibraciones o ruidos extraños. Verificar comprobar el caudal de la bomba. Verificar válvulas y tuberías del sistema. Documentar y registrar actividades.
CADA AÑO Y MEDIO	Extraer la bomba del pozo. Evaluar reemplazar válvulas y conexiones de tuberías. Reemplazar sellos y empaquetadura. Evaluar, reemplazar y lubricar componentes de bombas. Realizar mediciones eléctricas de los componentes de los motores. Realizar mantenimiento al interruptor. Evaluar comprobar boyas de nivel de agua. Realizar ajustes del sistema en general. Realizar pruebas de operación y funcionamiento. Documentar y registrar actividades.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información técnica del equipo

CAPÍTULO VII

Implementación de la propuesta

10.1. Propuesta económica de implementación.

Ferreyros S.A Cusco evaluará la presente propuesta del plan de mantenimiento, en qué proporción ayudaría la implementación en la conservación de sus equipos de infraestructura. Por tal razón el trabajo queda como recomendación hasta la aprobación para su implementación por parte de la organización.

Presupuesto

De ser aprobada la propuesta de mejora, la empresa deberá designar un profesional interno Ingeniero supervisor, a quien se le debe capacitar en la familiarización, funcionamiento y operación de los equipos de infraestructura para que pueda aplicar el plan de mantenimiento preventivo y llevar todo el control documentario.

Por otro lado la empresa deberá considerar y respetar un presupuesto anual para el mantenimiento de todos los equipos de infraestructura ya que se requiere de personal tercero especializado para dichos servicios.

Tabla 57

Gastos para la implementación de la propuesta

				GASTO	
ítem	DESCRIPCION	U.M.	CANT	GASTO/UNI	TOTAL
Capacitación del personal					
1	Capacitación x 15 días por Personal especializado		1	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
2	Sueldo de personal por el tiempo de capacitación (x 15 días)		1	S/. 3,500.00	S/. 1,750.00
	Ingeniero Mecánico y/o Industrial				
3	Impresión de manuales y formatos				
	Empastado y anillado	PZA.	2	S/. 25.000	S/. 50.00
	Útiles de oficina				
	Lapicero	UND.	5	S/. 2.00	S/. 10.00
4	Corrector	UND.	2	S/. 2.00	S/. 4.00
	Tablero	UND.	3	S/. 5.00	S/. 15.00
	Archivador	UND.	3	S/. 6.00	S/. 18.00

TOTAL	S/. 3,847.00
--------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58*Gastos en mantenimiento de equipos*

					GASTO	
ítem	DESCRIPCION	U.M.	CANT	GASTO/UNI	TOTAL	
	Mantenimiento de equipos					
1	Subestación eléctrica	UND.	1	S/. 5,000.00	S/.	5,000.00
2	PTAR	UND.	1	S/. 3,000.00	S/.	3,000.00
3	Sist. Recirculación de agua residual.	UND.	1	S/. 2,500.00	S/.	2,500.00
4	CCTV cámaras de vigilancia	UND.	1	S/. 5,000.00	S/.	5,000.00
5	Alarmas y detección de incendios	UND.	1	S/. 3,500.00	S/.	3,500.00
6	Trampa de Grasa y lodo	UND.	1	S/. 10,600.00	S/.	10,600.00
7	Extractor de cocina	UND.	1	S/. 800.00	S/.	800.00
8	Grupo electrógeno CAT	UND.	1	S/. 3,000.00	S/.	3,000.00
9	Tableros eléctricos e iluminación	UND.	1	S/. 5,500.00	S/.	5,500.00
10	Sist. Red de agua contra incendios	UND.	1	S/. 3,500.00	S/.	3,500.00
11	Sist. Red de agua de uso domestico	UND.	2	S/. 3,300.00	S/.	3,300.00
12	Pozos a tierra	UND.	36	S/. 100.00	S/.	3,600.00
13	Extintores	UND.	33	S/. 2,000.00	S/.	2,000.00

TOTAL

S/. 51,300.00

Fuente: Elaboración propia

10.2. Calendario de actividades y recursos.

Tabla 59

Calendario de actividades

CONCEPTO	DETALLE	FECHA	TIEMPO ESTIMADO
1.- Capacitación	Familiarización y	Semana 1	15 días
Ingeniero mecánico o	operación de sistemas	Semana 2	
Industrial	de equipos electromecánicos	Semana 3	
2.- Compras			
Impresión	Manuales formatos etc.	Semana 1	5 horas
Útiles de oficina	Materiales para documentación		
3.- Solicitar cotizaciones a proveedores terceros	Inspecciones y mantenimientos	Semana 4 Semana 5 Semana 6 Semana 7	4 Semanas
4.- Inicio de ejecución de mantenimiento de equipos	Inspecciones y mantenimientos	Semana 8	

Fuente: Elaboración propia

Figura 14*Diagrama de Gantt*

ACTIVIDADES		MES 1				MES 2			
CONCEPTO	RESPONSABLE	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8
COMPRAS	Ingeniero mecánico o industrial								
CAPACITACIÓN	Personal tercero especializado								
SOLICITAR COTIZACIONES A PROVEEDORES	Ingeniero mecánico o industrial								
INICIO DE EJECUCION DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	Personal tercero especializado								

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VIII

Conclusiones y recomendaciones

11.1. Conclusiones

- ✓ En esta tesis se detalló y recolectó toda la información necesaria de cada uno de los equipos de infraestructura de la empresa Ferreyros s.a. Cusco, en los cuales se evidencio que dichos equipos no cuentan con un mantenimiento periódico, así mismo el personal a cargo no tiene el conocimiento suficiente del sistema de operación de los equipos electromecánicos es mas no se cuenta con un historial de mantenimiento ni documentos de control. Todas estas falencias afectan en gran proporción a la operatividad y la vida útil de los equipos de infraestructura.
- ✓ Se analizó mediante la técnica AMFE y comprobó que las principales fallas de los equipos está referido a:
 - Falta de intervalos de mantenimiento.

- Falta de periodicidad de mantenimiento.
 - Falta de información propicia de la operación de los sistemas de los equipos.
 - Falta de historial documentado de mantenimiento.
- ✓ Se determinó la prioridad de mantenimiento que tienen los equipos tales como: Planta de tratamiento de aguas residuales, Sistema de recirculación de aguas residuales, CCTV video cámaras de vigilancia, Grupo electrógeno CAT, Cuarto de bombeo e Iluminación.
- ✓ Se recolecto y documentó toda la información de los equipos de infraestructura para un control adecuado así mismo se elaboró el programa de mantenimiento y el formato de inspecciones y actividades para todos los equipos de infraestructura de Ferreyros S.A Sucursal Cuso.

11.2. Recomendaciones

- ✓ Es de muy importancia subsanar todas las falencias detectadas en la tenencia de los equipos y operación de sus sistemas en la empresa Ferreyros s.a. Cusco, por eso se debe implementar con premura el plan de mantenimiento preventivo y capacitar al personal encargado en la administración y conservación de los equipos.
- ✓ Para ejecutar con éxito el mantenimiento preventivo se debe respetar los intervalos de mantenimiento, la periodicidad de mantenimiento, conocer sobre el sistema de operación de los equipos así mismo en cada actividad se debe generar los informes correspondientes para el historial de cada equipo.

- ✓ La técnica del AMFE debe ser aplicada y actualizada cada vez que surjan nuevos cambios en el mantenimiento o funcionamiento de los equipos de infraestructura.
- ✓ La importancia de llevar un correcto control de todos los documentos de los equipos permiten generar un historial documentado de cada equipo también a su vez permite visualizar en conjunto el estado y los antecedentes de cada equipo.

Bibliografía

- AEC, A. E. (s.f.). *AMFE de procesos y medios en sus paginas del 13 al 17*. ESPAÑA.
- Aguirre Tinitana, J. (2019). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para equipos e infraestructura de la empresa metal industrial José campuzano S.A. de la ciudad de Guayaquil, provincia del guayas*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica Ambato.
- Ayala Quispe, R. (2018). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO DEL EDIFICIO SENATI 28 DE JULIO, APLICANDO LA TECNICA DE ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y A FIN DE REDUCIR COSTOS Y MEJORAR LA CALIDAD EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIO*. Lima: Universidad.
- Bernal Torres, C. (2015). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Pearson Education.

- BONILLA, E., DIAZ, B., KLEEBERG, F., & NORIEGA, M. (2010). *Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas*. Obtenido de Universidad de Lima. Fondo Editorial: <http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/ulima/10832>
- Carrasco Burga, W., & Chavez Ñonto, J. (2015). *Implementación de un plan de mejora para reducir el mantenimiento correctivo en el servicio de mantenimiento de infraestructura por parte de la empresa Ricsam Ingenieros SRL*. Cajamarca: Universidad.
- CARRERA, G. (2008). *AMEF 3ra edicion* .
- CARRERA, G. (s.f.). *AMEF 3ra EDICION 2008*.
- Ferreiros. (s.f.).
- Gomez, F. C. (s.f.). *Tecnología del mantenimiento industrial*.
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada, Definición, Propiedad intelectual e industria. *CIENCIAMERICA*, 34-39.
- Martinez Garcia, F. (2015). *Gestión integrada del mantenimiento y la energía para la prevención de fallos en equipos de plantas de proceso*. España: Universidad de Murcia.
- Meneses, E., More, K., Siccha, U., Verastegui, G., & Espinoza, A. (s.f.). *sisbib.unmsm.edu.pe*. Obtenido de INSPECCIÓN BASADA EN EL RIESGO (IBR-API RP 580) RISK BASED INSPECTION (RBI-API RP 580): https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13_n26/pdf2/a05v13n26.pdf
- MINSA. (2005). *Analisis modal de fallos y efectos (AMFE)* . lima.

