



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Ingeniería de mantenimiento confiable, para sistemas híbridos tipo: Proceso de Control de Nivel (PT-204), Proceso de Control de Temperatura (GM-105) y Brazo Robot (GM-105)

**JHONATAN ALEXANDER ÁVILA CUENTAS
CESAR DAVID ROMERO MORENO**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA INGENIERIA MECATRONICA
VILLA DEL ROSARIO
2022**



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



**Ingeniería de mantenimiento confiable, para sistemas híbridos
tipo: Proceso de Control de Nivel (PT-204), Proceso de Control de
Temperatura (GM-105) y Brazo Robot (GM-105)**

**JHONATAN ALEXANDER ÁVILA CUENTAS
CESAR DAVID ROMERO MORENO**

MONOGRAFIA PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO EN MECATRONICA

DIRECTOR:

ROCCO TARANTINO ALVARADO
Títulos

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA INGENIERIA MECATRONICA
VILLA DEL ROSARIO
2022**



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Tabla de contenido

Introducción	9
Resumen	10
Planteamiento del problema	11
Justificación	12
Acotaciones	13
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos	14
1. Marco teórico y estado del arte	15
1.1. Marco teórico	15
1.1.1. ¿Qué es el mantenimiento?	15
1.1.2. ¿Dónde nace el mantenimiento?	15
1.1.3. Evolución del mantenimiento	17
1.1.4. Tipos de mantenimiento	18
1.1.5. Terminología básica del mantenimiento.....	25
1.1.6. El mantenimiento Total Productivo (TPM).....	27
1.1.7. Métodos para el desarrollo del TPM.....	32
1.1.8. Tipos de procesos o plantas de objetivo de estudio.....	38
1.2. Estado del Arte	50
1.2.1. Estado del Arte internacional	50
1.2.2. Estado del Arte a nivel nacional	55
2. Inventariar y clasificar los diferentes equipos de cada proceso.	58
3. Identificar las interfaces y su caracterización de cada equipo de cada proceso.	62
4. Realizar análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad a todos los equipos	65
4.1. Aplicación de tabla AMEF y análisis de criticidad.	66





ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Criterios para el análisis de modo y efecto de falla AMEF	67
Análisis de criticidad.	71
4.2. Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad	80
CDM planta de temperatura.....	82
CDM planta de Nivel.....	85
CDM manipulador hidráulico.....	88
5. Realizar protocolos para el mantenimiento preventivo de todos los equipos híbridos y sus interfaces	91
5.1. Protocolos de mantenimiento de sistemas híbridos de planta de temperatura.....	93
5.2. Protocolos de mantenimiento de sistemas híbridos de planta de Nivel	94
5.3. Protocolos de mantenimiento de sistemas híbridos de planta manipulador hidráulico.....	95
6. Realizar protocolos para el mantenimiento preventivo de todos los equipos no híbridos	97
6.1. Protocolos de mantenimiento de sistemas no híbridos de planta de temperatura.....	97
6.2. Protocolos de mantenimiento de sistemas no híbridos de planta de Nivel	98
6.3. Protocolos de mantenimiento de sistemas no híbridos de planta manipulador hidráulico	99
7. Proponer plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos de todos los procesos.....	101
7.1. PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA DE TEMPERATURA.....	102
7.2. PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA DE NIVEL	104
7.3. PLAN DE MANTENIMIENTO DE MANIPULADOR HIDRÁULICO	105
8. Proponer una hoja Excel dinámica con aviso automático de intervención preventiva planificada.	107



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



9. Proponer ingeniería básica del sistema de monitoreo de condición, para la realización de un plan de mantenimiento, basado en condición, a los equipos de alta criticidad de cada proceso.	108
Aplicación de técnicas de análisis de aceites.....	110
Análisis de vibraciones en maquinas	112
Conclusiones	114
Anexos.....	122
Anexo 1	122
Planta manipulador hidráulico.....	127
Anexo 2	130
Anexo 2.1. AMEF planta de temperatura.....	130
Anexo 2.2. AMEF planta de nivel.....	136
Anexo 2.3. AMEF Manipulador hidráulico.....	141
Anexo 3	149
Anexo 4	154



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Primeras herramientas de la humanidad	16
Ilustración 2. Expectativas del mantenimiento [1]	17
Ilustración 3. Técnicas de mantenimiento [1]	17
Ilustración 4. Esquema implementación del mantenimiento preventivo. [1]	20
Ilustración 5. Análisis de aceites [6]	22
Ilustración 6. Termografía [5]	23
Ilustración 7. Ultrasonido[5].....	24
Ilustración 8. Análisis de vibraciones [5]	25
Ilustración 9. Pilares del Mantenimiento TPM [8]	28
Ilustración 10. Ejemplo del método de los 5 ¿por qué? [10]	33
Ilustración 11. Ejemplo de diagrama Ishikawa [13]	36
Ilustración 12. Características del AMEF [15]	37
Ilustración 13. Control de nivel; Fuente desconocida.....	39
Ilustración 14. Planta de intercambio térmico. Fuente FREEPIK	40
Ilustración 15. Manipuladores Industriales. Fuente: FREEPIK	40
Ilustración 16. Válvula con posicionador electropneumático.....	41
Ilustración 17. Transmisor de presión siemens.....	42
Ilustración 18. Sensor interruptor de horquilla vibrante.....	43
Ilustración 19. Sensor Ultrasónico.	43
Ilustración 20. Electrobomba Pedrollo.	44
Ilustración 21. Termopar en vaina y transductor siemens.....	45
Ilustración 22. Intercambiador indirecto	46
Ilustración 23. Lazo de comunicación PLC y HMI.....	47
Ilustración 24. Variador de Frecuencia Siemens.....	48
Ilustración 25. Actuadores Hidráulicos.....	49
Ilustración 26. Comportamiento de variable en monitoreo de condición	109



Índice de tablas

Tabla 1. Formato de Inventario para el MBC	58
Tabla 2. Inventario de planta de control de temperatura.....	59
Tabla 3. Inventario Planta de control de Nivel	60
Tabla 4. Inventario de Planta manipulador hidráulico	61
Tabla 5. Formato de identificación y caracterización de elementos.....	62
Tabla 6. Criterio de evaluación de la severidad según norma SAE J-1739 [38]	67
Tabla 7. Tabla de ocurrencia según la norma SAE J-1739.[38].....	68
Tabla 8. Tabla de detección según la norma SAE J-1739.[38]	69
Tabla 9. Formato de tabla de análisis AMEF	70
Tabla 10. Tabla de criterios NPR	71
Tabla 11. Datos para cálculos de criticidad, planta de temperatura.....	74
Tabla 12. Analisis de criticidad control de temperatura.....	74
Tabla 13. Datos para cálculos de criticidad, planta de nivel	75
Tabla 14. Analisis de criticidad control de nivel.....	75
Tabla 15. Datos para cálculos de criticidad, manipulador hidráulico.....	76
Tabla 16. Analisis de criticidad control de manipulador hidráulico	76
Tabla 17. Formato de resultados de evaluación de prioridad.	77
Tabla 18. Resultados de evalaución de criticidad y prioridad en planta de temperatura.....	78
Tabla 19. Resultados de evaluación de criticidad y prioridad en planta de nivel. ..	78
Tabla 20. Resultados de evaluación de criticidad y prioridad en planta de manipulador hidráulico.	79
Tabla 21. Analisis de fiabilidad control de temperatura.....	82
Tabla 22. Analisis de Disponibilidad control de temperatura	82
Tabla 23. Analisis de mantenibilidad control de temperatura.....	83
Tabla 24. Analisis de fiabilidad control de temperatura con reducción de fallas	83
Tabla 25. Analisis de Disponibilidad control de temperatura con reducción de fallas	84
Tabla 26. Analisis de mantenibilidad control de temperatura con reducción de fallas	84
Tabla 27. Analisis de fiabilidad control de nivel.....	85
Tabla 28. Analisis de disponibilidad control de nivel	85
Tabla 29. Analisis de mantenibilidad control de nivel.....	86
Tabla 30. Analisis de fiabilidad control de nivel con reducción de fallas	86



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Tabla 31. Analisis de disponibilidad control de nivel con reducción de fallas	87
Tabla 32. Analisis de mantenibilidad control de nivel con reducción de fallas	87
Tabla 33. Analisis de fiabilidad manipulador hidráulico.....	88
Tabla 34. Analisis de disponibilidad manipulador hidráulico	88
Tabla 35. Analisis de mantenibilidad manipulador hidráulico.....	89
Tabla 36. Analisis de fiabilidad manipulador hidráulico con reducción de fallas	89
Tabla 37. Analisis de disponibilidad manipulador hidráulico con reducción de fallas	90
Tabla 38. Analisis de mantenibilidad manipulador hidráulico con reducción de fallas	90
Tabla 39. Formato de bitácora general de mantenimiento.....	92
Tabla 40. formato de plantilla de Excel automático.....	107



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Introducción

El mantenimiento es un conjunto de acciones las cuales tienen como objetivo conservar y optimizar la vida útil de un objeto o equipo, en la actualidad el mantenimiento en la industria es una tarea primordial para cualquier empresa, planta o sistema. Pero muchas veces en una industria no se le da la importancia y el orden necesario al llevarlo a práctica, generando en la mayoría de las veces ejecuciones correctivas de mantenimiento lo cual conlleva a pérdidas productivas, monetarias y/o ambientales. También al momento de ejecutar tareas de mantenimiento no se tiene en cuenta los métodos de ejecución para cada tipo de sistema de acuerdo a su naturaleza, cayendo en errores básicos como una mala praxis por falta de capacitación al personal o protocolos de desarrollo.

Existen métodos o herramientas de desarrollo que guían la implementación de mantenimiento de forma asertiva. Estos son un conjunto de directrices y una metodología para identificar problemas potenciales y sus posibles efectos en un sistema o proceso para priorizar y poder centrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Aplicar un desarrollo de mantenimiento confiable en una planta o sistema conlleva a analizar los múltiples factores del proceso y de la mano los elementos o sistemas que interactúan en dicho proceso, esto con la finalidad de seleccionar los mejores métodos de mantenimiento y poder interceptar posibles fallas o fallas funcionales en el menor tiempo posible logrando también mermar pérdidas de producción, monetarias e incluso humanas. Llevando a cabo métodos de desarrollo y análisis que nos permiten cuantificar criticidad, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los elementos garantizando así que a los sistemas que se les aplica un mantenimiento basado en confiabilidad tengan indicadores que mantienen los estándares de los procesos de manera segura y confiable.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Resumen

El presente estudio se centra en crear una “ingeniería de mantenimiento confiable para sistemas híbridos” la cual se llevará a cabo en tres procesos de control con sistemas y/o subsistemas híbridos. En la universidad de pamplona, campus villa del rosario existen bancos de procesos industriales como lo son: (Proceso de Control de Nivel (PT-204), Proceso de Control de Temperatura (GM-105) y Brazo Robot (GM-105)). Los cuales se utilizan para afianzar los conocimientos adquiridos en materias como, Control industrial, instrumentación, robótica, control inteligente, etc. puesto que estos bancos son utilizados por estudiantes del programa de ingeniería mecatrónica en diferentes materias y sometidos a incontables practicas industriales, es de vital importancia realizar un plan de mantenimiento que garantice el óptimo funcionamiento de estos, al programar sus mantenimientos, determinar las posibles fallas de acuerdo al tipo de sistema que se esté trabajando y generar un cronograma de actividades de mantenimientos para los diferentes bancos.

Planteando una ingeniería básica de cada sistema y recopilando su información de funcionamiento, hojas de especificaciones, componentes, recursos físicos y manipulación de cada sistema. Con fines de que se estipulen tareas o protocolos de mantenimiento.

Los protocolos de mantenimiento se diseñan con respecto a la recopilación de antecedentes, base de datos y bitácoras de operación que se toman como base para desarrollar protocolos más óptimos que se puedan desempeñar de manera confiable y segura, también con la finalidad de inducir a que se capacite a aquellas personas que futuramente puedan ejecutar los mantenimientos, esto basado en un plan de mantenimiento preventivo tipo (MPBT) “mantenimiento preventivo basado en el tiempo” y lograr una confiabilidad en los sistemas.

Este plan de mantenimiento se evidenciará en documentos, formatos y planillas las cuales cumplirán con un rol de ordenamiento y se logre llevar un correspondiente historial de acciones de mantenimiento y al mismo tiempo se utilizarán herramientas de ofimática que ayude a facilitar el cumplimiento de los cronogramas preestablecidos.

Finalmente se realiza un análisis básico en el que se propone como se podría realizar un mantenimiento preventivo basado en condiciones.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Planteamiento del problema

El mantenimiento es un conjunto de acciones las cuales tienen como objetivo conservar y optimizar la vida útil de un objeto o equipo, en la actualidad el mantenimiento en la industria es una tarea primordial para cualquier empresa, planta o sistema. Pero muchas veces en una industria no se le da la importancia y el orden necesario al llevarlo a práctica, generando en la mayoría de las veces ejecuciones correctivas de mantenimiento lo cual con llevan a pérdidas productivas, monetarias y/o ambientales. También al momento de ejecutar tareas de mantenimiento no se tiene en cuenta los métodos de ejecución para cada tipo de sistema de acuerdo a su naturaleza, cayendo en errores básicos como una mala praxis por falta de capacitación al personal o protocolos de desarrollo.

En la universidad de pamplona, campus villa del rosario tiene en existencia tres sistemas híbridos (Proceso de Control de Nivel (PT-204), Proceso de Control de Temperatura (GM-105) y Brazo Robot (GM-105)) los cuales fueron implementados con fines académicos para que los estudiantes logren apreciar el comportamiento de múltiples variables de control, sin embargo su funcionamiento no se encuentra en óptimas condiciones, y no se han ejecutado planes de mantenimiento para lograr su optima funcionalidad, por eso se plantea; ¿Es posible realizar una ingeniería de mantenimiento confiable para lograr un plan de mantenimiento y así mismo un funcionamiento óptimo para los sistemas antes nombrados?.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Justificación

El programa de ingeniería mecatrónica de la universidad de pamplona, campus Villa del rosario, tiene como necesidad mantener operacional y confiables los procesos de prácticas de laboratorios, así como los prototipos de sistemas de procesos de control industrial en sus aulas de laboratorios para uso pedagógico, con el fin de que los estudiantes del programa puedan realizar prácticas y se familiaricen con este tipo de sistema.

Dada la necesidad, se realizaron años atrás bancos de sistemas de control con diferentes variables, cada uno con subsistemas de diferentes naturalezas. (Proceso de Control de Nivel (PT-204), Proceso de Control de Temperatura (GM-105) y Brazo Robot (GM-105)), El funcionamiento de estos no tiene un óptimo desempeño, dado que por razones varias estos sistemas se encuentran en estado de desconexión, por lo cual para lograr su funcionamiento normal se deberá aplicar una ingeniería de mantenimiento confiable donde se estipularán sus protocolos.

El desarrollo de este proyecto dará un paso para estudiantes del programa de ingeniería mecatrónica que quieran aplicar a proyectos investigativos basados en el mantenimiento en sistemas híbridos y también puedan ejecutar los planes de mantenimiento como practicas pedagógicas para los sistemas de control existentes en el campus.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Acotaciones

Este caso de estudio de ingeniería de mantenimiento confiable, se desarrolla planteando que las plantas se encuentran bajo unas condiciones de trabajo continuo, en intervalos de estudio de un millón de horas. Debido a esto se tomarán en cuenta los criterios propuestos por las tablas OREDA ISO-14224. (Norma internacional ISO 14224. Industrias de petróleo y gas natural -Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. Primera edición, 15 de septiembre de 1999.)

El presente trabajo se realizará entre dos autores distribuyéndose las cargas del mismo, se concretó que el estudiante Jonathan Alexander Ávila Cuentas se centrara en; el Proceso de Control de Nivel (PT-204), y el estudiante Cesar David Romero Moreno se centrara en; el Proceso de Control de Temperatura (GM-105) y finalmente se trabajara en conjunto para el desarrollo del Brazo Robot (GM-105).

Los sistemas a trabajar antes mencionados se encuentran ubicados en la universidad de pamplona campus de villa del rosario, laboratorios de mecatrónica.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Objetivo general

Desarrollar ingeniería de mantenimiento confiable, para sistemas híbridos tipo: Proceso de Control de Nivel (PT-204), Proceso de Control de Temperatura (GM-105) y Brazo Robot (GM-105)

Objetivos específicos

1. Inventariar y clasificar los diferentes equipos de cada proceso
2. Identificar las interfaces y su caracterización de cada equipo de cada proceso
3. Realizar análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad a todos los equipos
4. Realizar protocolos para el mantenimiento preventivo de todos los equipos híbridos y sus interfaces.
5. Realizar protocolos para el mantenimiento preventivo de todos los equipos no híbridos
6. Proponer plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos de todos los procesos.
7. Proponer una hoja Excel dinámica con aviso automático de intervención preventiva planificada.
8. Proponer ingeniería básica del sistema de monitoreo de condición, para la realización de un plan de mantenimiento, basado en condición, a los equipos de alta criticidad de cada proceso.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



1. Marco teórico y estado del arte

1.1. Marco teórico

1.1.1. ¿Qué es el mantenimiento?

El mantenimiento según el libro *“conceptos generales en la gestión de mantenimiento”* el mantenimiento toda serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación. Esta serie de actividades incluyen toda una combinación de conocimiento, experiencia, habilidad y trabajo en equipo, junto con las otras dependencias de la organización, para que exista una buena labor administrativa y operativa, cumpliendo así con los indicadores de desempeño o de gestión que cada organización aplica y para que sus metas se alcancen.[1] Se puede retribuir que el mantenimiento también es la forma conservar un elemento, sistema o dispositivo por medio de estrategias y métodos que preserven las características y funciones para la cual fue creado dicho dispositivo.

1.1.2. ¿Dónde nace el mantenimiento?

El mantenimiento se considera una de las acciones más antiguas de la humanidad ya que se conocen diversos estudios donde se afirma que en la era primitiva se practicaban acciones de mantenimiento, creando herramientas y utensilios para trabajo diario, todos confines de supervivencia, se denota que el mantenimiento se ejecutaba desde dicha época, pero no de manera lógica u ordenada.

Los primeros indicios del mantenimiento se dan en la antigüedad, cuando el hombre para lograr alimentarse y protegerse, realizaban prácticas de mantenimiento, como el perfeccionamiento de las herramientas fabricadas llevando cada vez a mejoras que permitían la facilidad del uso y la confiabilidad de las herramientas, aunque no se tuviera el conocimiento de este concepto.[1] En la siguiente ilustración (Ilustración

A collection of prehistoric tools and artifacts. On the left, a long wooden staff with a dark, laced object (possibly a shoe or bag) at one end. Above it are three curved blades (sickles) with wooden handles. To the right is a large, flat, oval-shaped stone with a pile of small, light-colored seeds or grains on it. Above the stone are several irregular, flaked stone pieces, including one with two holes.

De esta forma nació un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo elemental era la ejecución del mantenimiento conocido hoy como “*Mantenimiento Correctivo*”. No ha sido hasta 1950 que un conjunto de

ingenieros japoneses empezó un nuevo criterio de mantenimiento que sencillamente siguió las sugerencias de los productores de grupos sobre el cuidado que se debería tener en la operación y mantenimiento de las máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se denomina “*Mantenimiento Preventivo*”. [2]

1.1.3. Evolución del mantenimiento

En la siguiente ilustración (Ilustración 2) muestra el desarrollo y evolución del mantenimiento, mejorando y enfocándose cada vez más en la reducción de fallas y la confiabilidad de los dispositivos.



Ilustración 2. Expectativas del mantenimiento [1]



Ilustración 3. Técnicas de mantenimiento [1]



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



A medida que mejoran las expectativas y aumentan los objetivos del mantenimiento también se abren a nuevas técnicas para el mantenimiento. Generando nuevos indicadores de análisis y perfeccionando cada vez más la forma de ejecutar el mantenimiento, existen diferentes metodologías que abarcan distintas herramientas, una de ellas es el TPM (mantenimiento productivo total) la cual es de las más aplicadas en la industria del mantenimiento, algunos son el RCA, AMEF, Diagrama Ishikawa, entre otros que nos facilitan el análisis en sistemas de diferentes naturalezas y también se pueda prevenir fallas en los sistemas.

1.1.4. Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo

según el libro *“conceptos generales en la gestión de mantenimiento”*, el mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo, que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible.[1]

Se pueden encontrar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo:

El mantenimiento correctivo no programado: se activa, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado.

El mantenimiento correctivo programado o planificado: se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir.[1]



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Mantenimiento preventivo

Como se explica en el libro “*conceptos generales en la gestión de mantenimiento*”, el mantenimiento preventivo se basa en una serie de tareas o actividades para ello, está previsto que se lleve a cabo en un plazo determinado con la garantía de que los activos de la empresa realizan las funciones necesarias en el tiempo especificado. Así mismo Un entorno operativo que optimiza la eficiencia de los procesos; previene daños a componentes, dispositivos, maquinaria o equipo y qué esto también se aplica a varias operaciones, como cambiar o reemplazar, ajustar, recuperar, inspeccionar, evaluar, etc. durante el período de tiempo en Calendario o utilizar estos (especificar tiempo) de forma planeada.

Los indicadores más relevantes en el mantenimiento preventivo son:

- **Confiabilidad:** Es la capacidad de que la máquina esté operando en todo el momento que sea solicitada por el usuario. El MTBF (*Tiempo Medio Entre Fallas*) es un buen indicador de la fiabilidad de un activo durante su ciclo de vida. Esta es una fórmula simplificada para calcular la fiabilidad:

$$\text{confiabilidad} = \frac{\text{Horas disponibles}}{\text{numero de fallas}}$$

Ecuación 1

- **Disponibilidad:** Puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera. Para calcular la disponibilidad, hay que comparar las horas en las que el activo estuvo disponible con las horas de trabajo planificadas. La fórmula para calcular la disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad}(\%) = \frac{\text{time activo}}{\text{time activo} + \text{time paradas}} * 100\%$$

Ecuación 2



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

- **Mantenibilidad:** La mantenibilidad es la facilidad, precisión y seguridad con la que se realizan las tareas de mantenimiento después de detectar una avería en un sistema. Por lo tanto, calcular la mantenibilidad es estimar la probabilidad de que un equipo vuelva a funcionar normalmente después del mantenimiento.[3]

En definitiva y basado en estos tres conceptos se pueden ejecutar planes de mantenimiento preventivos basados en confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los sistemas, cuantificando estas características de manera que se pueda dar un criterio óptimo sobre las decisiones a tomar en una planeación al mantenimiento.

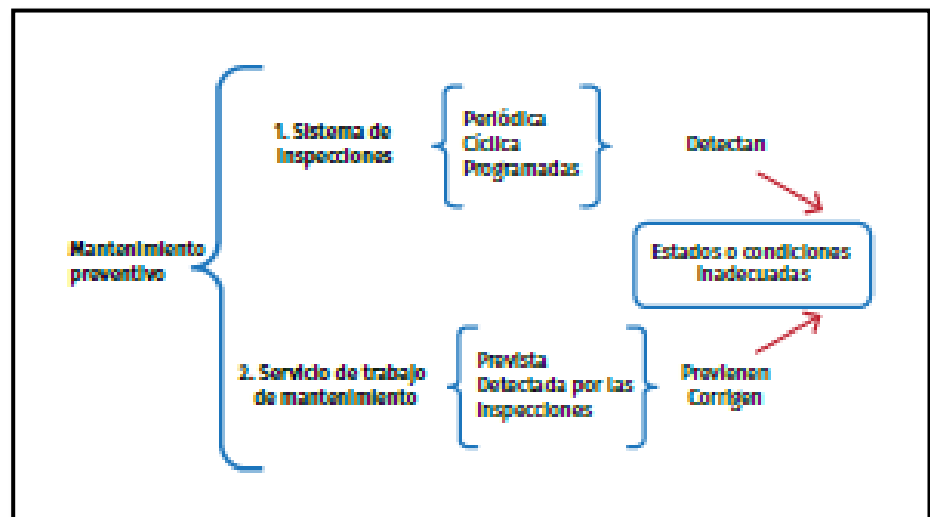


Ilustración 4. Esquema implementación del mantenimiento preventivo. [1]

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo tiene diferentes definiciones; una de ellas puede ser Interpretada como un tipo mantenimiento donde la relación entre los parámetros es asociativa a los intrínsecos como desgaste o estado físico y mecánico. El este tipo de mantenimiento se tiene mucho más en cuenta la medición, seguimiento y monitorización en base a parámetros y condiciones



de operación del equipo máquina o dispositivo para lograr tener una predicción acercada al comportamiento del elemento o dispositivo.

En el libro *“conceptos generales en la gestión de mantenimiento”* dan la idea que el mantenimiento predictivo se puede considerar como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga. [1]

Entonces se puede decir que el objetivo del mantenimiento predictivo es la capacidad de predecir primero cuándo podría ocurrir una falla del equipo (en función de las condiciones del equipo), seguido de la prevención de la falla mediante un mantenimiento correctivo y programado regularmente. El mantenimiento predictivo no puede existir sin la supervisión de condiciones, que se define como la supervisión continua de las máquinas durante las condiciones del proceso para garantizar el uso óptimo de las máquinas. [4]

Técnicas de mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en tácticas de monitoreo para obtener la máxima información de los dispositivos o elementos, y lograr predecir el comportamiento de estos elementos, mitigando paradas inesperadas o pérdidas de producción, lo que con lleva a pérdidas monetarias en la industria. Las técnicas mas desarrolladas y empleadas en el mantenimiento predictivo son:

Según la empresa industrial TRACTIAN [5] de América, especializada en el monitoreo preventivo nos plantean en su página las técnicas más empleadas en el monitoreo:

- **Análisis de aceites:** El análisis de aceite es una práctica periódica que examina la condición del aceite; su



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

contaminación y el desgaste en los elementos de la máquina. Su objetivo es garantizar que una máquina lubricada funcione como se espera. Cuando se descubre una condición anormal a través del análisis del aceite, se pueden tomar medidas inmediatas para corregir la causa raíz o disminuir una falla en desarrollo.[5]



Ilustración 5. Análisis de aceites [6]

Existen tres categorías de análisis de aceite.

- **Propiedades de los fluidos:** Se centra en identificar el estado físico y químico actual del aceite, así como definir su vida útil restante.
- **Contaminación:** Al detectar la presencia de contaminantes destructivos y localizar sus probables fuentes, el análisis del aceite puede ayudar a solucionar problemas como la presencia de micro contaminantes, mezcla entre diferentes tipos de aceite, o indicar signos de fugas internas.
- **Partículas de desgaste:** Determina la presencia de partículas producidas como resultado del desgaste mecánico, la corrosión u otra degradación de la superficie de los componentes.
- **Termografía Infrarroja:** La medición de la temperatura se ha abordado como una cuestión importante cuando se genera calor por fricción o resistencia eléctrica. El aumento de la temperatura es el mayor enemigo de los aceites lubricantes y

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

los componentes de transmisión de potencia, pero hoy en día, por medio de tecnología avanzada podemos utilizar la temperatura como instrumento de diagnóstico. [5]

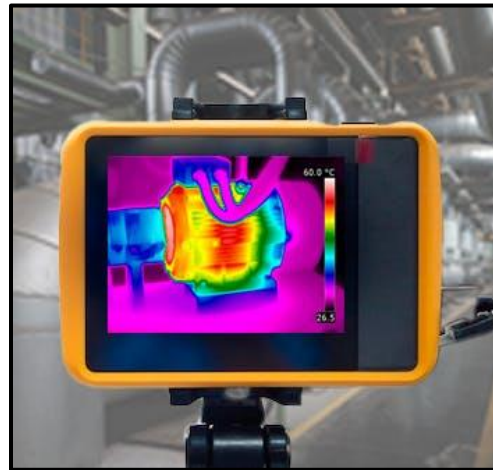


Ilustración 6. Termografía [5]

- **Prueba de partículas magnéticas:** La prueba de partículas magnéticas es un método no destructivo que revela fisuras en la superficie, incluso las que son demasiado pequeñas o estrechas para ser detectadas a simple vista. Este método se basa en el principio de que el flujo magnético en un objeto magnetizado se distorsiona localmente por la presencia de una discontinuidad.[5]
- **Ultrasonido:** La prueba ultrasónica es un método de prueba no destructivo que se utiliza principalmente para detectar vibraciones bajas, fugas y ruido de rodamientos que emiten ondas ultrasónicas. Las frecuencias o tonos utilizados en las pruebas de ultrasonido son muchas veces superiores al límite del oído humano, normalmente en el rango de 500 KHz a 20 MHz. Mediante el análisis de ondas sonoras de alta frecuencia que atraviesan un medio, como una pieza de metal, hasta que se encuentran con el límite de otro medio,

como el aire, es posible medir el espesor de la muestra o encontrar grietas u otros defectos internos ocultos.[5]

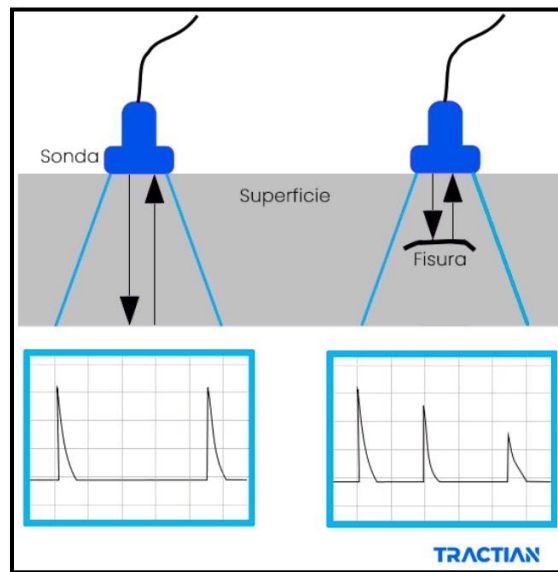


Ilustración 7. Ultrasonido[5]

- **Análisis de vibración:** Es uno de los métodos de mantenimiento predictivo más utilizados. Las principales unidades de frecuencia de vibración son CPM (ciclos por minuto, británicos) y hercios (ciclos métricos por segundo), y los parámetros de medición de vibración más utilizados son la velocidad y la aceleración. Cada elemento del activo giratorio vibra a una frecuencia característica.

El análisis de vibraciones mide el cambio en la amplitud de las ondas de vibración en cada frecuencia a lo largo del tiempo. Esta amplitud multiplicada por la frecuencia se traza en un gráfico XY y se denomina firma espectral del dispositivo. Un cambio en la señal de vibración espectral de la máquina

significa que uno de los elementos giratorios ha cambiado su modo normal de operación.

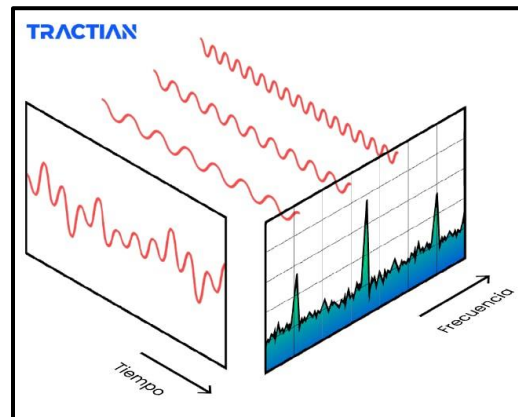


Ilustración 8. Análisis de vibraciones [5]

1.1.5. Terminología básica del mantenimiento

Basado en el libro “*conceptos generales en la gestión de mantenimiento*” se resaltan los términos mas comunes en la gestión del mantenimiento. [1]

- **Accesorio:** Se puede decir que es todo elemento que forma parte de una máquina o sistema, y es un complemento de la máquina o sistema, y una vez definido es un producto o subproducto básico. Los accesorios pueden ser: arandelas, tuercas, tornillos, fusibles, resistencias, integrados, u otros.
- **Ciclo de vida:** tiempo durante el cual un bien o activo conserva su capacidad de operación, y se tiene en cuenta desde el inicio cuando se adquiere el activo, hasta el final al momento de sustituirlo.
- **Componente o pieza:** es un dispositivo que puede formar parte de un circuito eléctrico, electrónico, mecánico. Ejemplos de componentes o piezas: engranaje, polea, rodamiento, correa, rotor eléctrico, amplificador, acoplador electrónico, batería, cables, correas, bandas y otros.
- **Equipo:** se puede definir como el conjunto total de máquinas que son necesarias para cumplir un objetivo. Ejemplo: equipo de transporte de cereal;



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



está compuesto por elevadores de cangilones, roscas transportadoras y tuberías.

- **Evento de falla:** aquella situación que se puede presentar anómala de carácter técnico detectada en un equipo.
- **Falla:** situación dada, afectando la capacidad de un equipo, de cumplir su función.
- **Función:** Es todo aquello que la empresa, espera que el equipo cumpla con sus estándares de diseño y de desempeño.
- **Inspección:** actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo, usando rutas definidas con cierta periodicidad y corta duración en el momento de revisar el equipo, máquina, donde normalmente se utilizan instrumentos de medición o los sentidos del ser humano, para verificar el buen funcionamiento del equipo, sin provocar que esto genere pararlo.
- **Lubricación:** actividades de mantenimiento preventivo, donde se adiciona un lubricante, con el objetivo de minimizar el contacto entre dos superficies, evitando así su desgaste.
- **Mantenimiento en parada:** acciones que se realizan solamente cuando el equipo o máquina está detenido o está en reposo.
- **Máquina:** es una combinación de piezas de materiales resistentes que tienen movimientos definidos y son capaces de transmitir o transformar energía.
- **Mecanismos:** es una combinación de piezas de materiales resistentes, cuyas partes tienen movimientos relativos restringidos.
- **Parámetro:** se considera como la variable por medir o cuantificar.
- **Pronóstico:** es el análisis de los síntomas de daños, para predecir la condición futura del equipo y su vida útil restante.
- **Parada general:** situación en la que, a un conjunto de activos, se les realiza periódicamente una serie de revisiones, reparaciones, mejoras, cambios, etc., y donde estas actividades están concertadas con los departamentos interesados y, por supuesto, están también programadas por un tiempo definido.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



1.1.6. El mantenimiento Total Productivo (TPM)

¿Qué es el TPM?

