



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS EN LA
DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A. DE GUATEMALA**

Donald Elías Ruano Carias

Asesorado por el Ing. Edwin Sarceño Zepeda

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS EN LA
DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A. DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DONALD ELÍAS RUANO CARIAS
ASESORADO POR EL ING. EDWIN SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS EN LA
DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A. DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha octubre de 2011.

Donald Elías Ruano Carias



Guatemala, 16 de julio de 2012
REF.EPS.DOC.926.07.12.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario Donald Elías Ruano Carias de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200112911, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS EN LA DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S.A. DE GUATEMALA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





Guatemala, 16 de julio de 2012
REF.EPS.D.615.07.2012

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS EN LA DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES, S.A. DE GUATEMALA**" que fue desarrollado por el estudiante universitario **Donald Elías Ruano Carías** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación titulado SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS EN LA DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A. DE GUATEMALA, del estudiante **Donald Elías Ruano Carías**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2012

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **SISTEMA DE CONFIABILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRÍTICOS EN LA DESTILADORA DE ALCOHOLES Y RONES S.A. DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Donald Elías Ruano Carías**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la fuente de toda inspiración, y por todas las bendiciones que ha dado en mi vida.
Mis padres	Donal Ruano y Telma Carias, por su amor, esfuerzo y sacrificio.
Mis hermanos	Heidy y Víctor Ruano Carias por su cariño.
Mi novia	Gleidy por su apoyo en todos los momentos.
Mis amigos	Leyzer, Ricardo, Estid, Juan, Erick, Alexander, Oscar, Javier, Nelson, Navas, Mario, Flavio, Ivan, Carlos, Forest, Edgar, William, Robín, Jecer, Marco, Oscar Castañeda (q.e.p.d.) y muy especialmente Ing. Fredy Monroy por brindarme su amistad y afecto durante todo este tiempo.
Mi asesor	Edwin Estuardo Sarceño, por haberme ayudado en todo momento.
Mi universidad	San Carlos de Guatemala, por brindarme la oportunidad de forjarme dentro de sus principios.

Mi facultad

Gloriosa Facultad de Ingeniería, por darme la oportunidad de superarme profesionalmente e intelectualmente.

La empresa DARSA

Por su colaboración en el desarrollo de este trabajo de graduación y en especial a su Gerente de Mantenimiento y operaciones José Basegoda por la oportunidad que me brindó.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y sabiduría para poder alcanzar esta meta.
Mis padres	Por su amor, esfuerzo, entrega y dedicación incondicional en mi vida.
Mis hermanos	Quienes me motivaron a alcanzar el éxito, gracias por su apoyo.
Mis amigos	Por su amistad y colaboración.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. DESCRIPCIÓN GENERAL	1
1.1. Generalidades de la empresa	1
1.1.1. Historia.....	2
1.1.2. Visión y misión	3
1.1.3. Organigrama de mantenimiento	4
1.1.4. Ubicación	5
2. CONCEPTOS GENERALES	7
2.1. Mantenimiento	7
2.2. Tipos de Mantenimiento según el estado del activo.....	7
2.2.1. Según las actividades realizadas	8
2.2.2. Según su ejecución en el tiempo	10
2.2.3. Objetivo del mantenimiento	11
2.3. Estrategias de mantenimiento	11
2.4. Paradigmas del mantenimiento.....	12
2.4.1. Nuevas expectativas	13
2.4.2. Nueva investigación	14
2.4.3. Nuevas técnicas.....	14

2.5.	Evolución del mantenimiento.....	14
3.	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC).....	19
3.1.	Introducción del mantenimiento basado en la confiabilidad	19
3.2.	El propósito	20
3.3.	Definición del mantenimiento basado en la confiabilidad.....	21
3.4.	Razones para aplicar mantenimiento centrado en la confiabilidad	22
3.5.	Beneficios de aplicar mantenimiento centrado en la confiabilidad	23
3.6.	Análisis enfocados en funciones del mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	24
3.7.	Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad	25
3.8.	Las siete preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad	26
3.9.	Funciones y sus estándares de funcionamiento	26
3.9.1.	Fallos funcionales.....	27
3.9.2.	Modos de fallos	28
3.9.3.	Efectos de los fallos.....	28
3.9.4.	Consecuencias de los fallos	29
3.9.5.	Cuatro grupos de las consecuencias de las fallas en el mantenimiento centrado en la confiabilidad ...	29
3.10.	Tareas de mantenimiento en el mantenimiento centrado en la confiabilidad	31
3.10.1.	El personal implicado	37
4.	CONFIABILIDAD OPERACIONAL.....	39
4.1.	Concepto de confiabilidad operacional.....	39
4.1.1.	Confiabilidad de los procesos	42

4.1.2.	Mantenibilidad de equipos	42
4.1.3.	Confiabilidad de equipos	42
4.2.	El banco de datos de mantenimiento	43
4.2.1.	Inventario y catastro	43
4.2.2.	Recolección de datos – recomendaciones	46
4.2.3.	Programación del mantenimiento	48
4.2.4.	Orden de trabajo	48
4.2.5.	Mano de obra disponible	49
4.2.6.	Datos de operación	50
4.2.7.	Registro de medición (o variación de especificaciones)	50
5.	EVALUANDO LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	53
5.1.	Informes de gestión del mantenimiento	53
5.2.	Datos e información útil	54
5.3.	Principales indicadores de mantenimiento	55
5.3.1.	Indicadores de gestión de disponibilidad	55
5.3.2.	Tiempo promedio entre fallas	55
5.3.3.	Tiempo medio para reparación	56
5.3.4.	Tiempo medio para la falla	56
5.3.5.	Disponibilidad de equipos	57
5.3.6.	Confiabilidad de equipos	58
5.4.	Indicadores de gestión de órdenes de trabajo	58
5.4.1.	Nº de órdenes de trabajo generadas en un período determinado	58
5.4.2.	Número de órdenes de trabajo pendientes	59
5.4.3.	Horas estimadas de trabajo pendiente	60
5.4.4.	Índice de cumplimiento de la planificación	60
5.4.5.	Coste de la mano de obra por secciones	61

5.4.6.	Proporción de coste de la mano de obra de mantenimiento.....	61
5.5.	Índices de tipos de mantenimientos	61
5.5.1.	Índice de mantenimiento programado.....	61
5.5.2.	Índice de correctivo	62
5.5.3.	Índice de emergencias	62
5.6.	Índices de gestión de almacenes y compras	63
5.6.1.	Consumo de materiales.....	63
5.6.2.	Rotación del almacén	64
6.	HERRAMIENTAS PARA DESARROLLAR LABORES DE MANTENIMIENTO.....	67
6.1.	Estimación de riesgo	67
6.2.	Estimación de la probabilidad de fallas y/o la confiabilidad	68
6.3.	Predicción del número de fallas basado en el historial de fallas	68
6.4.	Análisis de criticidad.....	69
6.5.	Diagrama de Pareto	71
6.6.	Análisis causa raíz	73
6.7.	El método de las 5s.....	73
7.	SEGURIDAD INDUSTRIAL	77
7.1.	Seguridad y la higiene industrial.....	77
7.1.1.	Importancia de la seguridad e higiene industrial	78
7.1.2.	Ventajas de la seguridad e higiene industrial	79
7.1.3.	Repercusiones negativas de la falta de seguridad e higiene	80
7.2.	Actos y condiciones inseguras	81
7.2.1.	Acto inseguro	81

	7.2.2.	Condición insegura	81
	7.2.3.	Riesgo	82
7.3.		Riesgos laborales relacionados con el lugar de trabajo y los equipos o máquinas que se manipulan.....	84
	7.3.1.	Manipulación de máquinas y herramientas peligrosas	87
	7.3.2.	Espacios de trabajo y zonas peligrosas	89
	7.3.3.	Prevención con vehículos de transporte y manipulación de cargas	90
	7.3.4.	Riesgos eléctricos	91
	7.3.5.	Vibraciones mecánicas	94
	7.3.6.	Prevención de emisiones de gases, vapores, líquidos y polvo	96
	7.3.7.	Riesgos de explosión por atmósfera explosiva	97
7.4.		Actores ambientales y tipos de contaminantes	99
7.5.		Análisis histórico de accidentes	103
	7.5.1.	Bancos de datos de accidentes	105
7.6.		Análisis de riesgos	107
	7.6.1.	Estimación del riesgo	109
	7.6.2.	Valoración del riesgo.....	112
	7.6.3.	Plan de control de riesgos.....	113
	7.6.4.	Revisión del plan.....	113
7.7.		Equipo de protección personal	114
	7.7.1.	Protección de piernas y pies	117
	7.7.2.	Protección de dedos, manos y brazos	119
	7.7.3.	Cinturones de seguridad	121
	7.7.4.	Protección de cabeza.....	128
	7.7.5.	Dispositivos respiratorios	135

8.	ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONFIABILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS	141
8.1.	Determinando equipos críticos	141
8.2.	Grado de mantabilidad de equipos críticos.....	143
8.3.	Matriz de criticidad de equipos	144
8.4.	Fallas más comunes que generan paros.....	150
8.5.	Indicadores de mantenimiento para determinar los equipos críticos.....	152
8.6.	Tiempo promedio entre fallas de equipos con mayor tiempo de fallas (2010)	156
8.7.	Paradas de producción generadas por equipos críticos en la planta	159
8.8.	Listado de equipo crítico a tomar en cuenta	160
8.9.	Pérdida de alcohol por una hora de paro.....	162
8.10.	Procedimiento de reparación de las fallas más comunes de equipos críticos	163
8.11.	Clasificación ABC.....	165
8.12.	<i>Stock</i> de repuestos que se necesitan para el siguiente paro .	167
8.13.	Implementación de equipo gemelo.....	170
9.	MATRIZ DE ÁREAS Y EQUIPOS CRÍTICOS EN MANTENIMIENTO..	173
9.1.	Estimación de riesgo	176
	CONCLUSIONES	177
	RECOMENDACIONES	179
	BIBLIOGRAFÍA.....	181

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama	4
2.	Planta DARSA Tululá	5
3.	Evolución de la falla funcional en el tiempo	12
4.	Evolución del mantenimiento.....	16
5.	Preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad	24
6.	Metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	25
7.	Fallo basado en el mantenimiento a intervalos fijos.....	31
8.	Probabilidad condicional de fallo contra la vida útil.....	33
9.	Sistema de confiabilidad operacional	39
10.	Diagrama de Pareto	72
11.	Gestión de riesgo	111
12.	Paradas de producción en 2010.....	159
13.	Para de producción en 2011.	160
14.	Clasificación de los repuestos según ABC	166
15.	Clasificación ABC del inventario de repuestos	167
16.	Instalación de bomba gemela.....	171
17.	Instalación de motor reductor	171

TABLAS

I.	Niveles de riesgo.....	111
II.	Criterio para tomar decisiones.....	112
III.	Criticidad de equipos.....	141

IV.	Grado de mantabilidad de los equipos	143
V.	Matriz de criticidad	144
VI.	Fallas más comunes	150
VII.	Indicadores de mantenimiento	152
VIII.	Tiempo promedio entre fallas.....	156
IX.	Tiempo promedio entre fallas de equipos con mayor tiempo de fallas (2011).....	158
X.	Listado de equipo critico	160
XI.	Perdidas de alcohol por hora	163
XII.	Procedimiento de reparación de fallas	163
XIII.	<i>Stock</i> de cojinetes.....	168
XIV.	<i>Stock</i> de sellos mecánicos.....	169
XV.	Repuestos a pedir.....	170
XVI.	Matriz de equipos	173

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
RSA	Análisis causa raíz
CO	Confiabilidad operacional
D	Dañinos
A	Disponibilidad de equipos
ED	Extremamente Dañino
I	Importante
IME	Índice de emergencias
IMC	Índice de Mantenimiento Correctivo
IMP	Índice de Mantenimiento Programado
IN	Intolerable
LD	Ligeramente dañina
MCC	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

TPM	Mantenimiento Productivo Total
NO	Moderado
OT	Órdenes de trabajo
MTTF	Tiempo medio para la falla
MTBF	Tiempo promedio entre fallas
TMPR	Tolerable
T	Trivial

GLOSARIO

AMEF	Análisis de modo y efecto de falla.
Acto inseguro	Son las acciones incorrectas o los actos ejecutados por los trabajadores que puedan contribuir a la ocurrencia de un accidente o ser causa de los mismos.
Auditor	Es el encargado de supervisar que las actividades se lleven a cabo como se establecen.
Condición insegura	Son las circunstancias o condiciones físicas impropias, que representan un peligro y/o riesgo para las personas o máquinas.
Confiabilidad	La probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo específico y bajo condiciones indicadas.
Confiabilidad operacional	Es la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Disponibilidad	Es la fracción de tiempo en que un sistema o un equipo operan adecuadamente.
Los facilitadores	Los grupos de revisión trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado en el MCC, que se conoce como un facilitador.
Mantabilidad	Probabilidad o facilidad de devolver un equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo.
Mantenimiento basado en la confiabilidad	Es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional.
Mantenimiento operacional	Se define como la acción de mantenimiento aplicada a un equipo o sistema a fin de mantener su continuidad operacional, el mismo es ejecutado en la mayoría de los casos con el activo en servicio sin afectar su operación natural.
Modos de fallo	Son las causas que originan las fallas.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla una aplicación práctica del mantenimiento centrado en confiabilidad aplicado en los equipos con mayor criticidad en la Destiladora de Alcoholes y Ronés S.A.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron herramientas basadas en la confiabilidad operacional, de manera de comenzar a impulsar en la empresa una conducta de mantenimiento de clase mundial, involucrando a la confiabilidad de los equipos como parámetro fundamental para la evaluación de la gestión de mantenimiento.

En este sentido se comenzó por clasificar los equipos en grupos de acuerdo a la criticidad que presentan, con la finalidad de aplicar a cada uno de ellos los métodos que permitiese mejor la confiabilidad de los equipos en la destiladora.

Para la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad se han recolectado datos de las fallas en registros de los mantenimientos y del personal de producción y mantenimiento, para así poder tener más claros los problemas que generan fallos en la planta.