Moubray, J. (s.f.). *RCM II: Reliability Centered Maintenance – John Moubray*. Obtenido de

RCM II: Reliability Centered Maintenance – John Moubray:

<https://predictiva21.com/libro-rcm-moubray/>

PEREZ, C. (s.f.). *Guia_SCO_Analisis_Criticidad*. Obtenido de pdf

Guia_SCO_Analisis_Criticidad:

https://www.academia.edu/33335967/Guia_SCO_Analisis_Criticidad

Salud, M. d. (2005). *Analisis modal de fallos y efectos*. Lima: MINSA.

Anexos

Anexo 1: Formato de programa de mantenimiento

FORMATO		PROGRAMA DE INSPECCIONES Y ACTIVIDADES																												
FERREYROS S.A CUSCO		Área:														Año:														
Responsable:																														
EQUIPO O SISTEMA :		TIEMPO ESTIMADO :																												
Nº	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1																														
2																														
3																														
4																														
5																														
6																														
7																														
8																														
9																														
10																														
11																														
12																														
13																														
14																														
15																														
16																														
17																														
Fecha de Ejecución del Mantenimiento																														
Firma del Encargado del Mantenimiento																														
Observaciones			Frecuencia				Claves																							
			S : Semanal																											
			Q : Quincenal												O : A Inspeccionar															
			T : Trimestral												✓ : Check (Conforme)															
			Sm : Semestral												X : Con falla															
			A : Anual																											

Fuente: elaboracion propia

Anexo 2: Formato de programa de mantenimiento

EQUIPO O SISTEMA :			TIEMPO ESTIMADO :																							
Nº	Verificaciones y Tareas	Frecuencia	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
Fecha de Ejecución del Mantenimiento																										
Firma del Encargado del Mantenimiento																										
Observaciones			Frecuencia				Claves																			
			S : Semanal																							
			Q : Quincenal																							
			T : Trimestral																							
			Sm : Semestral																							
			A : Anual																							
											O : A Inspeccionar															
											✓ : Check (Conforme)															
											X : Con falla															