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un enfoque o metodología simple de mejora de la fabricación que garantiza operaciones predecibles, disponibilidad y confiabilidad de equipos y sistemas mediante la aplicación de los siguientes conceptos: prevención, cero defectos, cero accidentes y participación total. En términos de participación total del equipo, esto significa que las actividades tradicionales de mantenimiento preventivo pueden ser realizadas no solo por personal de mantenimiento, sino también por personal de producción, personal bien capacitado y con múltiples talentos.[7]

¿Qué objetivos tiene el Mantenimiento Productivo Total?

El objetivo principal del mantenimiento productivo según “*el centro de formación técnica para la industria*” [8] es maximizar la efectividad de la planta y el equipo para lograr un costo óptimo del ciclo de vida del equipo de producción. Se introdujo en la industria manufacturera para lograr los siguientes objetivos:

- Evitar el despilfarro en un entorno económico que cambia rápidamente.
- Producir bienes sin reducir la calidad del producto.
- Reducir el costo.
- Producir una cantidad de lotes lo antes posible.
- Enviar los bienes producidos a los clientes sin defectos.
- Además, valorar un entorno de trabajo seguro: sin accidentes laborales.

¿Cuáles son los 8 pilares del mantenimiento productivo total?

El mantenimiento productivo total tiene ocho pilares que están dirigidos a establecer proactivamente la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas. Estos 8 pilares involucran al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema, así mismo el

mejoramiento de la calidad, productividad, aprovechamiento de todos los recursos y capitales en un proceso o sistema de producción.

Por lo tanto, hay que resaltar que los trabajadores están en el epicentro de este sistema o metodología de mantenimiento y deben ser capacitados frecuentemente para identificar y eliminar los inconvenientes e incongruencias en el momento de aplicar el TPM.



Ilustración 9. Pilares del Mantenimiento TPM [8]

Los conceptos básicos de los pilares los podemos resumir basados en la información suministrada por “el centro de formación técnica para la industria” en su página [8], de la siguiente manera:

I. Pilar 1 del TPM: Mantenimiento autónomo (Jishu Hozen):

Mantenimiento autónomo, pone la responsabilidad de las actividades básicas de mantenimiento en manos del operador, liberando al personal de mantenimiento para tareas de mantenimiento más complejas.



Las actividades de mantenimiento realizadas por los operadores incluyen limpieza básica de equipos, engrase, engrase y apriete de tuercas y tornillos, inspecciones, diagnóstico de problemas potenciales y otras actividades que pueden extender la vida productiva de la máquina o equipo. Al realizar estas actividades de mantenimiento, los empleados son más responsables de su trabajo y el tiempo de inactividad se reduce al no tener que esperar al personal de mantenimiento, ya que pueden solucionar problemas simples que ocurren de vez en cuando. Por otro lado, el personal de mantenimiento estará más preocupado por cuestiones técnicamente más complejas, como la sustitución y reparación de piezas internas. También realizarán un mantenimiento regular o programado, lo que significa que la producción no se interrumpirá innecesariamente.

- II. **Pilar 2 del TPM: Mantenimiento planificado:** El mantenimiento planificado es la programación de actividades de mantenimiento basadas en el comportamiento observado de las máquinas, como las frecuencias de fallas y las averías. Dado que hay un tiempo específico para el mantenimiento del equipo, la producción no suele interrumpirse, ya que estas actividades se programan en torno al tiempo en que están inactivas o producen muy poco. Esto contrasta con el mantenimiento reactivo que espera a que se produzcan problemas, lo que tiene un impacto negativo en la productividad debido al tiempo de inactividad de las máquinas.
- III. **Pilar 3: Mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen):** Este pilar de TPM responde a la cuestión de la calidad al garantizar que el equipo pueda detectar y prevenir errores durante la producción. El aspecto de calidad del mantenimiento es muy importante ya que ayuda a evitar que los defectos se muevan a lo largo de la cadena de valor. El pilar TPM de mantenimiento de la calidad también incorpora el hábito de encontrar la raíz de los problemas en lugar de apresurarse a encontrar soluciones que no son permanentes.
- IV. **Pilar 4: Mejoras enfocadas (Kobetsu Kaizen):** En este pilar, se constituyen equipos transversales con los principales que trabajan en los equipos con problemas y que presentan sugerencias de mejora. El uso de equipos mixtos es importante para tener un gran y variado número de empleados involucrados para aportar diferentes



experiencias y puntos de vista a la mesa. Estos equipos están mejor situados para encontrar soluciones a los problemas que surgen en relación con las máquinas esenciales. Se identifican los problemas relacionados con el equipo y se establecen objetivos de mejora en un proceso interno de Kaizen de tres a cinco días.

Los equipos trabajan juntos para asegurarse de que cualquier solución que se les ocurra sea implementada y cualquier actividad de seguimiento sea completada dentro de los plazos acordados. La organización es capaz de construir una gran base de empleados que estén familiarizados con las herramientas adecuadas para resolver problemas y llegar a la raíz del problema.

- V. **Pilar 5: Prevención del Mantenimiento:** El mantenimiento preventivo utiliza las lecciones aprendidas de las actividades de mejora del mantenimiento anteriores para garantizar que las nuevas máquinas alcancen el máximo rendimiento antes de lo habitual. Al trabajar con una gran cantidad de partes interesadas, incluidos los proveedores, una empresa debe poder reunir un equipo altamente confiable y eficiente. Este enfoque tiene un efecto positivo en la rentabilidad de la empresa, ya que los costos de mantenimiento se reducen significativamente.

La productividad y la calidad productiva de las máquinas también están garantizadas desde el primer día de puesta en marcha de la planta. Según la información de las personas que usan estas máquinas todos los días, los proveedores de máquinas pueden mejorar el mantenimiento y la operatividad en sus próximos lanzamientos.

- VI. **Pilar 6: Formación y entrenamiento:** Este pilar se ocupa de llenar el vacío de conocimientos que existe en una industria en lo que respecta al mantenimiento productivo total.

Sin una formación técnica adecuada, herramientas como el TPM pueden ser mal entendidas por el personal, lo que puede producir resultados desastrosos para la empresa. Asegurarse de que los empleados están capacitados facilita a la organización un grupo confiable de personal con conocimientos que puede impulsar la iniciativa de manera competente.

El pilar de formación y capacitación del TPM es una iniciativa de toda



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



la empresa que no deja fuera a ningún grupo de trabajo. De hecho, todos los niveles de la organización -desde los operarios hasta los directivos superiores- participan en los proyectos de formación y capacitación en materia de TPM. A su vez, se instruye al personal técnico en competencias de nivel superior, como el mantenimiento preventivo y las técnicas analíticas, para ayudar a ser más previsores en la solución de problemas.

VII. **Pilar 7: Salud, Seguridad y Medio Ambiente:** No se puede negar que los trabajadores deben poder desempeñar sus funciones en un entorno seguro y sin riesgos para la salud. El pilar de la salud, la seguridad y el medio ambiente del mantenimiento productivo total garantiza que todos los trabajadores dispongan de un entorno seguro y que se eliminen todas las condiciones perjudiciales para su bienestar. Si bien el objetivo de toda organización es crear valor para el cliente de manera eficiente y productiva, esto debe hacerse de manera que no se ponga en riesgo la seguridad de los trabajadores. Cuando los trabajadores se encuentran en un entorno seguro, su actitud hacia el trabajo cambia totalmente con el consiguiente aumento de importantes parámetros como la productividad.

VIII. **Pilar 8: TPM en las funciones de oficina:** Llevar TPM a la oficina administrativa es el siguiente paso lógico en un programa de mantenimiento productivo total para que toda la organización hable desde la misma perspectiva.

Como se trata de funciones de apoyo, comprender y aplicar los principios Lean en sus propias operaciones les facilita atender de manera eficiente los procesos clave de la cadena de valor. Además, al extender la iniciativa a otras funciones, se elimina el concepto de ventanilla única y se fomenta la cooperación horizontal dentro de la plantilla. La empresa también se beneficiaría de tener más empleados que entiendan los principios de TPM y se les pueda pedir fácilmente que desempeñen un papel positivo en su implementación.

Los principios de TPM también se pueden aplicar como técnicas independientes para aumentar la eficiencia de estas funciones de soporte. Por ejemplo, si las funciones administrativas pueden mejorar los procedimientos de procesamiento de pedidos, el material llegará a



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



la tienda sin problemas, lo que tendrá un impacto positivo en el flujo de trabajo.

1.1.7. Métodos para el desarrollo del TPM

El enfoque TPM no es solo un mantenimiento a desarrollar, sino una estrategia, ya que consiste en una serie de acciones, cuya implementación tiene como objetivo evitar pérdidas de producción de manera preventiva debido al estado de los equipos. Como tal con el paso del tiempo este método tiene múltiples herramientas para aplicar de acuerdo a la necesidad o caso que se presente, algunos de estos son:

Método de Los 5 ¿Por qué?

El método de análisis de las 5 ¿por qué? fue desarrollada por *Sakichi Toyoda* como parte del Sistema de Producción de Toyota. Es una de las muchas maneras de determinar la causa de una falla. Consiste en un enfoque de investigación, preguntando por qué ocurrió cada evento antes de la falla funcional hasta que se encuentra la causa raíz. Por lo general, solo se necesitan 5 preguntas para obtener la respuesta que desea, de ahí el nombre "5 porqués". [9]

El análisis de los 5 porqués es uno de los muchos métodos para encontrar la raíz de un daño. La mayoría de las veces, se necesitan solo 5 preguntas para obtener la respuesta o causa del fallo que se busca, de ahí el nombre «5 Por qué». El método de los 5 Por qué es un método de desarrollo muy práctico para intentar determinar el verdadero origen del problema, que podemos utilizar en una gran variedad de contextos.

Usando la técnica de los 5 porqués, puedes llegar a la raíz del problema y luego resolverlo. De hecho, los 5 porqués pueden decirle mucho más sobre la raíz de su problema de lo que podría esperar. A menudo, los problemas que podrían considerarse problemas técnicos terminan siendo problemas de



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

personas y procesos. Por lo tanto, si desea evitar iteraciones fallidas, es importante encontrar y corregir la causa.

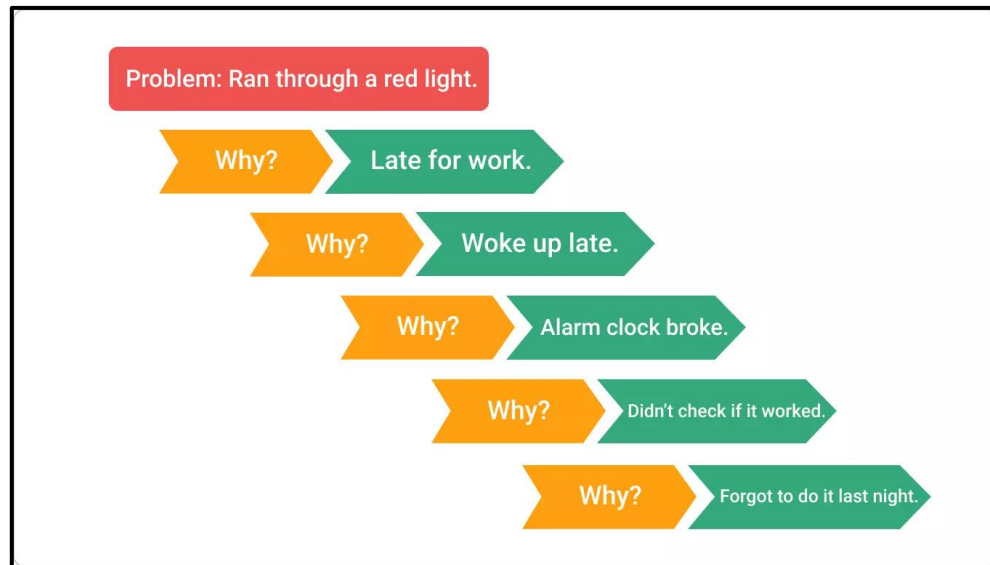


Ilustración 10. Ejemplo del método de los 5 ¿por qué? [10]

Método de análisis PM

Hay muchos métodos que se pueden utilizar para prevenir el mal funcionamiento y las fallas de los equipos industriales. Uno de estos enfoques se basa en el estudio de los fenómenos desde el punto de vista físico de una máquina o proceso. Desde este punto de vista, es conveniente que los técnicos y expertos conozcan la importancia del aprendizaje automático; de hecho, tener una comprensión de los fenómenos físicos que ocurren en el proceso de fabricación de una máquina puede evitar muchos tiempos de inactividad a largo plazo.

Los 8 puntos identificados que lo ayudarán no solo a diagnosticar el problema, sino también a encontrar la causa raíz, para que pueda desarrollar una fuerte contramedida y un plan de acción sólido para eliminar el error basado en el fenómeno actual. Los siguientes pasos fueron tomados de un blog de internet de análisis de TPM. [11]



- I. **Paso 1. Establecer el Fenómeno:** Se debe definir completamente la evolución del fenómeno y sus antecedentes, en cuyo caso se puede preguntar al operador cuál es el estado de falla, se puede abordar el historial de fallas de las máquinas y su impacto en la calidad o disponibilidad del sistema productivo, entre otros. Una vez definido el fenómeno, se puede decir que se ha identificado el problema o error a analizar.
- II. **Paso 2. Ejecutar el análisis Físico del Fenómeno:** En este punto, el responsable de investigar el problema debe enfocarse en analizar el fenómeno desde el punto de vista físico y realizar investigaciones con referencia a la física y sus principios físicos; puede usar variables medidas como presión, temperatura, humedad, etc. En cualquier caso, los hechos y cifras no deben basarse en suposiciones, sino en los resultados de la inspección realizada por un técnico o experto.
- III. **Paso 3. Separar todas las condiciones que puedan causar el problema:** Para este punto, una vez se han obtenido los hechos y datos que ayudaran a resolver el problema desde el punto de vista del fenómeno; el encargado del problema y sus colaboradores deberán identificar cada situación que pueda contribuir el fenómeno, verificando las condiciones para la ocurrencia.
- IV. **Paso 4. Evaluar las 4M's (Máquina, Mano de obra, Método y Materiales):** Este paso es esencial y muy importante, pues se trata de analizar todas las relaciones posibles entre los aparatos, equipos, herramientas, dispositivos y todas aquellas causas que pudieran producir el fallo. Una vez se obtenga toda la información, se debe realizar una lista de todos los factores que pudieran tener una relación causa-efecto.
- V. **Paso 5. Estudiar las condiciones ideales:** Al establecer las causas y sus fallos hallados en el paso 4, se podrá estudiar cada uno de los factores, las condiciones ideales, refiriéndonos a los mecanismos y las condiciones actuales de los equipos y dispositivos, trabajo y los estándares asociados al proceso.
- VI. **Paso 6. Planificar la investigación:** En este paso se debe definir claramente la metodología a desarrollar para estudiar los factores, en



muchos casos es muy útil, utilizar los métodos para solución de problemas cómo 5 porqué.

- VII. **Paso 7. Investigar las anomalías:** Puesto que ya se ha establecido los estados ideales del proceso y la forma como se comportan las diferentes variables, se debe inventariar los elementos que se desvían de los estados ideales cómo funcionamientos anormales y defectos debido a situaciones especificadas.
- VIII. **Paso 8. Definir e implementar los planes de reducción o mejora:** En este punto lo ideal es preparar un plan para la realización de las acciones de las mejoras identificadas, incluyendo un seguimiento PDCA para visualizar el avance de las acciones, respecto a los plazos establecidos.

Método de Diagrama de espina de pescado o Ishikawa

Otra técnica común es generar un diagrama de espina de pescado, además conocido como diagrama de Ishikawa, para mapear visualmente la causa y el impacto. Esto puede contribuir a detectar las probables razones de un problema al alentarnos a continuar senderos categóricos ramificados a las probables razones hasta que culminemos en el conveniente. Generalmente, comenzamos con el problema en medio diagrama (la columna vertebral del esqueleto del pescado), después hacemos una lluvia de ideas sobre algunas categorías de razones, que después se colocan en las ramas de la línea primordial (los huesos de las costillas del esqueleto del pescado). [12]

Mientras profundizamos en las razones y sub-causas potenciales, al cuestionar cada rama, nos acercamos a las fuentes del problema. Tenemos la posibilidad de utilizar este procedimiento para borrar las categorías no en relación al detectar los componentes correlacionados y las probables razones primordiales. Para simplificar, estima cuidadosamente las categorías anteriores a producir un diagrama.

Las categorías mas comunes al analizar en un esquema Ishikawa son:

- Máquina (equipo, tecnología)
- Método (proceso)
- Material (incluye materia prima, consumibles e información)
- Medición (inspección)



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

- Entorno (lugar, ambiente)

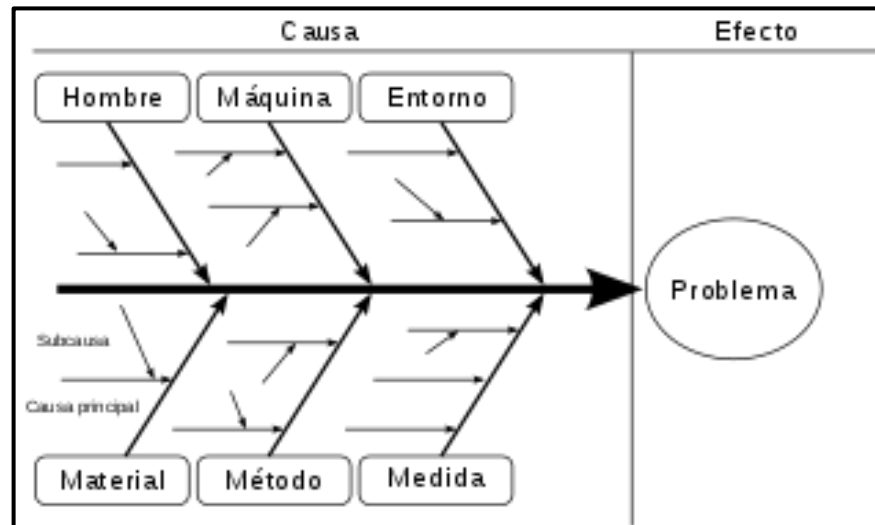


Ilustración 11. Ejemplo de diagrama Ishikawa [13]

Metodología AMEF

El estudio del Modo y Efectos de Fallo (AMEF), que es una herramienta que posibilita decidir actividades de prevención desde la identificación de peligros en la exploración de potenciales fallas en: productos, servicios, procesos o sistemas, para entablar los controles adecuados que eviten la ocurrencia de las mismas. Con el AMEF es viable reconocer o detectar errores o fallas potenciales, primordialmente en los procesos de producción, destinados a eliminarlos o de reducir el peligro asociado a las mismas.

Las ventajas de la implantación del AMEF en un sistema son:

- Identificar fallas o defectos antes de que estos ocurran.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios.
- Conseguir procesos de desarrollo más cortos.
- Documentar los conocimientos sobre los procesos.
- Incrementar la satisfacción del cliente.

Además de aprender y detectar los probables fallos que logren comprometer la continuidad de una cadena de producción o de un comercio, por medio del AMEF lo que se hace es clasificar aquellos peligros según su trascendencia.

Desde allí, es viable obtener una lista descriptiva que va a servir para priorizar cuáles son los métodos de fallo más importantes que son fundamental resolver por uno o diversos criterios.[14]



Ilustración 12. Características del AMEF [15]

Los pasos para realizar un análisis AMEF de manera resumida son los siguientes:

I. Crear un grupo de trabajo

El primer paso se apoya en producir un conjunto laboral de 4 ó 5 personas que tengan conocimientos sobre el producto, servicio o proceso que se está desarrollando. Lo ideal es que los equipamientos sean multidisciplinarios y que integre diversos perfiles diferentes.

II. Enumerar los posibles fallos

La principal función de este equipo es enumerar todos los posibles fallos que pueden llegar a comprometer la fluidez y el funcionamiento normal de un determinado proceso de producción.

III. Establecer un índice de prioridad

Tras detectar las posibles incidencias detectadas, estas deben ser clasificadas según su importancia.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



1.1.8. Tipos de procesos o plantas de objetivo de estudio.

En este desarrollo para la implementación de una ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad, se basa en tres tipos de procesos o sistemas industriales en los que nos enfocaremos en este ítem del libro en plantear información de como es su funcionamiento y que tipo de instrumentos componen este tipo de sistemas.

Proceso de control de nivel.

Los medidores de grado de líquidos trabajan midiendo, bien de manera directa la elevación de líquidos sobre una línea de alusión, bien la presión hidrostática, bien el movimiento producido en un flotador por el propio liquido contenido en el tanque del proceso, bien aprovechando propiedades eléctricas del líquido o bien usado otros fenómenos. Los primeros aparatos de medida directa se separan en: sonda, cinta y plomada, grado de cristal, grado de flotador y magnético. Para el grado se requieren obtener exactitudes en las lecturas altas, del orden del más o menos 0,2% en el inventario de materias primas o finales de transformación de los tanques del proceso. El transmisor de grado inteligente hace viable la interpretación del grado real, la supresión de las erróneas alarmas tanques con olas en el área debido al agitador de paletas de desplazamiento y la etapa de calibración del artefacto en cualquier punto de la línea de transmisión, las herramientas de grado tienen la posibilidad de separarse en medidores de grado de líquidos y firmes, que son 2 mediciones precisamente diferenciadas.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

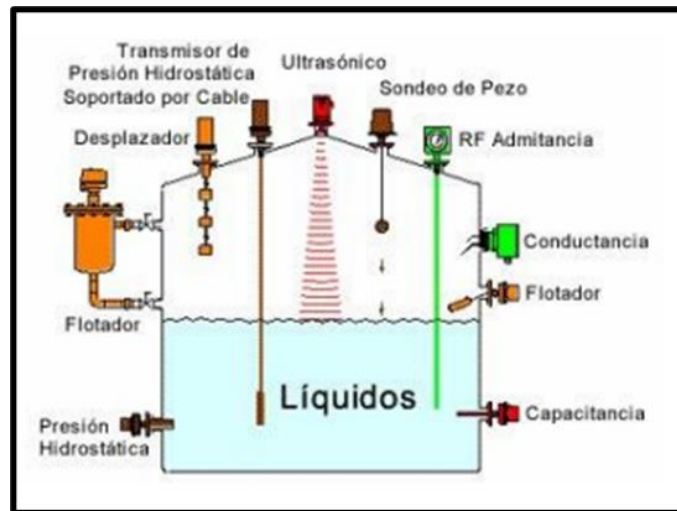


Ilustración 13. Control de nivel; Fuente desconocida

Proceso de control de temperatura

El control de temperatura es un proceso en donde el cambio de temperatura de un espacio o materia de diferente estado, se mide o se detecta de manera que se tiene un punto de referencia con una temperatura fija, y el paso de energía térmica dentro o fuera del espacio o sustancia se ajusta para lograr una temperatura deseada.

Los acondicionadores de aire, enfriadores de líquidos, refrigeradores, calentadores de agua, intercambiadores etc. son ejemplos de dispositivos que realizan control de temperatura. Estos a menudo se clasifican en términos generales como cargas controladas termostáticamente

utilizando un sensor de temperatura, estos inducen la temperatura a detectar registrando esta señal en una variable la cual con ayuda de un controlador generara algún cambio en una característica física en la planta para llegar a punto de temperatura deseada. Hay seis tipos de sensor de temperatura: termopares, dispositivos de temperatura resistivos (RTD y termistores), radiadores infrarrojos, dispositivos bimetálicos, dispositivos de dilatación de líquido, y dispositivos de cambio de estado.



Ilustración 14. Planta de intercambio térmico. Fuente FREEPIK

Manipulador industrial Hidráulico

En primer lugar, un manipulador industrial es una máquina con un brazo manipulador de acero rígido que permite movimientos complejos para una tarea determinada, su fuente puede ser de origen neumático, eléctrico o hidráulico. El tipo de control de un manipulador industrial depende intrínsecamente de su uso y naturaleza con la que fue diseñado, pero siempre con el objetivo de cumplir tareas o procesos ya sean de alta o baja criticidad, existen controles cinemáticos y dinámicos que rigen los movimientos del manipulador de manera computarizada y también donde un operador humano controla la máquina, en cualquiera de los casos se debe asegurar facilidad de uso y preciso del manipulador para realizar la tarea asignada.



Ilustración 15. Manipuladores Industriales. Fuente: FREEPIK

Elementos para el control de nivel

Basado en el libro de instrumentación industrial de Antonio Creus [16], se resumirá en pequeños conceptos que es y que función realiza cada uno de los elementos siguientes

- **Válvula con posicionador electroneumático:** Una válvula es un actuador encargado de regular o direccionar el flujo de una sustancia o de aire. Las válvulas pueden ser controladas de distintas maneras, tipo On/Off o por control de regulación. Uno de los dispositivos de control son los posicionadores electro neumáticos, que es básicamente un dispositivo que censa tanto la señal de un instrumento de control como la posición del vástago de una válvula. Su función primordial es la de asegurar que la posición de este vástago se consecuente con a la señal de salida del controlador. Los posicionadores se utilizan para controlar la apertura o el cierre del actuador, basándose en señales eléctricas o neumáticas. La gama de posicionadores disponible incluye tanto diseños analógicos como digitales.



Ilustración 16. Válvula con posicionador electroneumático.

Fuente: Master SI

- **Sensor transmisor por diferencial de presión:** El transmisor de presión es un dispositivo que convierte salidas eléctricas de bajo nivel que son captadas por sensores de presión, en señales de nivel superior que pueden transmitirse a larga distancia para su posterior procesamiento convirtiéndolas en unas señales uso basadas en un protocolo de transferencia de datos. Se han utilizado diversas

tecnologías de detección para medir la presión de líquidos y gases de varios puntos de interés y expresar los valores en diferentes unidades. Los transmisores de presión básicos pueden dividirse en recolectores de fuerza, donde se engloban los capacitivos, piezoresistivos, de inductancia y renuencia electromagnética y los piezoeléctricos, y en otros tipos como los ópticos y los potenciométricos.[17]



Ilustración 17. Transmisor de presión siemens.

Fuente: siemens

- **Sensor Interruptor de nivel de punto vibrante:** Interruptor de nivel de punto de horquilla vibrante se emplea para detección de líquidos, lodos, espumas y polvos, en este caso con salida a relé. Es ideal para usar en espacios reducidos. Se emplea en aplicaciones de detección de desbordamiento, de alta y baja demanda, así como protección de bombas o controles de nivel de líquidos espumantes tanto en procesos estándar como higiénicos. Su medición no se afecta por turbulencia, burbujas de aire, generación de espuma, acumulación o vibración externa.



Ilustración 18. Sensor interruptor de horquilla vibrante.

Fuente: Siemens

- **Sensor de nivel ultrasónico:** El sistema ultrasónico de medición de nivel se basa en la emisión de un impulso ultrasónico o una onda de frecuencia a una superficie reflectante y la recepción del eco de dicha onda en un receptor en el mismo punto de emisión. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque. El método ultrasónico además es eficaz para decidir si en un tanque o una tubería hay o no líquido, debido a que el tipo de eco es diferente. En otra aplicación, el transductor está montado en el muro del tanque y lidera el fomento hacia arriba en un ángulo definido y el receptor esté en la misma pared, sin embargo, más arriba, con lo cual el sistema posibilita captar la realidad de líquido a una determinada elevación del tanque, siendo la aplicación más eficaz en la detección en el grado preeminente y en el fondo del tanque.



Ilustración 19. Sensor Ultrasónico.

Fuente: Siemens

- **Electrobomba centrífuga:** Las bombas centrífugas son máquinas operadas hidráulicamente caracterizadas por su capacidad de transmitir energía a fluidos (en especial a líquidos) por medio del trabajo de un campo de fuerzas centrífugas. Su objetivo primordial es transferir fluidos por medio de un incremento de presión. Las bombas centrífugas tienen la posibilidad de tener diferentes construcciones, empero su comienzo de manejo y propiedades dinámicas de fluido son constantemente las mismas. Esquemáticamente, las bombas centrífugas permanecen formadas por un impulsor que gira en la carcasa. El impulsor comprende una secuencia de palas, de preferencia de diseño radial, que transmiten energía cinética al fluido que se bombea. La carcasa está equipada con boquillas de succión y descarga para el fluido que se bombea. La boquilla de succión tiene un eje correspondiente con el eje de rotación del impulsor, en lo que la boquilla de descarga tiene un eje regular con respecto al eje del impulsor, empero todavía está en el plano que pasa por el eje mismo. Las electrobombas tienen un eje de transmisión en el cual se acopla un motor que es que se encarga de dar la entrada de la energía para que la bomba pueda aplicar esa misma energía al fluido.



Ilustración 20. Electrobomba Pedrollo.

Fuente: Pedrollo

- **Sensor de temperatura termopar:** El funcionamiento del sensor termopar se basa en el efecto de la circulación de una corriente en un circuito cerrado formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura.

Esta circulación de corriente provoca la liberación o absorción de calor en la unión de los metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y así mismo tiene un proceso de liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas. Existen varios tipos de termopares cada uno con una curva de función resistiva de temperatura distinta.

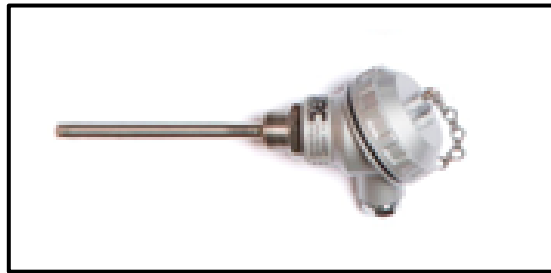


Ilustración 21. Termopar en vaina y transductor siemens.

Fuente: siemens

- **Intercambiador de calor:** Un intercambiador de calor es un equipo de proceso en el cual se realiza un intercambio o transferencia de temperatura continuamente de un medio a otro. Hay dos tipos principales de intercambiadores de calor: directos e indirectos.[18]

A. **Intercambiador de calor directo**, donde ambos medios están en contacto directo entre sí. El contacto directo se efectúa por medio de láminas que evitan que los medios no se mezclan. Un ejemplo de este tipo de intercambiador de calor es una torre de enfriamiento, donde el agua se enfría a través del contacto directo con el aire.

B. *Intercambiador de calor indirecto*, donde ambos medios están separados por una pared a través de la cual se transfiere el calor.

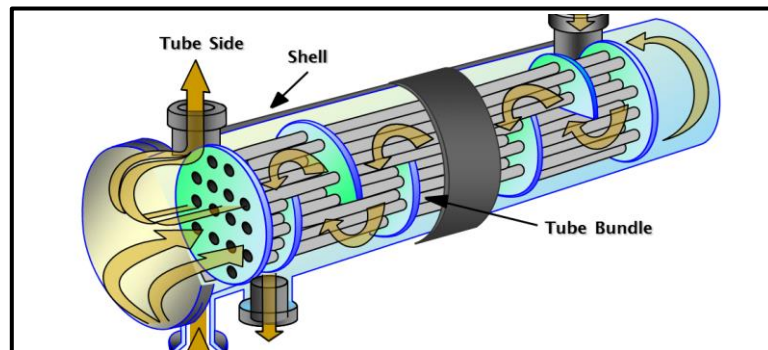


Ilustración 22. Intercambiador indirecto

Fuente: Arveng engineering

- **PLC y HMI:** El PLC (Control Lógico Programable) es un equipo comúnmente utilizado por aquellas industrias que buscan dar un salto significativo en la automatización de todos sus procesos. Quizás ya muchos conozcan su significado y operatividad. Es una computadora industrial que usa la ingeniería para la automatización de procesos y tiene como finalidad, que las máquinas desarrollen efectivamente todos los sistemas que la componen. Gracias a estas bondades los PLC se han convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de las industrias y todo el entorno social.

En el mercado actual existe una gran variedad de PLC disponibles para múltiples necesidades de automatización, siendo los más reconocidos por su calidad y seguridad los fabricados por las marcas Siemens y Allen Bradley.

Conjunto a estos dispositivos (PLC) se tiene pantallas HMI encargadas de dar una interfaz para uso del usuario, y que el operario pueda, dar entrada desde dichas pantallas, también observar y

monitorizar el funcionamiento del sistema en el que se encuentran implementados.

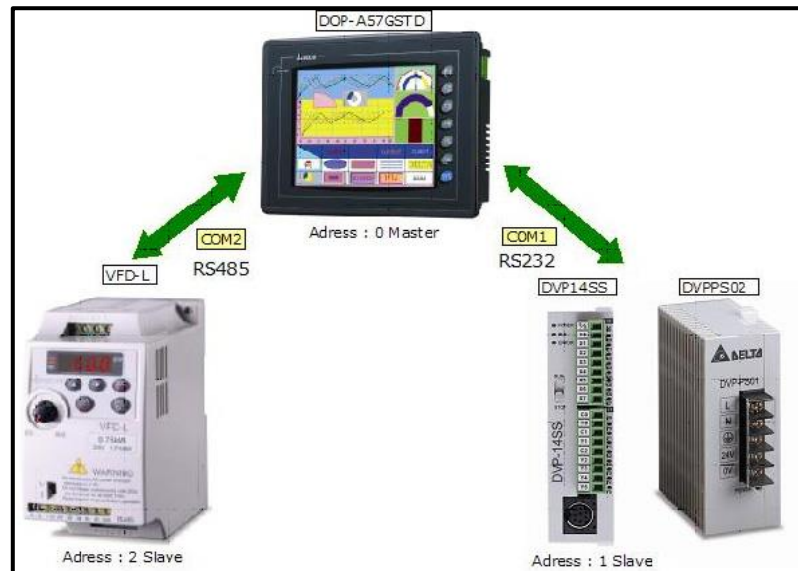


Ilustración 23. Lazo de comunicación PLC y HMI.