Lo que se busca es disminuir al máximo el mantenimiento correctivo y de paros en la empresa que generan pérdidas sustanciales de recursos, acorta el tiempo de vida de los diferentes equipos, con lo que se garantiza que todos los paros por cuestiones de mantenimiento sean programados y se utilice partes y repuestos adecuados y de buena calidad.

OBJETIVOS

General

Definir la importancia que tiene un análisis de confiabilidad basándose en los equipos de mayor criticidad, y así basarse en tener un buen grado de confiabilidad de mantenimiento dentro de la empresa.

Específicos

1. Presentar los activos y equipos que tiene mayor porcentaje de criticidad dentro de la empresa.
2. Tener claros los planes de estrategias para prevenir los modos en que fallan los equipos.
3. Concientizar a todo el que esté involucrado en la empresa a participar en todo el sistema que conlleva el mantenimiento centrado en la confiabilidad del equipo.
4. Desarrollar todas las herramientas que se planificaran para lograr un buen sistema de confiabilidad.
5. Dar a conocer cuáles serán las soluciones más confiables cuando se presenten algunas fallas y enfocarse así en los equipos más críticos.

INTRODUCCIÓN

En los últimos treinta años, el mantenimiento dentro de la industria moderna ha experimentado una serie de profundas transformaciones a nivel tecnológico, económico, social, organizacional y humano. Estos cambios son consecuencia de la actual competitividad de los negocios y la globalización de los mercados. Por ello es muy importante un análisis de confiabilidad en cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, ya que hoy día la función principal del análisis de confiabilidad es el control de costos de la no confiabilidad provenientes de las fallas de equipamientos y procesos generando pérdidas y menos margen para los beneficios.

Un sistema basado en confiabilidad reduce los riesgos a los que se expone la organización, analizando los equipos para que la probabilidad que tiene un dispositivo, sistema o proceso no falle y así pueda desarrollar su función por un determinado tiempo dentro de un contexto operacional.

El análisis de criticidad, es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en los activos o equipos que más incidencia tienen a fallar.

Al tener plenamente establecido cuáles sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente los programas y planes de mantenimiento que se deberían seguir de acuerdo al tipo de problema o falla

que se presente en determinado problema, ya que el enfoque siempre serán los activos críticos.

Un buen estudio de criticidad basado en la confiabilidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas. Todas estas prácticas están orientadas al mejoramiento de la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados, con la finalidad de hacer a las empresas más competitivas y rentables, disponer de una excelente imagen con el entorno, así como la satisfacción de sus trabajadores y clientes.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Generalidades de la empresa

Destiladora de Alcoholes y Ronas, S.A. (DARSA), es una empresa que forma parte del grupo corporativo de Industrias Licoreras de Guatemala y desde el año de su fundación tiene como principales actividades comerciales la producción y distribución tanto de alcohol etílico como de aguardientes naturales y añejos.

DARSA cuenta con diferentes centros de operación en el país. Cada una de ellas desempeña una función específica, siendo estos:

- DARSA Tululá: planta de fabricación de alcohol y bodega de producto terminado.
- DARSA Santa Lucía Cotzumalguapa: bodegas de añejamiento y producto terminado.
- DARSA Escuintla: bodegas de añejamiento y producto terminado.
- DARSA Puerto Quetzal: bodega de producto terminado para despacho a granel.
- DARSA Nahualate: bodegas de añejamiento.
- DARSA Mixco: bodegas y comercialización de alcohol industrial.

- DARSA Zacapa: bodega de añejamiento de rones a granel.

1.1.1. Historia

DARSA inicia operaciones en 1974, surgiendo de Central Añejadora Guatemalteca, S.A. (CAGSA) produciendo 20 000 litros de alcohol diariamente. En 1978 adquiere el equipo de marca Sodecia, con lo que se alcanza una producción diaria de 60 000 litros.

Posteriormente, en 1985 se inicia el aprovechamiento del gas carbónico generado durante el proceso de fermentación, que es utilizado por la empresa CARBOX como materia prima.

En 1993 se pone en funcionamiento la columna de producción de ron pesado de marca Vendome y se inicia con el proyecto de construcción de la primera planta a nivel centroamericano para el tratamiento de la vinaza de forma anaeróbica.

En este mismo año también se instala una columna deshidratadora de marca Kemp para la producción de alcohol absoluto.

Un año más tarde, en 1994, se amplía nuevamente la planta de producción ubicada en Santa Lucía Cotzumalguapa con la adquisición de los equipos de producción denominados ACME 1 y ACME 2. Cuatro años más tarde, en 1998, se inicia la ejecución del proyecto de fertirrigación para el manejo de vinaza y riego de los campos de caña que inicia operación dos años más tarde.

La producción de alcohol extraneutro tuvo su inicio en 2003 con la adquisición de una columna de desmetilización de marca Praj.

El 2005 marca el inicio de una nueva era en la empresa, ya que el Ingenio Tululá pasa a ser parte del grupo corporativo y posteriormente se inicia la construcción de la planta de producción DARSA Tululá.

El 2007 marca el inicio de las operaciones de la nueva planta de producción (DARSA Tululá), con una capacidad de 250 000 litros de alcohol. Para esto se hace uso de un nuevo equipo de destilación de marca Montz.

Durante el transcurso del 2008 se inicia el traslado del equipo Praj y Kemp desde la planta de Santa Lucía hacia la planta Tululá.

En el año en curso de trasladó también el equipo Vendome y se instaló una columna deshidratadora de marca Praj para la producción de alcohol carburante.

1.1.2. Visión y misión

- Visión

“Ser la organización líder en la elaboración y comercialización de los más finos rones añejos y otros productos, para el mundo que disfruta de la excelencia.”

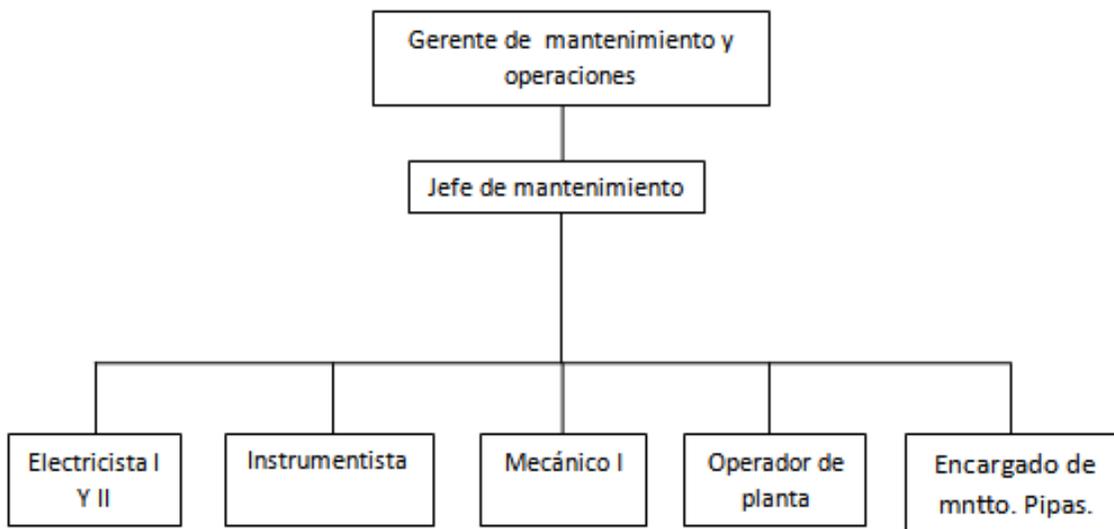
- Misión

“Satisfacemos los gustos más exigentes alrededor del mundo con los ronones añejos y otros productos, de la más alta calidad y excelencia, innovando constantemente con un equipo comprometido a una rentabilidad y crecimiento sostenido, con responsabilidad social.”

1.1.3. Organigrama de mantenimiento

Un organigrama es la representación gráfica de la estructura de una empresa u organización. Representa las estructuras departamentales y, en algunos casos, las personas que las dirigen, hacen un esquema sobre las relaciones jerárquicas y competenciales de vigor en la organización.

Figura 1. **Organigrama**



Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Ubicación

DARSA Tululá se encuentra ubicada en el municipio de San Andrés Villa Seca del departamento de Retalhuleu, sobre el kilómetro 4,5 de la carretera que conduce al parcelamiento La Máquina.

Figura 2. **Planta DARSA Tululá**



Fuente: San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

2. CONCEPTOS GENERALES

2.1. Mantenimiento

Es el conjunto de acciones emprendidas a preservar o mantener en buenas condiciones el funcionamiento de un sistema, equipo o proceso en una organización sosteniendo su desempeño en condiciones de fiabilidad y respetando la seguridad, salud y cuidado del medio ambiente, siempre tomando en cuenta costos y desempeño.

2.2. Tipos de mantenimiento según el estado del activo

Mantenimiento operacional

Se define como la acción de mantenimiento aplicada a un equipo o sistema a fin de mantener su continuidad operacional. El mismo es ejecutado en la mayoría de los casos con el activo en servicio sin afectar su operación natural.

La planificación y programación de este tipo de mantenimiento, es completamente dinámica. La aplicación de los planes de mantenimiento rutinario se efectúa durante todo el año con programas diarios que dependen de las necesidades que presente un equipo sobre las condiciones particulares de operación. En este sentido el objetivo de la acción de mantenimiento es garantizar la operabilidad del equipo para las condiciones mínimas requeridas en cuanto a eficiencia, seguridad e integridad.

El mantenimiento operacional en la industria es manejado por personal de dirección de la organización con un *stock* de materiales para consumo constante y los recursos de equipos, herramientas y personal artesanal para la ejecución de las tareas de campo son obtenidos de empresas de servicio.

Mantenimiento mayor

Es el mantenimiento aplicado a un equipo o instalación donde su alcance en cuanto a la cantidad de trabajos incluidos, el tiempo de ejecución, nivel de inversión o costo del mantenimiento y requerimientos de planificación y programación son de elevada magnitud, dado que la razón de este tipo de mantenimiento reside en la restitución general de las condiciones de servicio del activo, bien desde el punto de vista de diseño o para satisfacer un período de tiempo considerable con la mínima probabilidad de falla o interrupción del servicio y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos.

La diferencia entre ambos tipos de mantenimiento se basa en los tiempos de ejecución, los requerimientos de inversión, la magnitud y alcance de los trabajos, ya que el mantenimiento operacional se realiza durante la operación normal de los activos, y el mantenimiento mayor se aplica con el activo fuera de servicio.

2.2.1. Según las actividades realizadas

Mantenimiento preventivo

Es aquel que consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto

operacional donde su ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos. En la medida en que se optimicen las frecuencias de realización de las actividades de mantenimiento se logra aumentar las mejoras operacionales de los procesos.

Mantenimiento correctivo

También denominado mantenimiento reactivo, es aquel trabajo que involucra una cantidad determinada de tareas de reparación no programadas, con el objetivo de restaurar la función de un activo una vez producido un paro imprevisto. Las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a desperfectos no detectados durante las inspecciones predictivas, a errores operacionales, a la ausencia tareas de mantenimiento y, a requerimientos de producción que generan políticas como la de reparar cuando falle.

Existen desventajas cuando se deja trabajar una máquina hasta la condición de reparar cuando falle, ya que generalmente los costos por impacto total son mayores que si se hubiera inspeccionado y realizado las tareas de mantenimiento adecuadas que mitigaran o eliminaran las fallas.

Mantenimiento predictivo

Es un mantenimiento planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, programas de inspección y reparación de equipos, el cual se adelanta al suceso de las fallas, es decir, es un mantenimiento que detecta las fallas potenciales con el sistema en funcionamiento. Con los avances tecnológicos se hace más fácil detectar las fallas, ya que se cuenta con sistemas de vibraciones mecánicas, análisis de aceite, análisis de tomografía infrarrojo, análisis de ultrasonido, monitoreo de condición, entre otras.

Mantenimiento proactivo

Es aquel que engloba un conjunto de tareas de mantenimiento preventivo y predictivo que tienen por objeto lograr que los activos cumplan con las funciones requeridas dentro del contexto operacional donde se ubican, disminuir las acciones de mantenimiento correctivo, alargar sus ciclos de funcionamiento, obtener mejoras operacionales y aumentar la eficiencia de los procesos.

Mantenimiento por averías

Es el conjunto de acciones necesarias para devolver a un sistema y/o equipo las condiciones normales operativas, luego de la aparición de una falla. Generalmente no se planifica ni se programa, debido a que la falla ocurre de manera imprevista.

2.2.2. Según su ejecución en el tiempo

Mantenimiento rutinario

Está relacionado a las tareas de mantenimiento regulares o de carácter diario.

Mantenimiento programado

Está relacionado a los trabajos recurrentes y periódicos de valor sustancial.

Parada de planta

Está relacionado al trabajo realizado durante paradas planificadas.

Extraordinario

Está relacionado al trabajo causado por eventos impredecibles.

2.2.3. Objetivo del mantenimiento

En la ingeniería, el mantenimiento se preocupa por especificar las medidas y procedimientos técnicos y científicos que permitan mantener a un activo físico o sistema cumpliendo sus funciones a un nivel estipulado con anterioridad, mismo que nunca supera la capacidad original, de diseño, del activo físico o sistema.

El mantenimiento no puede bajo ninguna condición aumentar la capacidad o confiabilidad de un componente. Así, se concluye que el mantenimiento sólo puede mantener los niveles de capacidad y confiabilidad para los que el componente es diseñado y para las funciones que está desempeñando.

2.3. Estrategias de mantenimiento

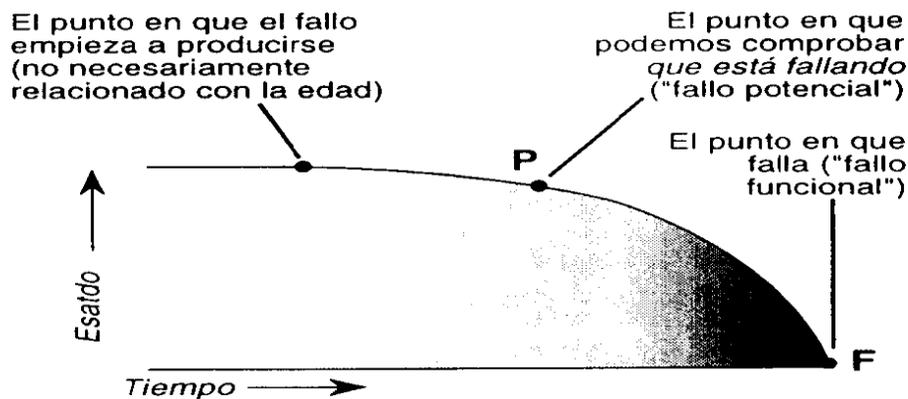
Tareas de mantenimiento

Son aquellas que ayudan a decidir qué hacer para prevenir una consecuencia de falla. El que una tarea sea técnicamente factible depende de las características de la falla y de la tarea. Las tareas de estas se clasifican en:

Tareas a condición: consisten en chequear si los equipos están fallando, de manera que se puedan tomar medidas, ya sea para prevenir la falla funcional o para evitar consecuencias de las mismas.