Fuente: elaboracion propia

Anexo 3: Reporte de falla de CCTV

Fuente: elaboracion propia

Anexo 4: Reporte de falla en el sistema eléctrico

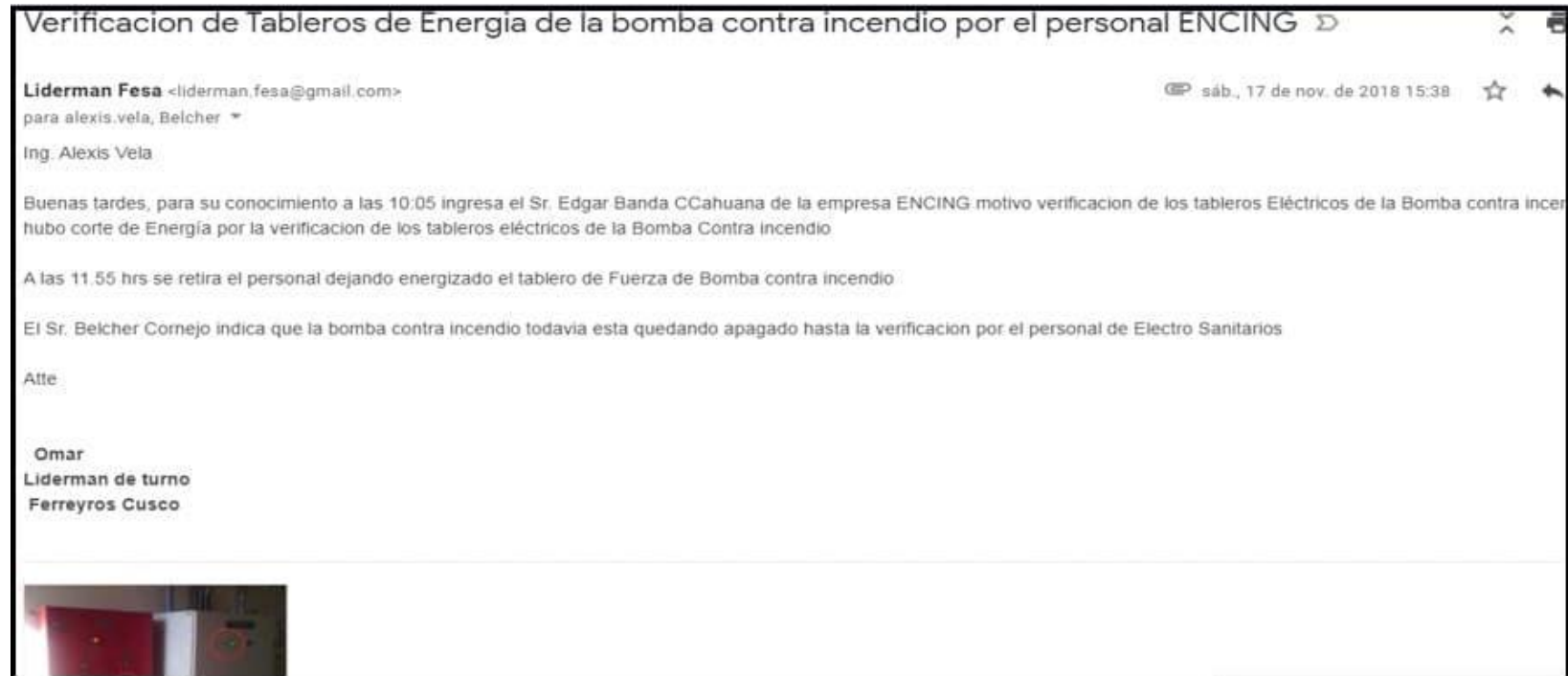


Fuente: elaboracion propia

Anexo 5: Reporte de falla de CCTV

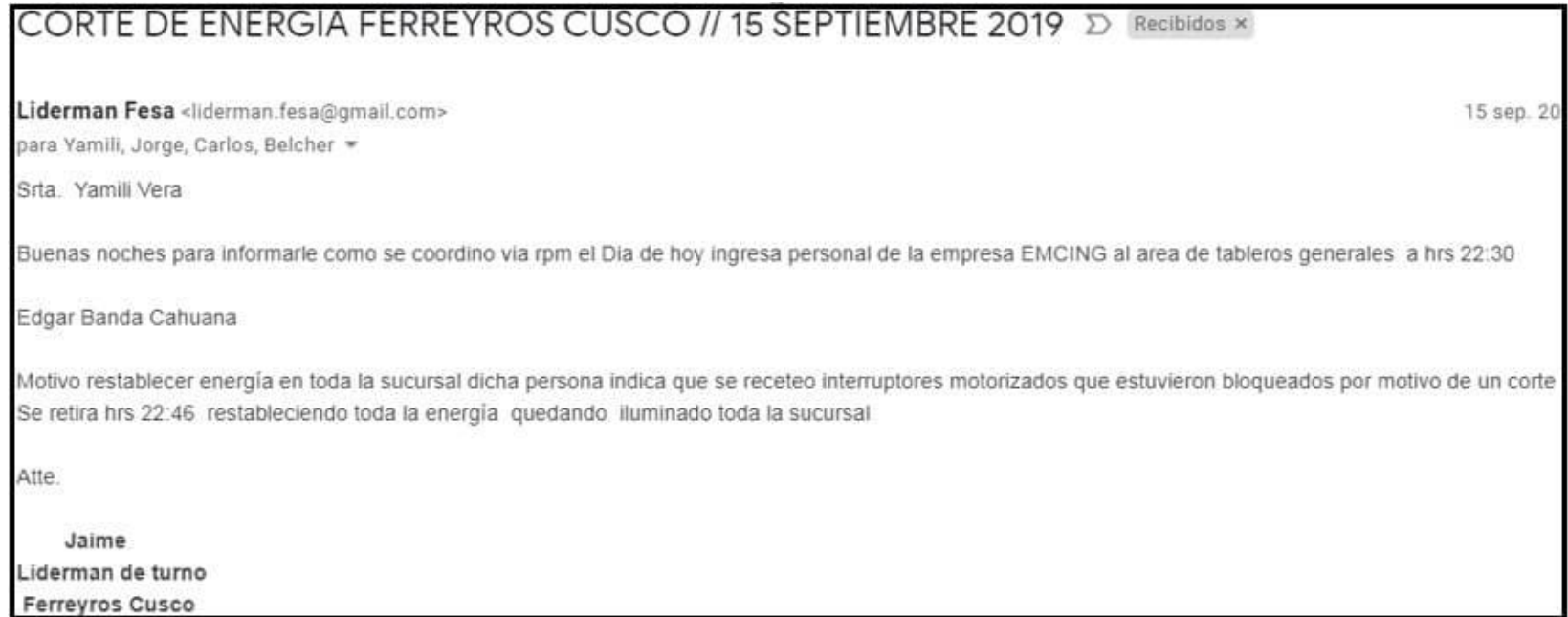
Fuente: elaboracion propia

Anexo 6: Reporte de averías en el sistema eléctrico



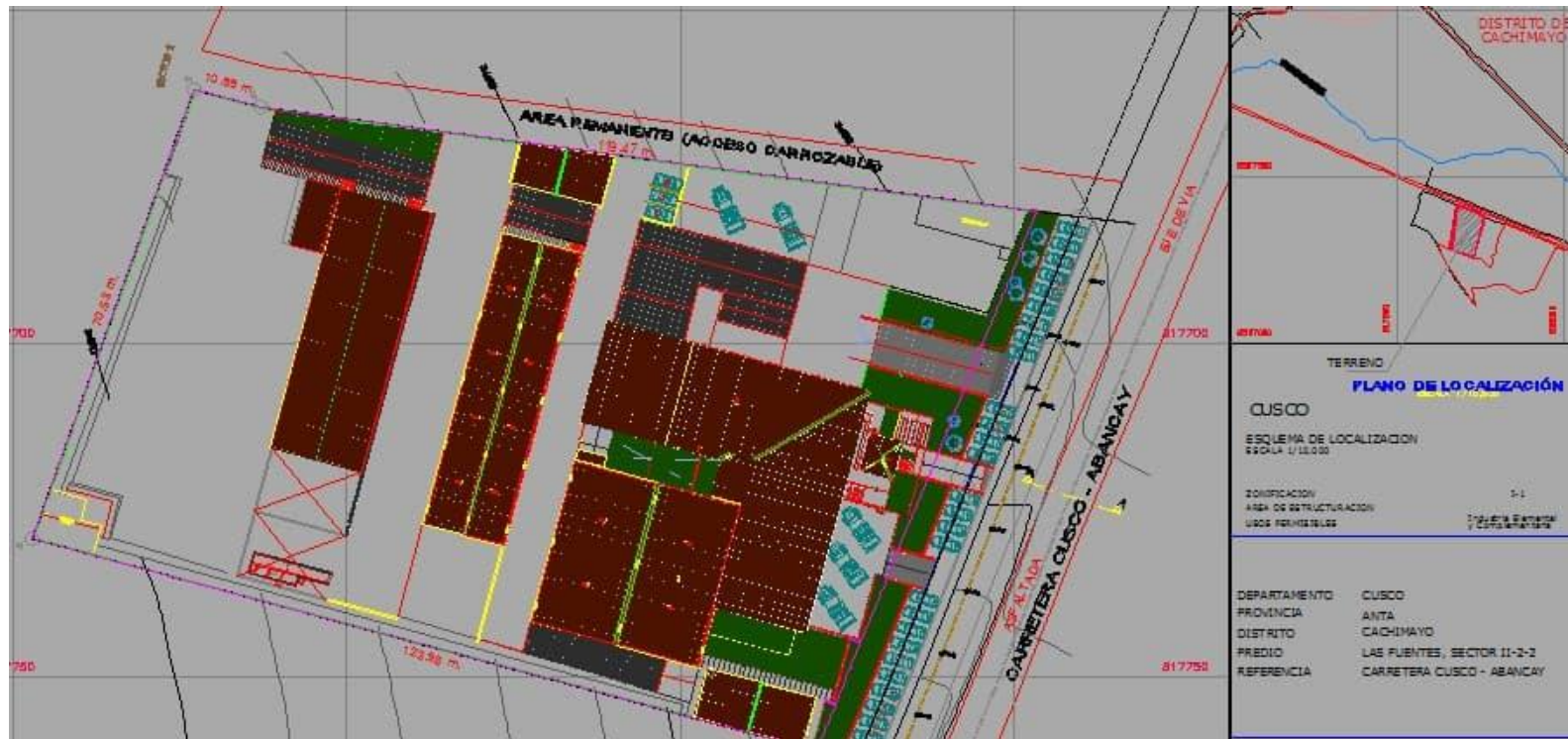
Fuente: elaboracion propia

Anexo 7: Reporte de averías en el sistema eléctrico



Fuente: elaboracion propia

Anexo 8: Plano general y ubicación de la empresa Ferreyros Cusco



Fuente: memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 9: Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 10: Sistema de recirculación de aguas residuales Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 11: Subestación eléctrica Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 102: Bomba contra incendios Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 113: Detector de humo Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 12: CCTV video cámaras de vigilancia Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 13: Estaciones manual y sirena contra incendios Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 16: Trampa de grasa y lodos zona lavado taller Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 17: Gabinete contra incendios Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 1814: Extintor Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 19: Extractor de vapores de cocina del comedor Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 20: Grupo electrógeno C15 CAT Ferreyros Cusco



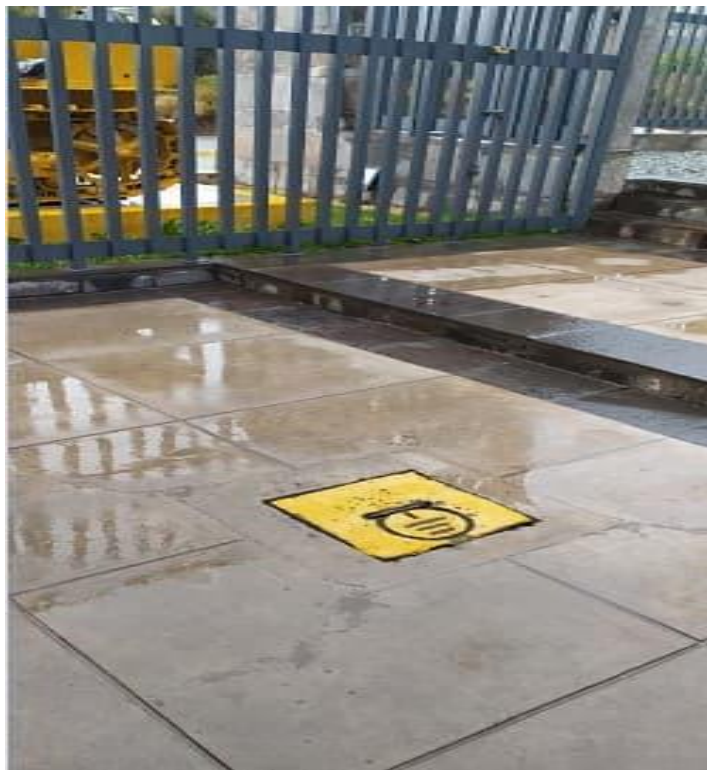
Fuente: elaboracion propia

Anexo 21: Tableros eléctricos e iluminación Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 15: Pozo a tierra Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 23: Bomba de agua Pozo Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 24: Cuarto de bombeo Ferreyros Cusco



Fuente: elaboracion propia

Anexo 16: Datos técnicos (Grupo electrógeno)

DIESEL GENERATOR SET



Image shown may not reflect actual package.

PRIME
410 kW 513 kVA
60 Hz 1800 rpm 480 Volts

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

FEATURES

FUEL/EMISSIONS STRATEGY

- Low Fuel consumption

DESIGN CRITERIA

- The generator set accepts 100% rated load in one step per NFPA 110 and meets ISO 8528-5 transient response.

UL 2200

- UL 2200 listed packages available. Certain restrictions may apply. Consult with your Cat® Dealer.