Fuente: infoPLC

- **Variador de frecuencia:** Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. Los variadores reducen la potencia de salida de una aplicación, como una bomba o un ventilador, mediante el control de la velocidad del motor, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria. El uso de variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provocan tiempos de improductividad. A menudo hay confusiones sobre la diferencia entre variador de velocidad y variador de frecuencia o convertidor de frecuencia. Sin

embargo, los términos más utilizados actualmente en nuestro país son convertidor de frecuencia y variador de frecuencia. [19]



Ilustración 24. Variador de Frecuencia Siemens

- **Actuadores Hidráulicos:** Los actuadores hidráulicos son los componentes finales dentro de un sistema hidráulico. Se encargan de convertir la energía hidráulica suministrada por la central o bomba hidráulica para generar una fuerza mecánica a través de un líquido normalmente aceite hidráulico y un movimiento. La central hidráulica está diseñada para que el actuador hidráulico realice el proceso adecuadamente. Este proceso para el cual está desarrollado puede ser lineal o rotativo.[20]

Los tipos de actuadores hidráulicos son:

- A. *Cilindro hidráulico de simple efecto*, El movimiento lineal lo realiza en un solo sentido por la acción de la presión hidráulica y el retorno puede ser mecánicamente mediante por un muelle interno o por el mismo proceso retornar con la fuerza mecánico externa, al dejar de tener presión hidráulica.
- B. *Cilindro hidráulico de doble efecto*, Los cilindros hidráulicos de doble efecto son actuadores hidráulicos lineales que realizan el

movimiento en los dos sentidos por medio de la presión hidráulica.

- C. *Actuadores hidráulicos rotativos*, Los actuadores hidráulicos rotativos pueden ser de diferente tipo en función del proceso a realizar, ya sea de giro continuado o giro en un determinado número de grados, para realizar un pequeño giro de unos ciertos grados o hasta los 360 grados, es decir, una vuelta completa.



Ilustración 25. Actuadores Hidráulicos

Fuente: SITE123



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



1.2. Estado del Arte

1.2.1. Estado del Arte internacional

El desarrollo que obtuvo el mantenimiento a través de la historia va muy de la mano con la rápida actualización de tecnologías que ha llevado la industria, desde la primera revolución industria hasta ahora en donde se encuentra con el desarrollo de la industria 4.0 ampliando las expectativas de toda la manufactura industrial, por ejemplo, el monitoreo de variables desde puntos distantes gracias a redes de comunicación.

Uno de los casos presentados recientemente en el campo de investigación enfocado en la actualización industrial 4.0 es el **(Design of an IoT-PLC: A containerized programmable logical controller for the industry 4.0, 2022)** [21], en el cual propusieron un diseño de controlador PLC que pudiera contener datos y monitorear operaciones de forma remota entre sistemas de producción conectados por una amplia red de comunicación, de igual forma lograba contener información sobre las variables y subsistemas de las fábricas conectadas que nos brindaba una imagen más amplia de la capacidad de monitorear y mantener proyectos desde ubicaciones remotas. Los PLC de IoT tienen funciones de control de monitoreo, funciones de computación de niebla, como filtrado y almacenamiento de datos en el sitio, y múltiples interfaces inalámbricas administradas de forma independiente. Además, utiliza entidades de modelos virtuales como una abstracción para representar entidades reales, lo que permite que las aplicaciones IoT-PLC interactúen de forma transparente y directamente compatible con las capas superiores de la nube. La función de migración en vivo aumenta la flexibilidad al permitir que el lazo se reconfigure sin reiniciar el controlador. Los experimentos de laboratorio ilustran la eficacia y el potencial del dispositivo propuesto.

Dados los avances en tecnologías, dispositivo, herramientas, etc., en el mantenimiento es requerido que la ejecución se realice por mano capacitadas en cada área donde asegure la confiabilidad tanto de los dispositivos a manipular como del personal que ejecuta dichas acciones de mantenimiento ya sea correctivo o preventivo, pero sean planteado metodologías para el desarrollo práctico y estudios de análisis para el personal requerido, en ejemplo de estudio de desarrollo de confiabilidad humana en el mantenimiento dado en España es; **(Considerations for the development of a human reliability analysis model**



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



(HRA) oriented to maintenance work safety, 2019) [22], donde el objetivo principal de este documento es proporcionar un marco para un mayor desarrollo del modelo de análisis de confiabilidad humana para el mantenimiento industrial. Este trabajo adopta un enfoque transversal que abarca muchas áreas y actividades diferentes para reducir el riesgo de accidentes e incidentes en una etapa muy temprana. Aunque concluyen que el error humano a menudo es impredecible, argumentan que el modelo de análisis de confiabilidad humana promueve las mejores prácticas y un bajo riesgo de falla al proporcionar una confiabilidad del modelo. Según los autores, después de un análisis exhaustivo de todos los métodos y modelos de HRA desarrollados hasta la fecha, esto se logró examinando en detalle las numerosas relaciones existentes. Los resultados se muestran en un diagrama detallado que muestra estas interacciones entre los parámetros clave del análisis de confiabilidad humana (HRA). Por otro lado, a partir de esta información, se ha creado una base teórica para un nuevo modelo general de análisis HRA, que puede ser utilizado en obras de rehabilitación caracterizadas por una alta variabilidad, así como concurrente con otras obras, junto con el riesgo de incidentes Cambia el ambiente. Este nuevo modelo brinda la oportunidad de utilizar otras herramientas desarrolladas para el análisis de confiabilidad humana, que pueden integrarse con varios módulos incluidos en el modelo establecido.

Las herramientas enfocadas en gestión de mantenimiento optimizan el desarrollo y las metodologías para lograr un mantenimiento de alta confiabilidad en México se realizó un estudio al estado del arte dado por **(Optimization tools applied to physical asset maintenance management: state of the art, 2021)** [23], donde presenta los últimos logros en el uso de herramientas de optimización, como algoritmos genéticos, modelado, redes neuronales, cadenas de Markov y redes bayesianas en la gestión del mantenimiento de activos fijos. Las referencias bibliográficas utilizadas se extrajeron de una búsqueda detallada de estudios empíricos seleccionados presentados entre 2010 y 2021 utilizando bases de datos, plataformas de investigación y bibliotecas en línea. El análisis de los casos de estudio identificados se realizó teniendo en cuenta las variables relevantes para el estudio, las herramientas de optimización utilizadas y los resultados obtenidos del análisis de la gestión de mantenimiento de activos fijos. Se han identificado los beneficios del uso de herramientas de optimización y se ha confirmado que los costos de mantenimiento y el tiempo de intervención son variables actuales que contribuyen a mejorar la confiabilidad y la gestión del



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



mantenimiento. Esta visión general nos permite comprender los beneficios de utilizar las herramientas de optimización presentadas en los estudios de gestión del mantenimiento; También permite identificar los aspectos más fiables de cada instrumento según el objetivo de seguimiento, así como la variable de entrada más utilizada en este tipo de modelos.

Otro caso enfocado a la gestión del mantenimiento es un estudio realizado en la habana, cuba (***Innovando desde la Gestión del mantenimiento., 2021***)[24], Este documento presenta un caso en el que podemos determinar con precisión la salud de un activo utilizando una combinación de herramientas de optimización de mantenimiento (AMFE, análisis de criticidad, análisis de ciclo de vida y RCM), que pueden optimizar el presupuesto de mantenimiento (OPEX), pero al mismo tiempo el tiempo puede servir como base para el análisis de mejora de activos (costos de capital). El “re-mantenimiento” se define como la combinación de la optimización del mantenimiento y rediseño de activos con la “re-inversión” de la funcionalidad que deben realizar los sistemas identificados como críticos en el análisis antes mencionado y así poder justificar el diseño ante la organización. Desde el punto de vista del mantenimiento en la gestión de los activos físicos, se puede tener un conocimiento muy completo del propio sistema industrial, lo que es un punto de partida para analizar la prioridad de las acciones que se realizan actualmente en función de la importancia de los diferentes sistemas, pero no solo para “minimizar” u optimizar el costo del presupuesto anual de mantenimiento, sino también para tener una base analítica para justificar mejoras o inversiones para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los activos.

La integración de sistemas para la automatización de procesos facilita que la tecnología acceda a funciones y datos en dispositivos de campo, controladores y sistemas SCADA. Además, los datos de equipos archivados se pueden utilizar para abordar el diagnóstico y el mantenimiento preventivo de los equipos. En el caso de estudio (***Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic***) [25], Describe técnicas prácticas para configurar e implementar SCADA y sistemas de control, enfatizando la integración de dispositivos de campo, controladores PLC y sistemas SCADA. Este artículo presenta un estudio de caso de un PLC Allen-Bradley (AB) que usa un dispositivo WirelessHART con un sistema SCADA para control de temperatura



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



y diagnóstico de dispositivos. Se instala un módulo de PLC (E/S), que consta de un módulo Modbus, un módulo de E/S digital y un módulo de E/S analógica. Además, el software Configuration Builder de Prosoft y Studio 5000 son nuevos software para agregar instrucciones Modbus y diagramas de escalera. Experimente con un estudio de caso de control de temperatura utilizando la función (PID). El software Wonderware InTouch SCADA se utiliza para monitorear el comportamiento del proceso, las tendencias y emitir alarmas en caso de falla. Además, esta tecnología puede ayudar a los operadores e ingenieros a tomar decisiones sobre el control de procesos y el diagnóstico de mantenimiento de equipos.

Uno de los más importantes rasgos a tener en cuenta en la industria del mantenimiento es lograr asignar tareas de prevención de forma lógica, en el siguiente caso de estudio se realiza la creación de un algoritmo que nos ayuda a entender este rasgo del mantenimiento, **(Algoritmo para la asignación de actividades de Mantenimiento utilizando la gestión de conocimiento)**[26], en este estudio se tiene como objetivo crear una propuesta metodológica para la asignación de recursos humanos en el desempeño de las tareas de mantenimiento. Esto incluye: implementaciones de algoritmos que asumen un conjunto de actividades de mantenimiento (recursos o tareas), un conjunto creado por personal de mantenimiento (agentes), métricas de confianza para recursos, relaciones jerárquicas para actores y las opciones que tiene el agente con respecto al recursos. Estos supuestos conducen a jerarquías de personal y definiciones de tareas críticas. Esta jerarquía considera la gestión del conocimiento como un elemento fundamental, ya que la función de mantenimiento requiere conocimientos técnicos muy específicos, muchas veces ocultos entre los empleados que trabajan en estas áreas. Este método se complementa con una jerarquía de tareas utilizando el método de Análisis de Modos de Falla, Efectos y Peligros (AMFE). Los resultados aplicados a la flota muestran que se requieren diferentes supuestos para lograr criterios justos y razonables en la asignación de tareas de mantenimiento, los cuales son considerados como factores de ponderación en la función de gestión del conocimiento, entre ellos: criterios de experiencia laboral, experiencia en la empresa, aptitud y autoevaluación-aprendizaje.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Mantenimiento y producción basados en la mejora de calidad. (***Flowshop scheduling with machine deterioration based on job sequences***)[27], en este artículo, trata el problema de *permutation flowshop* con degradación de la calidad. El objetivo es minimizar el tiempo total de ejecución de las operaciones y su latencia media. La tarea tiene un tiempo de ejecución y una fecha de vencimiento por máquina. El tiempo de procesamiento real depende del nivel de rendimiento de la máquina al comienzo de cada trabajo, que depende de los trabajos procesados previamente y su impacto en el desgaste/degradación de la máquina. El artículo presenta una amplia gama de experiencias y un conjunto completo de experimentos. Los resultados muestran que como grupo heurístico producen soluciones muy cercanas a los valores óptimos para ambos criterios. Además, no existe un enfoque heurístico que prevalezca en todas las condiciones experimentales, por lo que la selección de heurísticas para resolver problemas reales debe tener en cuenta la especificidad del problema.

El análisis de las causas y efecto es uno de los métodos que más revoluciono la forma de realizar el mantenimiento preventivo, no obstante, el propósito de cualquier administración de mantenimiento es constantemente conservar la máxima disponibilidad y fiabilidad de los conjuntos o recursos para asegurar la producción continua, empero ¿garantiza esto que las ocupaciones de mantenimiento se encuentren de manera correcta dirigidas? En la actualidad se está repasando el proyecto de mantenimiento para integrar criterios de peligro y fiabilidad para que también de garantizar el efecto de las ocupaciones de mantenimiento en el funcionamiento de los activos, efecto en la estabilidad por medio de la reducción de peligros, evaluación y control y administración de peligros. En este caso de estudio (***Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad***) [28], plantea que a razón de análisis, se ha usado un estudio de peligro analizando los patrones de fracasa, sus efectos y para detectar métodos de fracasa de más grande peligro para la siguiente selección de la mejor labor de mantenimiento, así sea preventivo, predictivo, remedial o ocupaciones extras o complementarias si se necesita. Por medio de la utilización de FMECA o AMFEC, se han reconocido los métodos de fracasa que representan un más grande peligro para la planta, teniendo presente los peligros para el proceso de producción, la planta y el personal. Los métodos de fracasa de más grande peligro permanecen sujetos a un proceso descriptivo de selección de labores de servicio, mientras tanto que los métodos de fracasa de



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



peligro medio y bajo se manejan como parte del proceso general. Esto además posibilita la mejora de recursos, como la planeación del mantenimiento ha cambiado debido a que ahora se enfoca en los métodos de fracasa que provienen del estudio servible y no del hardware, o sea, la organización se hace en funcionalidad de los métodos de fracasa y no del hardware. Integrar criterios de peligro y La fiabilidad en la idealización del mantenimiento es una tendencia mundial que necesita considerar las novedosas tecnologías no solo en el proceso de mantenimiento sino además en el propio proyecto de mantenimiento.

1.2.2. Estado del Arte a nivel nacional

A nivel nacional se analizan también el estado del arte de las plantas de control térmico como lo es en el caso de estudio **(Control de temperatura en intercambiadores de calor tipo coraza-tubo: una revisión realizada a la industria)** [29], que se realiza la revisión de lazo de temperatura en intercambiadores de calor de coraza y tubos se basa en un estudio realizado en la industria de la región del Valle del Cauca, donde se identificaron las siguientes deficiencias en la tecnología de control: intercambiador de calor: falta de conocimiento del modelo, falta de experiencia. en la elección de la estrategia de control, ajustó mal los algoritmos de control y desconocía los criterios de evaluación de la eficiencia. En la literatura analizada se pueden encontrar muchos métodos y estrategias de modelado para controlar y ajustar el intercambiador de calor, pero la mayoría de ellos se implementan a nivel de simulación, ignorando la no linealidad, las propiedades y las interacciones de los intercambiadores de calor durante la producción. La revisión presenta los diversos métodos y conceptos utilizados para el modelado, la estrategia, el ajuste y la evaluación del bucle de control que se pueden encontrar en la literatura desde 2010.

La importancia del mantenimiento tiene una trascendencia desde la revolución de las industrias, y al mismo tiempo la evolución del mantenimiento en el caso de estudio **(IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN)**[30], El presente artículo hace referencia a la importancia que tiene la planificación del mantenimiento y la ejecución del mismo planteando un análisis organizacional estipulando la jerarquía de decisiones dentro cualquier tipo de empresa que desee alcanzar niveles





ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



elevados de calidad. Además, muestra una breve reseña histórica de la evolución que ha tenido la implementación de los modelos de mantenimiento en la industria.

Así mismo (**Mantenimiento industrial y su administración**, 2019) [31], pretende iniciar a los estudiantes e interesados en el mantenimiento explicando la importancia de esta actividad en la industria, determinado cómo se vincula la producción, administración y mantenimiento al promover la eficiencia de los procesos. partiendo de conceptos básicos ligados al mantenimiento y como estos se combinan con la administración. Propone que los equipos están diseñados para proveer una renta de producción anual, mensual o semanal. según este diseñada su producción ya sea discreta, continua o combinación de las dos. Esto conlleva a que los equipos antes mencionados presentan distintos tiempos de mantenimiento según el uso que tengan.

De igual manera (**Vista de Implementación de control PID de nivel en laboratorio usando PLC Siemens S7-300**, 2018)[32], implementa un control tipo PID (proporcional integral derivativo) didáctico con el fin de consolidar un mejor aprendizaje del funcionamiento de un lazo de control de nivel. determinado experimentalmente la ganancia ante la entrada escalón unitario, por la cual se dedujo la ecuación ideal del proceso, con el fin de proporcionar los parámetros requeridos para realizar el control de dicho proceso. Explicando la perspectiva de un control ideal que garantice la administración, ordenamiento, dirección o regulación del comportamiento del sistema mediante sensores que constantemente envían valores para estudio y determinar las correcciones generando una señal de error que determine la diferencia entre lo que está y lo que se necesita, actuadores que regulan estos procesos reduciendo las probabilidades de fallo y manteniendo en intervalos determinados en las variables deseadas.

Otro caso de implementación de control con PLC es el de (**INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE NIVEL PARA UN SISTEMA DE TANQUES DE HIPOCLORITO DE SODIO PARA BRINSA S.A**, 2019)[33], Este caso de estudio es un plan a grado técnico, lo que se muestra una optimización en el sistema de almacenamiento en tanques de Hipoclorito de sodio en BRINSA S.A Compañía de Colombia dedicada a la construcción de productos de limpieza y refinación de sal, esta tesis de nivel está formado de la instalación de las



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



herramientas y programación de un sistema de control de nivel predeterminado por medio de un PLC (Control Lógico Programable). Otorga explicaciones sobre los recursos usados, como lo cual son sensores y partes especiales, interfaces, sistema de alerta y el tipo de controlador usado. Se hace manifiesto a la trascendencia de un sistema seguro autosuficiente para controlar grado del hipoclorito de sodio, se plantea un problema ya que este proceso era plenamente manual y se aumenta un peligro hacia el operador, adicionalmente el diseño de este sistema podría ser implementado en diferentes procesos industriales en los que es necesario el control de grado de llenado de tanques y para garantizar la fiabilidad al instante del llenado de tanques se optó por usar un sensor ultrasonido.

La importancia del mantenimiento confiable es una de las mas relevantes en la industria en Colombia como el de **(Mantenimiento Productivo Confiable (MPC): una propuesta metodológica para la gestión del mantenimiento industrial en la planta de zapatería del Batallón de Intendencia No.1 “Las Juanas”, 2021)[34]**, que tiene como objetivo desarrollar una totalmente nueva metodología para la administración del mantenimiento industrial llamada “Mantenimiento Beneficioso Confiable – MPC”; que integrará diferentes recursos metodológicos usados en todo el mundo para la administración del mantenimiento industrial, abordando la gerencia del mantenimiento a partir del enfoque de la fiabilidad y la productividad total; incluyendo recursos de las metodologías Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM) y Mantenimiento Beneficioso Total (TPM). Esta es una iniciativa metodológica creativa, que estudia y planifica todas las aristas de la producción industrial; extendiendo la cobertura y la aplicabilidad de los programas para el gerenciamiento de mantenimiento industrial de las organizaciones. Adicionalmente, se busca exponer una ejemplificación a gusto de aplicación de la metodología Mantenimiento Beneficioso Confiable (MPC); para la situación real de las 5 plantas de producción del Ejército de Intendencia No.1 “Las Juanas” del Batallón Nacional de Colombia, en donde trabajo como Ingeniero de Mantenimiento. Del mismo modo, en este trabajo se estructuran herramientas para la gerencia del mantenimiento industrial como estudio de métodos y efectos de fracasa; estudio de criticidad de maquinaria; tasa de fracasa; estudio de Pareto; y estudios estadísticos; entre otros aparatos de gerencia de ingeniería.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



2. Inventariar y clasificar los diferentes equipos de cada proceso.

En este capítulo se da inicio al desarrollo de la ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad, lo primero que debemos considerar es conocer el sistema o planta al cual se enfocara el mantenimiento basado en confiabilidad. Teniendo en cuenta los aspectos de funcionamiento, diseños de los sistemas, diagramas P&ID, diagramas de flujo de funcionamiento y finalmente la instrumentación que compone el sistema y con la cual podemos cumplir con los anteriores aspectos y el objetivo de construcción del sistema o planta.

Se realiza un desglose e inspección de forma visual identificando cada uno de los componentes que contiene cada una de las plantas o sistemas en este caso de estudio. De esta manera se puede identificar y clasificar los componentes, por marca, tipo de elemento, nombre, foto o imagen, y cantidad.

En la Tabla 1 se muestra el formato con el orden y contenido en el cual se registrará el inventario de los componentes de cada sistema o planta del desarrollo de este trabajo.

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO					
D/M/AÑO		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
INVENTARIO Y CASIFICACION DE EQUIPOS							
NOMBRE DE SISTEMA:		PLANTA XXXXXX	UBICACIÓN	AULA XXXXXXXX			
N°	NOMBRE DEL EQUIPO		TIPO	MARCA	CANTIDAD	GRUPO	
1	ELEMENTO XXXX		HIBRIDO/SIMPLE	PAJARITO	EXISTENTES EN LA PLANTA	SENS/ACT/ PROC	

Tabla 1. Formato de Inventario para el MBC



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO					
3/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO MORENO				
INVENTARIO Y CASIFICACION DE EQUIPOS							
NOMBRE DE SISTEMA:		PLANTA DE CONTROL DE TEMPERATURA	UBICACIÓN	AULA GM105			
N°	NOMBRE DEL EQUIPO		TIPO	MARCA	CANTIDAD	GRUPO CATEGORIA	IMAGEN
1	Válvula reguladora de flujo Con posicionador electroneumatico		HIBRIDO	BRAY/PRISMA	1	ACTUADOR	
2	Bomba Centrifuga		HIBRIDO	PEDROLLO	1	ACTUADOR	
3	Transmisor de Presión		HIBRIDO	SIEMENS	1	SENSOR TRANSMISOR	
4	Transmisor de Temperatura		HIBRIDO	SIEMENS	3	SENSOR TRANSMISOR	
5	Intercambiador de calor		NO HIBRIDO	DESCONOCIDO	1	ELEMENTO DE PROCESO	
6	Variador de Frecuencia		NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE CONTROL	
7	Controlador PLC		NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE CONTROL	
8	Pantalla HMI		NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE CONTROL	
9	Resistencia de calentamiento		NO HIBRIDO	DESCONOCIDO	1	ACTUADOR	
10	Tanque de deposito		NO HIBRIDO	DESCONOCIDO	1	ELEMENTO DE PROCESO	
11	Disyuntor de protección de motor		NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE PROCESO	
12	Contactor		NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE PROCESO	
13	Breaker		NO HIBRIDO	SIEMENS	3	ELEMENTO DE PROCESO	

Tabla 2. Inventario de planta de control de temperatura



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
3/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO MORENO			
INVENTARIO Y CASIFICACION DE EQUIPOS						
NOMBRE DE SISTEMA:		PLANTA DE CONTROL DE NIVEL	UBICACIÓN	AULA PT-205		
N°	NOMBRE DEL EQUIPO	TIPO	MARCA	CANTIDAD	GRUPO CATEGORIA	IMAGEN
1	Válvula reguladora de flujo Con posicionador electroneumatico	HIBRIDO	ART/SIEMENS	1	ACTUADOR	
2	Bomba Centrífuga CP660	HIBRIDO	PEDROLLO	1	ACTUADOR	
3	Transmisor de Presión 7MF1641	HIBRIDO	SIEMENS	1	SENSOR TRANSMISOR	
4	Interruptor de nivel de punto vibrante SITRANS LVL100	HIBRIDO	SIEMENS	3	SENSOR TRANSMISOR	
5	Monitor de nivel ultrasónico 7ML12011EF00	HIBRIDO	SIEMENS	1	SENSOR TRANSMISOR	
6	Variador de Frecuencia Sinamics V20	NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE CONTROL	
7	Controlador PLC S7-1200	NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE CONTROL	
8	Pantalla HMI SIMATIC HMI, KTP700 Basic	NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE CONTROL	
9	Tanque de deposito	NO HIBRIDO	DESCONOCIDO	1	ELEMENTO DE PROCESO	
10	Disyuntor de protección de motor 20-25 A Serie 3RV1	NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE PROCESO	
11	Contactor SIRIUS 32A	NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE PROCESO	
12	Breaker 32A	NO HIBRIDO	SIEMENS	3	ELEMENTO DE PROCESO	

Tabla 3. Inventario Planta de control de Nivel



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
3/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO MORENO				
INVENTARIO Y CASIFICACION DE EQUIPOS						
NOMBRE DE SISTEMA:		MANIPULADOR HIDRAULICO	UBICACIÓN	AULA GM-105		
N°	NOMBRE DEL EQUIPO	TIPO	MARCA	CANTIDAD	GRUPO CATEGORIA	IMAGEN
1	ELECTROBOMBA	HIBRIDO	PARKER/SIEMENS	1	ACTUADOR	
2	Fuente de alimentacion de corriente continua 250W	NO HIBRIDO	EBCQ	2	ELEMENTO DE CONTROL	
3	Arrancador suave 3RW4036-1BB14	NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE CONTROL	
4	Relay de 11 pines RUN 31A21 BD	NO HIBRIDO	TELEMECNIC	12	ELEMENTO DE CONTROL	
5	Contactor de 25 A	NO HIBRIDO	TELEMECNIC	6	ELEMENTO DE CONTROL	
6	Breaker Totalizador ABS 53b 50A	NO HIBRIDO	MEC	1	ELEMENTO DE CONTROL	
7	Tanque de deposito Aceite	NO HIBRIDO	DESCONOCIDO	1	ELEMENTO DE PROCESO	
8	Disyuntor de protección de motor 20 25 A Serie 3RV1	NO HIBRIDO	SIEMENS	1	ELEMENTO DE PROCESO	
9	Potenciometro lineal 300 mm PL300 T6	NO HIBRIDO	INSTRUMATIC	1	SENSOR TRANSMISOR	
10	Pulsadores/Selectores de contacto	NO HIBRIDO	EBCHQ	16	ELEMENTO DE CONTROL	
11	Válvula de control direccional 4/3 con centro flotante	HIBRIDO	PARKER	7	ACTUADOR	
12	Válvula de contrabalance sencilla	NO HIBRIDO	STASTO	3	ELEMENTO DE PROCESO	
13	Valvula reguladora antiretorno	NO HIBRIDO	PARKER	5	ELEMENTO DE PROCESO	
14	Valvula hidraulica de paso o alivio	HIBRIDO	PARKER	1	ACTUADOR	
15	Manometro indicador	NO HIBRIDO	CONEX	15	ELEMENTO DE PROCESO	
16	Motor Hidraulico	NO HIBRIDO	SAUER DANFOSS	1	ACTUADOR	
17	Actuador de cilindro hidraulico	NO HIBRIDO	DESCONOCIDO	4	ACTUADOR	
18	Final de carrera AP3T13Z11	NO HIBRIDO	COMPEI	3	ELEMENTO DE CONTROL	
19	Reductor de velocidad mecanico	NO HIBRIDO	DESCONOCIDO	1	ELEMENTO DE PROCESO	

Tabla 4. Inventario de Planta manipulador hidráulico



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



3. Identificar las interfaces y su caracterización de cada equipo de cada proceso.

En este capítulo se desarrolla la identificación y caracterización de cada elemento de los sistemas o plantas de estudio en este trabajo. Con el objetivo de desglosar y al mismo tiempo conocer la partes y características de cada elemento de los sistemas. Se realiza este procedimiento partiendo desde información dada por los fabricantes de cada uno de los elementos y al mismo tiempo poder entender el funcionamiento natural de cada uno de los elementos, y estipular jerarquías de complejidad y criticidad que mantengan cada dispositivo en la planta.

Ese desarrollo de objetivo se enfocará de manera más enfática en todos los dispositivos híbridos para así mismo conocer cuales dispositivos qué componen cada una de las plantas, son mas posibles a fallo y tengan mayor efecto en el funcionamiento del proceso. Dando paso al estudio de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos críticos.

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO			
D/M/AÑO	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS					
NOMBRE DE ELEMENTO:	XXXXXX	TIPO	HIBRIDO/ NO HIBRIDO		
PLANTA DE UBICACIÓN	PLANTA XXXXXX				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE	TIPO NATURALEZA	MARCA	GRUPO	
1	ELEMENTO XXXX	HIBRIDO/SIMPLE	PAJARITO	SENS/ACT/ PROC	

Tabla 5. Formato de identificación y caracterización de elementos



En la Tabla 5 podemos observar el formato que se diligenciará para lograr la caracterización e identificación de los componentes complejos, en este formato encontraremos las características importantes de los componentes que forman los dispositivos y se dará prioridad a los dispositivos de naturaleza híbrida, ya que estos son los cuales se logrará realizar un análisis más profundo. Así mismo nos dará una introducción para el siguiente capítulo de este libro ya que tendremos una selección de elementos clasificándolos de críticos a no críticos, y analizar los elementos más propensos a falla. También en el formato se encontrará una casilla donde se registra el nombre del elemento y el nombre de la planta en la que se encuentra ubicado, de esta forma podremos diferenciar elementos que son similares entre cada planta y de la misma manera también se estipularán elementos comunes entre las plantas de proceso.

Esto se realiza como se explica en la norma ISO-55001 (ítem 7.1. Recursos) donde nos estipula que “La organización debe proporcionar los recursos requeridos para cumplir con los objetivos de gestión de activos y para implementar las actividades especificadas en el plan de gestión de activos” [35].

Estos formatos se pueden ver diligenciados en el **Anexo 1**.

en base a ese desarrollo se seleccionaron como elementos primordiales y complejos para el análisis de confiabilidad y criticidad los siguientes:

Planta de control de temperatura

- A. Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6
- B. Válvula con actuador neumático PRISMA P15
- C. Bomba Centrífuga Pedrollo CP660
- D. Transmisor de presión Siemens 7MF1565
- E. Sensor de temperatura RTD PT100
- F. Intercambiador de calor

Planta de control de nivel

- A. Posicionador electroneumático SIPART PS2
- B. Válvula con actuador neumático PACS063
- C. Bomba Centrífuga Pedrollo CP660
- D. Transmisor de presión Siemens 7MF1641
- E. Monitor de nivel ultrasónico 7ML12011EF00





ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



F. Interruptor de nivel de punto vibrante SITRANS LVL100

Manipulador hidráulico

- A. Electrobomba
- B. Válvulas electrohidráulicas Direccionales
- C. Válvula electrohidráulica de alivio
- D. Válvula de contrabalancee sencilla
- E. Potenciómetro lineal 300 mm PL300 T6
- F. Actuadores de cilindro hidráulico
- G. Motor Hidráulico



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



4. Realizar análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad a todos los equipos

En este capítulo se desarrollará un estudio de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los sistemas o plantas de proceso. El objetivo de analizar y calcular estos indicadores en las plantas se basa en la gestión de activos del mantenimiento, que con lleva a una relación costo-beneficio de los procedimientos a ejecutar a la hora de realizar el mantenimiento de un sistema. Aplicando los de manera prolongada y adecuada durante todo su ciclo de vida, de manera efectiva y eficiente. Según la norma EN 60300 y la EIC 60300 sobre la gestión basada en confiabilidad proponen “proporcionar una guía para la gestión de la confiabilidad del diseño, desarrollo, evaluación y mejora de procesos de un producto como objetivo para Disponibilidad y mantenibilidad del mismo.” [36]

Basados en lo anterior, se debe lograr un desempeño altamente eficiente para la reducción de costos de operación, pero solo se puede asegurar estipulando que los indicadores CDM (confiabilidad disponibilidad mantenibilidad) mantengan rangos óptimos. Para ello debemos analizar el comportamiento histórico de las plantas de proceso para lograr calcular en que ponderación se encuentran nuestros indicadores. Pero ya en nuestro caso no hay existencia de los históricos tanto de funcionamiento, fallas y mantenimiento, nos basaremos en los datos planteados por el manual de datos OREDA del 2002 [37]. Con la ayuda de este documento podremos analizar los criterios de falla y funcionamiento de nuestros dispositivos, y obtener valores de frecuencia, tiempos de reparación de fallas, y numero de falla en determinado tiempo.

Como primer paso para realizar el análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, se debe realizar una selección de equipos críticos o prioritarios de cada planta de proceso, para poder enfocar más los resultados de este análisis al funcionamiento propio del proceso. Primero aplicaremos herramientas metodológicas para seleccionar que elementos críticos.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



4.1. Aplicación de tabla AMEF y análisis de criticidad.

Un AMEF es una técnica analítica usada primordialmente para asegurar que, en el tamaño de lo viable, se hayan considerado y abordado los probables modos de falla y sus causas y efecto asociados. Se tienen que evaluar los artículos finales, junto con todos los sistemas, sub ensamblajes y elementos involucrados. El AMEF es un resumen de los pensamientos de un ingeniero y del equipo (incluido un estudio de los recursos que podrían salir mal de acuerdo con la vivencia y las preocupaciones pasadas) y de esa forma se pueda lograr la priorizar e identificar elementos críticos en un sistema que al mismo tiempo se darán acciones para la corrección de los posibles fallos en el sistema.[38]

Según la norma SAE J-1739 el planteamiento del AMEF de ejecutarse desde el desglose del sistema de manera cualitativa, partiendo desde cada elemento del sistema que tipo de función tiene, que fallas puede presentar, tipo de modo de las fallas, efectos de la falla, posibles causas y finalmente las acciones para prevenir la falla. Pero para poder identificar qué elementos son más críticos que otros se debe cuantificar los anteriores criterios mencionados.

De esta forma se cuantifica el sobre que probabilidad de ocurrencia de falla tiene, la severidad que puede tener y la dificultad para detectar dicha falla. En este caso la norma SAE J-1739 da los ponderados cuantificables de cada criterio en el análisis AMEF.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Criterios para el análisis de modo y efecto de falla AMEF

Tabla de ponderado de criterios de severidad.