Están basadas en el hecho de que un gran número de fallas no ocurren instantáneamente (fallas potenciales), sino que se desarrollan a partir de un período de tiempo. Los equipos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

Figura 3. **Evolución de la falla funcional en el tiempo**



Fuente: Moubray. John Mantenimiento mundial. p. 45.

2.4. Paradigmas del mantenimiento

Tradicionalmente el mantenimiento poseía las siguientes características:

- Prescripción de legislación y estándares
- Recomendaciones de los vendedores

- Experiencias prácticas previas
- Uso de nuevas tecnologías sólo por el hecho que pueden ser usadas
- Definido por juicio de experiencia
- No existían justificaciones documentadas claras

2.4.1. Nuevas expectativas

El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, coste total y servicio al cliente. Esto se hace más patente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de *stock* en curso, hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización, es que cada vez son más serias las consecuencias de los fallos de una planta para la seguridad y/o el medio ambiente. Al mismo tiempo los estándares en estos dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal gerente, los sindicatos, los medios de información y el gobierno.

2.4.2. Nueva investigación

Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva una máquina funcionando y sus posibilidades de fallo.

2.4.3. Nuevas técnicas

Ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos y surgen cada vez. Estos incluyen:

- Técnica de *Condition Monitoring*
- Sistemas expertos
- Técnicas de gestión de riesgos
- Técnicas de análisis de riesgos

2.5. Evolución del mantenimiento

Como se ha visto la idea general del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento también está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida

para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se controlen los costes.

La primera generación

La primera generación cubre el período hasta la segunda Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

La segunda generación

Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase, mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejos. Las empresas habían comenzado a depender de ellas. Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más evidente. Esto llevó a la idea de que las fallas se podían y debían prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto de mantenimiento programado. En los años 60 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar sistemas de control y planeación del mantenimiento.

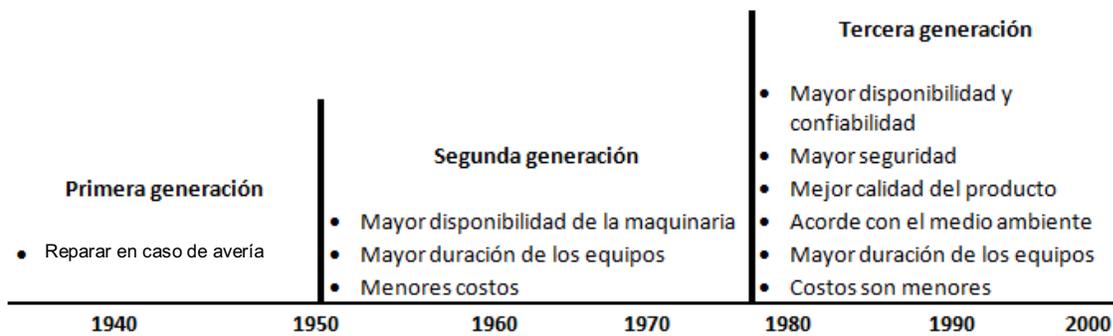
Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

La tercera generación

Desde mediados de los años 70, el proceso de cambio en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse así:

Nuevas expectativas: el crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más claro con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta.

Figura 4. **Evolución del mantenimiento**



Fuente: Moubray. John Mantenimiento mundial. p. 89.

Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento. Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente.

Nueva investigación: mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva un equipo funcionando y sus posibilidades de falla.

3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC)

3.1. Introducción del mantenimiento basado en la confiabilidad

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) fue desarrollado en un principio por la industria de la aviación comercial de los Estados Unidos, en cooperación con entidades gubernamentales como la NASA y privadas como la Boeing (constructor de aviones).

Desde 1974, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, ha usado el MCC, como la filosofía de mantenimiento de sus sistemas militares aéreos.

El éxito del MCC en el sector de la aviación, ha hecho que otros sectores tales como el de generación de energía (plantas nucleares y centrales termoeléctricas), petroleros, químicos, gas, refinación y la industria de manufactura, se interesen en implantar esta filosofía de gestión del mantenimiento, adecuándola a sus necesidades de operaciones.

Un aspecto favorable de la filosofía del MCC, es que la misma promueve el uso de las nuevas tecnologías desarrolladas para el campo del mantenimiento.

La aplicación adecuada de las nuevas técnicas de mantenimiento bajo el enfoque del MCC, permiten de forma eficiente, optimizar los procesos de producción y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad

personal y el ambiente, que traen consigo los fallos de los activos en un contexto operacional específico.

El presente trabajo tiene como finalidad servir de guía en la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para los sistemas asociados a plantas industriales, de forma de poder reforzar la Confiabilidad Operacional en el contexto de los objetivos del negocio.

3.2. El propósito

El objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento, consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costes, partiendo de la ejecución; permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional. En otras palabras, las funciones para los cuales fueron diseñados. Es decir, debe estar centrado en la confiabilidad operacional.

En la actualidad, esta meta puede ser alcanzada de forma óptima, con la metodología de gestión del mantenimiento, titulada Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C).

En términos generales, permite distribuir de forma efectiva los recursos asignados a la gestión de mantenimiento, tomando en cuenta la importancia de los activos dentro del contexto operacional y los posibles efectos o consecuencias de los modos de fallos de estos activos, sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones.

El MCC sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias, a los activos más importantes de un contexto operacional.

Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario.

El equipo desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible, que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta; la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón coste/beneficio.

3.3. Definición del mantenimiento basado en la confiabilidad

El mantenimiento es el proceso de causar que continúe solamente para entregar la capacidad incorporada (o confiabilidad inherente) de cualquier elemento. No puede aumentarla.

En otras palabras, si cualquier tipo de equipo es incapaz de realizar el funcionamiento deseado en principio, el mantenimiento por sí solo no puede realizarlo. En tales casos, se deben modificar los elementos de forma que pueda realizar el funcionamiento deseado, o por el contrario reducir las expectativas.

MCC se llama Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada o confiabilidad inherente.

La función determinada de cualquier equipo puede definirse de muchas formas dependiendo exactamente de dónde y cómo se esté usando (el contexto operacional).

Como resultado de esto, cualquier intento de formular o revisar las políticas de mantenimiento, deberían comenzar con las funciones y los estándares de funcionamiento asociados a cada elemento en su contexto operacional presente.

Lo que lleva a la siguiente definición formal de MCC: *Reliability Centred Maintenance*: es un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional.

Una definición más amplia de MCC podría ser un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continua desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente.

3.4. Razones para aplicar mantenimiento centrado en la confiabilidad

Desde el punto de vista técnico, hay dos elementos a considerar en la gestión de cualquier elemento físico. Deben mantenerse y de vez en cuando puede que haga falta modificarlos.

Algunos diccionarios definen mantener; como la causa para continuar o para mantener en un estado existente. Ambas definiciones ponen de manifiesto que el mantenimiento significa la preservación de algo.

3.5. Beneficios de aplicar mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:

Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:

- Mejora en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes. La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada fallo antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de fallo que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones a falta de que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas preventivas apropiadas.
- Menos fallos causados por un mantenimiento innecesario.

Mejores rendimientos operativos, debido a:

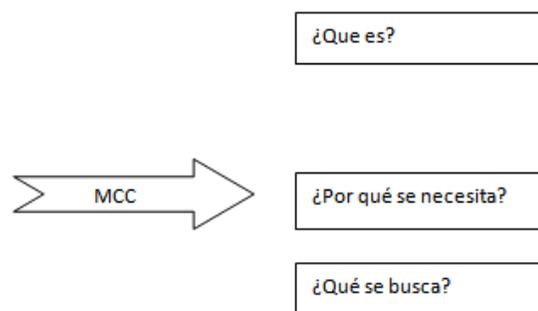
- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de los fallos mediante la referencia a los modos de fallo relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.

- Menor daño secundario a continuación de fallos de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de los fallos).
- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fáciles de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de desgaste de rodaje después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.

3.6. Análisis enfocados en funciones del mantenimiento centrado en la confiabilidad

Es importante responder a las interrogantes en el siguiente mapa, para ubicar en el basamento conceptual de la metodología, antes de profundizar en el procedimiento de implantación.

Figura 5. Preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad

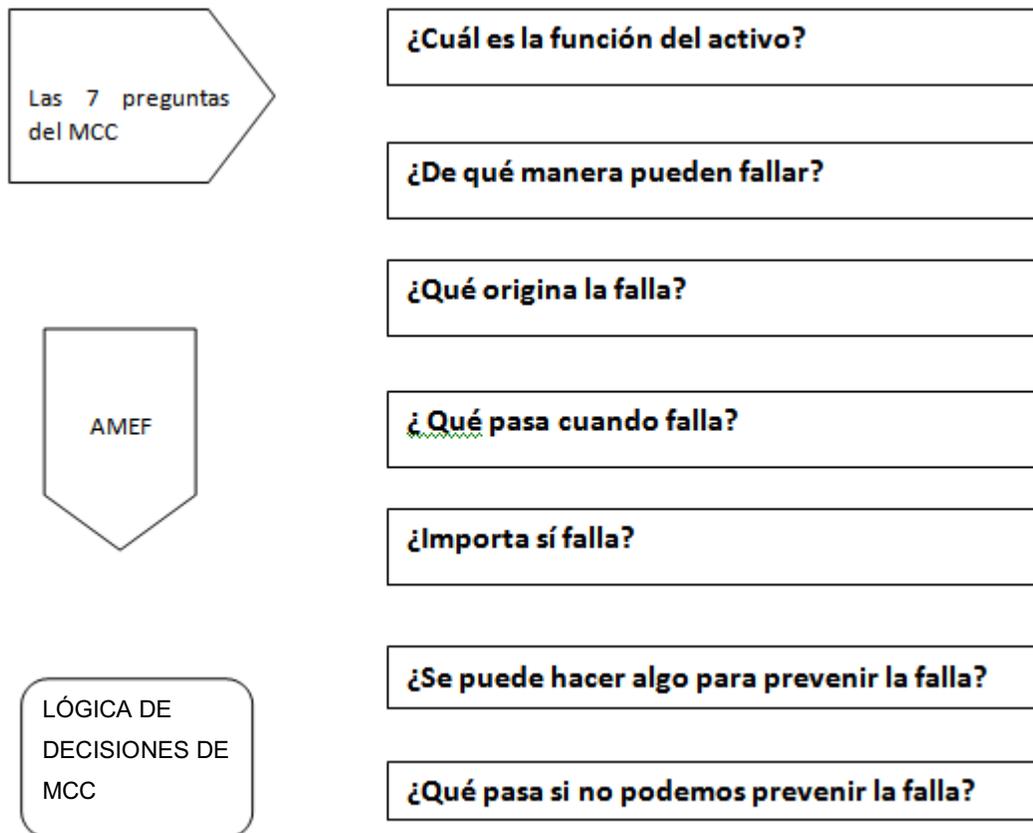


Fuente: AMENDOLA, Luis José. Gestión de proyectos de activos industriales. p. 25.

3.7. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad

Ésta metodología mantenimiento centrado en la confiabilidad, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:

Figura 6. Metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad



Fuente: AMENDOLA, Luis José. Gestión de proyectos de activos industriales. p. 30.

3.8. Las siete preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se centra en definir qué tipo de elementos físicos existen en la industria, y decidir cuáles son los que deben estar sujetos al proceso de revisión del mantenimiento centrado en la confiabilidad. En el presente caso se propone utilizar los registros de los equipos críticos del sistema de gestión de registros CMMS. En la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente se necesita la calidad, procedimientos de mantenimiento del sistema de calidad y luego se realiza una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

- ¿Cuáles son las funciones? (funciones y criterios de funcionamiento).
- ¿De qué forma falló? (fallos funcionales).
- ¿Qué causa el fallo? (modos de fallos).
- ¿Qué sucede cuando hay fallo? (efectos de los fallos).
- ¿Qué ocurre si falla? (consecuencia de los fallos).
- ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos? (tareas preventivas).
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos? (tareas a falta de).

3.9. Funciones y sus estándares de funcionamiento

Cada elemento de los equipos en el registro de la planta, debe de haberse adquirido para propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afectará a la organización en cierta manera.

La influencia total sobre la organización dependerá de:

La función de los equipos en su contexto operacional y el comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto, el proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional, asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el mantenimiento centrado en la confiabilidad pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento, siempre que sea posible.

Estos estándares, se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, coste operacional y seguridad.

3.9.1. Fallos funcionales

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo se puede dar el fallo en cada elemento. Esto lleva al concepto de un fallo funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

3.9.2. Modos de fallos

El paso siguiente, es tratar de identificar los modos de fallos que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente ¿qué es lo que se está tratando de prevenir?

Cuando se realiza este paso, es importante identificar cuál es la causa u origen de cada fallo. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo, tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de fallo debería ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se invierta demasiado tiempo en el análisis del fallo en sí mismo.

3.9.3. Efectos de los fallos

Cuando se esté identificando cada modo de fallo, los efectos de los fallos también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento preventivo (si lo hubiera) sería necesario.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas, produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad y también de eliminar errores. También mejora los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

3.9.4. Consecuencias de los fallos

Una vez que se hayan determinado las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y los efectos de las mismas en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del mantenimiento centrado en la confiabilidad es preguntar: ¿cómo (y cuánto) importa cada fallo?. La razón de esto es porque las consecuencias de cada fallo dicen si se necesita tratar de prevenirlas. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo se debe tratar de encontrar los fallos.