FULL RANGE OF ATTACHMENTS

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested
- Flexible packaging options for easy and cost effective installation

SINGLE-SOURCE SUPPLIER

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT

- Cat dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S•O•S™ program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

CAT® C15 ATAAC DIESEL ENGINE

- Utilizes ACERT™ Technology
- Reliable, rugged, durable design
- Field-proven in thousands of applications worldwide
- Four-stroke diesel engine combines consistent performance and excellent fuel economy with minimum weight
- Electronic engine control

CAT GENERATOR

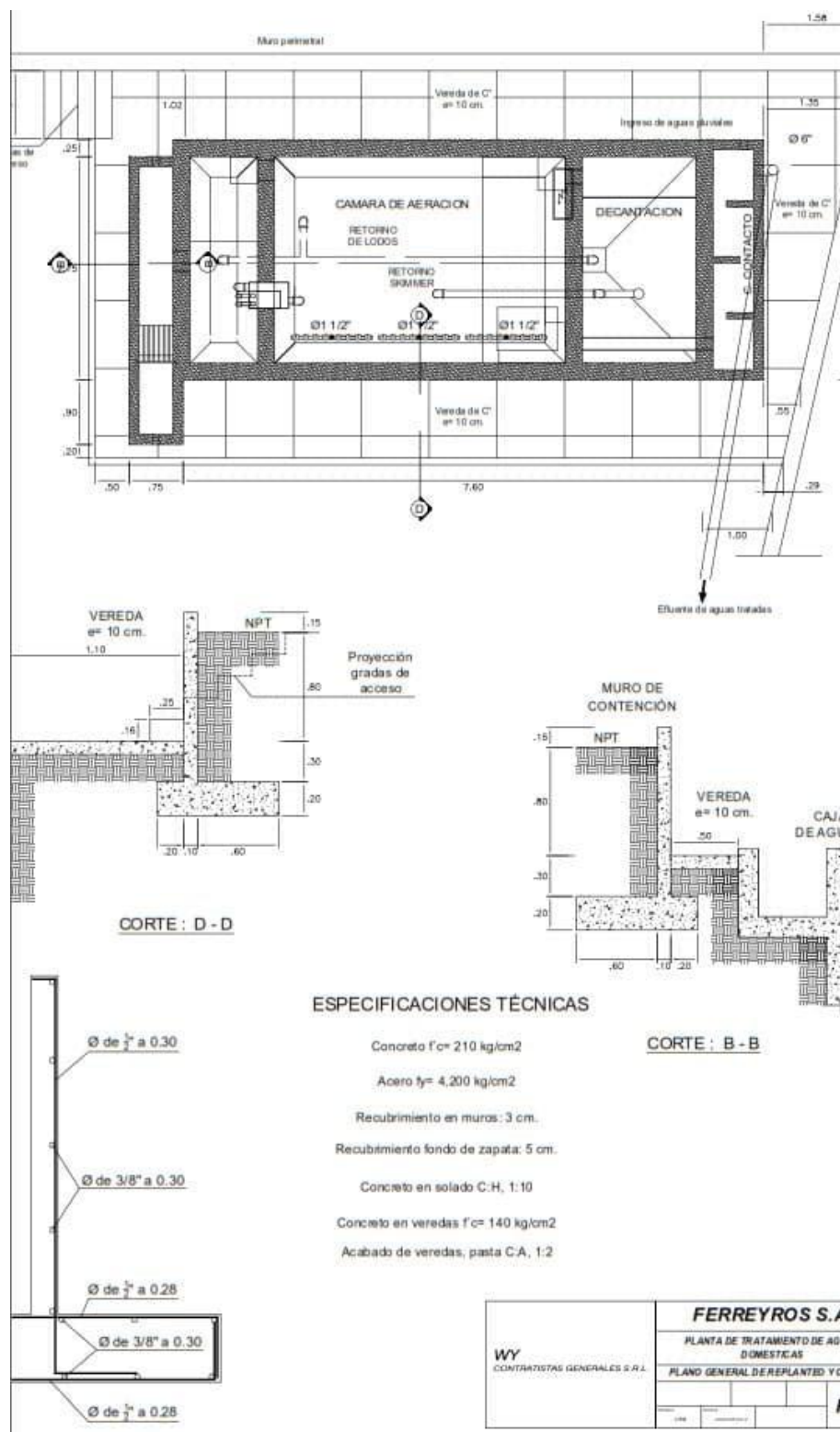
- Matched to the performance and output characteristics of Cat engines
- Load adjustment module provides engine relief upon load impact and improves load acceptance and recovery time
- UL 1446 Recognized Class H insulation

CAT EMCP 4 CONTROL PANELS

- Simple user friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of customer needs
- Integrated Control System and Communications Gateway

Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 17: Esquema (PTAR)



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 18: Información técnica (Estaciones manuales)

MIRCOM®

ESTACION MANUAL DIRECCIONABLE INTELIGENTE MS-700IDU



Descripción

La serie MS-700IDU, provee reporte de incendio manual. De alta calidad, la carcasa de metal de las estaciones manuales de alarma contra incendio inteligente están disponibles en cualquiera de las configuraciones, ya sean de simple o doble acción, con un modulo direccionable integrado permanente.

Las estaciones de la serie MS-700IDU están disponibles como dispositivos simple y doble acción con llave de reseteo y un modulo direccionable integrado permanente. Las estaciones manuales direccionables tienen interruptores DIP que permite configurar las direcciones. Jalando la palanca inicia la operación de los módulos direccionables.

Todos los modelos están disponibles con llaves CAT-30 y una caja de montaje estándar, BB-700 caja de metal, o el BB-700WP caja a prueba de la intemperie.

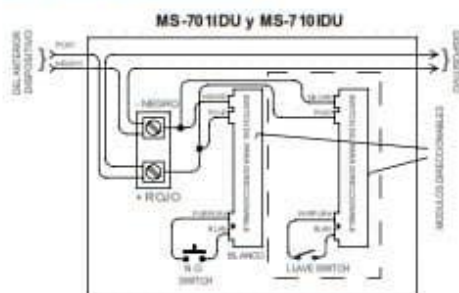
Operación

Las estaciones manuales inteligentes de acción simple MS-701IDU funcionan jalando la palanca hacia abajo, la que esta marcada con "PULL HANDLE" en el frente de la estación. La estacion manual de acción dual inteligente MS-710IDU funciona jalando la barra etiquetada con "PUSHBAR" y jala la palanca marcada con "PULL HANDLE". La serie de estaciones manuales MS-700IDU se resetean operando la estación con una llave, poniendo la palanca en la posición normal y asegurando al final la estación.

Características

- Simple o acción dual
- Llave de reseteo
- Modulo direccionable inteligente integrado
- Acabado de esmalte rojo
- Cumple con ADA, 5 lb. (2.26 kg.) máxima de fuerza manual
- Montaje en caja simple, BB-700 caja de metal o BB-700WP caja contra intemperie.

Diagrama de Cableado



Especificaciones

Switch Rating:

1 Amp @ 30 VDC
0.1 Amp @ 125 VAC

Dimensiones de la Estacion Manual:

4.9" H x 3.5" W x 2.0" D

Color:

Rojo con letras en altoprelieve blancas,
barra manual blanca con letras en altoprelieve negras.



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 19: Información técnica (Detectores de humo)

MIRCOM®

DETECTORES DIRECCIONABLES INTELIGENTE SERIES MIX-3000



MIX-3000 MIX-3100
Detector de Humo de Ionización Detector de Humo Fotoeléctrico



MIX-3200 MIX-3300
Detector Multisensor Detector Térmico

Descripción

Los detectores direccionables inteligentes serie alta de Mircom, están diseñados para alcanzar un amplio rango de aplicaciones. El enrutamiento de los detectores se encuentra en su propia base, haciéndolos libres de mantenimiento. Los detectores tienen una amplia gama de bases que se acomodan a las necesidades de la instalación.

Detector de Humo de Ionización Inteligente (MIX-3000)

El detector de humo de ionización incorpora un diseño de cámara dual único que responde rápidamente y dependiente de una amplia cantidad de eventos. El detector de ionización está equipado con LED que lintee cuando el detector es removido y se enciende cuando el detector se convierte en alarma.

Detector de Humo Fotoeléctrico Inteligente (MIX-3100)

El sensor de humo utiliza una cámara de sensibilidad óptica única que está diseñada para detectar humo producido por una amplia gama de fuentes de combustión. El detector fotoeléctrico está equipado con LED que lintee cuando el detector es removido y se enciende cuando el detector se convierte en alarma.

Detector Multi-Sensor Inteligente (MIX-3200)

El detector multi-sensor inteligente es un detector de humo fotoeléctrico con un sensor térmico suplementario. El detector multi-sensor combina un detector de humo fotoeléctrico y un sensor térmico que proporciona un rendimiento mejorado y una reducción de falsas alarmas. Información de cada elemento detectado es procesado y acondicionado por la tecnología ASIC interna y digitalmente transmitida a el FACP como un único valor analógico compuesto con las respuestas combinadas de ambos valores, el detector de humo y el detector térmico.

Detector Térmico Inteligente (MIX-3300)

El detector térmico inteligente utiliza métodos de estados de temperatura electrónicos para proveer un monitoreo de temperatura rápidos y precisos. El detector térmico cuenta con un rango de temperatura ajustable que es configurado desde el panel de alarma de incendio FX-350.

Características

- Diseño de bajo perfil
- Para usar con la serie de paneles de alarma contra incendio FX-350
- Tiempo de respuesta rápida
- Variedad de bases para montar
- Fácil de instalar
- Elegante, diseño discreto
- Comunicador digital

Especificaciones

Especificaciones Generales

Voltaje Operacional	16-28 VDC
Comunicación	Clase A (Estilo D) o Clase B (Estilo B) Seleccionable
Humedad Relativa	0% to 95% (sin condensación o escarcha)
Temperatura Operacional	-20°C a +70°C
Acabado Housing/Cobertura	Policarbonato blanco

MIX-3000 Detector de Ionización

Energía Standby	500 µA
Energía LED Alarma	3.5 mA

MIX-3100 Detector Fotoeléctrico

Energía Standby	400 µA
Energía LED Alarma	3.4 mA

MIX-3200 Detector Multi-Sensor

Energía Standby	500 µA
Energía LED Alarma	3.5 mA

MIX-3300 Detector Térmico

Energía Standby	500 µA
Energía LED Alarma	3.4 mA
Temperatura Operacional	55°C a 90°C



727 1-14 77 130
(MIX-3000)
727 2-14 77 131
(MIX-3100)



S6295
(MIX-3000, MIX-3100)
S6299
(MIX-3200)



S6965
(MIX-3100 & MIX-3200)
S7498
(MIX-3300)

Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 20: Información técnica (Panel de control)


MIRCOM®

PANEL DE CONTROL INTELIGENTE DE 378 PUNTOS FX-353-LDR



Descripción

Es un panel direccionable de 3 lazos que soporta 378 puntos direccionables. Esta equipado con un teclado numérico, un display LCD con luz de fondo de dos líneas de 20 caracteres, un comunicador UDACT/Digital integrado y un anunciador LED de 64 zonas (requiere RAX-332 opcional). El display LCD permite mensajes configurables de 32 caracteres.