CRITERIO DE EVALUACIÓN DE SEVERIDAD SUGERIDO PARA PFMEA			
Esta calificación resulta cuando un modo de falla potencial resulta en un defecto con un cliente y/ o final o una planta de manufactura/ensamble. El cliente final siempre debe ser considerado primero. Si ocurren ambos use la mayor de las dos severidades			
Efecto	Efecto en el cliente	Efecto en Manufactura / Ensamble	Calif.
Peligroso sin aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso.	Puede exponer al peligro al operador	10
Peligroso con aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, con aviso.	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso	9
Muy alto	El producto / ítem es inoperable (perdida de la función primaria)	El 100% del producto puede tener que ser desechado operado con un costo infinitamente mayor.	8
Alto	El producto / ítem es inoperable, pero con un reducido nivel de desempeño, cliente muy insatisfecho	El producto tiene que ser seleccionado y una parte desechada o repetirla en un tiempo y costo muy alto.	7
Moderado	Producto/ítem operable, pero es un ítem de confort/conveniencia es inoperable. Cliente insatisfecho.	Una parte del producto puede tener que ser desechada sin selección o reparada con un tiempo o costo alto.	6
Bajo	Producto/ítem operable, pero es un ítem de confort/conveniencia, son operables a niveles de desempeño bajos.	El 100% del producto puede tener que ser re trabajado o reparado fuera de línea, pero no necesariamente no va al área de re trabajo.	5
Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 50% de los clientes.	El producto puede tener que ser seleccionado, sin desecho, y una parte re trabajada.	4
Menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 25% de los clientes.	El producto puede tener que ser re trabajado, sin desecho, en línea y fuera de la estación.	3
Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Efecto notado por clientes muy críticos (menos del 25%)	El producto puede tener que ser re trabajado, sin desecho, en línea en la estación.	2
Ninguno.	Sin efecto perceptible.	Ligero inconveniente para la operación u operador, o sin efecto	1

Tabla 6. Criterio de evaluación de la severidad según norma SAE J-1739 [38]



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Tabla de ponderado de criterios de ocurrencia.

Probabilidad de falla	Posibles tasas de falla	Clasificación
Muy alto: generalmente asociado a procesos similares a los procesos anteriores que a menudo han fallado	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alto: generalmente asociado con procesos similares a procesos anteriores que a menudo han fallado.	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado Generalmente se asocia con procesos similares a procesos previos que han experimentado fallas ocasionales, pero no en proporciones mayores.	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2000	4
Bajo: fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15000	3
Muy bajo: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150000	2
Remoto: la falla es inerte. No fallas alguna vez asociadas con procesos casi idénticos.	≤ 1 en 1'500.000	1

Tabla 7. Tabla de ocurrencia según la norma SAE J-1739.[38]



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Tabla de ponderado de criterios de detección.

Detección	Criterios: probabilidad de que los controles del proceso detecten la existencia de un defecto antes del siguiente o posterior proceso, o antes de que el par o el componente abandone el lugar de fabricación o ensamble.	Clasificación
Casi imposible	No sabe control (es) disponible (s) para detectar el modo de falla.	10
Muy remoto	Los controles de corriente de probabilidad muy remota detectarán el modo de falla	9
Remoto	Los controles de corriente de verosimilitud remota fallarán en el modo de falla	8
Muy bajo	Los controles de corriente de muy baja probabilidad detectarán el modo de falla	7
Bajo	Los controles de corriente de baja probabilidad detectarán el modo de falla.	6
Moderado	El (los) control (es) de corriente de probabilidad moderada detectarán el modo de falla	5
Moderadamente alto	Los controles de corriente de alta probabilidad moderada detectarán el modo de falla	4
Alto	Los controles de corriente de alta probabilidad detectarán el modo de falla	3
Muy alto	Los controles de corriente de muy alta probabilidad detectarán el modo de falla	2
Casi seguro	Los controles de corriente casi con certeza para detectar los controles de detección rentable de modo de falla se conocen con procesos similares.	1

Tabla 8. Tabla de detección según la norma SAE J-1739.[38]



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Ya planteados los criterios del análisis se realiza la construcción del formato del AMEF basados en lo planteado en la norma SAE J-1739.

SISTEMA: XXXXXXXXXX		ELEMENTO: XXXXXXXXXX		GRUPO DE ANALISIS: XXXXXXXXXX		IMAGEN:	AULA: XXXX						
UNIDAD: XXXXXXXXXXXXXXXXXX		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #	FECHA 01/11/2022	HOJA: n DE: n							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE LA FALLA	CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS
								ACCIONES ACTUALES	O	S	D	NPR	
1	funcion del elemento	A	falla funcional del elemento	1	modo de falla 1	EFEECTO DE LAS FALLAS	POSIBLE CAUSA	ACCIONES DE CORRECCION INMEDIATA	1	1	1	1	ACCIONES DE PREVENCIÓN
				2	modo de falla 2								
N		Z											
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA ALTAMENTE IMPROBABLE = 1 MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3 PROBABILIDAD MEDIA = 4-6 ALTA PROBABILIDAD = 7-8 MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA MUY BAJA SEVERIDAD = 1 SEVERIDAD BAJA = 2-5 SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8 SEVERIDAD ALTA = 9 MUY ALTA SEVERIDAD = 10		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA ALTA PROBABILIDAD = 1 PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5 PROBABILIDAD MEDIA = 6-8 MUY BAJA PROBABILIDAD = 9 ALTAMENTE IMPROBABLE = 10		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000 PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125- BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134 NO EXISTE RIESGO = 0					OCURRENCIA-CAUSA SEVERIDAD-EFEECTO DETECCION-MODO

Tabla 9. Formato de tabla de análisis AMEF

En la Tabla 9 se observa el formato AMEF que se aplicara en este caso de estudio a las tres plantas de proceso. Al diligenciar el formato cada función de elemento tendrá un valor cuantitativo, de acuerdo a los criterios de las tablas (Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8). Estos valores serán:

O – OCURRENCIA

S – SEVERIDAD

D – DETECCION

Seguido a esto se realizará el cálculo del NPR (Numero de prioridad de riesgo) el cual tendrá la siguiente ponderación según la norma SAE J-1793:



PRIORIDAD DE NPR	
Alto riesgo de falla	250-400
Riesgo de falla medio	140-249
Riesgo de falla bajo	1-139
No existe riesgo de falla	0

Tabla 10. Tabla de criterios NPR

El calculo del NPR se realizará multiplicando las calificaciones de ocurrencia, severidad y detección. De esa manera se obtiene un valor cuantitativo el cual nos permitirá analizar la los elementos de prioridad en la planta de proceso.

$$O * S * D = NPR \quad \text{Ecuación 3. calculo NPR}$$

En el **Anexo 2** se incorporan los formatos diligenciados de todos AMEF, de las plantas de proceso y los elementos a los que se aplicó ese método. Los resultados de este análisis se verán reflejados mas adelante

Análisis de criticidad.

Se realiza un análisis de criticidad en este caso se realizará con el método del modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (criticidad total por riesgo), basados en la norma ISO 31000 que es la norma internacional para la gestión de riesgos.

Este análisis se realiza con el objetivo de clasificar por criterios de criticidad, para poder estipulara los elementos mas críticos de la planta.

Los Criterios o atributos que demuestran la importancia de una elemento o subsistema dentro de un proceso productivo o planta de producción, es decir que tan indispensable es un equipo dentro del sistema de proceso, a este concepto se le llama criticidad, en este caso, matemáticamente se define como:



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



$$CTR = FF * ((IO * FO) + CM + SHA) \text{ Ecuación 4. Cálculo de la criticidad}$$

Donde:

- CTR = Criticidad total por Riesgo
- FF = Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado (fallos/año))

$$FF = \frac{\text{fallos en } 10^6 H}{114.1552511 \text{ años}} \text{ Ecuación 5. Frecuencia de falla}$$

- IO = Factor de Impacto en la Producción

$$IO = \frac{\text{Tiempo de reparacion}}{114.1552511 \text{ años}} \text{ Ecuación 6. Impacto operacional}$$

- FO = Factor de Flexibilidad Operacional
- CM = Factor de Costes de Mantenimiento
- SHA = Factor de impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente

Para conocer los valores cuantitativos de estos indicadores debemos realizar una ponderación semicuantitativa, relacionado los criterios de evaluación, según la norma ISO 31000 los criterios para el análisis de criticidad semicuantitativo son:

✓ **Factor de Frecuencia (FF: Escala del 1 – 4)**

- 4: Frecuente: mayor a 2 eventos al año
- 3: Promedio: 1 y 2 eventos al año
- 2: Bueno: entre 0,5 y un 1 evento al año
- 1: Excelente: menos de 0,5 eventos al año

✓ **Impacto Operacional (IO: Escala del 1 – 10)**

- 10: Pérdidas de producción superiores al 75%
- 7: Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%
- 5: Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%
- 3: Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%
- 1: Pérdidas de producción menor al 10%

✓ **Impacto por Flexibilidad Operacional (FO: Escala del 1 – 4)**

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



SC-CER96940





4: No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes

2: Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios

1: Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños

✓ **Impacto en Costos de Mantenimiento (CM: Escala del 1 – 2)**

2: Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares

1: Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares

✓ **Impacto en la Seguridad, Higiene, Medio Ambiente (SHM: Escala 1 – 8)**

8: Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos

6: Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración

3: Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas

1: No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.

Para realizar los cálculos de los indicadores de impacto de cada planta, se utilizo el libro de tablas OREDA [37], en el cual se tomarán los datos de tiempos para fallar y tiempo de reparación de las fallas estos datos son estipulados para cada un millón de horas de operación. Las tablas donde se seleccionaron estos datos se encuentran en el **Anexo 3**.

Los resultados de la criticidad registrados en las siguientes tablas se pueden deducir por el código de color verde-baja criticidad, amarillo-criticidad media y Rojo alta criticidad, los resultados de cada planta son:



Criticidad de planta de temperatura

Datos tomados de la tabla OREDA

SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	fallas cada 10 ⁶ h	frecuencia de falla	tiempo de reparación	tiempo de repacion	IO
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	50,04	0,4383504	13	0,11388	11,388
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15					
ransmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-	10,6	0,092856	10,6	0,092856	9,2856
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	13,6	0,119136	14	0,12264	12,264
Electrobomba centrifuga (PEDROLLO CPM 660)	337,28	2,9545728	63,5	0,55626	55,626
Intercambiador de calor	20,47	0,1793172	70,2	0,614952	61,4952

Tabla 11. Datos para cálculos de criticidad, planta de temperatura

Analisis de criticidad

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
ANÁLISIS DE CRITICIDAD CONTROL DE TEMPERATURA						
ANALISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DE PLNATA DE CONTROL DE TEMPERATURA						
SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	FF frecuencia de fallos	CONSECUENCIAS				CTR Criticidad
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	2	IO	FO	CM	ISHA	28
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15						
ransmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-	1	1	4	1	3	8
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	1	3	4	1	3	16
Electrobomba centrifuga (PEDROLLO CPM 660)	4	7	4	1	1	120
Intercambiador de calor	2	7	4	1	3	64
IO: Factor de Impacto Producción		FO: Factor de Flexibilidad Operacional		CM: Factor de Costo de Mantenimiento		SHA: Factor de impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente

Tabla 12. Analisis de criticidad control de temperatura



Criticidad de planta de nivel

Datos tomados de la tabla OREDA

SISTEMA: CONTROL DE NIVEL	<i>fallas cada 10⁶ (h)</i>	<i>frecuencia de falla FF</i>	<i>tiempo de reparación</i>	<i>IO</i>	<i>IO</i>
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-Válvula con actuador neumático PACS063	50,04	0,4383504	13	0,11388	11,388
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-	115	1,0074	30	0,2628	26,28
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS -	118,5	1,03806	14,3	0,125268	12,5268
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-	19,46	0,1704696	14,3	0,125268	12,5268
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)	337,28	2,9545728	63,5	0,55626	55,626

Tabla 13. Datos para cálculos de criticidad, planta de nivel

Analisis de criticidad

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
ANÁLISIS DE CRITICIDAD CONTROL DE NIVEL						Crítico
ANÁLISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE NIVEL						Semi crítico
						No crítico
SISTEMA: CONTROL DE NIVEL	FF frecuencia de fallos	CONSECUENCIAS				CTR
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-Válvula con actuador neumático PACS063	2	IO	FO	CM	ISHA	28
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-	2	5	4	1	1	44
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS -	2	3	4	1	1	28
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-	1	3	4	1	1	14
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)	4	7	4	1	1	120
IO: Factor de Impacto Producción		FO: Factor de Flexibilidad Operacional		CM: Factor de Costo de Mantenimiento		SHA: Factor de impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente

Tabla 14. Analisis de criticidad control de nivel



Criticidad de manipulador hidráulico

Datos tomados de la tabla OREDA

<i>fallas cada 10⁶h</i>	<i>frecuencia de falla</i>	<i>tiempo de reparación</i>	<i>tiempo de repacion</i>	<i>IO</i>
35	0,3066	71,4	0,625464	62,5464
35	0,3066	71,4	0,625464	62,5464
189,79	1,6625604	75	0,657	65,7
62,41	0,5467116	58	0,50808	50,808
62,41	0,5467116	58	0,50808	50,808
325	2,847	60	0,5256	52,56
345	3,0222	76	0,66576	66,576
100	0,876	47	0,41172	41,172
150	1,314	53	0,46428	46,428
9	0,07884	4	0,03504	3,504

Tabla 15. Datos para cálculos de criticidad, manipulador hidráulico

Analisis de criticidad

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA						
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO					
ANÁLISIS DE CRITICIDAD MANIPULADOR HIDRAULICO							
							Crítico
							Semi crítico
ANALISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR HIDRAULICO							No critico
SISTEMA: MANIPULADOR HIDRAULICO		FF frecuencia de fallos	CONSECUENCIAS				CTR
			IO	FO	CM	ISHA	Criticidad
Válvula de control direccional 4/3 con centro		1	7	4	1	3	32
Válvula de control direccional 4/2 con centro		1	7	4	1	3	32
Válvula de alivio		3	7	4	1	3	96
Válvula de contrabalance dobles		2	7	4	1	3	64
Válvula de contrabalance sencilla		2	7	4	1	3	64
Motor hidráulico		3	7	4	1	1	90
Motor electrico		2	7	4	1	1	60
Bomba de despaxamiento		3	7	4	1	3	96
cilindro hidráulico		2	1	4	1	3	16
Potenciómetro lineal		1	0	4	1	3	4
IO: Factor de Impacto Producción		FO: Factor de Flexibilidad Operacional		CM: Factor de Costo de Mantenimiento		SHA: Factor de impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente	

Tabla 16. Analisis de criticidad control de manipulador hidráulico



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Seguidamente deberán clasificar los elementos con los resultados obtenidos en el AMEF y el análisis de criticidad esto para asignar cuales elementos se le dará una planeación de mantenimiento preventivo más prioritaria, estos resultados se registrarán en el siguiente formato:

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO			
5/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO MORENO		
Evaluación nivel de prioridad				
NOMBRE DE SISTEMA:	xxxxxxx	UBICACIÓN	xxxxxx	
COMPONENTES EVALUADOS	NPR	NIVEL DE CRITICIDAD	PRIORIDAD DE NPR	

Tabla 17. Formato de resultados de evaluación de prioridad.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Resultados de criticidad y prioridad

Resultados de planta de temperatura

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO			
5/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO MORENO		
Evaluación nivel de prioridad				
NOMBRE DE SISTEMA:	PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA	UBICACIÓN	AULA GM-105	
COMPONENTES EVALUADOS	NPR	NIVEL DE CRITICIDAD		
Posicionador electropneumático BRAY SERIE 6	180,6	BAJA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA
Valvula con actuador neumático PRISMA P15	312			ALTO RIESGO DE FALLA
transmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-1GA1	195	BAJA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	216	BAJA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)	338,75	ALTA CRITICIDAD		ALTO RIESGO DE FALLA
Intercambiador de calor	284	MEDIA CRITICIDAD		ALTO RIESGO DE FALLA

Tabla 18. Resultados de evaluación de criticidad y prioridad en planta de temperatura.

Resultados de planta de nivel

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO			
5/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO MORENO		
Evaluación nivel de prioridad				
NOMBRE DE SISTEMA:	PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA	UBICACIÓN	AULA GM-105	
COMPONENTES EVALUADOS	NPR	NIVEL DE CRITICIDAD		
Posicionador electropneumático SIPART PS2 (D-76181)	224,45	BAJA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA
Válvula con actuador neumático PACS063	151			RIESGO MEDIO DE FALLA
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-7MF1641)	153	MEDIA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS - SITRANS LVL100)	191	BAJA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)	235	ALTA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-7ML12011EF00)	177	BAJA CRITICIDAD		RIESGO MEDIO DE FALLA

Tabla 19. Resultados de evaluación de criticidad y prioridad en planta de nivel.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Resultados de planta manipulador hidráulico

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO			
5/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO MORENO		
Evaluación nivel de prioridad				
NOMBRE DE SISTEMA:	PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA	UBICACIÓN	AULA GM-105	
COMPONENTES EVALUADOS	NPR	NIVEL DE CRITICIDAD	PRIORIDAD DE NPR	
ElectroVálvula de control direccional	190	BAJA CRITICIDAD	RIESGO MEDIO DE FALLA	
Válvula de alivio	198	ALTA CRITICIDAD	RIESGO MEDIO DE FALLA	
Válvula de contrabalance sencilla	209	MEDIA CRITICIDAD	RIESGO MEDIO DE FALLA	
Electrobomba	266	ALTA CRITICIDAD	ALTO RIESGO DE FALLA	
Potenciómetro lineal 300 mm PL300 T62	133	BAJA CRITICIDAD	BAJO RIESGO DE FALLA	
Actuadores de cilindro hidráulico	231	BAJA CRITICIDAD	RIESGO MEDIO DE FALLA	
Motor Hidráulico	148	BAJA CRITICIDAD	RIESGO MEDIO DE FALLA	

Tabla 20. Resultados de evaluación de criticidad y prioridad en planta de manipulador hidráulico.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



4.2. Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad

Este análisis se desarrolla con el objetivo de plantear parámetros de uso o mejoras en los sistemas, con el fin de que cumplan con los criterios de una sistema confiable, disponible y mantenible

La **confiabilidad** está definida como como la probabilidad de que un sistema se mantenga operativo durante un determinado periodo de tiempo bajo condiciones ambientales normales.

Matemáticamente se define como:

$$R = e^{-\lambda t} \text{ Ecuación 7. Confiabilidad}$$

Donde:

- R = Fiabilidad
- λ = Frecuencia de falla
- t = Tiempo de estudio(1año)

Así mismo la **disponibilidad** hace referencia al porcentaje de tiempo durante el cual se puede acceder y utilizar el sistema.

Matemáticamente se define como:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\% \text{ Ecuación 8. Disponibilidad}$$

Donde:

- D = disponibilidad
- MTBF = tiempo medio entre fallas
- MTTR = tiempo medio para reparar



Donde el MTBF y MTTR se representan como:

$$MTBF = \frac{\text{tiempo total disponible} - \text{tiempo de inactividad}}{\text{numero de paradas}}$$

Ecuación 9. Tiempo medio entre fallas

$$MTTR = \frac{\text{tiempo total de mantenimiento}}{\text{numero de intervenciones}}$$

Ecuación 10. Tiempo medio para reparar

Finalmente, la **mantenibilidad** es la capacidad de un elemento, bajo determinadas condiciones de uso, para conservar, o ser restaurado.

Matemáticamente se define como:

$$M = 1 - e^{\left(-\frac{T}{MTTR}\right)}$$

Ecuación 11. Mantenibilidad

Así mismo, Donde:

M = mantenibilidad

T = tiempo de reparación

MTTR = tiempo medio para reparar

En desarrollo de este objetivo se realizó los cálculos para cada planta de proceso con los elementos de análisis seleccionados en el punto **Aplicación de tabla AMEF y análisis de criticidad**. También para poder calcular los indicadores se tuvieron que tomar datos de las tablas OREDA [37], ya que no se cuenta con ningún histórico de fallas y mantenimiento para realizar los cálculos del MTBF y MTTR.

Para realizar los cálculos se diseñó una hoja en Excel en el cual se programaron las fórmulas para obtener los resultados, y se obtuvieron los siguientes datos.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



CDM planta de temperatura

Este cuadro de resultados se realizó a partir de un tiempo de estudio de un año o 8760 horas. Los resultados de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad son calculados sin tener en cuenta acciones de mantenimiento preventivas.

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
5/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
ANÁLISIS DE FIABILIDAD CONTROL DE TEMPERATURA						
ANALISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE TEMPERATURA						
SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	frecuencia de fallos cada 10 ⁶ horas	frecuencia de falla λ (F/A)	tiempo de estudio t (años)	fiabilidad R	fiabilidad R%	fiabilidad total
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	1	0,009	1	0,9913	99,128	96,12
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15	3,52	0,031	1	0,9696	96,964	
ransmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-	10,6	0,093	1	0,9113	91,132	91,13
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	13,6	0,119	1	0,8877	88,769	88,77
Intercambiador de calor	337,28	2,955	1	0,0521	5,210	5,21
Electrobomba centrifuga (PEDROLLO CPM 660)	337,28	2,955	1	0,0521	5,210	5,21

Tabla 21. Analisis de fiabilidad control de temperatura

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
5/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
ANÁLISIS DISPONIBILIDAD CONTROL DE TEMPERATURA						
ANALISIS DISPONIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE TEMPERATURA						
SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	frecuencia de fallas cada 10 ⁶ (h)	tiempo de estudio (h)	tiempo total de mantenimiento	tiempo medio entre fallas MTBF	tiempo medio para reparar MTTR	disponibilidad D %
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	1	8670	3	8667,00	3,000	99,9654
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15	3,52	8670	10	2460,23	2,841	99,8847
ransmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-	10,6	8670	30	815,09	2,830	99,6540
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	13,6	8670	14,3	636,45	1,051	99,8351
Intercambiador de calor	337,28	8670	14,3	25,66	0,042	99,8351
Electrobomba centrifuga (PEDROLLO CPM 660)	337,28	8670	63,5	25,52	0,188	99,2676

Tabla 22. Analisis de Disponibilidad control de temperatura



FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA		
5/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO	
ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD CONTROL DE TEMPERATURA			
ANALISIS MANTENIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE TEMPERATURA			
SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio para reparar MTTR	mantenibilidad M
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	50	3,000	1
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15	150,3	2,841	1
ransmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-1GA1	10,6	2,830	1
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	14,0	1,051	1
Intercambiador de calor	63,5	0,042	1
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)	63,5	0,118	1

Tabla 23. Analisis de mantenibilidad control de temperatura

Ahora se realiza el cálculo de CDM de los sistemas planteando que se reducirá la frecuencia de falla de los dispositivos en un 70%, a causa de las prevenciones de mantenimiento estipuladas en los AMEF como acciones de mantenimiento recomendadas en ese caso se obtuvo una mejor fiabilidad y disponibilidad de los sistemas. Los resultados obtenidos son:

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
ANÁLISIS DE FIABILIDAD CONTROL DE TEMPERATURA						
ANALISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE TEMPERATURA						
SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	frecuencia de fallos cada 10 ⁶ horas	frecuencia de falla λ (F/A)	tiempo de estudio t (años)	fiabilidad R	fiabilidad R%	fiabilidad total
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	0,3	0,003	1	0,9974	99,738	98,82
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15	1,056	0,009	1	0,9908	99,079	
ransmisor de presión Siemens 7MF1565- 3CA00-1GA1	3,18	0,028	1	0,9725	97,253	97,25
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	4,08	0,036	1	0,9649	96,489	96,49
Intercambiador de calor	6,141	0,054	1	0,9476	94,763	94,76
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%						

Tabla 24. Analisis de fiabilidad control de temperatura con reducción de fallas



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
ANÁLISIS DISPONIBILIDAD CONTROL DE TEMPERATURA						
ANALISIS DISPONIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE TEMPERATURA						
SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	frecuencia de fallas cada 10^6 (h)	tiempo de estudio (h)	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio entre fallas MTBF	tiempo medio para reparar MTTR	disponibilidad D %
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	0,3	8670	15	28850,00	50,000	99,8270
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15	1,056	8670	45,09	8167,53	42,699	99,4799
ransmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-1GA1	3,18	8670	3,18	2725,42	1,000	99,9633
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	4,08	8670	4,2	2123,97	1,029	99,9516
Intercambiador de calor	6,141	8670	21,06	1408,39	3,429	99,7571
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%						

Tabla 25. Analisis de Disponibilidad control de temperatura con reducción de fallas

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA		
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO	
ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD CONTROL DE TEMPERATURA			
ANALISIS MANTENIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE TEMPERATURA			
SISTEMA: CONTROL DE TEMPERATURA	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio para reparar MTTR	mantenibilidad M
Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6	15	50,000	0
Valvula con actuador neumatico PRISMA P15	45	42,699	1
ransmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-1GA1	3	1,000	1
Sensor de temperatura RTD PT100 clase B	4	1,029	1
Intercambiador de calor	21	3,429	1
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%			

Tabla 26. Analisis de mantenibilidad control de temperatura con reducción de fallas



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



CDM planta de Nivel

Este cuadro de resultados se realizó a partir de un tiempo de estudio de un año o 8760 horas. Los resultados de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad son calculados sin tener en cuenta acciones de mantenimiento preventivas.

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA						
5/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO					
ANÁLISIS DE FIABILIDAD CONTROL DE NIVEL							
ANALISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE NIVEL							
SISTEMA: CONTROL DE NIVEL		frecuencia de fallos cada 10^6 horas	frecuencia de falla λ (F/A)	tiempo de estudio t (años)	fiabilidad R	fiabilidad R%	fiabilidad total Rt%
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-		11,4	0,100	1	0,9050	90,496	64,31
Válvula con actuador neumático PACS063		39	0,342	1	0,7106	71,060	
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-		115	1,007	1	0,3652	36,517	36,52
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS -		118,6	1,039	1	0,3538	35,383	35,38
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-		19,46	0,170	1	0,8433	84,327	84,33
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)		337,28	2,955	1	0,0521	5,210	5,21

Tabla 27. Analisis de fiabilidad control de nivel

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA		
5/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO	
ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD CONTROL DE NIVEL			
ANALISIS MANTENIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE NIVEL			
SISTEMA: CONTROL DE NIVEL	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio para reparar MTTR	mantenibilidad M
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-76181)	3	0,263	1
Válvula con actuador neumático PACS063	10	0,256	1
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-7MF1641)	30	0,261	1
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS - SITRANS LVL100)	14,3	0,121	1
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-7ML12011EF00)	14,3	0,735	1
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)	63,5	0,188	1

Tabla 28. Analisis de disponibilidad control de nivel



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA						
5/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO						
ANÁLISIS DISPONIBILIDAD CONTROL DE NIVEL								
ANALISIS DISPONIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE NIVEL								
SISTEMA: CONTROL DE NIVEL		frecuencia de fallas cada 10 ⁶ (h)	tiempo de estudio (h)	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio entre fallas MTBF	tiempo medio para reparar MTTR	disponibilidad %	D
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-76181)		11,4	8670	3	760,26	0,263	99,9654	
Válvula con actuador neumático PACS063		39	8670	10	222,05	0,256	99,8847	
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-		115	8670	30	75,13	0,261	99,6540	
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS -		118,6	8670	14,3	72,98	0,121	99,8351	
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-		19,46	8670	14,3	444,79	0,735	99,8351	
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)		337,28	8670	63,5	25,52	0,188	99,2676	

Tabla 29. Analisis de mantenibilidad control de nivel

Ahora se realiza el cálculo de CDM de los sistemas planteando que se reducirá la frecuencia de falla de los dispositivos en un 70%, a causa de las prevenciones de mantenimiento estipuladas en los AMEF como acciones de mantenimiento recomendadas en ese caso se obtuvo una mejor fiabilidad y disponibilidad de los sistemas. Los resultados obtenidos son:

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA						
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO					
ANÁLISIS DE FIABILIDAD CONTROL DE NIVEL							
ANÁLISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE NIVEL							
SISTEMA: CONTROL DE NIVEL		frecuencia de fallos cada 10 ⁶ horas	frecuencia de fallos λ (F/A)	tiempo de estudio t (años)	fiabilidad R	fiabilidad R%	fiabilidad total
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-		3,42	0,030	1	0,9705	97,049	87,59
Válvula con actuador neumático PACS063		11,7	0,102	1	0,9026	90,259	
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-		34,5	0,302	1	0,7392	73,918	73,92
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS -		35,55	0,311	1	0,7324	73,241	73,24
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-		5,838	0,051	1	0,9501	95,014	95,01
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)		101,184	0,886	1	0,4121	41,215	41,21
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%							

Tabla 30. Analisis de fiabilidad control de nivel con reducción de fallas



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO					
ANÁLISIS DISPONIBILIDAD CONTROL DE NIVEL							
ANALISIS DISPONIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE NIVEL							
SISTEMA: CONTROL DE NIVEL		frecuencia de fallas cada 10*6 (h)	tiempo de estudio (h)	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio entre fallas MTBF	tiempo medio para reparar MTTR	disponibilidad D %
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-76181)		3,42	8670	0,9	2534,82	0,263	99,9896
Válvula con actuador neumático PACS063		11,7	8670	3	740,77	0,256	99,9654
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-		34,5	8670	9	251,04	0,261	99,8962
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS -		35,58	8670	4,29	243,56	0,121	99,9505
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-		5,838	8670	4,29	1484,36	0,735	99,9505
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)		101,184	8670	19,05	85,50	0,188	99,7803
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%							

Tabla 31. Analisis de disponibilidad control de nivel con reducción de fallas

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA		
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO	
ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD CONTROL DE NIVEL			
ANALISIS MANTENIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL CONTROL DE NIVEL			
SISTEMA: CONTROL DE NIVEL	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio para reparar MTTR	mantenibilidad M
Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-76181)	1	0,263	1
Válvula con actuador neumático PACS063	3	0,256	1
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-7MF1641)	9	0,261	1
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS - SITRANS LVL100)	4	0,121	1
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-7ML12011EF00)	4	0,735	1
Electrobomba centrífuga (PEDROLLO CPM 660)	19	0,188	1
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%			

Tabla 32. Analisis de mantenibilidad control de nivel con reducción de fallas



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



CDM manipulador hidráulico

Este cuadro de resultados se realizó a partir de un tiempo de estudio de un año o 8760 horas. Los resultados de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad son calculados sin tener en cuenta acciones de mantenimiento preventivas.