3.9.5. Cuatro grupos de las consecuencias de las fallas en el mantenimiento centrado en la confiabilidad

Mantenimiento centrado en la confiabilidad, clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos.

Tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del mantenimiento centrado en la confiabilidad, es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta.

Consecuencias de las fallas no evidentes:

Las fallas que no son evidentes finalmente van adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.

- Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente

Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. El mantenimiento centrado en la confiabilidad, considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

- Consecuencias operacionales

Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

- Consecuencias que no son operacionales

Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo, es el de la reparación. Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

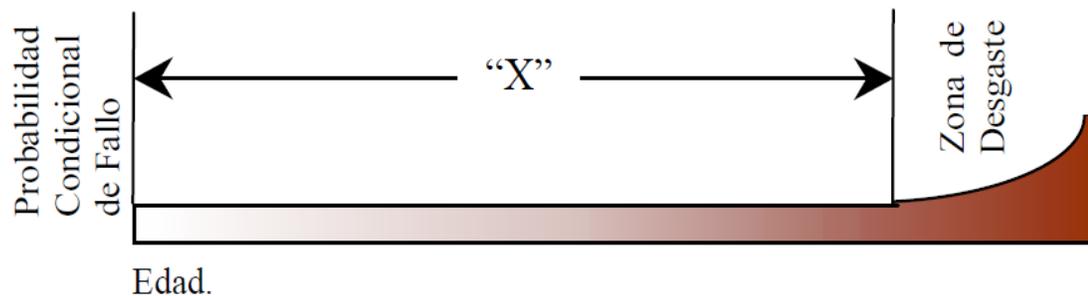
Por eso en este punto del proceso del mantenimiento centrado en la confiabilidad, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias

significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben realizar. Sin embargo, significativamente sin considerar primero el modo del falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

3.10. Tareas de mantenimiento en el mantenimiento centrado en la confiabilidad

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de la planta, es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos.

Figura 7. Fallo basado en el mantenimiento a intervalos fijos



Fuente: AMENDOLA, Luis José. Gestión de proyectos de activos industriales. p. 40.

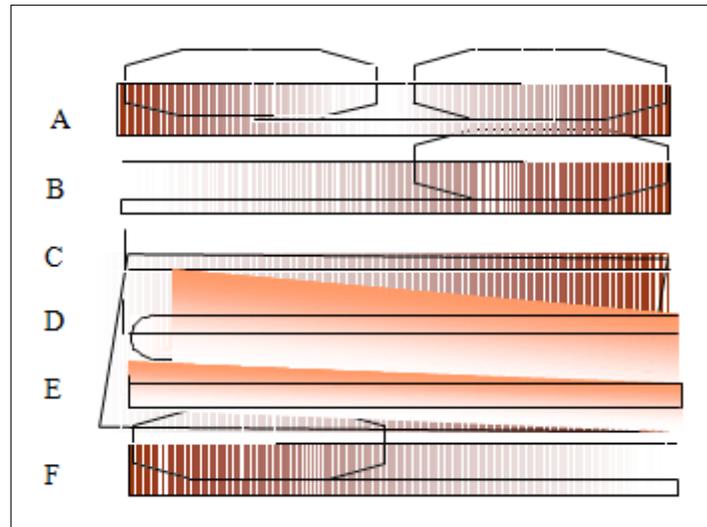
Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de fallo dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto. Ejemplos de ello son los revestimientos de tolvas y trituradoras, excavadoras o transportadores de tornillo sin fin, máquinas, herramientas, impulsores de bomba, refractarios de horno etc. Los fallos que tienen relación con la edad, también se asocian a menudo con la fatiga y la corrosión.

Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace quince años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de las fallas de los equipos, como se mostró en la figura 7.

La figura 8, siguiente muestra la probabilidad condicional de fallo contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

Figura 8. **Probabilidad condicional de fallo contra la vida útil**



Fuente: AMENDOLA, Luis José. Gestión de proyectos de activos industriales. p. 45.

El modelo A, es la conocida curva de la bañera. Comienza con una incidencia de fallo alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de rodaje) seguida por una frecuencia de fallo que aumenta gradualmente o que es constante y luego por una zona de desgaste. El modelo B, muestra una probabilidad de fallo constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste (el mismo modelo de la primera figura).

El modelo C, muestra una probabilidad de fallo ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable.

El modelo D, muestra una probabilidad de fallo bajo cuando la pieza es nueva o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que el modelo E, muestra una probabilidad constante de fallo en todas las edades (fallo aleatorio). Finalmente, el modelo F, comienza con una

mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de fallo que aumenta muy despacio o que es constante. Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4 por ciento de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2 por ciento con el B, el 5 por ciento con el C, el 7 por ciento con el D, el 14 por ciento con el E y no menos del 68 por ciento con el modelo F.

En general, los modelos de los fallos dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F, aviación no es necesariamente el mismo que en la industria. Pero no hay duda de que cuanto más complicados sean los equipos, más veces se encontraran los modelos de fallo E y F.

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de fallo. Hoy en día, esto es raramente verdad, a no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo.

De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de los fallos en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento preventivo. De hecho, esto puede ser lo mejor en casos de fallos que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos

reducir las consecuencias. Lo que lleva de nuevo a la cuestión de las tareas preventivas.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, reconoce cada una de las 3 categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

- Tareas cíclicas a condición
- Tareas de reacondicionamiento cíclico
- Tareas de sustitución cíclica

Tareas a condición

La necesidad continua de prevenir ciertos tipos fallos y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallos. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de los fallos dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallos potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir un fallo funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren los fallos potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderos fallos funcionales.

Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque se realiza un seguimiento de los parámetros de operación de manera de detectar alguna condición que marque el inicio de un fallo potencial (las tareas, a condición incluyen todo tipo de mantenimiento predictivo y el *condition monitoring*).

El alcance de aviso dado por los diferentes fallos potenciales varía desde microsegundos a décadas. Los intervalos más largos significan que hay más tiempo para prevenir los fallos funcionales, por lo que se emplea un gran esfuerzo en desarrollar las técnicas de condición para que dé la mayor cantidad de tiempo de aviso previo a un fallo inminente como sea posible.

Si se usa de forma adecuada, las técnicas de condición son una buena forma de prevenir las fallas funcionales, pero también pueden ser una pérdida de tiempo cara. El mantenimiento centrado en la confiabilidad permite tomar decisiones acerca de ello con gran confianza.

Tareas de reacondicionamiento cíclico y de sustitución cíclica

Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

Una gran ventaja del MCC es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta), qué tarea preventiva es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quién debe de hacerlo.

Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del MCC. El MCC también ordena las tareas en forma descendiente de prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se deberá tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

3.10.1. El personal implicado

El proceso del MCC incorpora siete preguntas básicas. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas estas preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las respuestas sólo pueden proporcionarlas; el personal operativo o el de producción. Esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de las mismas. Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajo reducidos, que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción.

La antigüedad de los miembros del grupo, es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando.

- Los facilitadores

Los grupos de revisión, trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado en el MCC, que se conoce como un facilitador. Los facilitadores son el personal más importante en el proceso de revisión del MCC. Su papel es asegurar que:

- Se aplique el MCC correctamente (que se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto, y que todos los miembros del grupo las comprendan.)

- Que el personal del grupo (especialmente el de producción y mantenimiento) consiga un grado razonable de consenso general acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas.
 - Que no se ignore cualquier componente o equipo
 - Que las reuniones progresen de forma razonable
 - Que todos los documentos del MCC se llenen debidamente.
- Los auditores

Inmediatamente de que se haya completado la revisión de cada elemento de los equipos importantes, el personal gerente que tenga la responsabilidad total de la planta, necesitará comprobar que ha sido hecha correctamente y que está de acuerdo con la evaluación de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas. Este personal no tiene que efectuar la intervención personalmente, sino que pueden delegarla en otros que en su opinión estén capacitados para realizarla.

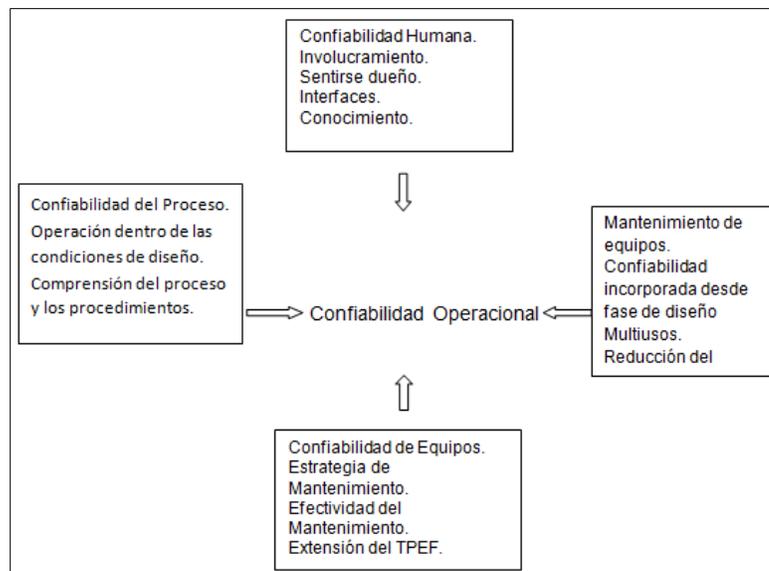
4. CONFIABILIDAD OPERACIONAL

4.1. Concepto de confiabilidad operacional

Es la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Es importante, puntualizar que en un programa de optimización de la confiabilidad operacional de un sistema, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros operacionales: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos.

Figura 9. Sistema de confiabilidad operacional



Fuente: AMENDOLA, Luis José. Gestión de proyectos de activos industriales. p. 50.

La variación en conjunto o individual que pueda sufrir cada uno de los cuatro parámetros presentados, afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

Para la ejecución de un programa de confiabilidad operacional, es necesario establecer una estrategia que permita la creación de un terreno clave para el éxito. Se pueden mencionar los siguientes aspectos:

Evaluación de situación en cuanto a tipo de equipos, modos de fallo relevantes, ingresos y costes, entorno organizacional, síntomas percibidos, posibles causas y toma de decisiones.

Diseño de ruta: para visualizar secuencia de metodologías que mejor se adapten a las situaciones. Priorización de iniciativas con el propósito de estimar el impacto potencial de cada una de ellas visualizando el valor agregado.

Definición de proyectos, identificando actores, nivel de conocimientos, anclas, combinación de metodologías y pericias.

La confiabilidad operacional, se aplica sustancialmente en los casos relacionados con:

Elaboración/revisión de los planes de mantenimiento e inspección en equipos estáticos y dinámicos.

Establecer alcance y frecuencia óptima de paradas de plantas.

Solución de problemas recurrentes en equipos e instalaciones que afectan los costes y la confiabilidad de las operaciones.

Determinación de tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, instalaciones, equipos y ambiente. Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.

La confiabilidad operacional incentiva la implantación de tecnologías que faciliten el logro de la optimización, entre ellas se destacan:

Modelaje de sistemas en confiabilidad operacional, se invierte a nivel de componentes (equipos, procesos y entorno organizacional) y se recibe el beneficio a nivel de plantas (factor de servicio)

Confiabilidad organizacional, llamado también en forma sesgada error humano, siendo éste el ancla más frecuente. Valor agregado de nuevas prácticas y conocimientos, a través de mediciones sistemáticas, bancos de datos, correlaciones, modelaje.

Manejo de la incertidumbre, a través de modelaje probabilístico de la incertidumbre.

Optimización integrada de la productividad y la confiabilidad, a través de experiencias piloto en seguridad y confiabilidad desde el diseño.

La confiabilidad operacional, considera los aspectos relacionados con el manejo del conocimiento y las habilidades de liderazgos que pudiesen interferir el logro de las metas establecidas:

Nuevos escenarios, tecnologías y filosofías complican la escena, surgen expertos y asesores.

Falta de conocimiento en CO, debilita liderazgo gerencial, debido a la marginación de tendencias contemporáneas o a la generación de expectativas poco realistas.

El conocimiento se radica en los equipos de trabajo, generando nuevos roles y promoviendo así el liderazgo compartido.

4.1.1. Confiabilidad de los procesos

Implica la operación de equipos dentro de los rangos de funcionamiento establecidos, o por debajo de la capacidad de diseño, es decir sin sobrecarga a los equipos.

Además, implica el correcto entendimiento de los procesos y procedimientos.

4.1.2. Mantenibilidad de equipos

Es decir la probabilidad de que un equipo pueda ser restaurado a su estado operacional en un período de tiempo determinado. Depende de la fase de diseño de los equipos (confiabilidad inherente de diseño), de la confiabilidad de los equipos de trabajo. Se puede medir a través del indicador tiempo medio, para reparar.

4.1.3. Confiabilidad de equipos

Determinada por las estrategias de mantenimiento, consiste en la probabilidad de que un equipo se encuentre en condiciones operables, durante

un período de tiempo. La efectividad del mantenimiento, se puede medir a través del indicador tiempo medio, entre fallas.

Un proceso de desarrollo de la confiabilidad operacional, implica cambios en la cultura de la empresa, creando un organismo diferente con un amplio sentido de la productividad y con una visión clara de los fines del negocio. La confiabilidad como cultura, busca que todas las actividades de producción y en general todas las tareas se efectúen bien desde la primera vez y por siempre; no se acepta que se hagan las cosas precariamente o a medias.

4.2. El banco de datos de mantenimiento

Ya se indicó, que para implantar un sistema de control del mantenimiento, es recomendable iniciar el proyecto de recopilación de datos, con la identificación de los elementos que componen la instalación industrial o de servicios, su localización y utilidad. Este conjunto de informaciones, llamado inventario, correlaciona cada equipo con su respectiva área de aplicación, función, centro de costos y posición física o geográfica en el área de producción y ofrece ayudas al personal de la gerencia, para el dimensionamiento de los equipos de operación y mantenimiento, cualificación necesaria al personal, definición de instrumentos, herramientas y máquinas, además de la proyección del plan general de construcción y distribución de los talleres de apoyo.