Es ideal para aplicaciones nuevas o renovaciones. Diseñado para comercios medianos o pequeños, instituciones o industrias, este panel es lo suficientemente poderoso para las necesidades de instalación actuales. Es configurable por teclado del panel o por PC para programación en el panel o remotamente. Fácil de instalar y simple de manejar, el panel habilita al instalador configurar el sistema con las especificaciones que el requiera.

El panel esta equipado con un suministro de energía de 5.5 Amp., suministro de energía reinicializable auxiliar (300mA max.), una interfase para un indicador de problemas remoto (RTI-1) y una interfase RS-485 para anunciadores LED y LCD remoto.

Características

- 3 Lazos direccionables SLC que permiten 378 puntos direccionables.
- Los puntos pueden tener cualquier combinación de módulos o sensores direccionables.
- Soportan sensores de ionización, sensores fotoeléctricos, sensores de calor variables y multi sensores (calor/foto).
- Equipado con un display LCD con luz de fondo de 2 líneas de 20 caracteres, teclado numérico y un comunicador digital integrado.
- El display LCD permite mensajes configurables de 32 caracteres.
- Provisto de 64 zonas de anunciador LED con un módulo anunciador remoto RAX-332.
- Comunicador UDACT/Digital integrado.
- El comunicador digital puede ser configurado como DACT o UDACT.
- Configurable via panel frontal, PC o remoto a través del modem integrado.
- Los sensores pueden ser configurados como alarma, alarma verificada, supervisor de cerrado o sin cierre, monitor y solo problema.

- Los módulos pueden ser configurados como alarma, supervisión de cerrado o sin cierre, flujo de agua, monitor, problema, prueba de incendio, señal silenciosa, desconexión auxiliar y buzzer silencioso.
- La base del panel esta equipada con 4 circuitos de indicación Clase "B" (Estilo "B") que pueden ser configurados como Clase "A" (Estilo "Z") usando un módulo de conversión de señal Clase "A".
- Los circuitos de indicación pueden ser configurados como silenciado o no silenciado para ambos, tanto señales como estrobos.
- Protocolos de Sincronización integrado para los siguientes fabricantes de estrobos: Mircom, Wheelock, Amseco, System Sensor, Genlexy Faraday.
- Contactos de relé para alarma común, alarma/auxiliar (desconectable), supervisión común y problema común.
- Inhibir señal silenciosa, auto señal silenciosa, operación de dos etapas, operación paso a paso, configurable.
- Operaciones de alarma subsecuente, supervisión y problema.
- Interfase RS-485 para anunciadores remotos.
- Secuencia de alarma positiva.
- Interfase para un indicador de problema remoto (RTI-1) 2
- Registros de eventos que comprenden 200 eventos de alarma y 200 para eventos generales y otro eventos.
- Suministro de 5.5 Amp
- Módulos opcionales para circuitos de relé internos adicionales.

Dimensiones

FX-353-LDR :66cm Alto x 36.83cm Ancho

ANUNCIADOR LCD REMOTO (RAM-300LCDR)



Descripción

El RAM-300LCDR provee un anunciador remoto LCD a través de un display LCD de dos líneas de 20 caracteres. Provee interruptores de control para reseteo del sistema, señal silencio, ejercicio de incendio, además de un teclado numérico para acceso a las funciones del menú. Las funciones de control comunes pueden ser deshabilitadas en un par de funciones básicas. El RAM-300LCDR tiene indicadores LCD para A.C. On, Alarma, Supervisión, Problema y falla de CPU. El RAM-300LCDR viene completo, con un gabinete rojo y un cerrajo CAT-30.