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
ANÁLISIS DE FIABILIDAD CONTROL DE MANIPULADOR HIDRÁULICO						
ANALISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR HIDRÁULICO						
SISTEMA: MANIPULADOR HIDRAULICO	frecuencia de fallos cada 10 ⁶ horas	frecuencia de fallos λ (F/A)	tiempo de estudio t (años)	fiabilidad R	fiabilidad R%	fiabilidad total
Válvula de control direccional 4/3 con centro	35	0,307	1	0,7359	73,594	54,16
Válvula de control direccional 4/2 con centro	35	0,307	1	0,7359	73,594	
Válvula de alivio	189,79	1,663	1	0,1897	18,965	18,97
Válvula de contrabalance dobles	62,41	0,547	1	0,5789	57,885	57,89
Válvula de contrabalance sencilla	62,41	0,547	1	0,5789	57,885	57,89
Motor hidráulico	325	2,847	1	0,0580	5,802	5,80
Motor electrico	345	3,022	1	0,0487	4,869	4,87
Bomba de despallamiento	100	0,876	1	0,4164	41,645	41,64
cilindro hidráulico	150	1,314	1	0,2687	26,874	26,87
Potenciómetro lineal	9	0,079	1	0,9242	92,419	92,42

Tabla 33. Analisis de fiabilidad manipulador hidráulico

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA						
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO					
ANÁLISIS DISPONIBILIDAD MANIPULADOR HIDRÁULICO							
ANALISIS DISPONIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR HIDRÁULICO							
SISTEMA: MANIPULADOR HIDRAULICO	frecuencia de fallas cada 10^6 (h)	tiempo de estudio (h)	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio entre fallas MTBF	tiempo medio para reparar MTTR	disponibilidad % D	
Válvula de control direccional 4/3 con centro	35	8670	71,4	245,67	2,040	99,1765	
Válvula de control direccional 4/2 con centro	35	8670	71,4	245,67	2,040	99,1765	
Válvula de alivio	189,79	8670	75	45,29	0,395	99,1349	
Válvula de contrabalance dobles	62,41	8670	58	137,99	0,929	99,3310	
Válvula de contrabalance sencilla	62,41	8670	58	137,99	0,929	99,3310	
Motor hidráulico	325	8670	60	26,49	0,185	99,3080	
Motor electrico	345	8670	76	24,91	0,220	99,1234	
Bomba de despallamiento	100	8670	47	86,23	0,470	99,4579	
cilindro hidráulico	150	8670	53	57,45	0,353	99,3887	
Potenciómetro lineal	9	8670	4	962,89	0,444	99,9539	

Tabla 34. Analisis de disponibilidad manipulador hidráulico



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA		
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO	
ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD MANIPULADOR HIDRÁULICO			
ANÁLISIS MANTENIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR HIDRÁULICO			
SISTEMA: MANIPULADOR HIDRAULICO	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio para reparar MTTR	mantenibilidad M
Válvula de control direccional 4/3 con centro flotante	71	2,040	1
Válvula de control direccional 4/2 con centro abierto	71	2,040	1
Válvula de alivio	75	0,395	1
Válvula de contrabalance dobles	58	0,929	1
Válvula de contrabalance sencilla	58	0,929	1
Motor hidráulico	60	0,185	1
Motor electrico	76	0,220	1
Bomba de despaxamiento	47	0,470	1
cilindro hidráulico	53	0,353	1
Potenciómetro lineal	4	0,444	1

Tabla 35. Analisis de mantenibilidad manipulador hidráulico

Ahora se realiza el cálculo de CDM de los sistemas planteando que se reducirá la frecuencia de falla de los dispositivos en un 70%, a causa de las prevenciones de mantenimiento estipuladas en los AMEF como acciones de mantenimiento recomendadas en ese caso se obtuvo una mejor fiabilidad y disponibilidad de los sistemas. Los resultados obtenidos son:

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA						
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO					
ANÁLISIS DE FIABILIDAD CONTROL DE MANIPULADOR HIDRÁULICO							
ANALISIS CRITICIDAD DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR HIDRÁULICO							
SISTEMA: MANIPULADOR HIDRAULICO	frecuencia de fallos cada 10 ⁶ horas	frecuencia de fallos λ (F/A)	tiempo de estudio t (años)	fiabilidad R	fiabilidad R%	fiabilidad total	
Válvula de control direccional 4/3 con centro	10,5	0,092	1	0,9121	91,212	83,20	
Válvula de control direccional 4/2 con centro	10,5	0,092	1	0,9121	91,212		
Válvula de alivio	56,937	0,499	1	0,6073	60,728	60,73	
Válvula de contrabalance dobles	18,723	0,164	1	0,8487	84,873	84,87	
Válvula de contrabalance sencilla	18,723	0,164	1	0,8487	84,873	84,87	
Motor hidráulico	97,5	0,854	1	0,4257	42,567	42,57	
Motor electrico	103,5	0,907	1	0,4039	40,387	40,39	
Bomba de despaxamiento	30	0,263	1	0,7689	76,890	76,89	
cilindro hidráulico	45	0,394	1	0,6742	67,422	67,42	
Potenciómetro lineal	2,7	0,024	1	0,9766	97,663	97,66	
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%							

Tabla 36. Analisis de fiabilidad manipulador hidráulico con reducción de fallas



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA					
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO					
ANÁLISIS DISPONIBILIDAD MANIPULADOR HIDRÁULICO							
ANÁLISIS DISPONIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR HIDRÁULICO							
SISTEMA: MANIPULADOR HIDRAULICO	frecuencia de fallas cada 10^6 (h)	tiempo de estudio (h)	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio entre fallas MTBF	tiempo medio para reparar MTTR	disponibilidad %	D
Válvula de control direccional 4/3 con centro	10,5	8670	21,42	823,67	2,040	99,7529	
Válvula de control direccional 4/2 con centro	10,5	8670	21,42	823,67	2,040	99,7529	
Válvula de alivio	56,937	8670	22,5	151,88	0,395	99,7405	
Válvula de contrabalance dobles	18,723	8670	17,4	462,14	0,929	99,7993	
Válvula de contrabalance sencilla	18,723	8670	17,4	462,14	0,929	99,7993	
Motor hidráulico	97,5	8670	18	88,74	0,185	99,7924	
Motor electrico	103,5	8670	22,8	83,55	0,220	99,7370	
Bomba de despaxamiento	30	8670	14,1	288,53	0,470	99,8374	
cilindro hidráulico	45	8670	15,9	192,31	0,353	99,8166	
Potenciómetro lineal	2,7	8670	1,2	3210,67	0,444	99,9862	
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%							

Tabla 37. Analisis de disponibilidad manipulador hidráulico con reducción de fallas

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA		
1/11/2022	REALIZADO POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO	
ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD MANIPULADOR HIDRÁULICO			
ANALISIS MANTENIBILIDAD COMPONENTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR HIDRÁULICO			
SISTEMA: MANIPULADOR HIDRAULICO	tiempo total de mantenimiento (h)	tiempo medio para reparar MTTR	mantenibilidad M
Válvula de control direccional 4/3 con centro flotante	21	2,040	1
Válvula de control direccional 4/2 con centro abierto	21	2,040	1
Válvula de alivio	23	0,395	1
Válvula de contrabalance dobles	17	0,929	1
Válvula de contrabalance sencilla	17	0,929	1
Motor hidráulico	18	0,185	1
Motor eléctrico	23	0,220	1
Bomba de despaxamiento	14	0,470	1
cilindro hidráulico	16	0,353	1
Potenciómetro lineal	1	0,444	1
NOTA: al aplicar los protocolos de mantenimiento pretendemos reducir las fallas funcionales en un 70%			

Tabla 38. Analisis de mantenibilidad manipulador hidráulico con reducción de fallas



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



5. Realizar protocolos para el mantenimiento preventivo de todos los equipos híbridos y sus interfaces

En este capítulo se realizarán los protocolos o también llamados instructivos de mantenimiento para los sistemas de proceso híbridos de todas las plantas en este caso de estudio. Los Protocolos son documentos en los cuales se consigna la información elemental para la ejecución física de cada requerimiento de mantenimiento, o sea, nombre y código de la máquina, nombre y código del instructivo, medidas de estabilidad, materiales e insumos necesarios, herramientas primordiales, método de ejecución, y tiempo requerido de ejecución. Los instructivos tienen la posibilidad de dividirse en genéricos y específicos. Los instructivos genéricos describen métodos en general que tienen la posibilidad de utilizarse de igual manera en diversas máquinas/equipos, en lo que los instructivos específicos por su lado se utilizan a mecanismos o piezas de aparatos que o son “únicos” (por dificultad, por tamaño, por reglaje específico, etcétera.)[31]

La plantación de estos documentos se basará en las acciones de mantenimiento preventivo obtenidas por las tablas AMEF del ítem ***Aplicación de tabla AMEF y análisis de criticidad.***

También se realizaron documentos de texto anexos para cada instrumento de análisis con la siguiente temática:

- ✓ Materiales y herramienta a utilizar
- ✓ Personal requerido
- ✓ Instructivo de cada acción de mantenimiento
- ✓ Precauciones de seguridad
- ✓ Referencias y anexos de manual de fabricante
- ✓ Notas de revisión.

Acompañado a esto se dispone del siguiente formato en donde el encargado de realizar estas acciones de mantenimiento registrará toda la información y proceso que ejecuto al momento de realizar el mantenimiento.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



La Tabla 39 nos muestra el formato de bitácora de mantenimiento que será diligenciado por el encargado de realizar el mantenimiento.

FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
D/M/AÑO	REALIZADO POR:	XXXXXXXXXX			
BITACORA DE MANTENIMIENTO					
NOMBRE DE SISTEMA:	XXXXXXX	UBICACIÓN	XXXXXX		
ELEMENTO O COMPONENTE	HORA DE INICIO	HORA DE FINALIZACION	ACCIONES DE MANTENIMIENTO EJECUTADAS		
HERRAMIENTAS UTILIZADAS			PROTOCOLOS UTILIZADOS		
OBSERVACIONES					
FIRMA DE QUIEN REALIZO EL MANTENIMIENTO				DOCUMENTO	

Tabla 39. Formato de bitácora general de mantenimiento



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



5.1. Protocolos de mantenimiento de sistemas híbridos de planta de temperatura

Estos protocolos los encontramos como documentos anexos en la carpeta de protocolos planta de temperatura, situada en la carpeta de entrega de este trabajo.

Encontraremos los protocolos de:

- Protocolo Mantenimiento-----Válvula y Posicionador
- Protocolo Mantenimiento-----Electrobomba
- Protocolo Mantenimiento-----Sensor transmisor de presión
- Protocolo Mantenimiento-----Sensor de temperatura
- Protocolo Mantenimiento-----Intercambiador

Propósito

Establecer la metodología a seguir para cumplir las acciones de mantenimiento priorizando la seguridad del operario o personal encargado del mantenimiento

- **Alcance**

Brindar las condiciones necesarias para garantizar la integridad de las personas que manipulen la planta a la hora de realizar el mantenimiento, además alargar la vida útil del equipo protegiendo su integridad

- **Equipos y herramientas necesarias**

Dirigirse al formato procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realizar, allí encontrara las recomendaciones a tener en cuenta para realizar el mantenimiento, antes durante y después de realizarlo, así como herramientas a utilizar equipos de protección persona y paso a paso a seguir para cumplir el mantenimiento.

- **Competencia requerida**

Dirige a los formatos de procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realiza, allí encontraras las



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



personas que se encuentran capacitadas para realizar el mantenimiento al equipo

5.2. Protocolos de mantenimiento de sistemas híbridos de planta de Nivel

Estos protocolos los encontramos como documentos anexos en la carpeta de protocolos planta de nivel, situada en la carpeta de entrega de este trabajo.

Encontraremos los protocolos de:

- Protocolo Mantenimiento-----Válvula y Posicionador
- Protocolo Mantenimiento-----Sensor transmisor de presión
- Protocolo Mantenimiento-----Ultrasónico
- Protocolo Mantenimiento-----Punto vibrante

Propósito

Establecer la metodología a seguir para cumplir las acciones de mantenimiento priorizando la seguridad del operario o personal encargado del mantenimiento

• Alcance

Brindar las condiciones necesarias para garantizar la integridad de las personas que manipulen la planta a la hora de realizar el mantenimiento, además alargar la vida útil del equipo protegiendo su integridad

• Equipos y herramientas necesarias

Dirigirse al formato procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realizar, allí encontrará las recomendaciones a tener en cuenta para realizar el mantenimiento, antes durante y después de realizarlo, así como herramientas a utilizar equipos de protección personal y paso a paso a seguir para cumplir el mantenimiento.

• Competencia requerida

Dirige a los formatos de procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realizar, allí encontrará las



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



personas que se encuentran capacitadas para realizar el mantenimiento al equipo

5.3. Protocolos de mantenimiento de sistemas híbridos de planta manipulador hidráulico

Estos protocolos los encontramos como documentos anexos en la carpeta de protocolos planta manipulador hidráulico, situada en la carpeta de entrega de este trabajo.

Encontraremos los protocolos de:

- Protocolo Mantenimiento----- Válvulas electrohidráulicas Direccionales y Válvula electrohidráulica de alivio
- Protocolo Mantenimiento-----Electrobomba
- Protocolo Mantenimiento----- Válvula de contrabalancee sencilla
- Protocolo Mantenimiento----- Potenciómetro lineal 300 mm PL300 T6
- Protocolo Mantenimiento----- Actuadores de cilindro hidráulico y Motor Hidráulico

Propósito

Establecer la metodología a seguir para cumplir las acciones de mantenimiento priorizando la seguridad del operario o personal encargado del mantenimiento

- **Alcance**

Brindar las condiciones necesarias para garantizar la integridad de las personas que manipulen la planta a la hora de realizar el mantenimiento, además alargar la vida útil del equipo protegiendo su integridad

- **Equipos y herramientas necesarias**

Dirigirse al formato procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realizar, allí encontrará las recomendaciones a tener en cuenta para realizar el mantenimiento, antes durante y después de realizarlo, así como herramientas a utilizar equipos de protección persona y paso a paso a seguir para cumplir el mantenimiento.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- **Competencia requerida**

Dirige a los formatos de procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realiza, allí encontraras las personas que se encuentran capacitas para realizar el mantenimiento al equipo



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



6. Realizar protocolos para el mantenimiento preventivo de todos los equipos no híbridos

Para realizar los protocolos de sistemas no híbridos, se dividieron por naturalezas de estos dispositivos, eléctrica, mecánica y hidráulica para cada planta.

También se realizaron documentos de texto anexos para cada instrumento de análisis con la siguiente temática:

- ✓ Materiales y herramienta a utilizar
- ✓ Personal requerido
- ✓ Instructivo de cada acción de mantenimiento
- ✓ Precauciones de seguridad
- ✓ Referencias y anexos de manual de fabricante
- ✓ Dispositivos dentro del protocolo
- ✓ Notas de revisión.

Acompañado a esto se dispone del siguiente formato en donde el encargado de realizar estas acciones de mantenimiento registrara toda la información y proceso que ejecuto al momento de realizar el mantenimiento mostrado en la **Tabla 39**.

6.1. Protocolos de mantenimiento de sistemas no híbridos de planta de temperatura

Estos protocolos los encontramos como documentos anexos en la carpeta de protocolos planta de temperatura, situada en la carpeta de entrega de este trabajo.

Encontraremos los protocolos de:

- Protocolo Mantenimiento-----Dispositivos eléctricos y electrónicos



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- Protocolo Mantenimiento-----Dispositivos de proceso

Propósito

Establecer la metodología a seguir para cumplir las acciones de mantenimiento priorizando la seguridad del operario o personal encargado del mantenimiento

- **Alcance**

Brindar las condiciones necesarias para garantizar la integridad de las personas que manipulen la planta a la hora de realizar el mantenimiento, además alargar la vida útil del equipo protegiendo su integridad

- **Equipos y herramientas necesarias**

Dirigirse al formato procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realizar, allí encontrara las recomendaciones a tener en cuenta para realizar el mantenimiento, antes durante y después de realizarlo, así como herramientas a utilizar equipos de protección persona y paso a paso a seguir para cumplir el mantenimiento.

- **Competencia requerida**

Dirige a los formatos de procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realiza, allí encontraras las personas que se encuentran capacitas para realizar el mantenimiento al equipo

6.2. Protocolos de mantenimiento de sistemas no híbridos de planta de Nivel

Estos protocolos los encontramos como documentos anexos en la carpeta de protocolos planta de nivel, situada en la carpeta de entrega de este trabajo.

Encontraremos los protocolos de:

- Protocolo Mantenimiento-----Dispositivos eléctricos y electrónicos
- Protocolo Mantenimiento-----Dispositivos de proceso



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Propósito

Establecer la metodología a seguir para cumplir las acciones de mantenimiento priorizando la seguridad del operario o personal encargado del mantenimiento

- **Alcance**

Brindar las condiciones necesarias para garantizar la integridad de las personas que manipulen la planta a la hora de realizar el mantenimiento, además alargar la vida útil del equipo protegiendo su integridad

- **Equipos y herramientas necesarias**

Dirigirse al formato procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realizar, allí encontrara las recomendaciones a tener en cuenta para realizar el mantenimiento, antes durante y después de realizarlo, así como herramientas a utilizar equipos de protección persona y paso a paso a seguir para cumplir el mantenimiento.

- **Competencia requerida**

Dirige a los formatos de procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realiza, allí encontraras las personas que se encuentran capacitas para realizar el mantenimiento al equipo

6.3. Protocolos de mantenimiento de sistemas no híbridos de planta manipulador hidráulico

Estos protocolos los encontramos como documentos anexos en la carpeta de protocolos planta de manipulador hidráulico, situada en la carpeta de entrega de este trabajo.

Encontraremos los protocolos de:

- Protocolo Mantenimiento-----Dispositivos eléctricos y electrónicos



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- Protocolo Mantenimiento-----Dispositivos de proceso y mecánicos

Propósito

Establecer la metodología a seguir para cumplir las acciones de mantenimiento priorizando la seguridad del operario o personal encargado del mantenimiento

- **Alcance**

Brindar las condiciones necesarias para garantizar la integridad de las personas que manipulen la planta a la hora de realizar el mantenimiento, además alargar la vida útil del equipo protegiendo su integridad

- **Equipos y herramientas necesarias**

Dirigirse al formato procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realizar, allí encontrara las recomendaciones a tener en cuenta para realizar el mantenimiento, antes durante y después de realizarlo, así como herramientas a utilizar equipos de protección persona y paso a paso a seguir para cumplir el mantenimiento.

- **Competencia requerida**

Dirige a los formatos de procedimiento de mantenimiento, Seleccione el formato que necesite acorde al procedimiento a realiza, allí encontraras las personas que se encuentran capacitas para realizar el mantenimiento al equipo



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



7. Proponer plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos de todos los procesos.

Teniendo en cuenta que un plan de mantenimiento preventivo debe llevar una programación del mismo para que logre su efectividad, según el libro de *“Mantenimiento industrial y su administración”* La programación de mantenimiento se entiende como un conjunto de actividades encaminadas a organizar la ejecución de un conjunto de tareas en un tiempo generalmente predeterminado, desplegándolas para agilizar los recursos (personas, repuestos, etc., alternativa, herramienta). [31]

Para realizar la planeación de tareas de mantenimiento se darán los tiempos de estipulados para realizar las tareas de mantenimiento preventivo, pero se debe tener en cuenta que esto es lo que llamamos el período de tiempo en el que puede interferir con el funcionamiento del sistema sin interrumpir el ritmo normal de producción. Recuerde que el sistema debe tener prioridad en la producción y no debe ser manipulado en ningún momento; esto en caso de que nuestros sistemas mantuvieran en constante funcionamiento. Por ejemplo, hay máquinas que trabajan tres turnos y solo pueden intervenir los fines de semana o durante los turnos.

La tabla del plan de mantenimiento se basa en los análisis previos realizados en la el punto 5 ***Realizar análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad a todos los equipos.*** De esta manera en el plan asignaremos los periodos de tiempo de para realizar las tareas de mantenimiento, las tareas a realizar y la duración ideal de la tarea a realizar.

Los planes que plantearemos serán divididos por cada planta o sistema de proceso llevarán indicaciones de códigos y referencias de que instructivo o protocolo de mantenimiento se debe emplear. El tiempo o frecuencia de acción de mantenimiento se estipulará por semanas (s), quiere decir “que si la casilla de frecuencia de mantenimiento tiene un valor de 4 entonces esta acción se deberá ejecutar cada 4 semanas”.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



7.1. PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA DE TEMPERATURA

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA				
10/11/2022		REALIZAD O POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
PLAN DE MANTENIMIENTO CONTROL DE TEMPERATURA						
dispositivo	código		nombre	frecuencia (semanas)	duración (hhmm)	acciones a realizar
POSICIONA DOR ELECTRONE UMÁTICO BRAY SERIE 6	anexo 21	A	Revisión del	9	0:20	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del POSICIONADOR-1 6.0
		A(1)	Ajustar y			
		A(2)	control de			
		B	los actuadores			
	anexo 22	A	Revisar que el	3	0:10	
		A(1)	controlador			
		A(2)	funcione			
	anexo 23	A	Revisar que la posición actual del actuador es	9	0:10	
	anexo 24	A	Operación y	9	0:10	
		A(1)	configuraci			
anexo 25	A	Revisar que el	3	0:10		
VÁLVULA CON ACTUADOR NEUMÁTIC O PRISMA P15	anexo 26	A	Revisar que la transformac ion de energía	2	0:15	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del POSICIONADOR-1 7.0
		B	Revisar la retenencio	2	0:15	
		C	Revisar el funcionami	3	0:10	
	anexo 27	A	revisión retorno de	2	0:10	
	anexo 28	A	revisión del comportami	3	0:10	
		A				
TRANSMISO R DE PRESIÓN SIEMENS 7MF1565- 3CA00- 1GA1	anexo 8	A	revisión de presión en el sistema	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL 3.0
		B				
	anexo 9	A	revisión retorno de	3	0:15	
	anexo 10	A	revisión del comportami	3	0:15	



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



ELECTROBO MBA CENTRIFUG A (PEDROLLO CPM 660)	anexo 29	A	Revisión del succionami ento de la	2	0:05	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento de la ELECTROBOMBA CENTRIFUGA 8.0
		B				
	anexo 30	A	Revisión del caudal	3	0:10	
	anexo 31	A	Revisar que el motor trabaje en parámetros	2	0:10	
		B		9	0:05	
		C		9	0:05	
	anexo 32	A	Revisión de la ceba de la bomba	3	0:05	
		B		2	0:10	
		C		2	0:10	
SENSOR DE TEMPERAT URA (RTD PT100 clase B)	anexo 33	A	Revisión que la	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del SENSOR DE TEMPERATURA 9.0
	anexo 34	A	Revisar que El SITRANS TH100	2	0:20	
	anexo 35	A	Revisar que la vaina de tubo	9	0:10	
INTERCAMB IADOR DE CALOR	anexo 36	A	Revisar que la transferenci a térmica pase de un fluido a otro sin	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del INTERCAMBIADOR 10.0
	anexo 37	A		9	0:15	
	anexo 38	A		2	0:15	
NOTA	Los meses de ENERO, FEBRERO,JULIO Y AGOSTO NO se realizara mantenimiento, planta se encuentra inoperativa por falta de personal					



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



7.2. PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA DE NIVEL

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA				
10/11/2022		REALIZAD O POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
PLAN DE MANTENIMIENTO CONTROL DE NIVEL						
Dispositivo	código		Nombre	frecuencia (s)	duración (hhmm)	acciones a realizar
POSICIONADOR ELECTRONEUM ÁTICO SIPART PS2(D-76181)	anexo 1	A	revisión de regulación (aire comprimido)	2	0:15	Para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del POSICIONADOR 1.0
		B				
	anexo 2	A	revisión del Margen idóneo en el valor limite del tope inferior	3	0:05	
	anexo 3	A	revisión de presión de aire en la válvulas	3	0:10	
	anexo 4	A	revisión de la fricción estática	3	0:05	
	anexo 5	A	revisión del comportamiento ideal de los parámetros de las válvula	3	0:05	
	anexo 6	A	revisión de la comunicación serial	2	0:20	
	anexo 7	A	revisión de la tarjeta embebida	3	0:10	
Válvula con actuador neumático PACS063	anexo 8	A	revisión de presión en el sistema	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del POSICIONADOR 2.0
		B				
	anexo 9	A	revisión retorno de la válvula	3	0:15	
	anexo 10	A	revisión del comportamiento del embolo	3	0:15	
Transmisor de presión diferencial (SIEMENS- 7MF1641)	anexo 11	A	Medición de presión mediante celda piezoresistiva	9	0:15	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL 3.0
		B				
		C				
	anexo 12	A	Presión de aire ideal en la válvula	9	0:15	
	anexo 13	A	revisión de la tarjeta embebida	9	0:10	
	anexo 14	A	revisión de la comunicación serial	2	0:20	
Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS - SITRANS LVL100)	anexo 15	A	Comportamiento ideal del interruptor	9	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del PUNTO VIBRANTE 4.0
		B				
	anexo 16	A	revisión de la tarjeta embebida	9	0:10	
anexo 17	A	revisión de la comunicación serial	2	0:20		
Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS- 7ML12011EF00)	anexo 18	A	revisión del eco valido	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del NIVEL ULTRASÓNICO 5.0
	anexo 19	A	revisión de la tarjeta embebida	9	0:10	
	anexo 20	A	revisión de la comunicación serial	2	0:20	
NOTA	Los meses de ENERO, FEBRERO, JULIO Y AGOSTO NO se realizara mantenimiento, planta se encuentra inoperativa por falta de personal					



7.3. PLAN DE MANTENIMIENTO DE MANIPULADOR HIDRÁULICO

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA				
10/11/2022		REALIZAD O POR	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
PLAN DE MANTENIMIENTO CONTROL DE MANIPULADOR HIDRAULICO						
dispositivo	código		nombre	frecuencia (semana)	duración (hhmm)	acciones a realizar
VÁLVULA DE CONTROL DIRECCIONAL 4/3 CON CENTRO FLOTANTE Y VÁLVULA DE CONTROL DIRECCIONAL 4/2 CON CENTRO ABIERTO	anexo 39	A	Revisión de la viscosidad del aceite	4	0:15	para realizar el mantenimiento de los dispositivos proceder al anexo protocolo de mantenimiento de la VALVULA DIRECCIONAL 11.0
		B				
	anexo 40	A	Revisiar que el aceite este en condiciones	4	0:15	
	anexo 41	A	Revisar que los sellos y empaques esten en condición	2	0:15	
		B				
	anexo 42	A	verificar que las operación esten en parametros	3	0:15	
		B				
VÁLVULA DE ALIVIO	anexo 43	A	corroborar que la presión sea ideal	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del VALVULA DE ALIVIO 12.0
	anexo 44	A	corroborar que la presión este en	2	0:15	
	anexo 45	A	Revisar que la temperatura del sistema este en condiciones	2	0:15	
		B				
VÁLVULA DE CONTRABALANCE DOBLE Y VÁLVULA DE CONTRABALANCE SENCILLA	anexo 46	A	corroborar que la medición de presiónde mediante la celda piezoresistiva sea	4	0:15	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento de la VÁLVULA DE CONTRABALANCE 13.0
		B				
	anexo 47	A	verificar que el aceite se encuentre en	4	0:15	
	anexo 48	A	verificar que la temperatura del sistema este condiciones	2	0:30	
		B				
MOTOR HIDRÁULICO	anexo 49	A	verificar que el lubricante esta en	4	0:10	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del MOTOR HIDRÁULICO 14.0
	anexo 50	A	corroborar que las mangueras esten en buen estado	4	0:15	
	anexo 51	A				
	anexo 52	A	verificar que la temperatura del lubricante se encuentre en parámetros	3	0:20	
		B				
	anexo 53	A	verificar que la operación del motor este en parámetros	2	0:15	
		B				



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



MOTOR ELECTRICO	anexo 54	A	corroborar que la transformar de energia electrica en energia	2	0:15	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del MOTOR ELECTRICO 15.0
	anexo 55	A	verificar los rodamiento y mantener el rotor	9	0:15	
	anexo 56	A	verificar la resistividad de motor	9	0:15	
	anexo 57	A	verificar que se mantenga el torque de	4	0:15	
BOMBA DE DESPLAZAMIENTO	anexo 58	A	corroborar que se presente moviminto del aceite hidraulico en el	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del BOMBA DE DESPLAZAMIENTO 16.0
		B				
		C				
CILINDRO HIDRÁULICOS	anexo 59	A	verificar que se mantenga la relacion	4	0:10	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del CILINDRO HIDRÁULICOS 17.0
	anexo 60	A	verificar que el bomba soportar una presion de 3000 psi	18	0:20	
	anexo 61	A	verificar la conversión de energia hidraulica a un movimiento	4	0:30	
POTENCIÓMETRO LINEAL	anexo 62	A	verificar el movimiento del bastago	2	0:10	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del POTENCIÓMETRO LINEAL 18.0
	anexo 63	B				
	anexo 64	A	verificar que los cilindros hidraulicos se	2	0:20	
POTENCIÓMETRO LINEAL	anexo 64	A	revisar el censo de la posicion del dazpalzamiento del	2	0:30	para realizar el mantenimiento del dispositivo proceder al anexo protocolo de mantenimiento del POTENCIÓMETRO LINEAL 18.0
	anexo 65	A	verificar que se mantenga la	2	0:15	
	anexo 66	A	corroborar que se este registrar de manera	2	0:15	



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

8. Proponer una hoja Excel dinámica con aviso automático de intervención preventiva planificada.

Este objetivo se realizó con el fin de facilitar el uso de los planes de mantenimiento, estipulando en que fecha se debe ejecutar la acción de mantenimiento, para el uso adecuado se debe tener en cuenta que los planes de mantenimiento se diseñaron en el lapso de tiempo de estudio de los dos semestres, lo primero que se debe registrar es la fecha de inicio del semestre estudiantil y de esta manera el formato se encarga de asignar las fechas de cada acción de mantenimiento.

Este formato se encuentra en el Excel archivo, EXEL DE PLAN DE MANTENIMIENTO.

PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA DE NIVEL				Semana de ejecución en el año (solo se tendran en cuenta las semanas de estudio en los semestres)																														
SEMANA DE INICIO PRIMER SEMESTRE	1/03/2022	SEMANA DE INICIO SEGUNDO SEMESTRE	1/09/2022	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	VACACIONES	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Dispositivo	código	Nombre		1/03/2022	8/03/2022	15/03/2022	22/03/2022	29/03/2022	5/04/2022	12/04/2022	19/04/2022	26/04/2022	3/05/2022	10/05/2022	17/05/2022	24/05/2022	31/05/2022	7/06/2022	10 SEMANAS	1/09/2022	8/09/2022	15/09/2022	22/09/2022	29/09/2022	6/10/2022	13/10/2022	20/10/2022	27/10/2022	3/11/2022	10/11/2022	17/11/2022	24/11/2022	1/12/2022	8/12/2022
POSICIONADOR ELECTRONEUMÁTICO SIPART PS2(D-76181)	anexo 1	A	revisión de regulación (aire comprimido)	X		X		X		X		X		X		X		X	V A C A C I O N E S S T E M A	X		X		X		X		X		X		X		X
		B																																
	anexo 2	A	revisión del Margen idóneo en el valor	X		X			X			X		X		X				X		X			X		X		X		X			
	anexo 3	A	revisión de presión de aire en la válvulas	X		X			X			X		X		X				X		X			X		X		X		X			
	anexo 4	A	revisión de la fricción estática	X		X			X			X		X		X				X		X			X		X		X		X			
	anexo 5	A	revisión del comportamiento	X		X			X			X		X		X				X		X			X		X		X		X			
	anexo 6	A	revisión de la comunicación serial	X		X		X		X		X		X		X		X			X		X		X		X		X		X		X	
	anexo 7	A	revisión de la tarjeta embebida	X																X														

Tabla 40. formato de plantilla de Excel automático.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



9. Proponer ingeniería básica del sistema de monitoreo de condición, para la realización de un plan de mantenimiento, basado en condición, a los equipos de alta criticidad de cada proceso.

Para proponer una ingeniería de monitoreo de condición debemos identificar los elementos y sistemas con los que se cuentan, para determinar que tipo de tecnología podemos aplicar a estos equipos. El monitoreo de condición o también llamado coloquialmente en la industria como mantenimiento predictivo es una estrategia de mantenimiento destinada a predecir la ocurrencia de problemas, incluyendo la confirmación de los síntomas de mal funcionamiento de la máquina, la medición y el análisis de cambios en sus variables operativas. PdM sigue la evolución del mantenimiento preventivo.

En basa este el modo de análisis y aplicación de este tipo de mantenimiento es monitorear en tiempo real el comportamiento del sistema por medio de tecnología digital, obteniendo una serie de datos que serán procesados por medio de computadoras, que convertirán estos datos en gráficas, históricos y ponderados del comportamiento real de la máquina.

Finalmente, los especialistas en cada tipo de tecnología analizaran los resultados y definirán el estado del sistema y que propensas fallas pueda estar presentando, ya que el objetivo principal de este tipo de mantenimiento es lograr interceptar las fallas en su etapa incipiente.

En Ilustración 26 podemos encontrar un ejemplo de un monitoreo de condición en donde se observa que el comportamiento de la variable tiene diferentes puntos de muestra, y algunos se mantienen dentro de una banda de normalidad los que se encuentran fuera de la banda son puntos de posible anomalía o falla incipiente, en este caso el analista de datos informara una posible inspección del sistema. [31]



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

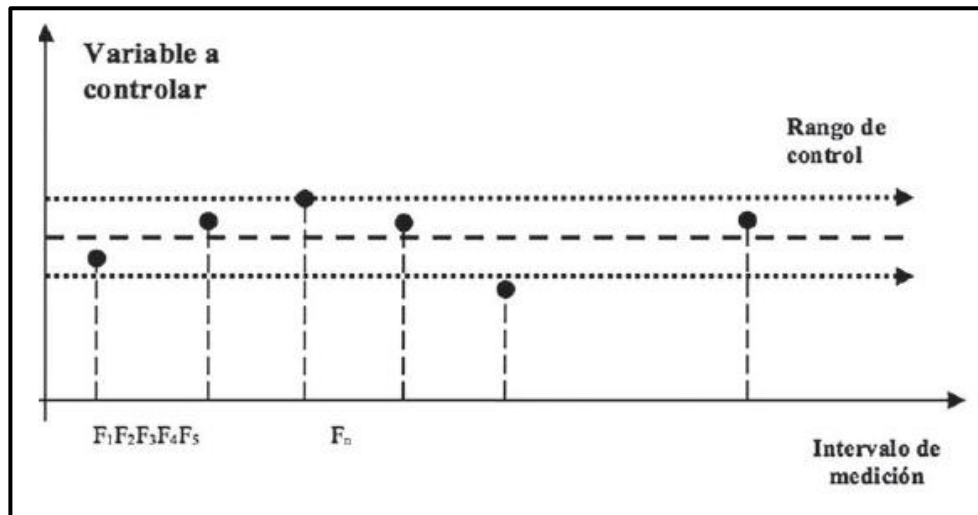


Ilustración 26. Comportamiento de variable en monitoreo de condición

Fuente: mantenimiento industrial y su administración

Algunas técnicas aplicadas al monitoreo de condición son:

- Analisis de aceites
- Termografía infrarroja
- Analisis de partículas magnéticas
- Ultrasonido
- Analisis de vibración

Los conceptos de estas técnicas los podemos encontrar en el 1.1.4. el inciso ***Técnicas de mantenimiento predictivo.***

Para el desarrollo de este objetivo se realizará una propuesta de ingeniería del monitoreo de condición, y en este caso se analizó que los sistemas del interés de estudio presentan un elemento común y primordial en su funcionamiento, este elemento es la Electrobomba que como fuente de potencia tiene una máquina rotativa en la cual su nivel de criticidad de funcionamiento es alto por lo cual nos enfocaremos en este tipo de elemento.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



También se tendrá en cuenta en el sistema de manipulador hidráulico la importancia que tiene el aceite hidráulico en este sistema ya que este fluido es primordial para el funcionamiento óptimo de el sistema.

en este caso se propondrá aplicar las técnicas de monitoreo de análisis de vibración para las maquinas rotativas de todos los sistemas de interés en este trabajo y también las técnicas de monitoreo y análisis de aceites para el sistema de manipulador hidráulico.

Aplicación de técnicas de análisis de aceites

La aplicación de este tipo de técnica tiene como objetivo el control del fluido a analizar en este caso se tendrá en cuenta:

- Controlar la fricción.
- Controlar el desgaste.
- Controlar la temperatura.
- Controlar la contaminación.
- Transmitir potencia, en el caso de circuitos hidráulicos.

El aceite al recorrer por la mayoría de elementos del sistema hidráulico contiene toda la información de desgaste del sistema entonces el mantenimiento de un lubricante conlleva asegurar que los parámetro y estado del aceite dados por el fabricante se encuentren en correcto estado y los con ello los aditivos necesarios para su aplicación.

Por lo cual se deben tomar las acciones necesarias para mantener el lubricante sano, limpio y disponible para el servicio.