4.2.1. Inventario y catastro

Una vez identificados los equipos que componen la instalación, los registros se complementan, en la medida de lo posible, en base a un estándar, con la demás informaciones, las cuales deben ser suficientemente amplias

para absolver consultas de especificación, fabricación, adquisición, traslado, instalación, operación y mantenimiento. A este conjunto de información se le llama catastro, que es definido como:

Registro del mayor número de datos posibles de los equipos, a través de formularios o pantallas estandarizadas, que archivados(as) de forma conveniente, posibiliten el acceso rápido a cualquier información necesaria, para: mantener, comparar y analizar condiciones operativas, sin que sea necesario recurrir a fuentes diversas de consulta.

Por lo tanto, el catastro deberá reunir para cada tipo de equipo: los datos de construcción (manuales, catálogos y diseños), de compra (adquisición, solicitudes, presupuesto, fechas y costos), de origen (fabricante, proveedor, tipo y modelo), de transporte y almacenamiento (dimensiones, peso y recomendaciones), de operación (características normales y límites operativos) y de mantenimiento (lubricantes, repuestos generales y específicos, curvas características, recomendaciones de los fabricantes, límites, holguras y ajustes).

Actualmente la concepción de la recopilación de datos de catastro, está presentando mejoras con la evolución de los criterios de planeación y control de mantenimiento. Los primeros formularios desarrollados para esa finalidad, tenían la configuración de una tarjeta impresa con información genérica y aplicada a cualquier tipo de equipo, donde los datos generales y específicos aparecían mezclados y algunos indefinidos.

En la secuencia evolutiva, el reverso de la tarjeta pasó a ser utilizada para el registro del historial, a través de dos columnas, una para la fecha y otra para la descripción de la ocurrencia.

A partir de esa concepción, surgió la tarjeta de catastro e historial, con el cuidado de indicar en la primera columna la descripción de la ocurrencia y en las siguientes, las fechas en que la misma sucedía. Ese esmero trajo como ventajas adicionales, evitar la repetición de la misma ocurrencia varias veces, facilitando la visualización de aquellas que presentaban mayor incidencia, además de realizar algunos aciertos en la disposición de datos, lo que también, permitía facilitar la búsqueda en cuatro formas: número del archivo, código de catastro, número individual del equipo y código de equipo.

Tanto en los datos generales (o comunes) como en los datos específicos, existen registros de naturaleza administrativa (fechas, costo, números de documentos, localización etc.) y de naturaleza técnica, entre las cuales se destaca su función en el proceso o servicio.

La correlación entre el código de catastro, el número de identificación y el código de posición operativa (tag o código de equipo), permite la obtención de información para una familia de equipos (código de catastro) o para un equipo específico (número de identificación), o para los equipos que operan en una determinada localización de la instalación (código de equipo), lo que representa una inmensa ventaja para el análisis y decisión de los gerentes de mantenimiento.

Se ha de ilustrar esta ventaja con el siguiente ejemplo: suponiendo que en una planta existan 3 compresores de iguales características, todos importantes para el proceso productivo y, por esta razón se tiene en el almacén, 1 de reserva para una rápida sustitución. Si uno de los compresores queda inoperante, es sustituido inmediatamente por el de reserva, mientras el primero va para reparación.

4.2.2. Recolección de datos – recomendaciones

Antes de definir qué información debe ser reunida, se ha de abordar algunas recomendaciones obtenidas a través de la experiencia práctica, que se consideran fundamentales para que se pueda confiar en los datos obtenidos:

Aclaración al personal de ejecución, respecto a la finalidad de la recolección de los datos.

Al presentar esta recomendación se sugiere que el proyecto y desarrollo de los mecanismos de recolección de datos, sea hecho con la participación directa del personal de ejecución en todos los niveles, tanto en el aspecto de exposición, como de captación de ideas sobre el proceso a ser utilizado y los resultados pretendidos. Existe mayor probabilidad de éxito, cuando los que vayan a suministrar la información, hayan participado en el proyecto de desarrollo o adaptación del sistema a sus necesidades. Simplicidad de diligenciamiento de los documentos o pantallas en la recolección de datos.

En el caso de registro en formularios, tratar cuando sea posible, que la información se encuentre previamente impresa, de manera que el registro sea efectuado marcando con una X la opción elegida. En caso del registro a través del teclado de la computadora o terminal, la propia computadora deberá auxiliar al usuario a través de pantallas de consulta y utilización del cursor a través del ratón.

Nítida definición de lo que deberá ser analizado antes de implementar el proceso.

Esta recomendación, tiene por objeto evitar que sea realizada la recolección de datos innecesarios, sobrecargando el trabajo y sin obtener un fin

definido o con detalles innecesarios. Se debe recordar que todos los datos que se reúnan y procesen, posteriormente deben ser analizados obteniendo mejoras en las condiciones de trabajo del personal y de los equipos además de la reducción de costos.

Reducir al mínimo posible, la cantidad de modelos de formularios a ser diligenciados.

Buscar estandarizar la información en todos los sectores del mantenimiento para evitar que cada uno cree sus propios formularios, lo que encarecería el procesamiento de datos, tanto en el sistema de control manual como el automatizado

Evitar que la recolección de datos implique la interrupción en la ejecución de los servicios, o trabajo adicional excesivo para el personal de ejecución del mantenimiento.

Es recomendable que el encargado del servicio sea el que haga los registros de historial, sin embargo, los otros registros deben ser hechos por cada responsable del suministro de los datos, o sea, los ejecutantes del mantenimiento hacen los registros de sus tiempos ocupados, los bodegueros hacen los registros del material aplicado en cada orden de trabajo, los operadores hacen el registro de indisponibilidad y pérdida de producción y el área de recursos humanos; hace los registros de disponibilidad de personal y respectivos costos, recordando que todos deben estar conscientes de la importancia de tales datos. Capacitar de manera adecuada a los responsables por la recolección de datos.

4.2.3. Programación del mantenimiento

Se llama programa maestro de mantenimiento preventivo, al proceso de correlación de los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, centros de costos, códigos de material y cualquier otro dato, juzgado por el usuario como necesario para actuar preventivamente en los equipos.

El montaje tradicional del programa maestro de mantenimiento preventivo, en el sistema de control manual, ocurre a través de mapas, donde son registrados: en la primera columna, el código de localización (código de equipo), es correlacionado en las columnas siguientes, con él: nombre del equipo, los códigos de instrucción de mantenimiento y la página de registro de datos el órgano responsable por el mantenimiento y la periodicidad.

4.2.4. Orden de trabajo

La fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

Las ordenes de trabajo son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de

información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

En los antiguos modelos de orden de trabajo usados en el sistema manual, eran presentados en la parte superior: los datos de identificación del equipo y del problema, en la parte media: los datos de planificación, y en la parte inferior: los de ejecución del mantenimiento, subdivididos en dos partes: datos para gestión del equipo (sumario del servicio ejecutado y comentarios sobre el problema) y para gestión de mano de obra (horas -hombre consideradas y utilizadas).

4.2.5. Mano de obra disponible

Se entiende, como mano de obra disponible de un órgano de ejecución del mantenimiento, el resultado de las horas-hombre efectivas, o sea, el producto del número de empleados de ese órgano por el número de horas trabajadas (normales y extras), menos el número de horas-hombre no presentes por motivo de vacaciones, enfermedad, servicio en otras unidades de la empresa, capacitación externa, accidente o cualquier otro motivo autorizado o no, que haya provocado la ausencia del personal.

Para la recolección de datos de disponibilidad de personal, para la ejecución del mantenimiento propio y de refuerzo en otras áreas de la empresa o de contratistas, es necesario el desarrollo de un formulario, que debe ser completado por el órgano administrativo de cada unidad de producción, a partir

de los registros de las tarjetas horarias u otro sistema de control de horario adoptado en la empresa.

4.2.6. Datos de operación

Para permitir el procesamiento de información relativa a los informes de gestión de equipos y costos (facturación cesante), debe ser previsto el registro de los datos provenientes de operación, que deberán constar básicamente de: horas de funcionamiento de los equipos por período de control (horizonte), pérdida o reducción de la producción debido al mantenimiento, además de la referencia a cada intervención, normalmente hecha a través de la indicación del número de la orden de trabajo.

Estos registros, deben ser hechos por los propios operadores y, como en el caso anterior, habiendo integración, esta información puede ser obtenida directamente de los bancos de datos de operación.

4.2.7. Registro de medición (o variación de especificaciones)

Para el registro de los valores de las mediciones efectuadas, durante el mantenimiento de los equipos prioritarios (clase A) y algunos secundarios (clase B), para los cuales se juzgue conveniente acompañar las variables, para la implantación del control predictivo del mantenimiento, se deben estandarizar mecanismos de registro específico, cuyos valores resultantes de medición, serán procesados para la obtener las curvas de generación.

Debe aclararse que, generalmente los resultados prácticos del seguimiento de la modificación de las variables de un equipo, con el objetivo de implantar el análisis de síntomas, no son inmediatos, pudiendo en algunos

casos, presentar resultados tras varios años de seguimiento. Inclusive, es recomendable que inicialmente sea realizada una evaluación, respecto a la validez del resultado en equipos que no comprometan el proceso productivo (clase B).

5. EVALUANDO LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

5.1. Informes de gestión del mantenimiento

Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, se debe permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.

La primera etapa recomendada para el desarrollo de los informes de gestión, debe ser la de gestión de equipos, o sea, el acompañamiento del desempeño de cada uno y su participación en la actividad objeto de la empresa, especialmente los de clase A y algunos o todos de la clase B, de acuerdo con la evaluación de los usuarios.

Esa recomendación se basa en la simplicidad de implantación de esos informes, ya que los mismos, dependen básicamente de los registros de inventario, datos de operación y de las ordenes de trabajo, excluidas las recolecciones de datos de material y mano de obra, siendo para mano de obra, debido a las naturales reacciones a los cambios, necesitan de más tiempo para su orientación, teniendo como propósito la obtención de informaciones confiables.

Índices clase mundial

Son llamados índices clase mundial, aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis índices clase mundial, cuatro

son los que se refieren al análisis de la gestión de equipos y dos a la gestión de costos.

5.2. Datos e información útil

Un sistema de procesamiento, es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si se deben realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, se debe definir una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento. Es decir: a partir de una serie de datos, el sistema de procesamiento se debe devolver información, una serie de indicadores en los que se basará para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Una de las cosas que se debe definir es, pues, cuáles serán esos indicadores. Hay que tener cuidado en la elección, pues se corre el riesgo de utilizar como tales una serie de números que no aporten ninguna información útil. Se corre el riesgo de tomar datos, procesarlos y obtener a cambio otros datos.

Al imaginar el caso de elegir la disponibilidad de equipos como un indicador. Si se listan todas las paradas de cada uno de los equipos de la planta, la fecha y hora en que han ocurrido y su duración, la lista resultante serán datos, pues tal y como se presenta no se pueden tomar decisiones basándose en ella.

Si ahora se procesa esta lista, sumando los tiempos de parada de cada equipo y calculando el tiempo que han estado en disposición de producir, se obtiene una lista con la disponibilidad de cada equipo. En una planta industrial con, 500 equipos por ejemplo, esta lista contendrá de nuevo datos, no información. Como mucho, tendrá algo de información mezclada con muchos datos.

5.3. Principales indicadores de mantenimiento

Existe una diversidad de indicadores para evaluar todas las actividades del mantenimiento. Pero considera que los que se van a mencionar a continuación son los indispensables en toda gestión de mantenimiento.

5.3.1. Indicadores de gestión de disponibilidad

Los indicadores clave sobre los que se sustenta el proceso de gestión de la disponibilidad se resumen en: disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y capacidad de servicio. La disponibilidad depende del correcto diseño de los servicios.

5.3.2. Tiempo promedio entre fallas

Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado. Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

$$MTBF = \frac{\text{Nº de horas de operación}}{\text{Nº de paradas correctivas}}$$

5.3.3. Tiempo medio para reparación

Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado. Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

$$\text{TMPR} = \frac{\text{tiempo total de las reparaciones correctivas}}{\text{No. De reparaciones correctivas}}$$

5.3.4. Tiempo medio para la falla

Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado. Este índice debe ser usado para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

$$\text{MTTF} = \frac{\text{No. De horas de operación}}{\text{No. De fallas}}$$

Es importante observar la diferencia conceptual existente entre los índices tiempo medio para la falla y tiempo medio entre fallas. El primer índice (TMPF), es calculado para ítems que no son reparados tras la ocurrencia de una falla, o sea, cuando fallan son sustituidos por nuevos y, en consecuencia, su tiempo de reparación es cero. El segundo índice (TMEF), es calculado para ítems que son reparados tras la ocurrencia de la falla. Por lo tanto, los dos índices son mutuamente exclusivos, o sea, el cálculo de uno excluye el cálculo del otro, para ítems iguales.

El cálculo del tiempo medio entre fallas, debe estar asociado al cálculo del tiempo medio para la reparación.

Debido a que dichos índices presentan un resultado promedio, su exactitud está asociada a la cantidad de ítems observados y al período de observación. Cuanto mayor sea la cantidad de datos, mayor será la precisión de la expectativa de sus valores.

En caso de no existir gran cantidad de ítems, o en el caso que se desee obtener los tiempos promedios entre fallas de cada uno, es recomendable trabajar con períodos bastante amplios de observación (cinco años o más), para garantizar la confiabilidad de los resultados.

5.3.5. Disponibilidad de equipos

También se le conoce como disponibilidad operativa, relación entre la diferencia del número de horas del período considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del período considerado. La disponibilidad debe ser mayor a 85 por ciento.

$$A = \frac{HL - PP - PR}{HL} \times 100$$

HL= horas laborales de la empresa donde se excluye domingos y feriados.

PP= paradas programadas mantenimiento proactivo también se incluyen las reparaciones programadas y *overhauls*.

PR= paradas por mantenimiento reactivo no programadas

La disponibilidad de un ítem representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad.

5.3.6. Confiabilidad de equipos

Grado de confianza que da un equipo de que no fallará en un período de tiempo determinado, el propósito es asegurar el servicio continuo de los activos. La confiabilidad siempre es mayor o igual a la disponibilidad, si las horas de mantenimiento preventivo = 0; confiabilidad = disponibilidad, si las horas de mantenimiento correctivo y emergencia = 0; confiabilidad = 100 por ciento > disponibilidad. La confiabilidad debe ser mayor 85 por ciento.