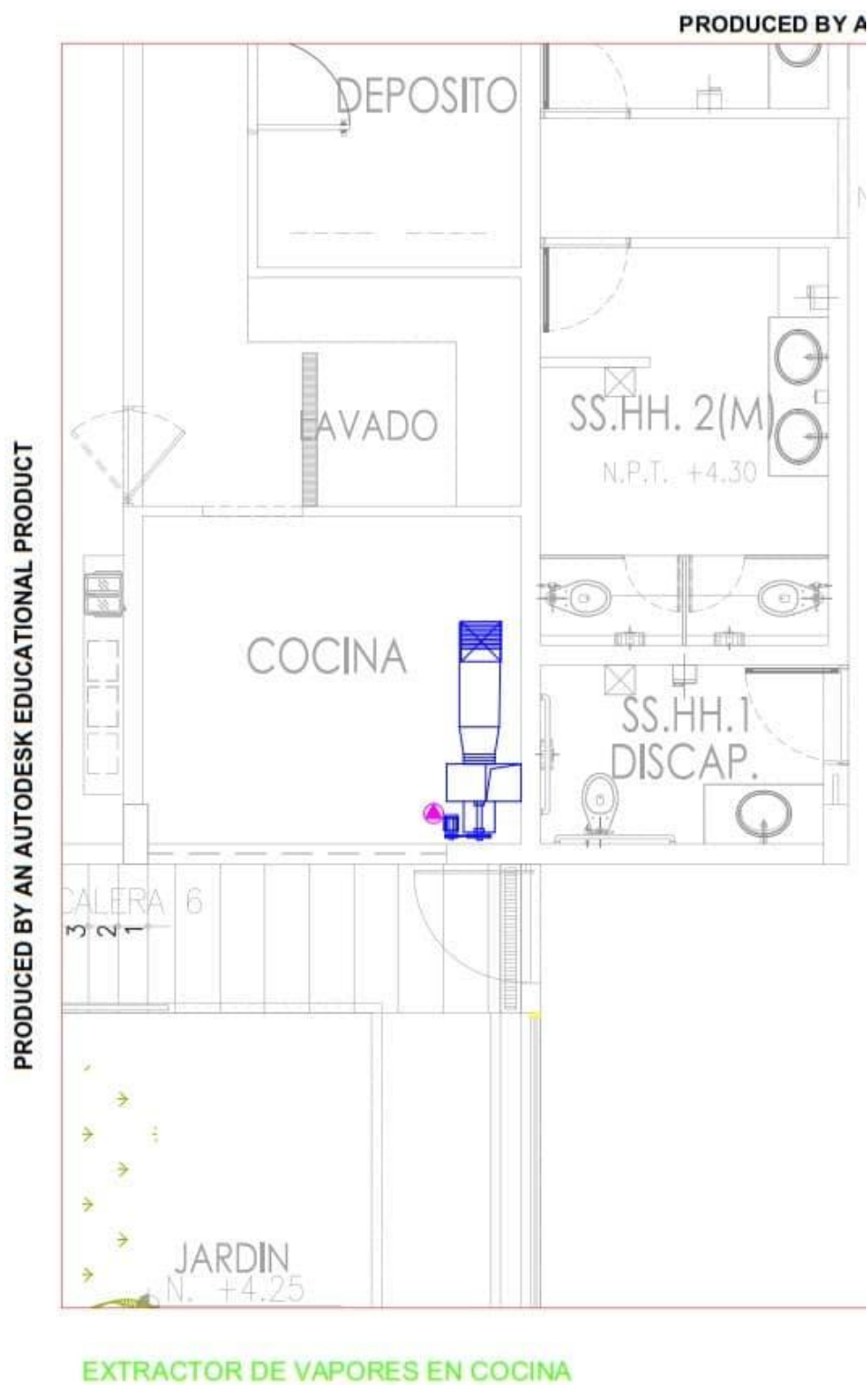



City of Chicago
 Approved for
 Class 1 Applications

S7010 T116-W77-156

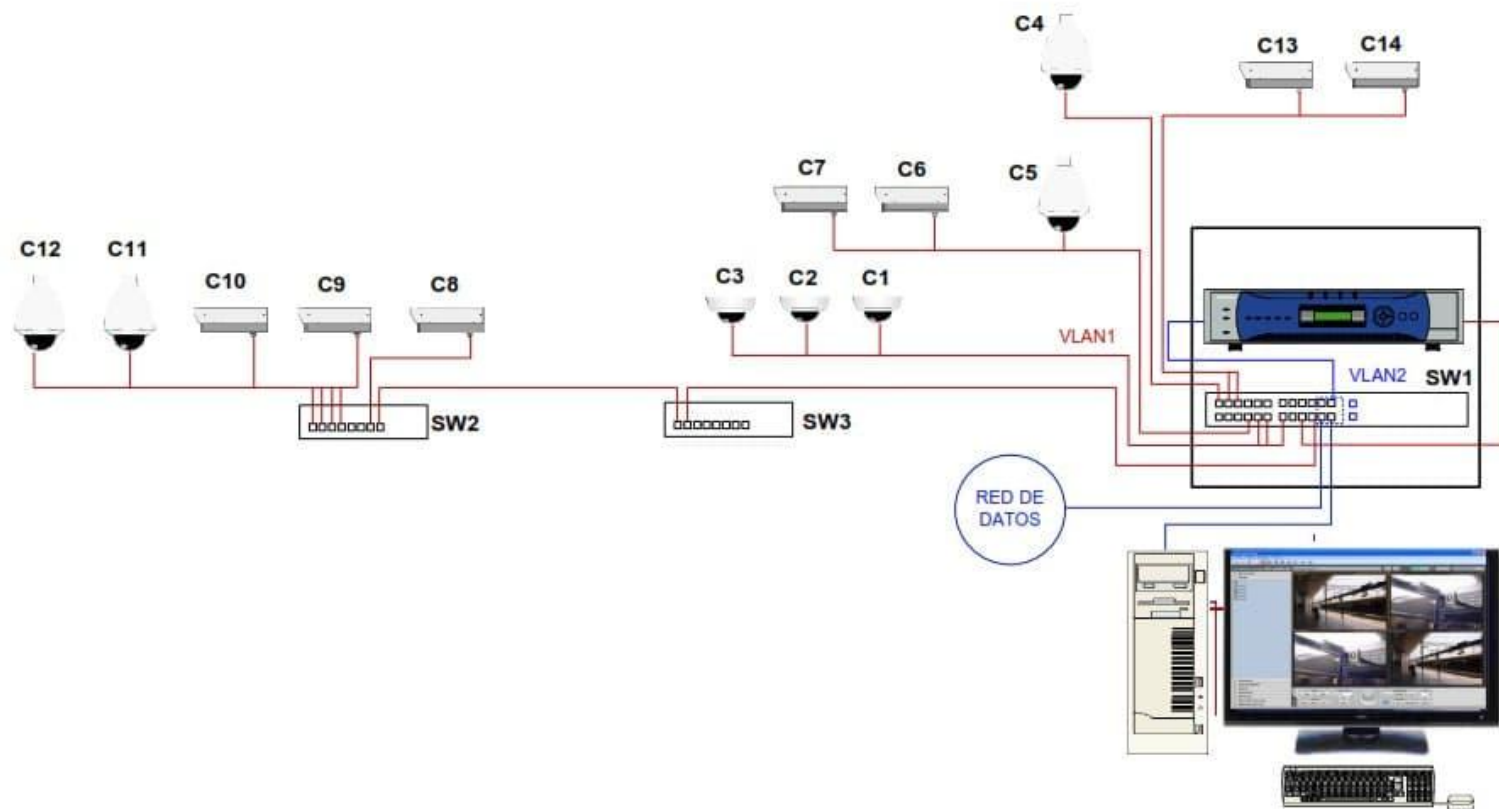
Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 21: Esquema (Extractor de cocina)



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 22: Diagrama de conectividad (CCTV)



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 23: Diagrama de ubicación de cámaras



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 24: Información técnica (cámaras)

SHOP	Sistema de CCTV - FERREYROS	Panasonic Ideas for life Security products
	MEMORIA DESCRIPTIVA	

Especificaciones Técnicas

Cámara IP minidomo Panasonic SVGA (WV-SF332)

- Sensor MOS tipo 1/3"
- Píxeles efectivos: 1.3 Megapíxeles (aproximados)
- Resolución de imagen: 800(H) x 600(V); 640x480, 320x240
- Salida digital de video JPEG, MPEG-4 y H.264.
- Lente varifocal incorporado: 2.8 – 10 mm
- Visión angular: 27.7º a 100.3º (horizontal); 20.8º a 73.5º (vertical)
- Transmisión de video de hasta 30 fps, en todas las resoluciones
- Estiramiento de Negro Adaptivo. Incrementa la visibilidad de objetos en zonas oscuras sin degradar la calidad de imagen en zonas brillantes.
- Rango dinámico amplio
- Enmascaramiento de zonas privadas: hasta 2
- Protocolos soportados: TCP/IP, UDP/IP, HTTP, RTSP, RTP, RTP/RTCP, FTP, SMTP, DNS, DDNS, NTP, SNMP y DHCP
- Cámara día/noche: conmutación automática de modo color a modo blanco y negro
- Alta sensibilidad: 0.013 lux (color), 0.009 lux (Blanco y negro)
- Mejora de sensibilidad electrónica: 16x (Auto)
- Detección de movimiento incorporado (4 áreas programables)
- Rango dinámico amplio para rostros, que asegure imágenes claras de rostros.
- Función de detección de rostros
- Canal de audio bidireccional full duplex
- Ranura de memoria SD/SDHC para grabación manual, grabación en alarma o backup en caso de falla de red
- Entrada y salida de dispositivos de alarma externa
- Consumo de energía: 12 VDC, 3.5 W. PoE



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 25: Información técnica (cámaras)

	Sistema de CCTV - FERREYROS	Panasonic Ideas for life Security products
	MEMORIA DESCRIPTIVA	

Cámara IP fija Panasonic SVGA (WV-SP302)	
Sensor MOS tipo 1/3"	

<ul style="list-style-type: none">- Pixeles efectivos: 1.3 Megapíxeles (aproximados)- Resolución de imagen: 800(H) x 600(V), 640x480, 320x240- Salida digital de video JPEG, MPEG-4 y H.264.- Transmisión de video de hasta 30 fps, en todas las resoluciones- Estiramiento de Negro Adaptivo. Incrementa la visibilidad de sujetos en zonas oscuras sin degradar la calidad de imagen en zonas brillantes.- Rango dinámico amplio- Enmascaramiento de zonas privadas: hasta 2- Protocolos soportados: TCP/IP, UDP/IP, HTTP, RTSP, RTP, RTP/RTCP, FTP, SMTP, DNS, DDNS, NTP, SNMP y DHCP- Cámara día/noche: conmutación automática de modo color a modo blanco y negro- Alta sensibilidad: 0.013 lux (color), 0.009 lux (Blanco y negro)- Mejora de sensibilidad electrónica: 16x (Auto)- Detección de movimiento incorporado (4 áreas)- Rango dinámico amplio para rostros, que asegure imágenes claras de rostros.- Función de detección de rostros- Canal de audio bidireccional full duplex- Ranura de memoria SD/SDHC para grabación manual, grabación en alarma o backup en caso de falla de red- Entrada y salida de dispositivos de alarma externa- Consumo de energía: 12 VDC, 3.4 W. PoE

Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 26: Información técnica (bomba tubular)



APLICACIÓN Todos los Motores

Capacidad del Transformador - Monofásico o Trifásico

Los transformadores de distribución deben tener el tamaño adecuado para cumplir con los requerimientos de KVA del motor sumergible. Cuando los transformadores son muy pequeños para suministrar la carga, hay una reducción en el voltaje del motor.

La Tabla 4 presenta la potencia indicada del motor para corrientes monofásicas y trifásicas, los KVA total

efectivos que se requieren y el transformador más pequeño requerido para sistemas trifásicos abiertos o cerrados. Los sistemas abiertos requieren de transformadores más grandes ya que sólo se usan dos. En caso de que se agreguen cargas externas al motor se agregarán directamente a los requerimientos de tamaño de KVA de la batería de transformadores.

Tabla 4 Capacidad del Transformador

CAPACIDAD DEL MOTOR		KVA TOTAL EFECTIVO REQUERIDO	CAPACIDAD MÍNIMA EN KVA DE CADA TRANSFORMADOR	
HP	KW		WYE ABIERTO O DELTA CON 2- TRANSFORMADORES	WYE CERRADO O DELTA CON 3- TRANSFORMADORES
1.5	1.1	3	2	1
2	1.5	4	2	1.5
3	2.2	5	3	2
5	3.7	7.5	5	3
7.5	5.5	10	7.5	5
10	7.5	15	10	5
15	11	20	15	7.5
20	15	25	15	10
25	18.5	30	20	10
30	22	40	25	15
40	30	50	30	20
50	37	60	35	20
60	46	75	40	25
75	55	90	50	30
100	75	120	65	40
125	90	150	85	50
150	110	175	100	60
175	130	200	115	70
200	150	230	130	75

NOTA: Se muestran los índices estándar de KVA. Si la experiencia y práctica de la compañía de luz permiten que el transformador tenga una carga más alta de lo normal, los valores de la carga alta pueden ser usados para que el transformador(es) alcance los KVA totales efectivos que se requieren, siempre y cuando se mantengan el voltaje correcto y en equilibrio.