El análisis de aceite es la forma más efectiva para prolongar la vida útil del aceite, mientras se mantiene la máxima protección de los equipos.[39]

Las pruebas de análisis de aceite revelaran información de tres importantes características del sistema:

1. **Condición Lubricante:** Una evaluación de la condición del lubricante indica si el fluido en el sistema es reparable y adecuado para un uso posterior o reemplazo.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



2. **Contaminantes:** La concentración de impurezas en el medio oleoso aumenta en forma de impurezas (suciedad), agua e impurezas tecnológicas que son las principales causas del desgaste de la maquinaria. El aumento de la contaminación indica que es hora de tomar medidas para ahorrar aceite y evitar el desgaste espontáneo de la máquina.
3. **Desgaste de la máquina:** Una máquina defectuosa y poco confiable producirá productos de desgaste a un ritmo exponencial. La detección y análisis de estas partículas ayuda a tomar decisiones importantes en la gestión del mantenimiento. Se pueden evitar paradas o paradas por piezas desgastadas. Recuerde que un aceite limpio y utilizable ayuda a minimizar el desgaste de la máquina.[40]

Se realizó una búsqueda de especificaciones del tipo de aceite que se utiliza en el sistema de manipulador hidráulico, se puede observar su ficha técnica en el Anexo 4. El fabricante no estipula un tiempo límite de uso en la especificación de las características del aceite, pero si la temperatura adecuada para su uso.

En este análisis se propone realizar un análisis de aceites en un tiempo promedio a **8250 horas/uso**, con el fin de encontrar los resultados de su funcionamiento y estado del sistema en un periodo de dos semestres, y se pueda plantear acciones de mantenimiento ante estos resultados.

Este análisis se debe realizar en un laboratorio certificado, en Colombia se tienen algunos recomendados que son los siguientes:

- Seila Ltda. Servicios Ecológicos Integrados Latinoamericanos
Ciudad: Bogotá DC
Dirección: Carrera 72D # 2A-39 P3
- Sealco Sellado de fluidos
Ciudad: Itagüí
Dirección: Av. 37 B # 38A-12
- SGS Colombia S.A.S
Ciudad: Bogotá DC
Carrera 100 No. 25C – 11



Análisis de vibraciones en maquinas

conocer el historial y los aspectos del rendimiento de los dispositivos es fundamental, ya que con esta información podemos predecir las posibles fallas que pueda presentar dicho dispositivo. La firma de vibraciones de una maquina puede brindarnos esa información vital que necesitamos para realizar un buen mantenimiento preventivo ya que nos arroja información del estado actual del dispositivo y cuál de sus partes está sufriendo un desgaste prematuro.[41]

Por ejemplo, un rodamiento que presente un defecto de fabricación, desde el momento de la instalación provocará una desalineación que generara desgastes prematuros en las piezas móviles del dispositivo, esto generara un aumentando en el tiempo medio entre fallas impactando negativamente la producción. Gracias a los procesos de análisis de vibraciones podemos determinar estas anomalías a tiempo y poder programar la intervención para que impacto negativo a la producción sea mínimo.[42]

Hoy en día disponemos de diferentes dispositivos de medida, como lo son Fluke 805, Fc Vibration Meter o el Vibration Meter GM63A, entre otros. los precios de estos dispositivos pueden variar dependiendo del tipo de dispositivo, para que será usado, la calidad de los datos suministrado, la cantidad de variables que pueden medir, la precisión, etc. Las vibraciones se dividen en tres tipos:

- **Periódicas:** son aquellas en las que el movimiento oscilatorio alrededor de la posición de referencia se repite exactamente después de un cierto periodo de tiempo. (desequilibrio del rotor caracterizado por un cambio en la frecuencia de rotación),
- **Transitorias:** se refiere a una excitación temporal en un sistema mecánico (choque de presión)
- **Aleatoria:** ocurren en forma errática y producen un espectro continuo o lo que es lo mismo un espectro constituido por infinitas vibraciones (ruido de cavitación de la bomba)

También existen varios métodos para el estudio de vibración, entre los más relevantes podemos destacar:



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- **Medición del nivel global:** esta medición no tiene en cuenta el aspecto de frecuencia de esfuerzo, la cual se expresa como MRS pico o pico a pico. Estos valores de amplitud representan valores de desplazamiento, velocidad y aceleración, está dada por una expresión. Ya que no determina exactamente que podría estar causando la vibración.
- **Análisis del espectro:** La cinemática de las máquinas rotativas o circulantes asegura una velocidad de trabajo normal. El espectro tiene componentes que se pueden conectar a diferentes elementos del equipo. Con representaciones en múltiples frecuencias (desajuste, falla de engranajes, componentes aleatorios en el espectro como lo son cavitación, rodamientos atascados, etc.)



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Conclusiones

Mediante en desarrollo de este trabajo se pudo identificar que el mantenimiento preventivo es una de las herramientas mas importantes en la industria actual, ya que genera mayores beneficios en los sistemas a los que se emplea o aplica, reduciendo factores e indicadores como costos de producción, perdidas de producción, accidentes laborales y contaminaciones ambientales entre otros.

Un claro ejemplo se puede notar en la aplicación de análisis de confiabilidad mantenibilidad y disponibilidad, donde podemos apreciar que en las tablas (Tabla 21, Tabla 27, Tabla 33) se puede notar que la fiabilidad de los sistemas en algunos elementos es muy baja por lo cual nos indica que ese sistema nos puede generar distintos tipos de perdidas, pero al analizar estos mismos elementos después de realizar acciones de mantenimiento preventivo, las fallas disminuyeron un 70% por lo cual la fiabilidad de los sistemas mejoro como se ve en las tablas (Tabla 24, Tabla 30, Tabla 36).

También se pudo notar que los métodos de análisis y planteamientos de mantenimiento predictivo son herramientas indispensables para el funcionamiento de una planta ya que nos plantea instrucciones y herramientas de análisis para interceptar estos fallos en los sistemas.

Gracia a la investigación realizada con respecto al mantenimiento y los diferentes tipos en el que este se puede presentar, podemos determinar que el mantenimiento preventivo es el que mejor que se puede aplicar ya que se ajusta a las condiciones de trabajo de las plantas propuestas en este trabajo. Debida a que su esencia se basa en la revisión constante de los dispositivos con el fin de aumentar el tiempo promedio entre falla.

Al aplicar los criterios de criticidad podemos determinar los dispositivos que tienen mayor efecto negativo al presentar una falla y como estos afectan a la producción de la planta. De igual manera determinar las acciones recomendadas para los dispositivos con mayor impacto operacional ya que cada dispositivo presenta modos de falla características.

Al aplicar los análisis del modo y efecto de falla (AMEF) podemos caracterizar las interfaces de los dispositivos, los cuales pueden ser híbridos y no híbridos. Con el fin de determinar los posibles modo y efecto de falla referente a su caracterización



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



y proponer acciones actuales y recomendadas que pueda mitigar dicha falla basándonos en las fallas más frecuentes que presente el dispositivo en su historial de operación, datachip o tablas oreda.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Bibliografías y referencias

- [1] FELIX ANTONIO PEREZ RONDON, “conceptos generales en la gestion del mantenimiento industrial”.
- [2] “Historia del mantenimiento industrial - Mantenimiento”. <https://mantenimiento.win/historia-del-mantenimiento-industrial/> (consultado nov. 17, 2022).
- [3] “Disponibilidad vs. Fiabilidad vs. Mantenibilidad: ¿Cuál Es la Diferencia? • Infraspak Blog”. <https://blog.infraspak.com/es/disponibilidad-fiabilidad-mantenibilidad/> (consultado nov. 21, 2022).
- [4] “Mantenimiento Predictivo: Qué es, características y ejemplos - Iberdrola”. <https://www.iberdrola.com/innovacion/mantenimiento-predictivo> (consultado nov. 22, 2022).
- [5] “Las mejores técnicas de Mantenimiento Predictivo - TRACTIAN”. <https://traction.com/es/blog/tecnicas-de-mantenimiento-predictivo-utilizadas-en-la-industria> (consultado nov. 22, 2022).
- [6] “ANÁLISIS ACEITES|Terotecnic Ingeniería”. <https://terotecnic.com/mantenimiento-predictivo/analisis-aceites/> (consultado nov. 22, 2022).
- [7] “Mantenimiento Productivo Total (TPM)» Ingenieria Industrial Online”. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/> (consultado nov. 22, 2022).
- [8] “Qué es el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y sus objetivos”. <https://www.cursosaula21.com/que-es-el-mantenimiento-productivo-total-tpm/> (consultado nov. 22, 2022).
- [9] “Análisis de los 5 por qué (5 Whys) : ¿Qué Es y Cómo Hacerlo? • Infraspak Blog”. <https://blog.infraspak.com/es/analisis-de-los-5-por-ques/> (consultado nov. 22, 2022).



- [10] “Los 5 Porqués: La Mejor Herramienta de Análisis de Causa Raíz”. <https://kanbanize.com/es/gestion-lean/mejora-continua/los-5-porques-herramienta-de-analisis> (consultado nov. 22, 2022).
- [11] “KAIZEN, TPM, INDUSTRY 4.0: Análisis PM (Fenomeno - Maquina) en los procesos industriales”. <https://kaizenytpm.blogspot.com/2016/10/analisis-pm-fenomeno-maquina-en-los.html?m=1> (consultado nov. 23, 2022).
- [12] “Análisis de la causa raíz: Definición, ejemplos y guía de instrucciones.” <https://www.tableau.com/es-mx/learn/articles/root-cause-analysis> (consultado nov. 23, 2022).
- [13] “Diagrama de Ishikawa - Wikipedia, la enciclopedia libre”. https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa (consultado nov. 23, 2022).
- [14] “La norma ISO 22301 Cómo asegurar la continuidad del negocio”.
- [15] “Análisis modal de efectos y fallos (AMEF) - ALDIA UNAH”. <https://www.aldia.unah.edu.pe/analisis-modal-de-efectos-y-fallos-amef/> (consultado nov. 23, 2022).
- [16] “Instrumentacion Industrial - Creus 8ed”.
- [17] “Clases de transmisores de presión disponibles en el mercado”. <https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/81-clases-de-transmisores-de-presion-disponibles-en-el-mercado.html> (consultado nov. 23, 2022).
- [18] “Intercambiador de calor - Definición, funcionamiento, tipos, aplicaciones y mucho más | Alfa Laval”. <https://www.alfalaval.es/productos-y-soluciones/transferencia-de-calor/intercambiadores-de-calor-de-placas/intercambiador-de-calor-definicion-funcionamiento-tipos-y-aplicaciones/> (consultado nov. 23, 2022).
- [19] “Qué es un variador de frecuencia | ABB”. <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador> (consultado nov. 24, 2022).
- [20] “Definición y tipos de actuadores hidráulicos | AUTOMANTENIMIENTO.net”. <https://automantenimiento.net/hidraulica/definicion-y-tipos-de-actuadores-hidraulicos/> (consultado nov. 24, 2022).





- [21] J. Mellado y F. Núñez, “Design of an IoT-PLC: A containerized programmable logical controller for the industry 4.0”, *J Ind Inf Integr*, vol. 25, ene. 2022, doi: 10.1016/j.jii.2021.100250.
- [22] F.L. Orzaez - R. Domingo - M.M. Marin., “Considerations for the development of a human reliability analysis model (HRA) oriented to maintenance work safety”, 2019. [En línea]. Available: www.sciencedirect.com
- [23] Y. Borroto-Pentón, M. A. Caraza-Morales, A. Alfonso-Llanes, y F. Marrero-Delgado, “Optimization tools applied to physical asset maintenance management: state of the art”, *DYNA (Colombia)*, vol. 88, núm. 219, pp. 162–170, oct. 2021, doi: 10.15446/dyna.v88n219.96981.
- [24] F. Javier Martinez Monseco Albert Planagumá Vilamitjana, F. Javier Martinez Monseco, y A. Planagumá Vilamitjana, “TRABAJO TEÓRICO-EXPERIMENTAL Innovando desde la Gestión del mantenimiento. El Remantenimiento. Caso práctico Central Hidroeléctrica Innovating from Maintenance Management. Remaintenance. Case study: Hydroelectric Power Plant”, vol. 42, núm. 2, p. 205, 2021, [En línea]. Available: <http://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE>
- [25] T. Thepmanee, S. Pongswatd, F. Asadi, y P. Ukakimaparn, “Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic”, *Energy Reports*, vol. 8, pp. 934–941, abr. 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2021.11.163.
- [26] C. García García, J. C. Carrasco, M. V. Paredes, F. Rivas Echeverria, y F. Camacho, “Algoritmo para la asignación de actividades de Mantenimiento utilizando la gestión de conocimiento Algorithm for assignment of maintenance activities through knowledge management”.
- [27] A. Ruiz-Torres, J. A. Rosas, y D. Jurburg, “Flowshop scheduling with machine deterioration based on job sequences”, *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, vol. 23, núm. 2, p. e20410099, may 2021, doi: 10.25100/iyc.v23i2.10099.
- [28] J. R. Aguilar-Otero, R. Torres-Arcique, y D. Magaña-Jiménez, “Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad”, 2010.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- [29] J. G. Álvarez, J. M. Armero, y C. A. Urrutia, "Temperature control in shell-tube heat exchangers: a review of the industry", *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 14, núm. 27, pp. 41–49, [En línea]. Available: <https://doi.org/xxxxxxx>
- [30] W. Olarte, M. Botero, y B. Cañon, "IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN", *Scientia et Technica Año XVI*, vol. 44, pp. 354–356, [En línea]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/h>
- [31] C. A. Montilla Montaña, "Mantenimiento industrial y su administración", *Mantenimiento industrial y su administración*, 2019, doi: 10.22517/9789587223910.
- [32] Armando Simmonds Mendoza-Nehider Cabrera-Londoño - Neimir Berdugo Barandica - Javier RoldánMcKinley-Eugenio Yime Rodríguez, "Vista de Implementación de control PID de nivel en laboratorio usando PLC Siemens S7-300 | Revista UIS Ingenierías", *Revista UIS Ingenierías*, pp. 159–178, 2018. Consultado: nov. 24, 2022. [En línea]. Available: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/6290/8185>
- [33] EDICSON FABIÁN ALONSO PINZÓN - JOHN FREDY LUGO BENÍTEZ, "INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE NIVEL PARA UN SISTEMA DE TANQUES DE HIPOCLORITO DE SODIO PARA BRINSA S.A", 2019.
- [34] Jaime Jeanpierre Bernal Olarte, "Mantenimiento Productivo Confiable (MPC): una propuesta metodológica para la gestión del mantenimiento industrial en la planta de zapatería del Batallón de Intendencia No.1 'Las Juanas'", 2021.
- [35] Secretaría Central de ISO, *Norma 55001- Gestión de activos-Sistemas de gestión-Requisitos*. 2014. [En línea]. Available: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4b6bcb7-d1d7-4f43-b259->
- [36] NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, "NORMA NTE INEN-IEC 60300-2", 2004.
- [37] Participantes OREDA, *MANUAL DE DATOS OREDA*. 2002.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- [38] SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS, *NORMA SAE J-1739 AMEF*. 1995.
- [39] “Análisis de Aceite y Eficiencia de Lubricación - Predictiva21”. <https://predictiva21.com/analisis-aceite-eficiencia-lubricacion/> (consultado nov. 28, 2022).
- [40] PAUBLA ANDREA CALDERÓN CAMACHO- MAYRA DANIELA LÓPEZ ÁLVAREZ, “PLAN DE MONITOREO Y CONTROL A TRAVÉS DE LOS ANÁLISIS DE ACEITE PARA MOTOR Y TRANSMISIÓN DE VEHÍCULOS ARTICULADOS MERCEDES PARA LA EMPRESA SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES - SOMOS K. S. A.”, 2016.
- [41] S. De *et al.*, “SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA ANÁLISIS DE DESBALANCE EN MÁQUINAS ROTATIVAS”, *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGÍAS DE AVANZADA (RCTA)*, vol. 1, núm. 31, pp. 89–95, 2018, doi: 10.24054/16927257.V31.N31.2018.135.
- [42] J. D. Cabrera Meza, “Mantenimiento preventivo de las maquinas rotativas de los laboratorios de las UTS Barrancabermeja empleando análisis de vibraciones”, jul. 2020, Consultado: nov. 28, 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/3635>
- Norma internacional ISO 14224. Industrias de petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. Primera edición, 15 de septiembre de 1999.
 - Norma internacional ISO 55000. Gestión de Activos Descripción general, principios y la terminología. Versión corregida. 15 de marzo del 2014.
 - Norma SAE JA1011. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Emitida en agosto de 1999.
 - Norma internacional ISO 55001. Gestión de Activos Sistemas de gestión requisitos. Versión corregida. 15 de marzo del 2014.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



- Norma SAE JA1012. Recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie. Emitida en enero de 2002.
- Norma NTC 3314. Elaboración de actas administrativas. Emitida el 19 de junio de 1996.
- Norma NTC 1486. Presentación de tesis, trabajo de grado y otros trabajos de investigación. Emitida el 23 de julio del 2008.
- Norma NTC-OHSAS 18001. SISTEMAS DE GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. Emitida el 24 de octubre del 2007
- Guía GTC-45. GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS Y LA VALORACIÓN DE LOS RIESGOS EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. Emitida el 15 de diciembre del 2010.
- Norma NTC-ISO 9001. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD. Emitida el 23 de septiembre del 2015.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Anexos

Anexo 1

Planta de temperatura

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		Válvula reguladora de flujo Con posicionador electroneumatico	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	CONTROLADOR POSICIONADOR		ELECTRONEUMATICO	HART SERIE 6	6S-6DR5020-ONN00-5KA0	CONTROL
2	ACTUADOR		NEUMATICO	PRISMA	P15	ACTUADOR

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:		JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO		
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		ElectroBomba Centrífuga CP660		TIPO	HIBRIDO	
PLANTA DE		PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA Y CONTROL DE NIVEL				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	Bomba de impulsión centrífuga		Hidraulica	PEDROLLO	CP660	ACTUADOR
2	Motor 2HP		ELECTRICO	PEDROLLO		



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		Transmisor de Presión 7MF1565	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	CELDA PIEZORESISTIVO		ELECTRONICO	SIEMENS	7MF1565	SENSOR TRANSMISOR
2	DIAFRAGMA DE CERAMICA		MECANICO			
3	TRANSMISOR ELECTRONICO		ELECTRONICO			

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		Sensor de temperatura	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	SENSOR BIMETALICO		ELECTRONICO	SIEMENS	RTD PT100 clase B	SENSOR TRANSMISOR
2	VAINA DE INSTALACION		MECANICO			
3	TRANSMISOR ELECTRONICO		ELECTRONICO			



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		Intercambiador de temperatura	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	cavidad 1 tubo de 3"		mecanica	desconocido	DESCONOCIDO	ELEMENTO DE PROCESO
2	cavidad tubos de 3/8"		mecanica	desconocido		
3	sellos de separacion		mecanica	desconocido		

Planta de nivel

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		Válvula reguladora de flujo Con posicionador electroneumatico	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE UBICACIÓN		PLANTA CONTROL DE NIVEL				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	CONTROLADOR POSICIONADOR		ELECTRONEUMATICO	SIEMENS	SIPART PS2 (D-76181)	CONTROL
2	ACTUADOR		NEUMATICO	PACS	PACS063	ACTUADOR



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS					
NOMBRE DE ELEMENTO:	ElectroBomba Centrifuga CP660	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE	PLANTA CONTROL DE TEMPERATURA Y CONTROL DE NIVEL				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE	TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	Bomba de impulsión centrifuga	Hidraulica	PEDROLLO	CP660	ACTUADOR
2	Motor 2HP	ELECTRICO	PEDROLLO		

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		Transmisor de Presión 7MF1641	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE UBICACIÓN		PLANTA CONTROL DE NIVEL				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	
1	CELDA PIEZORESISTIVO		ELECTRONICO	SIEMENS	7MF1641	SENSOR TRANSMISOR
2	DIAFRAGMA DE CERAMICA		MECANICO			
3	TRANSMISOR ELECTRONICO		ELECTRONICO			



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		Sensor Ultrasonico	TIPO	NO HIBRIDO		
PLANTA DE UBICACIÓN		PLANTA CONTROL DE NIVEL				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	SENSOR RECEPTOR		ELECTRONICO	SIEMENS	(7ML12011E F00)	SENSOR TRANSMISOR
2	EMISOR		ELECTRONICO			
3	TRANSMISOR ELECTRONICO		ELECTRONICO			

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO			
6/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS					
NOMBRE DE ELEMENTO:		Interruptor de nivel de punto vibrante	TIPO	NO HIBRIDO	
PLANTA DE UBICACIÓN		PLANTA CONTROL DE NIVEL			
N°	NOMBRE DE COMPONENTE	TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	INTERRUPTOR DE HORQUILLA	ELECTRONICO	SIEMENS	SITRANS LVL100	SENSOR TRANSMISOR
2	TRANSMISOR ELECTRONICO PNP	ELECTRONICO			



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Planta manipulador hidráulico

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO			
6/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS					
NOMBRE DE ELEMENTO:	ELECTROBOMBA	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE	PLANTA MANIPULADOR HIDRAULICO				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE	TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	Motor electrico de 10HP	ELECTRICA	SIEMENS	SITRANS 1la7 131-	ACTUADORES DE PROCESO
2	Bomba de Desplazamiento positivo	HIDRAULICA/MECANICA	PARKER	PVP1836R12	

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		ELECTROVALVULAS	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA MANIPULADOR HIDRAULICO				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE	TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO	
1	VALVULA DIRECCIONAL CON RESORTE	HIDRAULICA/MECANICA	PARKER	D1VW020BN JW	ACTUADORES DE PROCESO	
2	BOBINAS DE ACTIVACION	ELECTRICAS	PARKER			



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022	REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS					
NOMBRE DE ELEMENTO:	ELECTROVALVULAS DE ALIVIO	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE	PLANTA MANIPULADOR HIDRAULICO				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE	TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	VALVULA DE PASO CON RESORTE	HIDRAULICA/MECANICA	PARKER	B10-2-6T	ACTUADORES DE PROCESO
2	BOBINAS DE ACTIVACION	ELECTRICAS	PARKER		

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		VALVULA DE CONTRABALANCE	TIPO	NO HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA MANIPULADOR HIDRAULICO				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	VALVULA REGULACION CON RESORTE		HIDRAULICA/MECANICA	PARKER	VBCD 3/4" SE-A	ELEMENTO DE PROCESO



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO					
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO				
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS							
NOMBRE DE ELEMENTO:		ACTUADOR DE CILINDRO HIDRAULICO		TIPO	NO HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA MANIPULADOR HIDRAULICO					
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA		MARCA	MODELO	GRUPO
1	BASTAGO		HIDRAULICA/MECANICA		DESCONOCIDO	DESCONOCIDO	ACTUADOR
2	CILINDRO						
3	TAPAS PORTASELLOS						
4	PISTON PORTA SELLOS						

FECHA		UNIVERSIDAD DE PAMPLONA VILLA DEL ROSARIO				
6/11/2022		REALIZADO POR:	JHONATAN AVILA CUENTAS, CESAR ROMERO			
IDENTIFICACION Y CARACTERIZACION DE LOS ELEMENTOS						
NOMBRE DE ELEMENTO:		POTENCIOMETRO 300 mm PL300 T6	TIPO	HIBRIDO		
PLANTA DE		PLANTA MANIPULADOR HIDRAULICO				
N°	NOMBRE DE COMPONENTE		TIPO NATURALEZA	MARCA	MODELO	GRUPO
1	CARCASA Y VARILLA DESLIZANTE		MECANICO	INSTRUMENTACION	PL300 T6	SENSOR
2	VAQUELA DE PIEZO RESISTIVA		ELECTRONICA			SENSOR
3	ESCOBILLAS		ELECTRONICA			SENSOR



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Anexo 2.1. AMEF planta de temperatura

SISTEMA: Control de temperatura		ELEMENTO: Posicionador electroneumático		GRUPO DE ANALISIS: Electrónico / Neumático		IMAGEN:	AULA: GM 105							
UNIDAD: Posicionador electroneumático BRAY SERIE 6		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #1	FECHA 01/11/2022	HOJA: 1 DE:								
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL			ACCIONES RECOMENDADAS		
									ACCIONES ACTUALES	O	S	D	NPR	
1	Ajustar y controlar actuadores neumáticos.	A	No ajusta o controla el actuador	1	Desviación de Control restante	Alarmas en el posicionador, no hay precisión en proceso o función, bloqueos del proceso de flujo.		Falta de Aire comprimido, falla en actuador, falla de la válvula (por ejemplo, bloqueo).	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas, atascos del actuador, realice una inspección en el circuito neumático, verifique los parámetros del posicionador	6	6	3	108	Realizar una inspección visual de los componentes neumáticos y limpieza de los filtros de aire.
				2	Mal funcionamiento del Control general la válvula									
				3	En modo manual o automático, el actuador no puede ser movido o solo se mueve en una dirección.									
				4	El dispositivo no está en Modo automático									
2	El controlador funciona electroneumáticamente con aire comprimido como suministro de energía.	B	El controlador no funciona neumaticamente	1	proceso de regulacion lento	posicionador emite alarmas de error, no hay regulacion, exceso de flujo, perdida de control de temperatura.		Baja presión de aire en el sistema, falla mecanica en los sellos neumaticos, la presion neumatica no se encuentra en el rango de trabajo nominal	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas	7	8	2	112	realizar inspeccion en el suministro de aire y sellos de los actuadores.
				2	no hay ejecucion de regulacion del actuador									
				3	perdida de precision en el actuador									
3	La posición actual del actuador es detectada por un Servopotenciómetro y retroalimentado como valor real x.	C	no detecta la posicion actual del actuador	1	Posición promedio se desvia de la valor de referencia	falta de funcionamiento de regulacion, desajustes de posicion e imprescion		Estrés causado por golpes. Los choques de valires de aceleración son altos, en el ultimo intervalo de comparacion la valvula se desvio	Detener el ciclo del equipo, verificar el funcionamiento de las piezas mecanicas, realizar ajustes a los paramentros.	4	8	7	224	realizar un proceso de calibracion y ajuste al posicionador, mantener los parametros de acuerdo a las especificaciones del manual
				2	Desajustes de punto cero esporádicamente (> 3 %).									
4	Operación y configuración se efectúa mediante tres teclas y una pantalla.	D	no permite operación ni configuracion por teclas	1	Función completa del dispositivo Falla: tampoco indicación en la pantalla	bloque total de flujo en el proceso, perdida de control del posicionador		Suministro de energía eléctrica insuficiente, Tornillos en la electricidad Las terminales de conexión pueden aflojar.	Verifique la fuente de alimentación eléctrica. Apriete los tornillos y asegure ellos con barniz de bloqueo.	5	9	6	270	realizar una inspección de contactos electricos, y mantenimiento a las fuentes de alimentacion
				2	humedad de el circuito electronico del posicionador									
5	El embrague de fricción le permite configurar el rango de funcionamiento	E	El embrague de fricción no trabaja en el rango de funcionamiento	1	Fallo del accionamiento	Fallo en la regulación de control, alarmas de exceso de temperatura.		Los choques dan como resultado una aceleración valores que son tan altos que el embrague de fricción está mal ajustado	Eliminar causas de shock estrés. Reinicializar el posicionador.	3	7	9	189	realizar chequeo de los parametros de funcionamiento, Limpiar todas las superficies de contacto con embrague; Si es necesario, vuelva a proporcionar los resortes de bloques neumaticos.
				3	perdidas de energia en altas temperatura									
				4	funcionamiento anormal en la valvula									
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA ALTAMENTE IMPROBABLE = 1 MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3 PROBABILIDAD MEDIA = 4-6 ALTA PROBABILIDAD = 7-8 MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA MUY BAJA SEVERIDAD = 1 SEVERIDAD BAJA = 2-5 SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8 SEVERIDAD ALTA = 9 MUY ALTA SEVERIDAD = 10		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA ALTA PROBABILIDAD = 1 PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5 PROBABILIDAD MEDIA = 6-8 MUY BAJA PROBABILIDAD = 9 ALTAMENTE IMPROBABLE = 10		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000 PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125- BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134 NO EXISTE RIESGO = 0				OCURRENCIA-CAUSA SEVERIDAD-EFECTO DETECCION-MODO		



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de temperatura		ELEMENTO: Actuador neumatico		GRUPO DE ANALISIS: Neumático / Mecánico		IMAGEN:	AULA: GM 105								
UNIDAD: Valvula con actuador neumatico PRISMA P15		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #	FECHA 01/11/2022	HOJA: 2 DE:		CAUSA DE FALLA		SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS	
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA				ACCIONES ACTUALES	O	S	D	NPR	
1	Transformar energía neumática a mecánica para la activación del vástago para regular el flujo de liquido en el sistema	A	Totalmente incapaz transformar energía neumática a mecanica	1	no hay movimiento del actuador	actuador incapaz de regular el flujo de liquido, bloqueo de flujo, mal funcionamiento del proceso	Presion menor a 1,4 Bar, acoples de controlador Bray a valvula prisma desajustados	Compruebe la entrada de aire. Compruebe si hay fugas de junta tórica en los siguientes emplazamiento s. Inspeccione las vias de entrada de aire.	7	8	5	280	realizar inspeccion y mantenimiento de vias neumaticas asi mismo el suministro de aire		
				2	se escuchan fugas de aire internas									Fisuras o mal sellado en el cuerpo de la valvula	
				3	el actuador realiza la maniobra pero no hay regulacion en el flujo									desacoplo de la salida del actuador a la valvula de tubería	
2	Retener aire comprimido suministrado desde el posicionador	B	No retiene el aire por lo cual la valvula no cumple su operación	1	hay pérdida o reducción de potencia	tempo de maniobra lento, falta de presicion en la regulacion	Fisuras o mal sellado en el cuerpo de la valvula, Los sellos de proteccion fallaron	Compruebe si hay fugas de junta tórica en los siguientes emplazamiento s. Inspeccione las vias de entrada de aire.	8	8	5	320	realizar monitoreo del cuerpo de la valvula y estado de empaques, limpie las vias y cuerpo de los dispositivos		
				2	fugas de aire constantes.										
3	funcionamiento de maniobra con un par resistente a 6 bar	C	No maniobra ni supera el par del actuador.	1	no hay funcionamiento del actuador.	La valvula no regula el fluido del proceso, se mantiene en una sola posicion	atascamiento interno del mecanismo de regulacion, falta de presion neumatica en el sistema, fugas neumaticas.	Inspeccione las vias de entrada de aire. Para proceder a la sustitución de las juntas tóricas, consulte los procedimientos de desmontaje.	6	8	7	336	realizar calibracion, ajustes del mecanismo y acoples del actuador.		
				2	perdida de torque para maniobrar el actuador										
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA ALTAMENTE IMPROBABLE = 1 MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3 PROBABILIDAD MEDIA = 4-6 ALTA PROBABILIDAD = 7-8 MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA MUY BAJA SEVERIDAD = 1 SEVERIDAD BAJA = 2-5 SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8 SEVERIDAD ALTA = 9 MUY ALTA SEVERIDAD = 10		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA ALTA PROBABILIDAD =1 PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5 PROBABILIDAD MEDIA = 6-8 MUY BAJA PROBABILIDAD = 9 ALTAMENTE IMPROBABLE = 10		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000 PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125- BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134 NO EXISTE RIESGO = 0				OCURRENCIA-CAUSA SEVERIDAD-EFECTO DETECCION-MODO			



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de nivel		ELEMENTO: Bomba Centrífuga		GRUPO DE ANALISIS: Electro/Hidraulico		IMAGEN:	AULA: GM 105							
UNIDAD: Bomba Centrífuga Pedrollo 2HP (CP660)		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #	FECHA 01/11/2022	HOJA: 3 DE:		SITUACION ACTUAL		ACCIONES RECOMENDADAS				
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA DE FALLA	ACCIONES ACTUALES	O	S	D	NPR	
1	impulsar el agua desde el tanque al circuito hidraulico	A	No impulsa el agua por el circuito	1	la bomba prende pero no succiona y ni expulsa agua	No suministra agua, bloqueo del proceso, frenado de planta	posible aire en la tubería. Impulsor atascado o roto	realice mantenimiento e inspeccion de la cavidad de impulsión, y vias de flujo del caudal	7	9	4	252	inspeccione fugas, obstrucciones y funcionamiento de la bomba, mantenga un control de horas de uso	
				2	el motor prende sobreforzado, no hay flujo de agua		obstruccion en las vias de salida de la bomba, rodamientos del motro en mal estado							
				3	el motor prende pero el eje de la bomba no gira		roptura del eje de acoplamiento o desajuste de acople							
2	Transformar la energia electrica en energia mecanica rotacional	B	No hay transformacion electrica a mecanica	1	Altas Vibraciones	perdidas de energia, desalineacion de la bomba, daños progresivos	desbalance en los ejes, rodamientos frenados perdidas de aislamiento del bobinado	realice un cambio de motor o bomba total. Haga un cheque electrico y mecanico de la bomba a cambiar	6	10	6	360	realice mantenimiento el motor, engrase de rodamientos inspeccion de corrientes etc	
				2	Rotor del motor esta frenado	Corte en el suministro de agua, Paro total de la bomba.								
				3	recalentamiento en el estator del motor	perdidas de energia en temperatura, recalentamiento del bobinado, perdidas de aislamiento.								
3	mantener un flujo hidraulico en las vias del proceso	C	No hay flujo hidraulico en el proceso	1	fugas de agua en el acople de la bomba y el motor	Corte en el suministro de agua, Paro total de la bomba.	falta del sello rotativo, posible aire en la tuberías	purgue las vias de la bomba, ajuste los rancores para cortar fugas	5	8	5	200	realice mantenimiento de la bomba, camara de impulsión y cambio de sello.	
				2	la bomba prende pero no succiona y ni expulsa agua									
4	mantener relacion de caudal con la velocidad del motor	D	Imprecision en el caudal de salida de la bomba deacuero a las especificaciones normales	1	Vibraciones	vibracion y ruido alto, perdidas de precision y calentamiento del motor, el caudal de la bomba no esta dentro de los parametro de tolerancia	perdidas de características internas de la bomba por vejez	realice un cambio de motor o bomba total.	5	10	8	400	controle tiempo de uso de la bomba, verifique la calidad del agua en el circuito, hag uso del manual para conocer la vida util de la bomba	
				2	Asimiento o rotura del eje									
				3	Cavitación									
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA		PROBABILIDAD DETECION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA		
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1		ALTA PROBABILIDAD =1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000				SEVERIDAD-EFECTO		
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5		PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-				DETECCION-MODO		
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8		PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134						
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9		MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0						
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10		ALTAMENTE IMPROBABLE = 10								