Confiabilidad=

$$\frac{\text{tiempo total disponible del período} - \text{tiempo destinado a mantto correctivo}}{\text{tiempo total disponible del período}}$$

5.4. Indicadores de gestión de órdenes de trabajo

Un sistema que le permita tener un control absoluto del estado de cada trabajo realizado, así como: informes variados detallados o resumidos de las órdenes por estado, operario, fecha, cliente. Con información de materiales, precios de venta y coste.

5.4.1. Número de órdenes de trabajo generadas en un período determinado

La información que facilita este indicador es más representativa, cuanto mayor sea la cantidad media de órdenes de trabajo que genera la planta. Así,

es fácil que en una planta que genera menos de 100 órdenes de trabajo de mantenimiento mensuales, la validez de este indicador sea menor que una planta que genera 1 000 órdenes de trabajo.

Además, es posible estimar el rendimiento de la plantilla a partir del número de órdenes de trabajo.

Suele ser útil conocer cuál es el número de órdenes de trabajo acabadas, sobre todo en relación al número de órdenes generadas. Es muy importante, como siempre, seguir la evolución en el tiempo de éste indicador.

5.4.2. Número de órdenes de trabajo pendientes

Este indicador da una idea de la eficacia en la resolución de problemas. Es un indicador absolutamente imprescindible, junto con los indicadores de disponibilidad, los de coste o el de emergencias. Es conveniente distinguir entre las órdenes de trabajo que están pendientes por causas ajenas a mantenimiento (pendientes por la recepción de un repuesto, pendientes porque producción, no da su autorización para intervenir en el equipo, etc.) de las debidas a la acumulación de tareas o a la mala organización de mantenimiento.

Por ello, es conveniente dividir este indicador en otros tres:

- Pendientes de repuesto
- Pendientes de parada de un equipo
- Pendientes por otras causas

5.4.3. Horas estimadas de trabajo pendiente

Es la suma de las horas estimadas en cada uno de los trabajos pendientes de realización. Es un parámetro más importante que el número de órdenes pendientes, pues permite conocer la carga de trabajo estimada por realizar.

5.4.4. Índice de cumplimiento de la planificación

A pesar de que resulta muy lógico el empleo de este indicador, en realidad son muy pocas las plantas que lo tienen implementado.

índice de cumplimiento de la planificación =

$$\frac{\text{No.de órdenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{No.de órdenes totales}}$$

Aunque los costes no parecen en principio un indicador habitual para mantenimiento, nada está más alejado de esa realidad. El coste, junto con la disponibilidad, son los dos parámetros que el responsable de mantenimiento maneja constantemente, y eso es porque la información que le aportan es determinante en su gestión.

La cantidad de índices que hacen referencia a los costes del departamento de mantenimiento es inmensa. Aquí se exponen algunos que pueden resultar prácticos.

5.4.5. Coste de la mano de obra por secciones

Si la empresa se divide en zonas o secciones, es conveniente desglosar este coste para cada una de las zonas o secciones. Si éstas tienen personal de mantenimiento permanente, el coste será el del personal adscrito a cada una de ellas. Si se trata de un departamento central, el coste por secciones se calculará a partir de las horas empleadas en cada una de las intervenciones.

5.4.6. Proporción de coste de la mano de obra de mantenimiento

Es el cociente de dividir el número total de horas empleadas en mantenimiento entre el coste total de la mano de obra:

$$\text{Coste de hora medio} = \frac{\text{No.de horas de mantenimiento}}{\text{Coste total de la mano de obra de mantenimiento}}$$

5.5. Índices de tipos de mantenimientos

Un sistema de procesamiento de la información, es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si se deben realizar cambios o determinar algún aspecto concreto,

5.5.1. Índice de mantenimiento programado

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento programado sobre horas totales.

$$\text{IMP} = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

5.5.2. Índice de correctivo

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento correctivo sobre horas totales.

Él es un indicador tremendamente útil cuando se está tratando de implementar un plan de mantenimiento preventivo en una planta en la que no existía tal plan; también es muy útil cuando se están implementando cambios en el departamento; y por último, es muy interesante cuando se trata de evaluar el trabajo de un contratista de mantenimiento en contratos de gran alcance en los que la gestión del mantenimiento recae en el contratista (los buenos contratistas tienen un IMC muy bajo).

$$\text{IMC} = \frac{\text{horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

5.5.3. Índice de emergencias

Porcentaje de horas invertidas en realización de órdenes de trabajo de prioridad máxima:

$$\text{IME} = \frac{\text{Horas O.T.prioridad máxima}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$$

La importancia de este indicador radica en que cuanto mayor sea el número de órdenes de trabajo de emergencia, peor es la gestión que se hace del mantenimiento. El caso extremo, es el de plantas que no tienen

implementado ningún plan de mantenimiento preventivo, en el que el mantenimiento se basa en crisis (de ahí que a veces se denomine mantenimiento de crisis). En ellas el índice, es el 100 por ciento. Por extraño que pueda parecer son muchas las plantas en las que este índice alcanza su valor máximo.

Una variante más sencilla de este índice es realizar el cálculo no sobre horas invertidas en orden de trabajo de prioridad máxima, sino en el número de orden de trabajo de prioridad máxima sobre el número de orden de trabajo total. Aunque es más fácil de implementar y de calcular, evidentemente la información que aporta es menos concluyente.

5.6. Índices de gestión de almacenes y compras

Los resultados de mantenimiento se ven enormemente afectados por la eficacia de los procesos de compra o de almacén. Estas dos áreas pueden estar dentro de las responsabilidades de mantenimiento o pueden estar gestionadas por otros departamentos. En cualquier caso, es conveniente conocer si el funcionamiento de estas áreas, que afectan a los resultados, es la adecuada, y qué mejor manera que definir unos indicadores sencillos que permitan conocer si se gestionan con eficacia.

5.6.1. Consumo de materiales

Miden el consumo de repuestos y consumibles en actividades propias de mantenimiento en relación con el consumo total de materiales. Este dato puede ser importante cuando la planta tiene consumo de materiales del almacén de repuesto adicionales a la actividad de mantenimiento (mejoras, nuevas instalaciones, etc.)

Es un índice relativamente poco usual. Es útil cuando se está tratando de optimizar el coste de materiales y se desea identificar claramente las partidas referentes a mantenimiento, a modificaciones y a nuevas instalaciones.

% consumo materiales en mantto.=

$$\frac{\text{Valor de materiales consumidos para mantenimiento}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

5.6.2. Rotación del almacén

Es el cociente de dividir el valor de los repuestos consumidos totales y el valor del material que se mantiene en *stock* (valor del inventario de repuestos).

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Valor repuesto consumido}}{\text{valor del } \textit{stock} \text{ de repuesto}}$$

Hay una variación interesante de este índice, cuando se pretende determinar si el *stock* de repuestos y consumibles está bien elegido. Si es así, la mayor parte del material que consume mantenimiento lo toma del almacén, y solo una pequeña parte de lo comprado es de uso inmediato. Para determinarlo, es más útil dividir este índice en dos:

$$\text{Origen de materiales} = \frac{\text{Valor del material consumido del almacen}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

$$\text{Rotación de almacén} = \frac{\text{Valor de materiales consumidos del almacén}}{\text{Valor de almacén}}$$

Otra forma de conocer si el almacén de mantenimiento está bien dimensionado, es determinando la proporción de piezas con movimientos de entradas y salidas. Una utilidad de este índice es determinar qué porcentaje de piezas tienen escaso movimiento, para tratar de eliminarlas, desclasificarlas, destruirlas, venderlas, etcétera.

% de piezas con movimiento=

$$\frac{\text{Piezas que han tenido movimientos en un periodo fijado}}{\text{No. de piezas totales}}$$

6. HERRAMIENTAS PARA DESARROLLAR LABORES DE MANTENIMIENTO

Un proceso que busca caracterizar el estado actual y predecir el comportamiento futuro de equipos, sistemas y/o procesos, mediante el análisis del historial de fallas, los datos de condición y datos técnicos, con la finalidad de identificar las acciones correctivas y proactivas que puedan efectivamente optimizar costos a través de la sistemática reducción de la ocurrencia de fallas y eventos no deseados, y minimizar en consecuencia, su impacto en el negocio medular.

Adicionalmente, se destaca a la Ingeniería de Confiabilidad como el marco teórico-conceptual en el que conviven las metodologías y técnicas para lograr este fin. Adicionalmente se define confiabilidad operacional como un proceso de mejora continua, que incorpora, en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías basadas en confiabilidad y el uso de nuevas tecnologías, en la búsqueda de optimizar la planificación y la toma de decisiones. Ingeniería de Confiabilidad porque una de las mejores formas para agregar valor, es evitar que se destruya.

6.1. Estimación de riesgo

El cálculo del riesgo, involucra la estimación de la probabilidad de fallas y/o la confiabilidad, ($\text{confiabilidad} = 1 - \text{probabilidad de fallas}$), y de las consecuencias del indicador riesgo en sus componentes fundamentales. En ella se muestra claramente que para calcular riesgo, deben establecerse dos vías, una para el cálculo de la confiabilidad y/o la probabilidad de fallas, en

base a la historia de fallas o en base a la condición; y otra para el cálculo de las consecuencias.

6.2. Estimación de la probabilidad de fallas y/o la confiabilidad

Para la estimación de la confiabilidad o la probabilidad de fallas, existen dos métodos que dependen del tipo de data disponible; estos son:

- Estimación basada en datos de condición, altamente recomendable para equipos estáticos, que presentan patrones de baja frecuencia de fallas y por ende no se tiene un historial de fallas que permita algún tipo de análisis estadístico.
- Estimación basada en el historial de fallas: recomendable para equipos dinámicos, los cuales por su alta frecuencia de fallas, normalmente permiten el almacenamiento de un historial de fallas que hace posible el análisis estadístico.

6.3. Predicción del número de fallas basado en el historial de fallas

En este punto, se presenta la metodología y la plataforma matemática para predecir la disponibilidad en sistemas reparables, a través del tratamiento estadístico de su historial de fallas y reparaciones. En otras palabras, los equipos son caracterizados usando su distribución probabilística del tiempo para fallar y el tiempo para reparar.

Este tipo de análisis es particularmente valioso para equipos dinámicos, los cuales tienen una frecuencia de falla relativamente alta. Normalmente, la data de fallas y reparaciones está disponible.

Para equipos reparables existen cinco posibles estados en los que ellos pueden quedar, una vez reparados después de una falla:

- Tan bueno como nuevo.
- Tan malo como antes de fallar.
- Mejor que antes de fallar pero peor que cuando estaba nuevo.
- Mejor que nuevo.
- Peor que antes de fallar.

Los modelos probabilísticos tradicionalmente usados en análisis de confiabilidad, se basan en los estados tan bueno como nuevo y tan malo como antes de fallar (estados límites), sin tomar en cuenta los estados mejor que antes de fallar pero peor que cuando estaba nuevo, mejor que nuevo y peor que antes de fallar, a pesar de que el estado mejor que antes de fallar pero peor que cuando estaba nuevo es más realista en la práctica. La razón para esto radica en la dificultad de desarrollar una solución matemática para modelar este estado.

6.4. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos

fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.

Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa. ¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio? El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad.

Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, data de fallas y tiempo de reparación principalmente.

Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

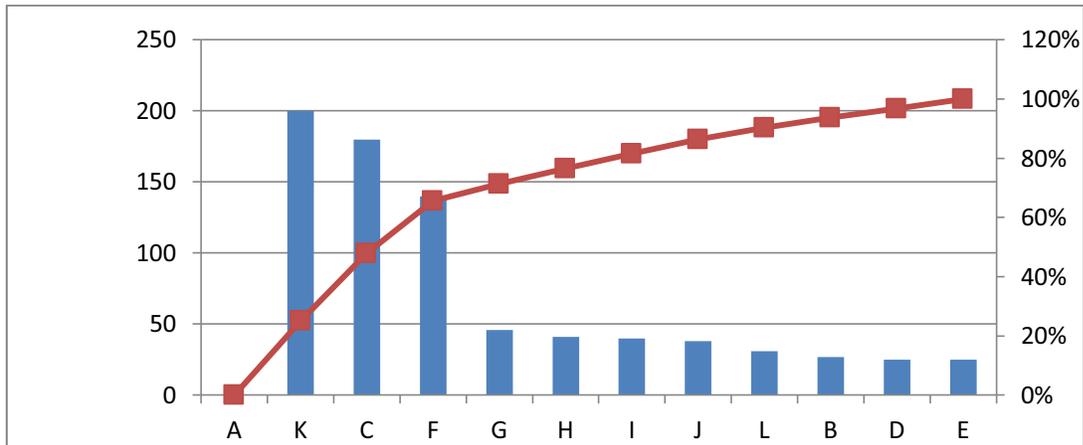
Criterios para definir el grado de criticidad

- Frecuencia de falla: son las veces que falla cualquier componente del sistema.
- Impacto operacional: es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- Nivel de producción manejado: es la capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla.
- Tiempo promedio para reparar: es el tiempo para reparar la falla.
- Costo de reparación: costo de la falla
- Impacto en seguridad: posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas.

6.5. Diagrama de Pareto

Este diagrama que sirve como herramienta para poder priorizar los problemas que tienen más relevancia, juran fue quien conceptualizó éste y el nombre fue dado en honor al economista italiano Vilfredo Pareto, el cual realizó un estudio que describía que la mayor parte de la riqueza la poseía la menor parte de la población y la mayor parte de la población tenía la menor parte de las riquezas, lo que hoy se conoce como la famosa regla del 80/20

Figura 10. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia.

Ya enfocados un poco más en la relevancia de este concepto en relación a la calidad, dice que si se tiene un problema con muchas causas, se puede decir que el 20 por ciento de las causas resuelven el 80 por ciento del problema y el 80 por ciento de las causas solo resuelven el 20 por ciento del problema.

La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión, tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

6.6. Análisis causa raíz

La mayoría de los analistas de fallas, han escuchado el término: Análisis de Causa Raíz (RCA por sus siglas en inglés) y seguramente cada quién tiene una interpretación diferente de su significado.

Esta es la razón por la cual en muchos casos se tiene una forma poco efectiva de usarlo, y hay comunicación deficiente o nula entre quienes lo usan. Si se está usando diversas formas de RCA, entonces, al comparar los resultados no se estará comparando manzanas con manzanas.