Efectos de la Fuerza de Torsión

Durante el arranque de una bomba sumergible, el par de torsión desarrollado por el motor debe estar apoyado a través de la bomba, la tubería de descarga u otros apoyos. La mayoría de las bombas giran en la dirección que provoca la torsión de desenroscamiento derecho en la tubería o en las etapas de la bomba. Todas las juntas roscadas, bombas y otras partes del sistema de apoyo de la bomba deben tener la capacidad de resistir la torsión máxima varias veces sin llegar a aflojarse o quebrarse. Las juntas de desenroscamiento del sistema pueden romper el cable eléctrico y causar la pérdida de la unidad bomba-motor.

Para resistir de manera segura las torsiones máximas desenroscamiento con un factor mínimo de seguridad 1.5, se recomienda apretar todas las juntas roscadas un mínimo de 10 lb. pie por caballo del motor (Tabla 4). Es necesario soldar las juntas de la tubería a las bombas de alta potencia, especialmente en instalaciones poco profundas.

Tabla 4A Fuerza de Torsión Requerida (Ejemplos)

CAPACIDAD DEL MOTOR		TORSIÓN-CARGA MÍNIMA SEGURA
HP	KW	
1 hp y Menor	0.75 kW y Menor	10 lb-ft
30 hp	15 kW	200 lb-ft
75 hp	55 kW	750 lb-ft
200 hp	150 kW	2000 lb-ft

Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 27: Datos técnico (Bomba tubular)



APLICACIÓN Todos los Motores

Pérdida Hidrostática al Pasar Agua por el Motor

La Tabla 7 muestra la pérdida de carga aproximada debido al flujo entre un motor de longitud promedio y un ademe liso o camisa de enfriamiento.

Tabla 7 Pérdida de Carga en Pies (Metros) en Diferentes Tipos de Flujo (Gastos)

DIÁMETRO DEL MOTOR		4"	4"	4"	6"	6"	6"	8"	8"
DIÁMETRO EN PULG. (MM)		4 (102)	5 (127)	6 (152)	6 (152)	7 (178)	8 (203)	8.1 (206)	10 (254)
Flujo (Medido) en GPM (l/m)	25 (93)	0.3 (.09)							
	50 (188)	1.2 (.37)							
	100 (376)	4.7 (1.4)	0.3 (.09)		1.7 (.52)				
	150 (564)	10.2 (3.1)	0.6 (.18)	0.2 (.06)	3.7 (1.1)				
	200 (757)		1.1 (.34)	0.4 (.12)	6.3 (1.9)	0.5 (.15)		6.8 (2.1)	
	250 (946)		1.8 (.55)	0.7 (.21)	9.6 (2.9)	0.8 (.24)		10.4 (3.2)	
	300 (1136)		2.5 (.75)	1.0 (.30)	13.6 (4.1)	1.2 (.37)	0.2 (.06)	14.6 (4.5)	
	400 (1514)				23.7 (7.2)	2.0 (.61)	0.4 (.12)	24.6 (7.5)	
	500 (1893)					3.1 (.94)	0.7 (.21)	37.3 (11.4)	0.6 (.02)
	600 (2271)					4.4 (1.3)	1.0 (.30)	52.2 (15.9)	0.8 (.03)
	800 (3026)								1.5 (.05)
	1000 (3785)								2.4 (.07)

Aplicaciones con Agua Caliente (Motores Estándar)

Franklin Electric ofrece una línea de motores Hi-Temp diseñados para operar en agua con diversas temperaturas hasta de 194 °F (90 °C) sin flujo incrementado. Cuando la bomba-motor opera en agua más caliente a los 86 °F (30 °C), se requiere un flujo de por lo menos 3 pies/seg. Cuando se selecciona el motor para accionar una bomba en agua que sobrepase los 86 °F (30 °C), la potencia del motor se debe reducir por el siguiente procedimiento.

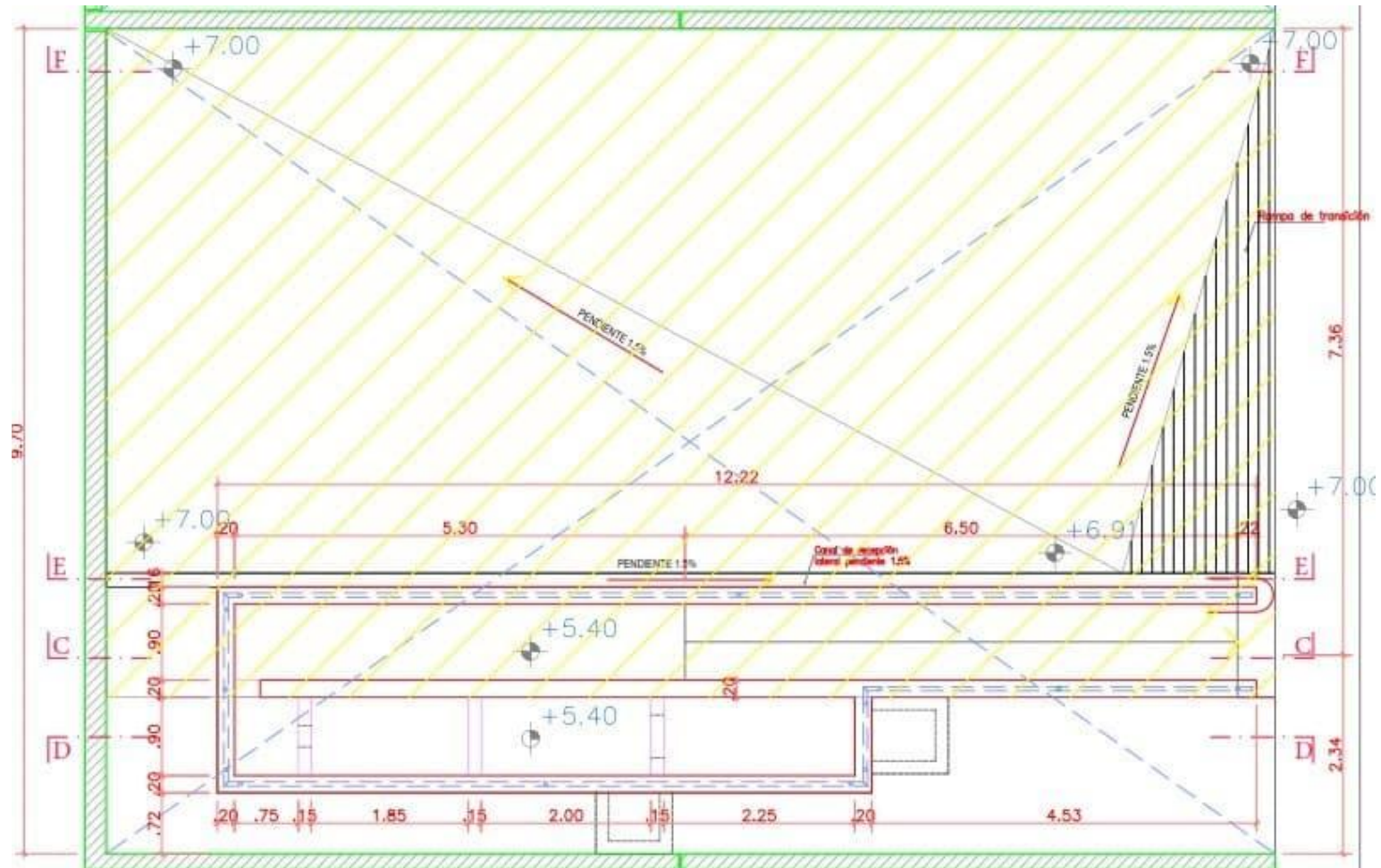
- Usando la Tabla 7A, determinar los GPM de la bomba requeridos para los diferentes diámetros del pozo o ademe. Si es necesario, agregar una camisa de enfriamiento para obtener un flujo de 3 pies/seg.

Tabla 7A GPM Mínimos (l/m) Requeridos para un Flujo de 3 ft/s (.91 m/seg.)