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

Pamplona - Norte de Santander - Colombia

Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de temperatura		ELEMENTO: Transmisor de presion		GRUPO DE ANALISIS: Sensores Trasmisores		IMAGEN:	AULA: GM 105							
UNIDAD: Transmisor de presión Siemens 7MF1565-3CA00-1GA1		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #	FECHA 01/11/2022	HOJA: 4 DE:		CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA			ACCIONES ACTUALES	O	S	D	NPR	
1	Captar la presion diferencial en el tanque y convertirla en una señal de 4 a 20 mA	A	No transmite la señal al controlador	1	la señal del sensor en la interfaz esta fuera del rango de trabajo	Sobrepresion o vaciado indeseado del tanque de nivel. Bloqueo del proceso por alarma de seguridad	desconecion de las lineas de transmision electrica, corto circuito en el transmisor	realice una inspeccion de las vias de alimentacion	5	6	7	210	Realice calibracion limpieza y ajustes de los bornes del dispositivo, chequee las vias de alimentacion.	
				2	no hay variacion en la señal de salida del sensor									
2	Diafragma de cerámica mantiene la separacion entre la caja de presion y la parte electronica	B	hay humedad y contaminacion en la parte electronica del sensor	1	corto circuito en encapsulado electronico del dispositivo	disparos de fusibles y protecciones de seguridad electrica, fugas o goteos de liquido aledoror del tanque . bloqueo del proceso.	fluido corrosivo daño el diafragma, mal porcedimiento de instalacion.	verifique en el manual, el procesos de instalacion y tipo de empleo.	4	8	6	192	Realice limpieza y ajustes de las vias hidriulicas del dispositivo, chequee las vias de alimentacion electricas. Verifique el modo de instalacion con el manual. Revise corrosion o impuresas en el liquido	
				2	fugas hidraulcas por las juntas del dispositivo									
3	La celda de medición piezoresistiva transmite al convertidor una señal precisa.	C	la celda de medicion no envia una señal dentr o del rango normal	1	la señal del sensor en la interfaz esta fuera del rango de trabajo.	sobrepresion o caudal bajo indeseado del procesol. Control de presion y temperatura impreciso obre exigencia en los actuadores.	interferencia de conversión de frecuencia, daños en la celda de medicion	verifique los tipos de cables y conexiones de uso	3	7	8	168	realice una inspeccion de las vias de alimentacion electrica	
				2	variaciones bruscas en la señal de salida.									
4	El convertidor electronico asegura una conversión precisa de 4 a 20 mA	D	el convertidor no envia una señal dentro del rango normal	1	la señal del sensor en la interfaz esta fuera del rango de trabajo.	falsos reportes del proceso que conllevan a recalentamientos o sobre presiones	sobrealimentacion del sensor, perdidas de caracteristicas por vejez o mal uso.	inspecciones la alimentacion del dispositivo y verifique en el manual el modo de uso	5	6	7	210	Realice calibracion limpieza y ajustes de los bornes del dispositivo, chequee las vias de alimentacion.	
				2	la señal de salida del sensor tiene desviacion de error mayor al 0,5%									
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA ALTAMENTE IMPROBABLE = 1 MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3 PROBABILIDAD MEDIA = 4-6 ALTA PROBABILIDAD = 7-8 MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA MUY BAJA SEVERIDAD = 1 SEVERIDAD BAJA = 2-5 SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8 SEVERIDAD ALTA = 9 MUY ALTA SEVERIDAD = 10		PROBABILIDAD DETECION DE LA FALLA ALTA PROBABILIDAD =1 PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5 PROBABILIDAD MEDIA = 6-8 MUY BAJA PROBABILIDAD = 9 ALTAMENTE IMPROBABLE = 10		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000 PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125- BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134 NO EXISTE RIESGO = 0					OCURRENCIA-CAUSA SEVERIDAD-EFECTO DETECCION-MODO	



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de temperatura		ELEMENTO: Transmisor de Temperatura		GRUPO DE ANALISIS: Sensores Transmisores		IMAGEN:	AULA: GM 105							
UNIDAD: Sensor de temperatura RTD PT100 clase B		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #	FECHA 01/11/2022	HOJA: 5 DE:	CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS	
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES	O	S	D	NPR		
1	La termoresistencia Pt100 mide la señal de temperatura	A	termoresistencia no envia señal al transmisor	1	la señal del sensor en la interfaz esta fuera del rango de trabajo	sobrecalentamiento o enfriamiento no deseado del agua, bloqueo del proceso.	no hay comunicación entre el transmisor y la termoresistencia, mala conexión de las vías electricas	inspeccione las vías electricas y borners de conexión	7	6	5	210	realice una limpieza de polucion en los dispositivos, inspeccione las conexiones.	
				2	no hay variacion en la señal de salida del sensor									
2	El SITRANS TH100 transforma y convierte la señal del PT100 en una corriente continua de 4 a 20 mA	B	el transmisor envia una sola medida o punto de señal	1	la señal de salida del sensor tiene desviacion de error mayor al 0,5%	falsos reportes del proceso que con llevan a recalentamientos y daños de los dispositivos.	desconexion del transmisor a la celda pt100, mal contacto electricos	inspeccione las vías electricas y borners de conexión	7	8	5	280	realice una limpieza de polucion en los dispositivos, inspeccione las conexiones y vías de los dispositivos.	
				2	variaciones bruscas en la señal de salida.									
				3	la señal de salida solo registra un valor									
3	La vaina de tubo protege el sensor y transmisor del contacto directo con el liquido	C	el sensor transmisor tiene humedad y liquido dentro de la vaina.	1	el sensor entro en corto	reporte de error en el controlador perdida de comunicación.	fisuras en la vaina, mala instalacion.	inspecciones la cubireta de la vaina, ajuste en caso de no tener fisuras	4	8	5	160	realice una limpieza del dispositivo y verifique el estado de la cubierta, ajustes de roscado y filtraciones.	
				2	humedad dentro del encapsulado o vaina del dispositivo									
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA		PROBABILIDAD DETECION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO					OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1		ALTA PROBABILIDAD =1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000						
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5		PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-					SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8		PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134						
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9		MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0					DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10		ALTAMENTE IMPROBABLE = 10								



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de temperatura		ELEMENTO: Intercambiador de calor		GRUPO DE ANALISIS: Elemento de proceso		IMAGEN:	AULA: GM 105						
UNIDAD: Intercambiador de calor		REFERENCIA: Diagrama funcional	N #	FECHA 01/11/2022	HOJA: 6 DE:		CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS	
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES	O	S	D		NPR
1	Transferir la energía térmica de un fluido a otro sin mezclarlos	A	El intercambiador esta mezclando los liquidos del proceso		contaminacion de los liquidos entre ellos.	exceso de liquido en los tanques, derames de liquidos, contaminacion entre liquidos	falla de sellos que separan los liquidos, exceso de presion	realice cambio del intercambiador	3	8	5	120	realice un mantenimiento de limpieza, e inspecciones las placas y juntas verificando que no tenga poros ni fisuras.
		B	no hay transferencia termica		el intercambiador se mantiene en temperatura ambiente	exceso de calentamiento de los liquidos de transferencia de temperatura, no hay transferencia de temperatura	intercambiador es insuficiente para el proceso, obstruccion de en las vias de flujo, temperatura ambiente de ubicacion afecta el proceso	inspeccione las vias de flujo, limpie y quite las obstrucciones, en caso de insuficiencia cambie el intercambiador	6	7	7	294	realice un mantenimiento de limpieza, e inspecciones las placas y juntas utilice quimicas anti corrosivos.
					el sistema de intercambiador no esta en una ubicacion para el proceso								
		C	contaminacion de los liquidos en el proceso		contaminacion de uno de los dos liquidos	liquido contaminado crea obstrucciones y mal funcionamiento en los otros dispositivos.	corrosion en la via contaminada	revisar fugas de la via obstruida y verifique el modo de uso del dispositivo	4	7	5	140	realice un mantenimiento de limpieza, e inspecciones las placas y juntas utilice quimicas anti corrosivos.
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1		ALTA PROBABILIDAD = 1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000					
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5		PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-				SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8		PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134					
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9		MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0				DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10		ALTAMENTE IMPROBABLE = 10							



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Anexo 2.2. AMEF planta de nivel

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

SISTEMA: Control de nivel		ELEMENTO: Posicionador electroneumático		GRUPO DE ANALISIS: Electrónico / Neumático		IMAGEN: 		AULA: PT 205													
UNIDAD: Posicionador electroneumático SIPART PS2 (D-76181)		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #1	FECHA 01/11/2022		HOJA: 1 DE:		CAUSA DE FALLA		SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS					
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES			O	S	D	NPR							
1	Regulación del aire comprimido SIPART PS2	1	No regula el aire comprimido en SIPART PS2	A	Falla de aire comprimido	Sobrecarga en el sistema de alimentación de aire comprimido, aumento en los costos del proceso		Baja presión de aire en el sistema	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas	6	6	3	108	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga							
				B	Fallo del accionamiento	Fallo en la regulación de control		Atascamiento	verificar si hay presencia de cuerpos extraños que impidan el accionamiento de la válvula	4	9	6	216								
					Fallo de la válvula	Bloqueo de sistema, fallo en el proceso de control															
2	Margen idóneo en el valor límite del tope inferior	2	Exceso en el valor límite del tope inferior	A	Desgaste del asiento de la válvula	Fugas de aire, por ende falla en la compresión requerida		Baja presión de aire en el sistema	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas	6	8	3	144	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga							
					Sedimentación o cuerpos extraños en el asiento de la válvula	Perdida de presión de aire en la cámara															
					Desajuste mecánico	Fallo en el mecanismo de sellado de aire para regular la válvula															
3	Presión de aire ideal en las válvulas	3	Fugas en las válvulas	A	Fuga neumática	Perdida de compresión en el sistema		Baja presión de aire en el sistema	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas	6	8	3	144	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga							
4	Fricción estática en parámetros	4	Rebasado por exceso el límite de fricción estática	A	Mayor fricción estática	Desgaste o deformación en la válvula		Baja presión de aire en el sistema	Desmontar el cuerpo de la válvula para verificar fugas	6	8	8	384	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga							
					La válvula ya no se mueve de forma continua si no a saltos	Sellado erróneo en la cámara por recorrido fallido de la válvula															
5	Comportamiento ideal de los parámetros de las válvulas	5	Cambio en el comportamiento dinámico previsto en las válvulas	A	Fallo del accionamiento	Fallo en la regulación de control		Baja presión de aire en el sistema y/o atascamiento	Desmontar el cuerpo de la válvula para verificar fugas	6	9	8	432	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga al no encontrar ninguna fuga desmontar la válvula para verificar atascamiento							
					Fallo de la válvula	Bloqueo de sistema, fallo en el proceso de control															
					Válvula atascada	Perdida de presión por fuga o sobrecarga en la cámara															
					Mayor fricción estática	Desgaste o deformación en la válvula															
					Perdida de aire comprimido	Fallo en el accionamiento de la válvula por falta de presión															
6	Comunicación serial	6	Falla en la comunicación serial	A	Falla en la trasferencia de comunicación	Conector de cable de datos flojo o mal puesto		Fallo en la comunicación serial	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	9	7	189	cambiar el cableado de comunicación							
					Intermitencia con la adquisición de datos	Cable de trasferencia de datos presenta degollamiento en su estructura															
7	tarjeta embebida	7	fallo en la tarjeta embebida	A	Sobrecarga del circuito	fallo total del lazo de control		Imposible operar	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	10	6	180	cambiar la tarjeta embebida							
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA					RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA					PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA					NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO					OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1					MUY BAJA SEVERIDAD = 1					ALTA PROBABILIDAD =1					ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000						
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3					SEVERIDAD BAJA = 2-5					PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5					PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499					SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6					SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8					PROBABILIDAD MEDIA = 6-8					BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134						
ALTA PROBABILIDAD = 7-8					SEVERIDAD ALTA = 9					MUY BAJA PROBABILIDAD = 9					NO EXISTE RIESGO = 0					DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10					MUY ALTA SEVERIDAD = 10					ALTAMENTE IMPROBABLE = 10											



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de nivel		ELEMENTO: Posicionador electroneumático		GRUPO DE ANALISIS: Mecánica / Neumático		IMAGEN: 	AULA: PT 205						
UNIDAD: Válvula con actuador neumático PACS063		REFERENCIA: Diagrama funcional		N # 2	FECHA 01/11/2022	HOJA: 2 DE:	CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES	O	S	D	NPR	
1	Presión constante en el sistema	8	Fuga de aire	A	Fisuras o mal sellado en el cuerpo de la válvula	Perdida de presión en los actuadores	Baja presión de aire en el sistema	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas	5	6	6	180	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga
				B	Las conexiones de la válvula están flojas o gastadas	Silbidos de aire	fallo en las conexiones	Encontrar el punto de fuga por el sonido que presenta, detener el ciclo del equipo y corregir fugas	5	5	4	100	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga
					Las juntas y empaques del embolo no sellan correctamente	Perdida de presión en la válvula							
2	Retorno de la válvula en parámetro	9	Retardo en el retorno de la válvula	A	El embolo esta sucio	oposición al paso de fluido, dificultad para cumplir los parámetros de control	Oposición a los parámetros de control	Detener el ciclo del equipo, desmontar la válvula para reparar	3	9	6	162	Verificar los parámetros de control en busca de ajuste para no detener el proceso
				El muelle que realiza el retorno a perdido su constante elástica	perdida de calibración por parte del instrumento de control								
				Presión de accionamiento de retroceso baja									
3	Embolo en margen	10	Embolo bloqueado	A	obstrucción por cuerpo extraño en la válvula que impide su movimiento	Bloqueo de sistema, fallo en el proceso de control	Oposición a los parámetros de control	Detener el ciclo del equipo, desmontar la válvula para reparar	3	9	6	162	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga
				accionamiento de la válvula no funciona	válvula no cambia de posición								
				desgaste de los sellos en la válvula	Perdida de presión en los actuadores								
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1		ALTA PROBABILIDAD = 1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000					
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5		PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8		PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134					
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9		MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0				DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10		ALTAMENTE IMPROBABLE = 10							



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de nivel		ELEMENTO: Sensor		GRUPO DE ANALISIS: Electrónico / Neumático		IMAGEN: 	AULA: PT 205										
UNIDAD: Transmisor de presión diferencial (SIEMENS-7MF1641)		REFERENCIA: Diagrama funcional		N # 3	FECHA 01/11/2022	HOJA: 3 DE:	SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS						
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA DE FALLA	ACCIONES ACTUALES				O	S	D	NPR	
1	Medición de presión mediante celda piezoresistiva	11	Fallo en la celda piezoresistiva	A	Falla de aire comprimido	Sobrecarga en el sistema de alimentación de aire comprimido, aumento en los costos del proceso		Baja presión de aire en el sistema	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas	5	6	4	60	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga			
				B	Fallo de la válvula	Bloqueo de sistema, fallo en el proceso de control		Atascamiento	Detener el ciclo del equipo	6	8	4	192	desmontar la válvula y verificar si esta atascada			
				C	Fallo de la celda	Fallo en la regulación de control y data errónea		Fallo en la señal de control	verificar si se puede hacer un ajuste manual	6	8	5	240	verificar los sensores y las señales que envían para el lazo de control			
2	Presión de aire ideal en la válvula	12	Fugas de la válvula	A	Fuga neumática	Pérdida de compresión en el sistema		Baja presión de aire en el sistema	Detener el ciclo del equipo, verificar fugas	5	4	3	60	realizar una inspección visual para determinar el punto de fuga			
3	tarjeta embebida	13	fallo en la tarjeta embebida	A	Sobrecarga del circuito	fallo total del lazo de control		Imposible operar	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	10	6	180	cambiar la tarjeta embebida			
4	Comunicación serial	14	Falla en la comunicación serial	A	Falla en la trasferencia de comunicación	Conector de cable de datos flojo o mal puesto		Fallo en la comunicación serial	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	9	7	189	cambiar el cableado de comunicación			
					Intermitencia con la adquisición de datos	Cable de trasferencia de datos presenta degollamiento en su estructura											
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA				PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA				NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1				ALTA PROBABILIDAD = 1				ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000				SEVERIDAD-EFECTO DETECCION-MODO	
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5				PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5				PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499					
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8				PROBABILIDAD MEDIA = 6-8				BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134					
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9				MUY BAJA PROBABILIDAD = 9				NO EXISTE RIESGO = 0					
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10				ALTAMENTE IMPROBABLE = 10									



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de nivel		ELEMENTO: Sensor		GRUPO DE ANALISIS: Electrónico / Mecánico		IMAGEN: 	AULA: PT 205							
UNIDAD: Interruptor de nivel de punto vibrante (SIEMENS - SITRANS)		REFERENCIA: Diagrama funcional		N # 4	FECHA 01/11/2022	HOJA: 4 DE:	CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS		
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES	O	S	D		NPR	
1	Comportamiento ideal del interruptor	15	Cambio en el comportamiento del interruptor	B	Fallo en el interruptor	Bloqueo de sistema, fallo en el proceso de control	Imposible operar	Verificar los parámetros de control en busca de soluciones	4	9	6	216	revisar las conexiones del sensor en busca de daños	
				A	Exceso de temperatura	Perdida de precisión	Parámetros de control erróneos	Realizar un ajuste manual al lazo de control para mantener el procesos en funcionamiento	4	9	5	180	verificar las mediciones proporcionado por el sensor	
					Falla en el sensor	Fallo en la medición, fallo en el proceso de control								
2	tarjeta embebida	16	fallo en la tarjeta embebida	A	Sobrecarga del circuito	fallo total del lazo de control	Imposible operar	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	10	6	180	cambiar la tarjeta embebida	
3	Comunicación serial	17	Falla en la comunicación serial	A	Falla en la trasferencia de comunicación	Conector de cable de datos flojo o mal puesto	Fallo en la comunicación serial	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	9	7	189	cambiar el cableado de comunicación	
					Intermitencia con la adquisición de datos	Cable de trasferencia de datos presenta degollamiento en su estructura								
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA					RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1					MUY BAJA SEVERIDAD = 1		ALTA PROBABILIDAD = 1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000				SEVERIDAD-EFECTO	
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3					SEVERIDAD BAJA = 2-5		PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499					
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6					SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8		PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134				DETECCION-MODO	
ALTA PROBABILIDAD = 7-8					SEVERIDAD ALTA = 9		MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0					
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10					MUY ALTA SEVERIDAD = 10		ALTAMENTE IMPROBABLE = 10							



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Control de nivel		ELEMENTO: Sensor		GRUPO DE ANALISIS: Electrónico		IMAGEN: 	AULA: PT 205						
UNIDAD: Monitor de nivel ultrasónico (SIEMENS-7ML12011EF00)		REFERENCIA: Diagrama funcional		N # 5	FECHA 01/11/2022	HOJA: 5 DE:	CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS	
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES		O	S	D	NPR		
1	Eco valido	18	El eco no es fiable y la sonda esta esperando un eco valido antes de actualizar la medida	A	Material u objeto en contacto con el diafragma la sonda esta demasiado cerca del punto de llenado la sonda no se halla perpendicular a la superficie del liquido cambio de nivel demasiado rápido medición fuera de rango espuma en la superficie del liquido alto nivel de vibración en la estructura de montaje nivel en la zona muerta	error en la medición proporcionada por el sensor	mal montaje de la sonda	verificar si el sensor se encuentra en la posición deseada	3	9	6	162	desmontar el sensor y alinearlo nuevamente
2	Comunicación serial	19	Falla en la comunicación serial	A	Falla en la trasferencia de comunicación Intermitencia con la adquisición de datos	Conector de cable de datos flojo o mal puesto Cable de trasferencia de datos presenta degollamiento en su estructura	Fallo en la comunicación serial	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	9	7	189	cambiar el cableado de comunicación
3	tarjeta embebida	20	fallo en la tarjeta embebida	A	Sobrecarga del circuito	fallo total del lazo de control	Imposible operar	Reiniciar el equipo, verificar el cableado de comunicación	3	10	6	180	cambiar la tarjeta embebida
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1		ALTA PROBABILIDAD =1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000					
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5		PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8		PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134					
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9		MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0				DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10		ALTAMENTE IMPROBABLE = 10							



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



SISTEMA: brazo robótico		ELEMENTO: válvula		GRUPO DE ANALISIS: Mecánico		IMAGEN: 	AULA: PT 205												
UNIDAD: Válvula de control direccional 4/3 con centro flotante		REFERENCIA: Diagrama funcional		Nº 6	FECHA 01/11/2022	HOJA: 6 DE:	CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES	O	S	D		NPR						
1	viscosidad	39	disminución de la viscosidad	A	aumento de la temperatura	perdida de la película protectora entre piezas en movimiento	la válvula trabaja fuera de parámetros	reducir los parámetros de control en un 5% o 10%	4	8	6	192	reconfigurar las estrategias para entrar en parámetros						
				B	cavitación en el sistema	vibraciones en el sistema	bajos parámetros de control	reajustar limite inferior de control para entrar en parámetros con la válvula	4	6	8	192	reconfigurar las estrategias para entrar en parámetros						
2	aceite en condiciones	40	contaminación del aceite	A	aumento de la viruta en el sistema	aumento en el desgaste interno de las piezas	cambio del aceite hidráulico a destiempo	cambiar el aceite	5	8	7	280	programar cambio de aceite mas frecuentes						
3	sellos y empaques en condición	41	sellos y empaquetadura en mal estado	A	perdida de presión en el sistema	dificultad para lograr los parámetros de control	fugas en el sistema	detener el ciclo de funcionamiento del equipo para reparar la fuga	6	7	6	252	revisar el asiento de los tornillos de ajuste, cambiar la empaquetadura mas frecuente						
				B	derrames de aceite	contaminación, peligro para los operarios y personal común	empaques de acoples o uniones flojas o en mal estado		6	4	2	48							
4	operación en parámetros	42	operación fura de parámetro	A	genera vibraciones	desajustes en el sistema	bajos parámetros de control	reajustar limite inferior de control para entrar en parámetros con la válvula	4	6	2	48	reconfigurar las estrategias para entrar en parámetros						
				B	genera esfuerzos internos	degaste prematuro de las piezas internas	cambio del aceite hidráulico a destiempo	cambiar el aceite	5	8	8	320	programar cambio de aceite mas frecuentes						
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA				PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA				NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA			
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1				ALTA PROBABILIDAD =1				ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000							
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5				PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5				PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				SEVERIDAD-EFECTO			
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8				PROBABILIDAD MEDIA = 6-8				BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134							
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9				MUY BAJA PROBABILIDAD = 9				NO EXISTE RIESGO = 0				DETECCION-MODO			
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10				ALTAMENTE IMPROBABLE = 10											



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: brazo robótico		ELEMENTO: válvula		GRUPO DE ANALISIS: Mecánico			IMAGEN: 	AULA: PT 205					
UNIDAD: Válvula de alivio		REFERENCIA: Diagrama funcional	N# 1	FECHA 01/11/2022	HOJA: 6 DE:			CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES		O	S	D	NPR	
1	presión ideal	43	regulación ajustada a presiones excesivas	A	ruptura o desgaste del muelle	no se tiene control de la regulación de aceite	exceso de fuerza aplicada al muelle	detener el ciclo de funcionamiento del equipo, descargar el sistema, cambiar la válvula de alivio	4	8	7	224	no exceder los parámetros de control al que el regulador esta fabricado
2	presión en parámetros	44	falta de presión	A	partículas que obstruyen el movimiento de la válvula (permanece abierta)	aumento en el desgaste interno de las piezas	perdida de película protectora entre piezas móviles	verificar las condiciones del aceite que se este trabajando	4	7	7	196	cambiar el aceite en periodos mas frecuentes
3	temperatura del sistema en condiciones	45	sobrecalentamiento del sistema	A	baja viscosidad del aceite	dificultad para lograr los parámetros de control	alta temperatura en el sistema	detener el ciclo de funcionamiento del equipo	4	8	6	192	corroborar la viscosidad del aceite, revisar el funcionamiento mecánico del dispositivo
				B	fugas por el asiento del dispositivo	contaminación, peligro para los operarios y personal común	fallo en la junta de la válvula	si la fuga no es muy grande demarcar el sitio (peligro) y disponer de un recipiente de emergencia para recoger el aceite	4	9	5	180	realizar inspecciones visual para determinar posibles punto de fuga
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA			PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO			OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1			ALTA PROBABILIDAD =1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000			SEVERIDAD-EFECTO	
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5			PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8			PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134			DETECCION-MODO	
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9			MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0				
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10			ALTAMENTE IMPROBABLE = 10						



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: brazo robótico		ELEMENTO: válvula		GRUPO DE ANALISIS: Mecánico		IMAGEN: 	AULA: PT 205									
UNIDAD: Válvula de contrabalance sencilla		REFERENCIA: Diagrama funcional		N# 6	FECHA 01/11/2022	HOJA: 6 DE:	SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS					
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA DE FALLA		ACCIONES ACTUALES			O	S	D	NPR
1	sellos y empaques en condición	43	sellos y empaquetadura en mal estado	A	perdida de presión en el sistema	no compensa una carga descontrolada		fugas en el sistema	detener el ciclo de funcionamiento del equipo para reparar la fuga	6	7	6	252	revisar el asiento de los tornillos de ajuste, cambiar la empaquetadura mas frecuente		
				B	derrames de aceite	contaminación, peligro para los operarios y personal común		empaques de acoples o uniones flojas o en mal estado		6	9	2	108			
2	aceite en condiciones	44	contaminación del aceite	A	aumento de la viruta en el sistema	aumento en el desgaste interno de las piezas		cambio del aceite hidráulico a destiempo	cambiar el aceite	5	8	7	280	programar cambio de aceite mas frecuentes		
3	temperatura del sistema en condiciones	45	sobrecalentamiento del sistema	A	baja viscosidad del aceite	perdida de película protectora entre piezas móviles		alta temperatura en el sistema	detener el ciclo de funcionamiento del equipo	6	8	7	336	corroborar la viscosidad del aceite, revisar el funcionamiento mecánico del dispositivo		
				B	fugas en el dispositivo	contaminación, peligro para los operarios y personal común		fallo en la empaquetadura del dispositivo	si la fuga no es muy grande demarcar el sitio (peligro) y disponer de un recipiente de	4	9	2	72	realizar inspecciones visual para determinar posibles punto de fuga		
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA					RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA		PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA		NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA			
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1					MUY BAJA SEVERIDAD = 1		ALTA PROBABILIDAD =1		ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000				SEVERIDAD-EFECTO			
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3					SEVERIDAD BAJA = 2-5		PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5		PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499							
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6					SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8		PROBABILIDAD MEDIA = 6-8		BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134				DETECCION-MODO			
ALTA PROBABILIDAD = 7-8					SEVERIDAD ALTA = 9		MUY BAJA PROBABILIDAD = 9		NO EXISTE RIESGO = 0							
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10					MUY ALTA SEVERIDAD = 10		ALTAMENTE IMPROBABLE = 10									



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: brazo robótico		ELEMENTO: Actuador		GRUPO DE ANALISIS:		IMAGEN:	AULA: PT 205										
UNIDAD: Motor hidráulico serie M5A		REFERENCIA: Diagrama funcional		N #1	FECHA 01/11/2022	HOJA: 6 DE:											
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA DE FALLA		SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS			
										ACCIONES ACTUALES		O	S	D	NPR		
1	lubricante en condiciones optimas	46	contaminación del lubricante hidráulico	A	condensación producida por cambios de temperatura	disminución de las propiedades del aceite	desgaste de sellos en el interior del motor hidráulico	drenar el aceite contaminado del motor							0	desmontar el motor y verificar las juntas y sellos en busca de la fuga	
					escape en el sistema de refrigeración												
					exceso de partículas de metal en el lubricante												
2	mangueras en buen estado	47	envejecimiento térmico de mangueras	A	mangueras en mal estado	perdida de confiabilidad en la estructura de las mangueras	cambio de las mangueras hidráulicas a destiempo	cambiar las mangueras hidráulicas							0	revisar constantemente el estado de las mangueras	
					48												
3	temperatura del lubricante en parámetros	49	alta temperatura del lubricante hidráulico	A	aumento en la oxidación	generación de lodo excesivo en el interior del motor	cambio del aceite hidráulico a destiempo	cambio del aceite							0	programar cambios de aceite periódicos	
					B												
5	operación del motor en parámetros	50	operación lenta	A	genera vibraciones	desajustes en el sistema	falla estructural en el anclaje del sistema	revisar el anclaje del sistema							0	reforzar el anclaje del sistema	
					B												
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA					RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA			PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA			NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA		
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1					MUY BAJA SEVERIDAD = 1			ALTA PROBABILIDAD =1			ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000						
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3					SEVERIDAD BAJA = 2-5			PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5			PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				SEVERIDAD-EFECTO		
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6					SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8			PROBABILIDAD MEDIA = 6-8			BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134						
ALTA PROBABILIDAD = 7-8					SEVERIDAD ALTA = 9			MUY BAJA PROBABILIDAD = 9			NO EXISTE RIESGO = 0				DETECCION-MODO		
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10					MUY ALTA SEVERIDAD = 10			ALTAMENTE IMPROBABLE = 10									



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Brazo Hidraulico		ELEMENTO: ELECTROBOMBA		GRUPO DE ANALISIS: ACTUADORES		IMAGEN: 		AULA: GM 105							
UNIDAD: MOTOR ELECTRICO 10 HP SIEMENS		REFERENCIA: Diagrama funcional		N# 6	FECHA 01/11/2022	HOJA: 6 DE:		CAUSA DE FALLA		SITUACION ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS	
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	ACCIONES ACTUALES	O			S	D	NPR			
1	Transformar la energia electrica en energia mecanica rotacional	51	No hay transformacion de energia	A	falta de energia en el suministro electrico	Motor no arranca, perdida de potencia hidraulica en el circuito, no hay funcionamiento de proceso		no hay suministro electrico, cables de borneras sueltos, perdida de fase electrica	revise con un metrolo la tension de entrada, ajuste los borners del motor	8	7	6	336	realice una inspeccion y limpieza de los borners del motor y tension	
				borneras sueltas											
				perdida de fase											
2	rodamiento, mantener el rotor nivelado y sin friccion.	52	exceso de friccion en el rotor	A	rodamientos atascados	Recalentamiento del motor, perdidas de enrgia, funcionamiento lento de los actuadores		Rodamientos atascados, falta de lubricacion,acople del motor y bomba desbalanceado	realice inspeccion y lubricacion en los rodamientos, nivele el acople de la bomba y el motor	7	8	6	336	realice limpieza, lubricacion e inspeccion de los rodamientos del motor, y estado del acople	
				Ruidos y vibracion excesiva											
3	estator, contener el bobinado que produce el campo magnetico al rotor	53	el bobinado no induce campo magnetico	A	recalentamiento y cortos internos en el estator	motor no arranca, perdida de potencia hidraulica en el circuito, no hay funcionamiento de proceso		corto electrico en la bobina, roptura de la bobina electrica	realice una inspeccion de continuidad de las bobinas, cambie el motor	5	9	5	225	realice una inspeccion y limpieza de los borners del motor y tension y ohm en la bobina	
4	rotor, manterner el torque de salida del motor	54	el torque del motor no es suficiente para la capacidad de la bomba	A	no hay fuerza de salida en el motor	motor trabaja forzado, no da potencia en el acople de la bomba		perdida de fuerzamagnetica por perdidas inductivas	perdidas de potencia por vejez, cambie el motor	4	8	6	192		
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA					RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA			PROBABILIDAD DETECION DE LA FALLA			NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO			OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1					MUY BAJA SEVERIDAD = 1			ALTA PROBABILIDAD =1			ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000				
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3					SEVERIDAD BAJA = 2-5			PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5			PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499			SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6					SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8			PROBABILIDAD MEDIA = 6-8			BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134				
ALTA PROBABILIDAD = 7-8					SEVERIDAD ALTA = 9			MUY BAJA PROBABILIDAD = 9			NO EXISTE RIESGO = 0			DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10					MUY ALTA SEVERIDAD = 10			ALTAMENTE IMPROBABLE = 10							



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Brazo Hidraulico		ELEMENTO: ELECTROBOMBA		GRUPO DE ANALISIS: ACTUDORES			IMAGEN: 		AULA: GM 105								
UNIDAD: Bomba de Desplazamiento positivo PVP1836R12		REFERENCIA: Diagrama funcional		N# 6		FECHA 01/11/2022		HOJA: 6 DE:									
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		CAUSA DE FALLA		ACCIONES ACTUALES		O	S	D	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS	
1	Mantener un caudal de aceite hidraulico en las velocidades de	A	No hay caudal de aceite en la salida de la bomba	1	obstruccion en la entrada de la	2	desacoplo de la bomba y el motor	bomba forzada, no hay potencia hidraulica en el circuito, no hay funcionamiento	obstuccion en la entrada hidraulica, ruptura de acople del motor y la bomba, falta de nivel del tanque	realice una inspeccion de las vias, filtros y nivelde aceite del sistema, inspeccione el acople	7	7	6	294	realice limpieza de impurezas en filros y tanque, y acople del motor		
				3	falta de aceite en el suministro												
2	Mantener relacion de caudal con la velocidad del motor	B	El caudal de salida de la bomba no es el de los parametros	1	cavitacion en el cuerpo de la bomba	bomba emite ruidos anormales, perdidas de presion en el sistema		falla de envejecimiento de vida util de la bomba, aceite con impurezas	realice analisis de reciduos metalicos en el aceite, cambie bomba hidraulica	4	9	6	216	realice cambio de aceite recomendado por el fabricante			
3	Soportar una presion de 3000 psi	C	no soporta la presion maxima del fabricante	1	desajustes mecanicos en la bomba	bomba emite ruidos anormales, perdidas de presion en el sistema		recalentamiento de los sellos y ruptura de los mismos	cambien los sellos se los cilindros que presenten fugas	7	8	5	280	inspeccione la temperatura del aceite			
				2	falla de sellos internos										inspeccione fugas relativas en los carcasa de la bomba		
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA				PROBABILIDAD DETECION DE LA FALLA				NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1				ALTA PROBABILIDAD =1				ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000					
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5				PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5				PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8				PROBABILIDAD MEDIA = 6-8				BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134					
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9				MUY BAJA PROBABILIDAD = 9				NO EXISTE RIESGO = 0				DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10				ALTAMENTE IMPROBABLE = 10									