Desde la evolución del mantenimiento productivo total ha habido un movimiento consistente hacia la exploración de la calidad del proceso, en vez de la calidad del producto. Antes de la llegada del mantenimiento productivo total, las organizaciones de calidad se contentaban con medir la calidad del producto terminado como salía de la línea. Aún cuando admirable, esa medida era demasiado tardía si se hallaban defectos de calidad. El producto, y probablemente todo el lote tenía que ser reprocesado a un alto costo para la organización.

6.7. El método de las 5s

Es una práctica de calidad ideada en Japón referida al mantenimiento integral de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

En inglés se ha dado en llamar *housekeeping* que traducido es; ser amos de casa también en el trabajo. Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad.

Su aplicación mejora los niveles de:

- Calidad
- Eliminación de tiempos muertos
- Reducción de Costos

La aplicación de esta técnica requiere el compromiso personal y duradero para que la empresa sea un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene.

Los primeros en asumir este compromiso son los gerentes y los jefes, y la aplicación de ésta es el ejemplo más claro de resultados a corto plazo.

Estudios estadísticos en empresas de todo el mundo que tienen implantado este sistema demuestran que aplicando las 3 primeras S:

- Reducción del 40 por ciento de sus costos de mantenimiento
- Reducción del 70 por ciento del número de accidentes
- Crecimiento del 10 por ciento de la fiabilidad del equipo
- Crecimiento del 15 por ciento del tiempo medio entre fallas

- La primera S: *Seiri* (clasificación y descarte)

Significa separar las cosas necesarias y las que no la son manteniendo las cosas necesarias en un lugar conveniente y en un lugar adecuado.

- *Seiton* (organización): la segunda S

La organización es el estudio de la eficacia. Es una cuestión de cuán rápido se puede conseguir lo que necesita, y cuán rápido puede devolverla a su sitio nuevo.

Cada cosa debe tener un único y exclusivo lugar donde debe encontrarse antes de su uso y después de utilizarlo debe volver a él. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso.

- *Seiso* (limpieza): la tercera S

La limpieza la deben hacer todos.

Es importante que cada uno tenga asignada una pequeña zona de lugar de trabajo que deberá tener siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la empresa sin asignar. Si las persona no asumen este compromiso, la limpieza nunca será real.

Toda persona deberá conocer la importancia de estar en un ambiente limpio. Cada trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirar cualquier tipo de suciedad generada.

- *Seiketsu* (higiene y visualización): la cuarta S

Esta S envuelve ambos significados: higiene y visualización. La higiene es el mantenimiento de la limpieza, del orden. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. En un ambiente limpio siempre habrá seguridad. Quien no cuida bien de sí mismo no puede hacer o vender productos o servicios de

calidad. Una técnica muy usada es el *visual management*, o gestión visual. Esta técnica se ha mostrado como sumamente útil en el proceso de mejora continua. Se usa en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente.

- *Shitsuke* (compromiso y disciplina): la quinta S

Disciplina no significa que habrán unas personas pendientes de los trabajadores preparados para castigar cuando lo consideren oportuno.

Disciplina quiere decir voluntad de hacer las cosas como se supone se deben hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base de buenos hábitos.

Mediante el entrenamiento y la formación para todos (¿Qué queremos hacer?) y la puesta en práctica de estos conceptos (¡Vamos a hacerlo!), es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.

En suma, se trata de que la mejora alcanzada con las 4 S anteriores se convierta en una rutina, en una práctica más de los quehaceres. Es el crecimiento a nivel humano y personal a nivel de autodisciplina y autosatisfacción.

Esta 5 S es el mejor ejemplo de compromiso con la mejora continua. Todos deben asumirlo, porque todos saldrán beneficiados.

7. SEGURIDAD INDUSTRIAL

7.1. Seguridad y la higiene industrial

La seguridad e higiene industrial, son entonces el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos destinados a localizar, evaluar, controlar y prevenir las causas de los riesgos en el trabajo a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con el motivo de su actividad laboral. Por tanto es importante establecer que la seguridad y la higiene son instrumentos de prevención de los riesgos y deben considerarse sinónimos por poseer la misma naturaleza y finalidad.

Ante las premisas que integran las consideraciones precedentes, se establece la necesidad imperiosa de desarrollar la capacidad y el adiestramiento para optimizar la seguridad e higiene en los centros de trabajo, a fin de que, dentro de lo posible y lo razonable, se puedan localizar, evaluar, controlar y prevenir los riesgos laborales.

La seguridad e higiene aplicadas a los centros de trabajo tiene como objetivo salvaguardar la vida y preservar la salud y la integridad física de los trabajadores por medio del dictado de normas encaminadas tanto a que les proporcionen las condiciones para el trabajo, como a capacitarlos y adiestrarlos para que se eviten, dentro de lo posible, las enfermedades y los accidentes laborales.

7.1.1. Importancia de la seguridad e higiene industrial

Con frecuencia las personas que actúan en el campo de la prevención de los riesgos en el trabajo, se desalientan porque no encuentran el eco necesario a sus esfuerzos. Muchas veces es preciso poner el incentivo de una mayor producción para que se adopten medidas de seguridad en los centros de trabajo, como si los mandatos de la ley fuesen malas reglas de cortesía industrial.

Ciertamente es necesario estimular y recetar con los recursos de la administración para que se implanten los más eficientes medios de producción en el trabajo pero hay que pensar, al mismo tiempo, que una administración laboral verdaderamente responsable, tiene la obligación de tomar, en primer término, las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores.

En esencia, el aspecto central de la seguridad e higiene del trabajo reside en la protección de la vida y la salud del trabajador, el ambiente de la familia y el desarrollo de la comunidad.

Solo en segundo término, si bien muy importantes por sus repercusiones económicas y sociales, se deben colocar las consideraciones sobre pérdidas materiales y quebrantos en la producción, que inevitablemente acarrearán también los accidentes y la insalubridad en el trabajo.

Estas pérdidas económicas son cuantiosas y perjudican no solo al empresario directamente afectado, sino que repercuten sobre el crecimiento de la vida productiva del país.

De ahí que la prevención en el trabajo interese a la colectividad, ya que toda la sociedad ve mermada su capacidad económica y padece indirectamente las consecuencias de la inseguridad industrial.

7.1.2. Ventajas de la seguridad e higiene industrial

La implementación de programas de seguridad e higiene en los centros de trabajo, se justifica por el solo hecho de prevenir los riesgos laborales que puedan causar daños al trabajador, ya que de ninguna manera debe considerarse humano él querer obtener una máxima producción a costa de lesiones o muertes. Mientras más peligrosa es una operación, mayor debe ser el cuidado y las precauciones que se observen al efectuarla; prevención de accidentes y producción eficiente van de la mano; la producción es mayor y de mejor calidad cuando los accidentes son prevenidos. Un óptimo resultado en seguridad resultara de la misma administración efectiva que produce artículos de calidad, dentro de los límites de tiempo establecidos.

Implementar y llevar a efecto programas de seguridad e higiene para lograr un ambiente seguro en el área de trabajo y que los trabajadores trabajen seguramente y con tranquilidad, es parte integral de la responsabilidad total de todos, ya que haciendo conciencia a todos acarreará beneficios.

- Beneficios
 - La reducción de los riesgos laborales automáticamente disminuirá los costos de operación y aumentará las ganancias (pues la aplicación efectiva de los programas, el objetivo primordial es el de obtener ganancias).

- Controlar las observaciones y las causas de pérdidas de tiempo relacionadas con la interrupción del trabajo efectivo.
- Aumentar el tiempo disponible para producir, evitando la repetición del accidente.
- Reducir el costo de las lesiones, incendios, daños a la propiedad, crea un mejor ambiente laboral.

7.1.3. Repercusiones negativas de la falta de seguridad e higiene

Dentro de los efectos negativos que el trabajo puede tener para la salud del trabajador, los accidentes son los indicadores inmediatos y más evidentes de las malas condiciones del lugar de trabajo, y dada su gravedad, la lucha contra ellos es el primer paso de toda actividad preventiva. Los altos costos que genera, no son las únicas consecuencias negativas. El Seguro Social, no resucita a los muertos, no puede devolver los órganos perdidos que cause una incapacidad laboral permanente.

Además los sufrimientos físicos y morales que padece el trabajador y su familia, los riesgos, reducen temporalmente o definitivamente la posibilidad de trabajar, es un freno para el desarrollo personal del individuo como ser transformador, ya que lo priva total o parcialmente de poderse realizar como miembro activo de la sociedad.

Las pérdidas son generalmente los costos directos y que son fácilmente cuantificables, ya que involucran el costo de los equipos, edificios y materiales. Además existen los costos como: pago de indemnización, pérdida de la

producción, del mercado, entrenar a personal de reemplazo, etc. En forma más general de los costos indirectos se puede ejemplificar: sanciones, partes de repuesto obsoletas, recuperación, labores de rescate, acciones correctivas, pérdida de eficiencia, primas de seguro, desmoralización, pérdida de mercado, pérdida de imagen y prestigio.

7.2. Actos y condiciones inseguras

Hay que recordar que los accidentes no se producen por casualidad, sino por causalidad esto quiere decir que los accidentes tienen una causa que los originó.

7.2.1. Acto inseguro

Son las acciones incorrectas o los actos ejecutados por los trabajadores que puedan contribuir a la ocurrencia de un accidente o ser causa de los mismos, por ejemplo:

- Distracciones a la hora de trabajo.
- Posturas incorrectas.
- Realizar una acción sin analizar las consecuencias.
- Manipular el tablero de velocidades de una máquina distraído.
- Estar inquieto o hacer bromas pesadas a otros trabajadores.

7.2.2. Condición insegura

Son las circunstancias o condiciones físicas impropias, que representan un peligro y/o riesgo para las personas o máquinas, es decir algo que no

debería estar presente o la falta de algo que sí debería estar presente, por ejemplo:

- Máquinas sin guardas, herramientas o equipo defectuoso.
- Pisos desordenados.
- Superficies de trabajo resbalosas.
- Escaleras en mal estado.
- Deficiencia en la iluminación (poca o mucha).
- Agentes ambientales: atmósferas explosivas, agentes químicos (polvos, humos, vapores), físicos (ruido, radiaciones), ventilación inadecuada.

Como se observa, muchas pueden ser las causas de los accidentes, es por eso que cuando se va a realizar un trabajo, se formule estas preguntas:

¿Cómo es el trabajo que se va a realizar o se está realizando?

¿Qué se va a hacer para realizar el trabajo?

¿Es adecuado el ambiente de trabajo?

7.2.3. Riesgo

Se han propuesto diversas definiciones del riesgo: situación que puede conducir a una consecuencia negativa no deseada en un acontecimiento, o bien probabilidad de que suceda un determinado peligro potencial (entendiendo por peligro una situación física que puede provocar daños a la vida, a los

equipos o al medio), o aún, consecuencias no deseadas de una actividad dada, en relación con la probabilidad de que ocurra.

Un tratamiento riguroso del riesgo requiere una definición más precisa que permita su cuantificación.

Una definición que cumple estos requisitos y que es utilizada por muchos profesionales es la basada en el producto de la frecuencia prevista para un determinado suceso por la magnitud de las consecuencias probables:

Riesgo = frecuencia X magnitud consecuencias

Así, si un accidente tiene una frecuencia estimada de una vez cada 50 años y sus consecuencias se estiman en un centenar de muertos, el riesgo es de 2 muertes al año.

Es interesante matizar aquí la diferencia entre riesgo y peligro. Puede definirse el peligro como aquello que puede producir un accidente o un daño. El riesgo, sin embargo, estaría asociado a la probabilidad de que un peligro se convierta realmente en un accidente con consecuencias determinadas. Si bien en la terminología anglosajona, estos dos términos están diferenciados, en castellano se suele utilizar de forma indistinta, tal y como se verá en los capítulos siguientes.

Debido a la gran variedad de riesgos, se han propuesto diversas clasificaciones; desde un punto de vista general, se pueden clasificar en las tres categorías siguientes:

- Riesgos de categoría A:

Son los inevitables y aceptados, sin compensación (por ejemplo morir fulminado por un rayo).

- Riesgos de categoría B:

Evitables, en principio, pero que deben considerarse inevitables si uno quiere integrarse plenamente en la sociedad moderna (por ejemplo: morir en un accidente aéreo o de automóvil).

- Riesgos de categoría C:

Normalmente evitables, voluntarios y con compensación (por ejemplo: practicar un deporte peligroso).

7.3. Riesgos laborales relacionados con el lugar de trabajo y los equipos o máquinas que se manipulan

Las tareas que ejecuta un trabajador pueden realizarse en un lugar concreto que puede ser en el interior de un edificio o en el exterior al aire libre, y también pueden ejecutarse moviéndose de unos lugares a otros. Los lugares de trabajo además de estar situados en instalaciones industriales también pueden estar en hospitales, centros educativos, hoteles, oficinas, locales comerciales, etcétera. En todos los lugares donde haya un trabajador, cualquiera que sea su función, debe estar amparado por las leyes de prevención de riesgos laborales que le sean de aplicación.

Asimismo los trabajadores tendrán que manejar equipos de trabajo compuesto por cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

El empresario debe adoptar las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos de trabajo.

Cuando, a fin de evitar o controlar un riesgo específico para la seguridad o salud de los trabajadores, la utilización de un equipo de trabajo debe realizarse en condiciones o formas determinadas, que requieren un particular conocimiento por parte de aquéllos, el empresario debe adoptar las medidas necesarias para que la utilización de dicho equipo quede reservada a los trabajadores designados para ello. El empresario debe asegurarse de que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

Sobreesfuerzos

Los sobreesfuerzos son los trabajos físicos que se realizan por encima del esfuerzo normal que una persona pueda desarrollar en una tarea determinada.

Las patologías derivadas de los sobreesfuerzos son la primera causa de enfermedad en los profesionales. Los sobreesfuerzos suponen casi el 30 por ciento de la siniestralidad laboral de tipo leve y se eleva al 85 por ciento en las enfermedades que padecen los profesionales.

Para evitar los trastornos musculoesqueléticos en los que deriva el sobreesfuerzo, es necesario analizar los riesgos laborales de las condiciones de trabajo, la evaluación de estos riesgos laborales, la formación, la vigilancia de la salud y la prevención de la fatiga.