ADEME O D.I. CAMISA		MOTOR 4" ALTO EN PULG.		MOTOR 6"		MOTOR 8"	
PULGADAS	(MM)	GPM	(L/M)	GPM	(L/M)	GPM	(L/M)
4	(102)	15	(57)				
5	(127)	80	(303)				
6	(152)	90	(306)	52	(197)		
7	(178)			150	(568)		
8	(203)			260	(984)	60	(227)
10	(254)			520	(1970)	330	(1250)
12	(305)					650	(2460)
14	(356)					1020	(3860)
16	(406)					1460	(5530)

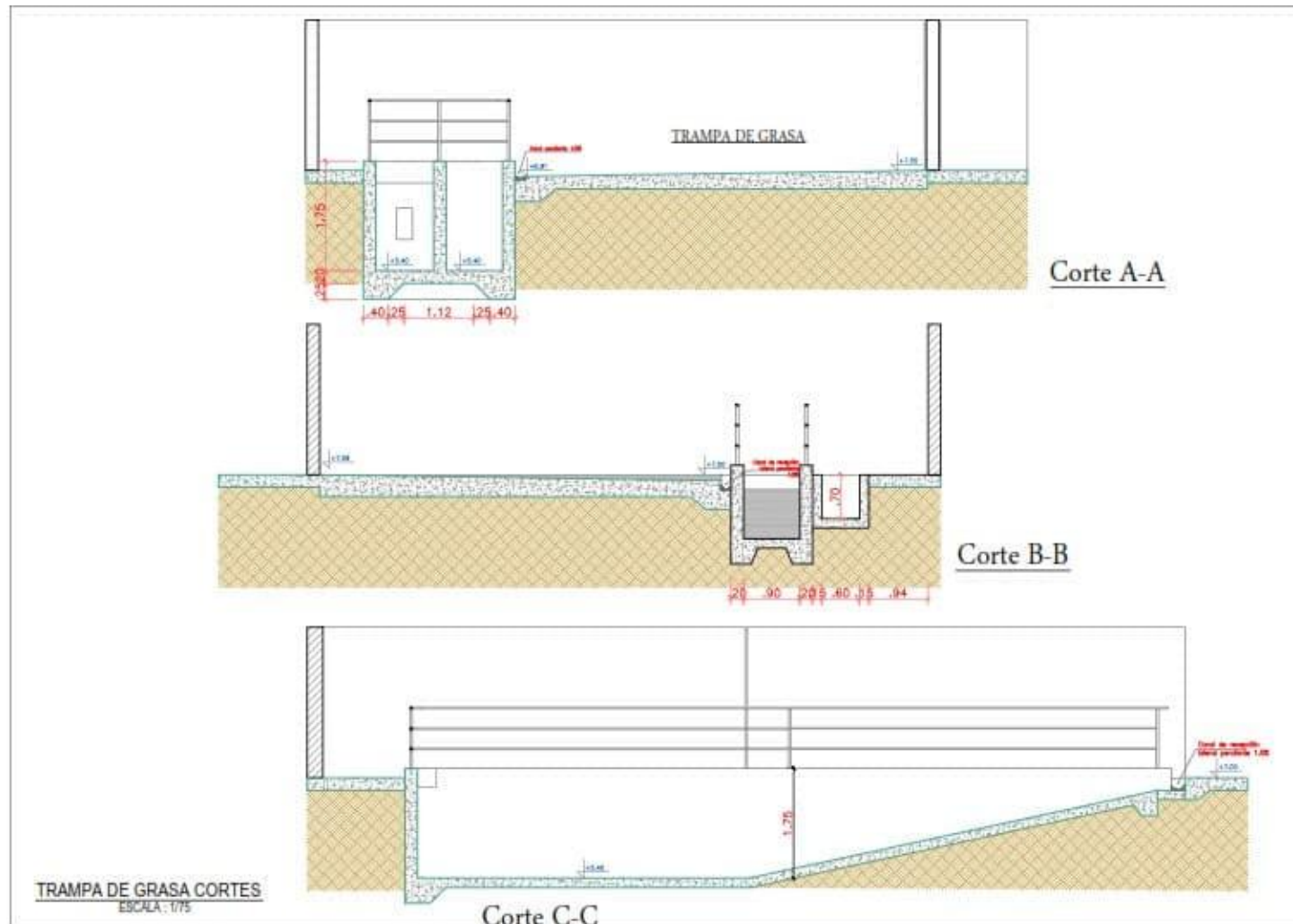
Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 28: Plano (trampa de grasa y lodo zona lavado taller)



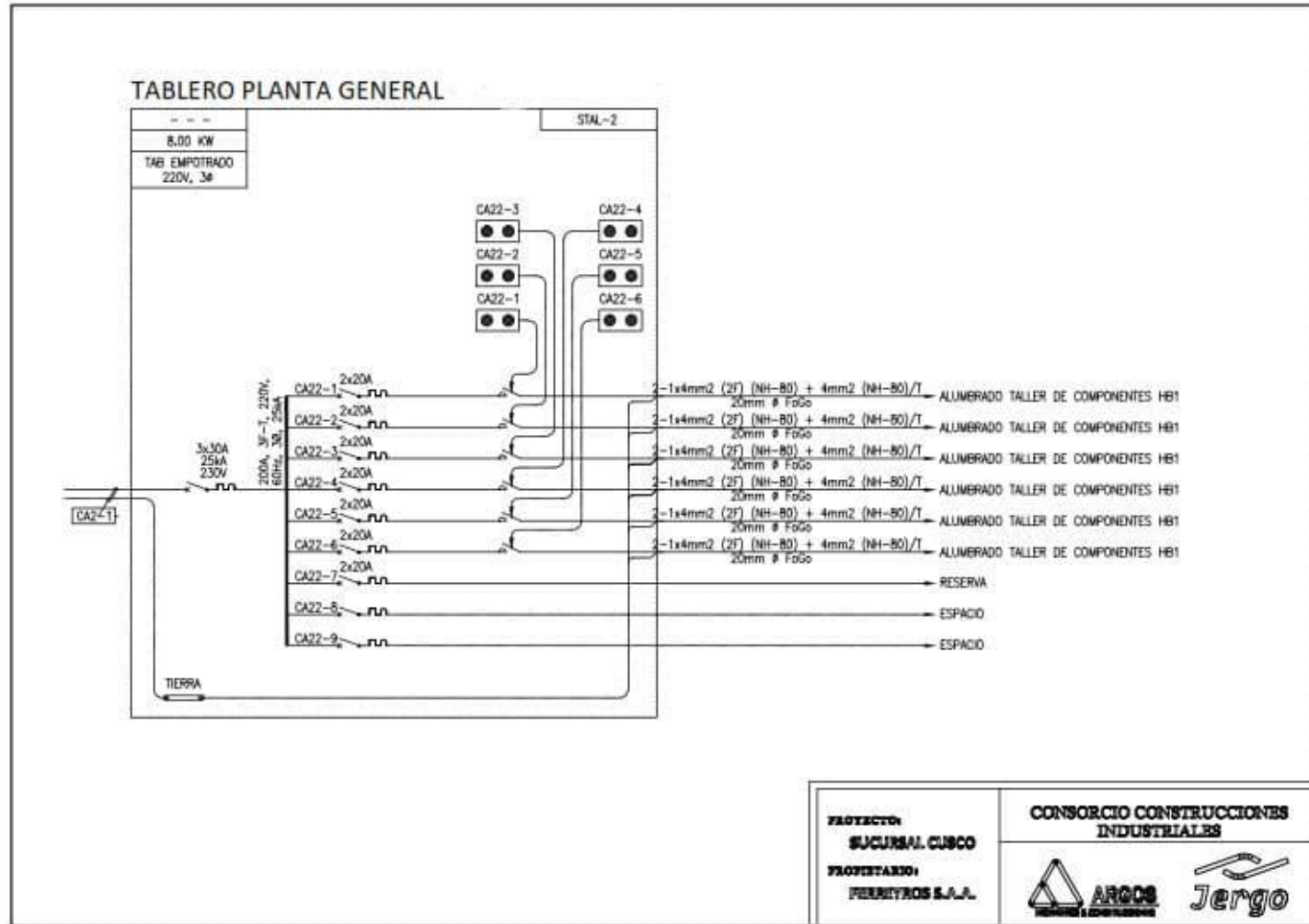
Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 29: cortes (trampa de grasa y lodo zona lavado taller)



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 30: Diagrama (tablero eléctrico)



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 31: Datos técnicos (Bomba contra incendios)

Hydrosuministros sac <small>TECNOLOGIA EN CONDUCCION DE FLUIDOS</small>	
PROTOCOLO DE PRUEBAS "SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CONTRA INCENDIO"	
Proyecto	: CONSTRUCCION NUEVA SEDE FERREYROS CUZCO EN LA LOCALIDAD DE CACHIMAYO
Contratistas	: CONSORCIO CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES
Instalador	: HYDROSUMINISTROS S.A.C.
Sistema	: Sistema de Bombeo de Agua Contra Incendio
Especialidad	: Sistemas electromecánicas
Fecha	: Lima, 20 de Mayo de 2015
1. Datos del Equipo	
1.1 Datos de la Bomba Contra incendio	
Datos de la Bomba Principal	
Marca	: BARNES
Tipo	: Centrífuga
Modelo	: GSP2-3C
Datos del Motor Eléctrico	
Marca	: Siemens
Potencia	: 40 HP
Tensión	: 220V/380V/440V Trifásico
Amperaje	: 102 A/58.89 A/51 A
Velocidad	: 3600 rpm
Frecuencia	: 60 Ciclos.
1.2 Datos de la Bomba Jockey	
Datos de la Bomba	
Marca	: USR PUMPS
Potencia	: 2.0 HP
Tensión	: 220V/380V
Velocidad	: 3450 rpm
Frecuencia	: 60 Ciclos.
1.3 Tablero de Mando y Control de la Bomba Principal	
Potencia	: 40 HP
Tensión	: 220 VAC Trifásico
1.4 Tablero de mando y control de la Bomba Jockey	
Potencia	: 2 HP
Tensión	: 220 VAC Trifásico

Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros

Anexo 32: Datos técnicos Variador de presión (Cuarto de bombeo)



Fuente: Memoria descriptiva Ferreyros