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Brazo Hidraulico		ELEMENTO: Actuadores de cilindro hidraulicos		GRUPO DE ANALISIS: ACTUADORES		IMAGEN:	AULA: GM 105										
UNIDAD: Actuadores de cilindro hidraulicos		REFERENCIA: Diagrama funcional		Nº 6	FECHA 01/11/2022		HOJA: 6 DE:		CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS		
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA		ACCIONES ACTUALES		O	S	D	NPR				
1	convertir la energia hidraulica a un movimiento controlado	A	el bastago no se mueve con el aceite hidraulico	1	perdida de fuerza mecanica en el actuador	Movimientos de desplazamiento imprecisos, no cumple con las tareas asignadas, funcionamiento de la planta anormal	reguladores de entrada obstruidos, daño de sellos del piston.	realice una inspeccion en le funcionamiento de los reguladores y sellos del piston	7	7	5	245	realice una inspeccion en le funcionamiento de los reguladores y estado de los filtros				
2	Movimiento del bastago tiene velocidad controlado	B	movimiento del bastago abruto o muy lento	1	saltos bruscos en el movimientos no controlables	daños en la estrucura y no cumple con la precisión de la tarea asignada	reguladores de entrada no funcionan, presion excesiva	realice una inspeccion en le funcionamiento de los reguladores y presion de suministro de la bomba	7	8	4	224					
			2	movimientos excesivamente lentos													
3	retencion del aceite en los cilindros hidraulicos	C	no retiene aceite en la botella	1	fugas excesivas en las tapas de los cilindros y bastagos	derrames de aceite, contaminacion del area, funcionamiento anormal de la planta	recalentamiento de los sellos hidraulicos, ruptura y fallo	cambien los sellos se los cilindros que presenten fugas	7	8	4	224	inspeccione la temperatura del aceite				
														inspeccione fugas relativas en los bastagos de los cilindros			
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA				RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA				PROBABILIDAD DETECION DE LA FALLA				NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO				OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1				MUY BAJA SEVERIDAD = 1				ALTA PROBABILIDAD = 1				ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000					
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3				SEVERIDAD BAJA = 2-5				PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5				PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				SEVERIDAD-EFECTO	
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6				SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8				PROBABILIDAD MEDIA = 6-8				BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134					
ALTA PROBABILIDAD = 7-8				SEVERIDAD ALTA = 9				MUY BAJA PROBABILIDAD = 9				NO EXISTE RIESGO = 0				DETECCION-MODO	
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10				MUY ALTA SEVERIDAD = 10				ALTAMENTE IMPROBABLE = 10									



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



SISTEMA: Brazo Hidraulico		ELEMENTO: Potenciometro lineal		GRUPO DE ANALISIS:		Sensor	IMAGEN:	AULA: GM 105							
UNIDAD: Potenciometro lineal 300 mm PL300 T6		REFERENCIA: Diagrama funcional		Nº 6	FECHA 01/11/2022	HOJA: 6 DE:		CAUSA DE FALLA	SITUACION ACTUAL					ACCIONES RECOMENDADAS	
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA			ACCIONES ACTUALES		O	S	D		NPR
1	censar la posicion del dazpalzamiento del actuador.	A	no hay sensado en el actuador	1	no hay medicion de ohms en las boneras del potenciometro	perdida de control en el actuador		roptura de la vaquela resistiva del potenciometro, daño de escobillas	cambie el potenciometro lineal	5	6	6	180	realice un chequeo de alineacion de potenciometro, estado de ohm, y limpieza del mismo	
2	mantener la comunicación de datos con el controlador	B	no hay comunicación con el controlador	1	no hay medicion de ohm en la conexión del controlador	perdida de control en el actuador		roptura en los cables de comuicacion	cambie los cables de conexión	7	5	4	140		
3	registrar de manera precisa los movimientos del actuador	C	registro de censado impreciso	1	saltos en la medicion de ohms del potenciometro	perdida de control en el actuador, movimientos imprecisos en el funcionamiento de la planta		suciedad en la vaquela resistiva, varilla con torceduras	realice limpieza con limpia contacto y enderresca la varilla	7	5	4	140		
PROBABILIDAD OCURRENCIA DE LA FALLA					RANGO SEVERIDAD DE LA FALLA			PROBABILIDAD DETECCION DE LA FALLA			NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO			OCURRENCIA-CAUSA	
ALTAMENTE IMPROBABLE = 1					MUY BAJA SEVERIDAD = 1			ALTA PROBABILIDAD=1			ALTO RIESGO DE FALLA = 500-1000			SEVERIDAD-EFECTO	
MUY BAJA PROBABILIDAD = 2-3					SEVERIDAD BAJA = 2-5			PROBABILIDAD MEDIANAMENTE ALTA = 2-5			PROMEDIO MEDIO DE RIESGO = 125-499				
PROBABILIDAD MEDIA = 4-6					SEVERIDAD PROMEDIO = 6-8			PROBABILIDAD MEDIA = 6-8			BAJO RIESGO DE FALLA = 1-134			DETECCION-MODO	
ALTA PROBABILIDAD = 7-8					SEVERIDAD ALTA = 9			MUY BAJA PROBABILIDAD = 9			NO EXISTE RIESGO = 0				
MUY ALTA PROBABILIDAD = 9-10					MUY ALTA SEVERIDAD = 10			ALTAMENTE IMPROBABLE = 10							



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Anexo

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Taxonomy no 4.2.4		Item Control and Safety Equipment Process sensors Temperature									
Population 43	Installations 2	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands			
		Calendar time *			Operational time †						
		1.6932			1.5070						
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)		
			Lower	Mean	Upper	SD	n/r		Min	Mean	Max
Critical		6 ¹	0.02	4.57	17.01	6.28	3.54	3.5	2.0	3.5	8.0
		6 [†]	0.03	6.39	24.32	8.96	3.98				
Fail to function on demand		3 ¹	0.01	2.23	8.00	2.96	1.77	4.3	2.5	4.3	8.0
		3 [†]	0.01	3.10	11.67	4.30	1.99				
Spurious operation		3 ¹	0.01	2.23	8.00	2.96	1.77	2.7	2.0	2.7	3.0
		3 [†]	0.01	3.10	11.67	4.30	1.99				
All modes		6 ¹	0.02	4.57	17.01	6.28	3.54	3.5	2.0	3.5	8.0
		6 [†]	0.03	6.39	24.32	8.96	3.98				
Comments											

Taxonomy no 4.4.8		Item Control and Safety Equipment Valves Process control									
Population 319	Installations 11	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands			
		Calendar time * 9.5848			Operational time † 8.5080						
Failure mode	No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)			
		Lower	Mean	Upper	SD	n/r		Min	Mean	Max	
Critical	128 ¹	0.01	6.91	28.15	10.64	13.38	14.2	1.0	16.5	113.0	
	128 ¹	0.04	7.76	28.17	10.41	15.05					
Delayed operation	1 ¹	0.00	0.17	0.71	0.27	0.10	56.5	113.0	113.0	113.0	
	1 ¹	0.00	0.21	0.92	0.36	0.12					
External leakage - Process medium	8 ¹	0.07	0.75	2.09	0.68	0.83	11.6	1.0	13.5	54.0	
	8 ¹	0.09	0.83	2.18	0.69	0.94					
External leakage - Utility medium	1 ¹	0.00	0.17	0.71	0.27	0.10	11.0	22.0	22.0	22.0	
	1 ¹	0.00	0.21	0.92	0.36	0.12					
Fail to close on demand	34 ¹	0.01	1.95	7.68	2.86	3.55	14.1	2.0	14.5	78.0	
	34 ¹	0.02	2.23	7.41	2.72	4.00					
Fail to open on demand	10 ¹	0.16	1.19	3.01	0.93	1.04	16.0	1.5	20.8	78.0	
	10 ¹	0.23	1.35	3.22	0.96	1.18					
Fail to regulate	63 ¹	0.00	2.88	14.62	6.30	6.57	12.0	2.0	13.7	93.0	
	63 ¹	0.00	3.16	15.35	6.37	7.41					
High output	1 ¹	0.00	0.09	0.29	0.10	0.10	6.0	6.0	6.0	6.0	
	1 ¹	0.00	0.10	0.32	0.12	0.12					
Internal leakage	3 ¹	0.06	0.27	0.62	0.18	0.31	26.3	6.0	34.0	48.0	
	3 ¹	0.06	0.30	0.70	0.20	0.35					
Spurious operation	1 ¹	0.00	0.18	0.79	0.31	0.10	8.0	8.0	8.0	8.0	
	1 ¹	0.00	0.19	0.80	0.31	0.12					
Structural deficiency	1 ¹	0.00	0.09	0.29	0.10	0.10	12.0	16.0	16.0	16.0	
	1 ¹	0.00	0.10	0.32	0.12	0.12					
Unknown	2 ¹	0.02	0.18	0.47	0.15	0.21	62.0	36.0	65.0	94.0	
	2 ¹	0.02	0.20	0.53	0.17	0.24					
Valve leakage in closed position	3 ¹	0.07	0.29	0.64	0.18	0.31	11.3	6.0	17.0	35.0	
	3 ¹	0.08	0.33	0.73	0.21	0.35					
Degraded	62 ¹	1.48	6.46	14.31	4.09	6.47	10.3	0.5	12.3	92.0	
	62 ¹	6.05	7.58	9.26	0.98	7.29					
Delayed operation	2 ¹	0.00	0.28	0.89	0.32	0.21	3.3	2.5	5.3	8.0	
	2 ¹	0.01	0.32	0.98	0.34	0.24					
External leakage - Process medium	14 ¹	0.50	1.50	2.95	0.77	1.46	9.2	1.0	11.4	45.0	
	14 ¹	0.12	1.64	4.72	1.55	1.65					
External leakage - Utility medium	11 ¹	0.29	1.27	2.81	0.80	1.15	11.1	2.0	18.1	92.0	
	11 ¹	0.19	1.54	3.98	1.25	1.29					
Fail to open on demand	1 ¹	0.00	0.11	0.36	0.13	0.10	0.5	0.5	0.5	0.5	
	1 ¹	0.00	0.14	0.48	0.18	0.12					
High output	3 ¹	0.03	0.34	0.97	0.32	0.31	4.3	2.0	4.7	9.0	
	3 ¹	0.04	0.39	1.05	0.34	0.35					
Internal leakage	8 ¹	0.12	0.70	1.66	0.50	0.83	16.5	4.0	16.5	42.0	
	8 ¹	0.17	0.78	1.76	0.51	0.94					



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona

Pamplona - Norte de Santander - Colombia

Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Taxonomy no 4.2.4		Item Control and Safety Equipment Process sensors Temperature									
Population 43	Installations 2	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands			
		Calendar time *			Operational time †						
1.6932			1.5070								
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)		
			Lower	Mean	Upper	SD	n/t		Min	Mean	Max
Critical		6 [†]	0.02	4.57	17.01	6.28	3.54	3.5	2.0	3.5	8.0
		6 [†]	0.03	6.39	24.32	8.96	3.98				
Fail to function on demand		3 [†]	0.01	2.23	8.00	2.96	1.77	4.3	2.5	4.3	8.0
		3 [†]	0.01	3.10	11.67	4.30	1.99				
Spurious operation		3 [†]	0.01	2.23	8.00	2.96	1.77	2.7	2.0	2.7	3.0
		3 [†]	0.01	3.10	11.67	4.30	1.99				
All modes		6 [†]	0.02	4.57	17.01	6.28	3.54	3.5	2.0	3.5	8.0
		6 [†]	0.03	6.39	24.32	8.96	3.98				
Comments											

Taxonomy no 3.1.3		Item Mechanical Equipment Heat Exchangers Plate - conventional										
Population 14	Installations 4	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands				
		Calendar time *			Operational time †							
		0.4823			0.4497							
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)			
Lower	Mean		Upper	SD	n/t	Min	Mean		Max			
Critical	11 [†]	0.01	20.89	88.56	34.09	22.81	18.7	8.0	37.4	109.0		
	11 [†]	0.01	21.75	92.05	35.41	24.46						
	5 [†]	0.26	10.15	31.06	10.82	10.37	15.3	8.0	30.7	60.0		
	5 [†]	0.38	10.65	32.16	10.98	11.12						
	External leakage - Utility medium	2 [†]	0.05	4.02	13.04	4.74	4.15	34.8	30.0	69.5	109.0	
	2 [†]	0.07	4.25	13.35	4.77	4.45						
	Parameter deviation	2 [†]	0.05	4.02	13.04	4.74	4.15	8.8	11.0	17.5	24.0	
	2 [†]	0.07	4.25	13.35	4.77	4.45						
	Plugged/Choked	1 [†]	0.00	2.00	8.99	3.56	2.07	26.5	53.0	53.0	53.0	
	1 [†]	0.00	2.11	9.39	3.71	2.22						
Structural deficiency	1 [†]	0.00	2.00	8.99	3.56	2.07	9.0	18.0	18.0	18.0		
	1 [†]	0.00	2.11	9.39	3.71	2.22						
Degraded	6 [†]	3.76	12.70	25.93	6.99	12.44	6.6	1.0	10.7	24.0		
	6 [†]	4.25	13.48	26.94	7.13	13.34						
External leakage - Process medium	1 [†]	0.00	2.98	12.54	4.80	2.07	20.0	20.0	20.0	20.0		
	1 [†]	0.00	3.14	13.18	5.04	2.22						
External leakage - Utility medium	1 [†]	0.00	2.00	8.99	3.56	2.07	1.0	1.0	1.0	1.0		
	1 [†]	0.00	2.11	9.39	3.71	2.22						
Internal leakage	2 [†]	0.06	4.07	12.93	4.65	4.15	7.0	10.0	17.0	24.0		
	2 [†]	0.08	4.36	13.62	4.85	4.45						
Parameter deviation	2 [†]	0.05	4.02	13.04	4.74	4.15	2.3	4.0	4.5	5.0		
	2 [†]	0.07	4.25	13.35	4.77	4.45						
Incipient	12 [†]	4.34	27.00	65.78	19.95	24.88	40.6	2.0	42.0	200.0		
	12 [†]	4.93	28.37	67.70	20.26	26.68						
Abnormal instrument reading	4 [†]	1.00	8.28	21.44	6.71	8.29	1.8	2.0	3.5	6.0		
	4 [†]	1.34	8.74	21.54	6.58	8.89						
External leakage - Utility medium	2 [†]	0.00	6.94	29.41	11.32	4.15	58.0	20.0	58.0	96.0		
	2 [†]	0.00	7.31	31.01	11.95	4.45						
Internal leakage	1 [†]	0.00	1.86	7.55	2.85	2.07	2.0	6.0	6.0	6.0		
	1 [†]	0.00	2.02	8.52	3.27	2.22						
Other	4 [†]	0.00	7.67	32.86	12.71	8.29	-	-	-	-		
	4 [†]	0.00	8.03	34.13	13.15	8.89						
Unknown	1 [†]	0.00	2.98	12.54	4.80	2.07	200.0	200.0	200.0	200.0		
	1 [†]	0.00	3.14	13.18	5.04	2.22						
Unknown	3 [†]	0.08	8.27	27.44	10.05	6.22	29.5	9.0	31.0	60.0		
	3 [†]	0.08	8.69	28.78	10.53	6.67						
Other	2 [†]	0.00	6.94	29.41	11.32	4.15	42.0	24.0	42.0	60.0		
	2 [†]	0.00	7.31	31.01	11.95	4.45						
Unknown	1 [†]	0.00	2.00	8.99	3.56	2.07	4.5	9.0	9.0	9.0		
	1 [†]	0.00	2.11	9.39	3.71	2.22						



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



Taxonomy no 4.2.3		Item Control and Safety Equipment Process sensors Pressure									
Population 55	Installations 2	Aggregated time in service (10 ⁴ hours)						No of demands			
		Calendar time *			Operational time †						
		1.9401			1.4675						
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁴ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)		
			Lower	Mean	Upper	SD	n/s		Min	Mean	Max
Degraded	4*	0.02	5.30	20.47	7.55	2.06	-	2.0	5.3	12.0	
	4†	0.02	5.55	21.35	7.87	2.73					
Other	4*	0.02	5.30	20.47	7.55	2.06		2.0	5.3	12.0	
	4†	0.02	5.55	21.35	7.87	2.73					
All modes	4*	0.02	5.30	20.47	7.55	2.06	-	2.0	5.3	12.0	
	4†	0.02	5.55	21.35	7.87	2.73					

Taxonomy no 1.3.1		Item Machinery Pumps Centrifugal									
Population 350	Installations 59	Aggregated time in service (10 ⁴ hours)						No of demands 10340			
		Calendar time *			Operational time †						
		13.9546			5.7455						
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁴ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)		
			Lower	Mean	Upper	SD	n/c		Min	Mean	Max
Critical	464*	0.00	21.60	124.23	67.21	33.25	39.7	1.0	57.6	1025.0	
	464†	0.12	70.52	284.09	106.81	80.76					
Breakdown	37*	0.00	1.20	1.67	7.82	2.65	16.4	3.0	57.1	766.0	
	37†	0.00	3.70	21.16	11.38	6.44					
Erratic output	2*	0.00	0.15	0.79	0.54	0.14	19.8	11.0	39.5	68.0	
	2†	0.00	0.46	2.22	0.92	0.35					
External leakage - Process medium	77*	0.00	2.25	5.52	11.84	5.52	30.2	2.0	42.0	444.0	
	77†	0.00	7.04	38.07	17.67	13.40					
External leakage - Utility medium	46*	0.00	1.61	2.94	9.28	3.30	16.0	2.0	29.8	90.0	
	46†	0.00	4.81	26.68	13.65	8.01					
Fail to start on demand	42*	0.01	2.28	8.52	3.14	3.01	55.8	1.0	63.0	551.0	
	42†	0.02	13.74	55.88	21.10	7.31					
Fail to stop on demand	2*	0.00	0.13	0.65	0.57	0.14	3.5	3.0	3.5	4.0	
	2†	0.00	0.38	1.55	0.58	0.35					
High output	3*	0.00	0.69	3.58	2.77	0.21	-	1.0	3.3	6.0	
	3†	0.00	2.49	13.73	6.44	0.52					
Internal leakage	3*	0.00	0.16	0.87	0.57	0.21	188.0	36.0	90.7	188.0	
	3†	0.00	0.56	2.63	1.08	0.52					
Low output	40*	0.00	2.58	3.33	17.49	2.87	38.2	3.0	45.3	508.0	
	40†	0.00	4.68	7.79	27.92	6.96					
Noise	4*	0.00	0.25	1.29	0.57	0.29	25.0	16.0	67.3	122.0	
	4†	0.03	0.78	2.34	0.80	0.70					
Other	8*	0.00	0.60	3.20	2.68	0.57	275.5	2.0	424.5	734.0	
	8†	0.00	1.85	8.07	3.14	1.39					
Overheating	5*	0.11	0.36	0.72	0.19	0.36	183.2	3.0	265.0	1025.0	
	5†	0.00	6.83	37.16	17.32	0.87					
Parameter deviation	16*	0.00	0.65	2.84	3.03	1.15	11.6	1.0	21.7	88.0	
	16†	0.15	2.58	7.60	2.53	2.78					
Spurious stop	120*	0.00	6.33	33.92	15.65	8.60	39.7	1.0	45.0	714.0	
	120†	0.51	22.56	69.52	24.44	20.89					
Structural deficiency	27*	0.00	0.61	0.72	6.77	1.93	23.9	7.0	47.3	211.0	
	27†	0.00	1.77	3.32	10.06	4.70					
Vibration	32*	0.00	2.12	10.93	4.76	2.29	81.2	5.0	118.3	896.0	
	32†	0.62	6.76	18.55	6.00	5.57					
Degraded	537*	0.00	32.39	163.45	70.23	38.48	22.3	0.5	32.1	798.0	
	537†	3.74	237.30	747.95	267.91	93.46					
Abnormal instrument reading	9*	0.00	0.85	4.95	2.70	0.64	9.0	2.0	16.0	65.0	
	9†	0.00	2.95	12.59	4.86	1.57					
Erratic output	10*	0.00	1.95	10.27	6.99	0.72	20.3	2.0	17.4	65.0	
	10†	0.00	4.87	26.99	13.79	1.74					



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



OREDA-2002

679

OREDA-2002 ORED-2002

667

OREDA-2002

Taxonomy no 4.4.2.1.1		Item Control and Safety Equipment Valves By-pass Ball (1.1-5.0) inch										
Population 3	Installations 2	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands				
		Calendar time *			Operational time †							
		0.1110			0.1097							
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours).					Active rep.hrs	Repair (manhours)			
			Lower	Mean	Upper	SD	n/ε		Min	Mean	Max	
Degraded		2*	1.45	17.61	49.38	16.12	18.01	10.5	2.0	20.0	38.0	
		2†	1.61	17.75	48.96	15.86	18.24					
External leakage - Utility medium		1*	0.04	8.79	32.76	12.09	9.01	2.0	2.0	2.0	2.0	
		1†	0.04	8.86	32.76	12.10	9.12					
Internal leakage		1*	0.04	8.79	32.76	12.09	9.01	19.0	38.0	38.0	38.0	
		1†	0.04	8.86	32.76	12.10	9.12					
Incipient		1*	0.53	9.18	27.09	9.01	9.01	8.0	8.0	8.0	8.0	
		1†	0.55	9.33	27.46	9.12	9.12					
Abnormal instrument reading		1*	0.53	9.18	27.09	9.01	9.01	8.0	8.0	8.0	8.0	
		1†	0.55	9.33	27.46	9.12	9.12					
All modes		3*	7.29	26.89	56.57	15.60	27.02	9.7	2.0	16.0	38.0	
		3†	7.36	27.20	57.26	15.80	27.36					
Comments												

Taxonomy no 4.4.1		Item Control and Safety Equipment Valves Blowdown										
Population 94	Installations 24	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands				
		Calendar time *			Operational time †							
		4.5502			1.7378							
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours).					Active rep.hrs	Repair (manhours)			
			Lower	Mean	Upper	SD	n/ε		Min	Mean	Max	
Critical		29*	0.01	5.61	23.25	8.84	6.37	6.5	1.0	10.9	60.0	
		29†	9.83	97.36	262.40	84.03	16.69					
Fail to close on demand		3*	0.05	0.69	2.00	0.66	0.66	2.0	2.0	2.3	3.0	
		3†	0.06	13.70	50.67	18.71	1.73					
Fail to open on demand		25*	0.00	4.66	22.67	9.43	5.49	7.0	1.0	12.1	60.0	
		25†	2.69	79.21	239.75	82.19	14.39					
Spurious operation		1*	0.00	0.20	1.15	0.61	0.22	8.0	8.0	8.0	8.0	
		1†	0.00	3.41	16.67	6.98	0.58					
Degraded		20*	0.02	3.73	13.69	5.06	4.40	7.8	1.0	12.2	36.0	
		20†	0.70	46.23	146.10	52.42	11.51					
Delayed operation		8*	0.00	1.14	6.15	2.86	1.76	7.0	6.0	16.0	36.0	
		8†	0.02	3.60	13.42	4.96	4.60					
External leakage - Process medium		10*	0.00	2.44	11.44	4.66	2.20	9.3	1.0	10.5	36.0	
		10†	1.08	49.44	152.55	53.70	5.75					
External leakage - Utility medium		2*	0.00	0.35	1.46	0.56	0.44	3.0	1.0	5.5	10.0	
		2†	0.13	1.02	2.61	0.81	1.15					
Incipient		68*	3.96	18.07	40.61	11.72	14.94	2.9	1.0	3.9	80.0	
		68†	122.85	348.03	666.40	170.02	39.13					
Abnormal instrument reading		51*	1.47	15.59	42.64	13.76	11.21	2.4	1.0	3.6	80.0	
		51†	104.93	318.45	625.94	163.45	29.35					
Delayed operation		2*	0.00	0.48	2.67	1.40	0.44	1.0	1.0	1.0	1.0	
		2†	0.03	8.69	33.80	12.52	1.15					
External leakage - Process medium		2*	0.00	0.36	1.98	0.93	0.44	4.0	1.0	4.0	7.0	
		2†	0.13	1.17	3.09	0.98	1.15					
External leakage - Utility medium		4*	0.00	0.90	4.67	2.05	0.88	1.5	1.0	1.5	3.0	
		4†	0.06	22.50	88.67	33.02	2.30					
Internal leakage		1*	0.00	0.20	1.03	0.47	0.22	30.0	30.0	30.0	30.0	
		1†	0.03	0.58	1.73	0.58	0.58					
Minor in-service problems		6*	0.00	0.96	4.12	1.60	1.32	3.7	2.0	4.0	6.0	
		6†	1.05	3.22	6.35	1.66	3.45					
Other		1*	0.00	0.59	3.22	1.99	0.22	2.0	4.0	4.0	4.0	
		1†	0.00	1.61	6.88	2.66	0.58					
Valve leakage in closed position		1*	0.00	0.20	1.03	0.47	0.22	7.0	7.0	7.0	7.0	
		1†	0.03	0.58	1.73	0.58	0.58					
All modes		117*	8.36	27.30	55.13	14.72	25.71	4.6	1.0	7.1	80.0	
		117†	194.65	509.72	945.93	234.27	67.33					
Comments												



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL

Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



OREDA-2002

679

OREDA-2002 ORED-2002

180

OREDA-2002

Taxonomy no 4.4.2.1.1		Item Control and Safety Equipment Valves By-pass Ball (1.1-5.0) inch									
Population 3	Installations 2	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands			
		Calendar time *			Operational time †						
		0.1110			0.1097						
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours).					Active rep.hrs	Repair (manhours)		
			Lower	Mean	Upper	SD	n/t		Min	Mean	Max
Degraded		2*	1.45	17.61	49.38	16.12	18.01	10.5	2.0	20.0	38.0
		2†	1.61	17.75	48.96	15.86	18.24				
External leakage - Utility medium		1*	0.04	8.79	32.76	12.09	9.01	2.0	2.0	2.0	2.0
		1†	0.04	8.86	32.76	12.10	9.12				
Internal leakage		1*	0.04	8.79	32.76	12.09	9.01	19.0	38.0	38.0	38.0
		1†	0.04	8.86	32.76	12.10	9.12				
Incipient		1*	0.53	9.18	27.09	9.01	9.01	8.0	8.0	8.0	8.0
		1†	0.55	9.33	27.46	9.12	9.12				
Abnormal instrument reading		1*	0.53	9.18	27.09	9.01	9.01	8.0	8.0	8.0	8.0
		1†	0.55	9.33	27.46	9.12	9.12				
All modes		3*	7.29	26.89	56.57	15.60	27.02	9.7	2.0	16.0	38.0
		3†	7.36	27.20	57.26	15.80	27.36				
Comments											

Taxonomy no 1.3.1		Item Machinery Pumps Centrifugal									
Population 350	Installations 59	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)						No of demands 10340			
		Calendar time *			Operational time †						
		13.9546			5.7455						
Failure mode		No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours).					Active rep.hrs	Repair (manhours)		
			Lower	Mean	Upper	SD	n/t		Min	Mean	Max
Critical		464*	0.00	21.60	124.23	67.21	33.25	39.7	1.0	57.6	1025.0
		464†	0.12	70.52	284.09	106.81	80.76				
Breakdown		37*	0.00	1.20	1.67	7.82	2.65	16.4	3.0	57.1	766.0
		37†	0.00	3.70	21.16	11.38	6.44				
Erratic output		2*	0.00	0.15	0.79	0.54	0.14	19.8	11.0	39.5	68.0
		2†	0.00	0.46	2.22	0.92	0.35				
External leakage - Process medium		77*	0.00	2.25	5.52	11.84	5.52	30.2	2.0	42.0	444.0
		77†	0.00	7.04	38.07	17.67	13.40				
External leakage - Utility medium		46*	0.00	1.61	2.94	9.28	3.30	16.0	2.0	29.8	90.0
		46†	0.00	4.81	26.68	13.65	8.01				
Fail to start on demand		42*	0.01	2.28	8.52	3.14	3.01	55.8	1.0	63.0	551.0
		42†	0.02	13.74	55.88	21.10	7.31				
Fail to stop on demand		2*	0.00	0.13	0.65	0.57	0.14	3.5	3.0	3.5	4.0
		2†	0.00	0.38	1.55	0.58	0.35				
High output		3*	0.00	0.69	3.58	2.77	0.21	-	1.0	3.3	6.0
		3†	0.00	2.49	13.73	6.44	0.52				
Internal leakage		3*	0.00	0.16	0.87	0.57	0.21	188.0	36.0	90.7	188.0
		3†	0.00	0.56	2.63	1.08	0.52				
Low output		40*	0.00	2.58	3.33	17.49	2.87	38.2	3.0	45.3	508.0
		40†	0.00	4.68	7.79	27.92	6.96				
Noise		4*	0.00	0.25	1.29	0.57	0.29	25.0	16.0	67.3	122.0
		4†	0.03	0.78	2.34	0.80	0.70				
Other		8*	0.00	0.60	3.20	2.68	0.57	275.5	2.0	424.5	734.0
		8†	0.00	1.85	8.07	3.14	1.39				
Overheating		5*	0.11	0.36	0.72	0.19	0.36	183.2	3.0	265.0	1025.0
		5†	0.00	6.83	37.16	17.32	0.87				
Parameter deviation		16*	0.00	0.65	2.84	3.03	1.15	11.6	1.0	21.7	88.0
		16†	0.15	2.58	7.60	2.53	2.78				
Spurious stop		120*	0.00	6.33	33.92	15.65	8.60	39.7	1.0	45.0	714.0
		120†	0.51	22.56	69.52	24.44	20.89				
Structural deficiency		27*	0.00	0.61	0.72	6.77	1.93	23.9	7.0	47.3	211.0
		27†	0.00	1.77	3.32	10.06	4.70				
Vibration		32*	0.00	2.12	10.93	4.76	2.29	81.2	5.0	118.3	896.0
		32†	0.62	6.76	18.55	6.00	5.57				
Degraded		537*	0.00	32.39	163.45	70.23	38.48	22.3	0.5	32.1	798.0
		537†	3.74	237.30	747.95	267.91	93.46				
Abnormal instrument reading		9*	0.00	0.85	4.95	2.70	0.64	9.0	2.0	16.0	65.0
		9†	0.00	2.95	12.59	4.86	1.57				
Erratic output		10*	0.00	1.95	10.27	6.99	0.72	20.3	2.0	17.4	65.0
		10†	0.00	4.87	26.99	13.79	1.74				
Comments											



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Anexo 4



Gulf Hidráulico ISO 68

Aceite para Sistemas Hidráulicos

Descripción del producto.

Gulf Hidráulico ISO 68 es un lubricante hidráulico formulado con bases minerales y un paquete de aditivos balanceado químicamente que provee buenas propiedades antidesgaste y buena estabilidad a la oxidación en condiciones normales de operación y de limpieza. Posee propiedades antiherrumbantes que aumenta la protección de las piezas contra el ataque de agua y aire con óptimas características de separación de agua y control de la espuma generada al interior del sistema.

Características y ventajas.

- Mejora la estabilidad termo-oxidativa controlando la acumulación de lodo depósitos
- Buena protección antidesgaste, reduciendo las paradas y los costos de mantenimiento.
- Buena resistencia a la oxidación, que permite tener en servicio más tiempo el lubricante.
- Óptima protección contra la corrosión y la herrumbre, reduciendo los daños causados por el agua y aire que ingresan al sistema.
- Resistencia a la emulsión con agua y formación de espuma, con esto se reduce la formación de lodos y depósitos, estas características mejora la lubricidad y funcionamiento del sistema.

Aplicaciones.

- Gulf Hidráulico ISO 68 es recomendado para todas las aplicaciones industriales que requieren de un nivel de calidad antidesgaste.
- Se recomienda su uso en sistemas hidráulicos que requieren viscosidad ISO 68.
- Sistemas hidráulicos de circulación que requieren protección antidesgaste y el uso de aceite convencional.
- Sistemas que emplean bombas de engranajes, paletas y de pistones radiales y axiales donde se recomiendan aceites hidráulicos anti-desgaste.



Gulf Hidráulico ISO 68

Aceite para Sistemas Hidráulicos

Especificaciones, Aprobaciones y Propiedades Típicas.

Cumple con las siguientes especificaciones		ISO 68
DIN 51524 Part 2 - Parker Hannifin HF-0		X
US Steel 127/136 - JCMAS HK		X
Bosch Variable Volumen Vane Pump		X
Cincinnati Machine P-68, P-69, P-70.		X
Eaton Vickers I - 286-S / M - 2950-S		X
GM LH-06-1, LH-04-1, LH-03-1, LS-2		X
Las características típicas		
Parámetros de la prueba	Método ASTM	Valores típicos
Viscosidad @ 40 °C, cSt	D-445	68 (+/- 5%)
Índice de Viscosidad	D-2270	Min. 90
Punto de inflamación, °C	D-92	Min. 195
Punto de congelación, °C	D-97	-12
Separación del agua, Minutos	D-1401	30 mín. a 54°C

ACT-JMB-MAR-2014