Las condiciones de trabajo se ven seriamente alteradas cuando se requieren realizar esfuerzos físicos superiores a los límites de actividad normales. Además del esfuerzo físico debe considerarse también como elementos perturbadores el esfuerzo, mental, visual, auditivo y emocional.

Para evaluar el esfuerzo físico hay que tener en cuenta la naturaleza del esfuerzo, y las posturas que se adoptan en el puesto de trabajo, estar sentado o de pie, y la frecuencia de posiciones incómodas.

La mayoría de accidentes laborales ocasionados por sobreesfuerzos son lesiones musculares. Pueden ser causados por golpes o por causas internas producidas por alteraciones propias del músculo.

Estas lesiones se pueden dividir en distensiones, calambres, contracturas y las más graves, desgarros.

Los factores desencadenantes de lesiones por sobreesfuerzo son:

- Manipular cargas pesadas.
- Trabajar con posturas forzadas.
- Realizar movimientos repetitivos.

- Padecer con anterioridad alguna lesión muscular u ósea en la zona afectada.
- Reincorporación prematura al puesto de trabajo después de una lesión mal curada.

Para evitar las lesiones por sobreesfuerzo es necesario tomar las medidas preventivas adecuadas y utilizar los equipos de protección individual necesarios.

7.3.1. Manipulación de máquinas y herramientas peligrosas

Todas las personas que manipulen cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación en el trabajo están obligadas a cumplir las normas de seguridad que concierna a las máquinas que manipulan. Antes de ordenar la manipulación de una máquina o herramienta peligrosa a un trabajador, se debe proceder a instruirlo bien previamente en el manejo de la máquina.

Los riesgos más frecuentes que se derivan de la manipulación de las máquinas-herramientas básicamente son:

- Contacto accidental con la herramienta o la pieza en movimiento
- Atrapamiento con los órganos de movimiento de la máquina.
- Proyección de la pieza o de la herramienta.
- Dermatitis por contacto con los fluidos de corte utilizados como refrigerantes.

Por este motivo los empresarios tendrán que adoptar las medidas necesarias para que las máquinas y equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores. Cuando no sea posible garantizar de este modo totalmente la seguridad y la salud de los trabajadores durante la utilización de los equipos de trabajo, el empresario tomará las medidas adecuadas para reducir tales riesgos al mínimo.

Las disposiciones mínimas aplicables a la manipulación de máquinas y herramientas, contemplan entre otras cuestiones las siguientes:

- Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y, cuando corresponda, estar indicados con una señalización adecuada.
- La puesta en marcha de un equipo de trabajo solamente se podrá efectuar mediante una acción voluntaria sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.
- Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.
- Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgos de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas o que detengan las maniobras peligrosas antes del acceso a dichas zonas.

- Todo equipo de trabajo deberá estar provisto de dispositivos claramente identificables que permitan separarlo de cada una de sus fuentes de energía

7.3.2. Espacios de trabajo y zonas peligrosas

Las condiciones de trabajo pueden verse seriamente perturbadas si las dimensiones de los locales de trabajo no permiten que los trabajadores tengan la superficie y el volumen adecuado para que realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables.

Deben preverse separaciones entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo. Cuando, por razones inherentes al puesto de trabajo, el espacio libre disponible no permita que el trabajador tenga la libertad de movimientos necesarios para desarrollar su actividad, deberá disponer de espacio adicional suficiente en las proximidades del puesto de trabajo.

Sólo podrán acceder los trabajadores autorizados a las zonas donde la seguridad de los trabajadores pueda verse afectada por riesgos de caída, caída de objetos y contacto o exposición a elementos agresivos. Asimismo, deberá disponerse, en la medida de lo posible, de un sistema que impida que los trabajadores no autorizados puedan acceder a dichas zonas.

Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

7.3.3. Prevención con vehículos de transporte y manipulación de cargas

Los aparatos de manipulación de cargas en el interior de los establecimientos industriales están compuestos por grúas, puentes grúa, polipastos, montacargas, carretillas elevadoras y las propias cargas que se manipulan.

Los riesgos asociados a la manipulación de cargas son los siguientes:

- Caída de objetos por deficiente sujeción de la carga.
- Caída de objetos desprendidos por rotura de los elementos de sujeción, (ganchos, cuerdas, cables etcétera).
- Choques contra objetos móviles por oscilación de la carga.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Atrapamiento por o entre objetos móviles de los aparatos de elevación.

Los dispositivos de prevención que deben usarse con los elementos de transporte son los siguientes:

- Los equipos de trabajo móviles con trabajadores transportados deberán adaptarse de manera que se reduzcan los riesgos para el trabajador o trabajadores durante el desplazamiento.

- Deberán preverse medios de fijación de los elementos de transmisión de energía entre equipos de trabajo móviles cuando exista el riesgo de que dichos elementos se atasquen o deterioren al arrastrarse por el suelo.
- Las carretillas elevadoras ocupadas por uno o varios trabajadores deberán estar acondicionadas o equipadas para limitar los riesgos de vuelco mediante las medidas adecuadas.
- Los equipos de trabajo que por su movilidad o por la de las cargas que desplacen puedan suponer un riesgo, en las condiciones de uso previstas, para la seguridad de los trabajadores situados en sus proximidades, deberán ir provistos de una señalización acústica de advertencia.
- En las máquinas para elevación de cargas deberá figurar una indicación claramente visible de su carga nominal y, en su caso, una placa de carga que estipule la carga nominal de cada configuración de la máquina.
- Los equipos de trabajo instalados de forma permanente deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa o, por cualquier otro motivo, golpee a los trabajadores.

7.3.4. Riesgos eléctricos

Se denomina riesgo eléctrico al riesgo originado por la energía eléctrica. Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

Un contacto eléctrico es la acción de cerrar un circuito eléctrico al unirse dos elementos. Se denomina contacto eléctrico directo al contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica. Un contacto eléctrico indirecto, es un contacto de personas o animales puestos accidentalmente en tensión o un contacto con cualquier parte activa a través de un medio conductor.

La corriente eléctrica puede causar efectos inmediatos como quemaduras, calambres o fibrilación, y efectos tardíos como trastornos mentales. Además puede causar efectos indirectos como caídas, golpes o cortes.

Los principales factores que influyen en el riesgo eléctrico son:

- La intensidad de corriente eléctrica.
- La duración del contacto eléctrico.

- La impedancia del contacto eléctrico, que depende fundamentalmente de la humedad, la superficie de contacto y la tensión y la frecuencia de la tensión aplicada.
- La tensión aplicada. En sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso de una intensidad elevada y, por tanto, muy peligrosa. La relación entre la intensidad y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto.
- Frecuencia de la corriente eléctrica. A mayor frecuencia, la impedancia del cuerpo es menor. Este efecto disminuye al aumentar la tensión eléctrica.
- Trayectoria de la corriente a través del cuerpo. Al atravesar órganos vitales, como el corazón pueden provocarse lesiones muy graves.

Los accidentes causados por la electricidad pueden ser leves, graves e incluso mortales. En caso de muerte del accidentado, recibe el nombre de electrocución.

En el mundo laboral los empleadores deberán adoptar las medidas necesarias para que de la utilización o presencia de la energía eléctrica en los lugares de trabajo no se deriven riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo.

En función de ello las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará periódicamente, de acuerdo a las instrucciones de sus fabricantes e instaladores, si existen, y a la propia experiencia del explotador.

Con ese objetivo de seguridad, los empleadores deberán garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre el riesgo eléctrico, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

Los trabajos en instalaciones eléctricas en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión se realizarán siguiendo un procedimiento que reduzca al mínimo estos riesgos. Para ello se limitará y controlará, en lo posible, la presencia de sustancias inflamables en la zona de trabajo y se evitará la aparición de focos de ignición, en particular, en caso de que exista, o pueda formarse, una atmósfera explosiva. En tal caso queda prohibida la realización de trabajos u operaciones (cambio de lámparas, fusibles, etc.) en tensión, salvo si se efectúan en instalaciones y con equipos concebidos para operar en esas condiciones, que cumplan la normativa específica aplicable.

7.3.5. Vibraciones mecánicas

Se llaman vibraciones a las oscilaciones de partículas alrededor de un punto en un medio físico equilibrado cualquiera y se pueden producir por efecto del propio funcionamiento de una máquina o un equipo.

A efectos de las condiciones de trabajo existen dos tipos de vibraciones nocivas:

- Las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo que es una vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.
- Las vibraciones transmitidas al cuerpo entero: que es un tipo de vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

Medidas preventivas para reducir los efectos nocivos de las vibraciones mecánicas:

- Establecer otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse a vibraciones mecánicas.
- Elegir un equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado.
- Elegir el equipo de protección individual adecuado, al trabajo que se esté realizando con el fin de reducir los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos, amortiguadores u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano brazo.

- Establecer programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo.
- Información y formar adecuadamente a los trabajadores sobre el manejo correcto y en forma segura del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas.
- Reducir al máximo la duración e intensidad de la exposición.
- Tomar medidas necesarias para proteger del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de ropa adecuada.

7.3.6. Prevención de emisiones de gases, vapores, líquidos y polvo

Entrar en contacto con emisión de gases, vapores, líquidos o polvo, es un proceso bastante generalizado en máquinas y aparatos fijos y portátiles que manipulan los trabajadores.

En general, la emisión de la sustancia supone su posterior dispersión o difusión en el aire y, finalmente, su inhalación por el trabajador. La emisión puede provenir de diferentes operaciones o fuentes. La naturaleza de la sustancia condiciona su peligrosidad. Sus efectos sobre el organismo pueden ser muy diversos, pudiéndose distinguir, entre otros:

- Los irritantes del aparato respiratorio, por ejemplo: dióxido de azufre, cloro.
- Los sensibilizantes, por ejemplo: isocianatos.

- Los polvos fibrogénicos, por ejemplo: sílice cristalina.
- Los asfixiantes (químicos o simples), tales como el monóxido de carbono, el dióxido de carbono o los gases inertes.
- Los tóxicos que afectan a sistemas u órganos concretos, por ejemplo: mercurio (sistema nervioso, riñones) o plomo (sistema nervioso, sangre).
- Los carcinógenos (por ejemplo: amianto, benceno, cloruro de vinilo monómero), los mutágenos y los tóxicos para la reproducción.
- Los agentes infecciosos.

Para evaluar los riesgos será necesario:

Disponer de la información sobre las propiedades peligrosas de las sustancias y cualquier otra información necesaria para realizar dicha evaluación que, en su caso, deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso. Hay que determinar la magnitud de la exposición del trabajador afectado.

7.3.7. Riesgos de explosión por atmósfera explosiva

Se entiende por atmósfera explosiva la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.

Para prevenir las explosiones, en los lugares de trabajo, los empresarios han de proporcionar una protección contra ellas, de tipo técnico u organizativo en función del tipo de actividad, para impedir la formación de atmósferas explosivas o, cuando la naturaleza de la actividad no lo permita, evitar la ignición de atmósferas explosivas y atenuar los efectos perjudiciales de una explosión de forma que se garantice la salud y la seguridad de los trabajadores.

Medidas de protección contra las explosiones

- Los escapes o liberación, intencionada o no, de vapores, gases, nieblas inflamables o de polvos combustibles que pueda dar lugar a riesgos de explosión deberá ser desviado o evacuado a un lugar seguro. Cuando la atmósfera explosiva contenga varios tipos de gases, vapores, nieblas o polvos combustibles o inflamables, las medidas de protección se ajustarán al mayor riesgo potencial.
- En caso de escapes de sustancias explosivas, los trabajadores deberán ser alertados mediante la emisión de señales ópticas o acústicas de alarma y desalojados en condiciones de seguridad antes de que se alcancen las condiciones de explosión. Para ello se dispondrán y mantendrán en funcionamiento salidas de emergencia que, en caso de peligro, permitan a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.
- En caso de que un corte de energía pueda provocar nuevos peligros, hay que disponer de un sistema independiente para mantener el equipo y los sistemas de protección en situación de funcionamiento seguro, independientemente del resto de la instalación si efectivamente se produjera un corte de energía.

- Deberá poder efectuarse la desconexión manual de los aparatos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas, siempre que ello no comprometa la seguridad. La energía almacenada deberá disiparse, al accionar los dispositivos de desconexión de emergencia, de la manera más rápida y segura posible o aislarse de manera que deje de constituir un peligro.

7.4. Actores ambientales y tipos de contaminantes

El desarrollo de una actividad laboral cualquiera provoca modificaciones en el ambiente de trabajo que originan estímulos agresivos para la salud de las personas implicadas. Dichos estímulos, que reciben el nombre de contaminantes, pueden presentarse como porciones de materia (inerte o viva), así como manifestaciones energéticas de naturaleza diversa y su presencia en el entorno laboral da lugar a lo que conoce como riesgo higiénico. Este concepto puede definirse como la probabilidad de sufrir alteraciones en la salud por la acción de los contaminantes, también llamados factores de riesgo, durante la realización de un trabajo.

Contaminante químico, es toda sustancia que durante su manipulación puede incorporarse al ambiente y penetrar en el organismo humano con efectos nocivos y capacidad para lesionar la salud de las personas que entran en contacto con él. Se puede clasificarlos atendiendo a su naturaleza, los factores de riesgo o contaminantes en:

- Contaminantes químicos: se entiende por tal, toda porción de materia inerte, es decir no viva, en cualquiera de sus estados de agregación (sólido, líquido o gas), cuya presencia en la atmósfera de trabajo puede

originar alteraciones en la salud de las personas expuestas. Al tratarse de materia inerte, su absorción por el organismo no provoca un incremento de la porción absorbida. Dentro de este grupo cabe citar, a modo de ejemplo, polvos finos, fibras, humos, nieblas, gases, vapores, etc.

- Agentes físicos nocivos: son manifestaciones energéticas, cuya presencia en el ambiente de trabajo puede originar riesgo higiénico. Algunos ejemplos de formas de energía capaces de actuar como factores de riesgo son: ruido, vibraciones, variaciones de la presión, radiaciones (ionizantes y no ionizantes), etc.
- Contaminantes biológicos: se considera como tal, toda la porción de materia viva (virus, bacterias, hongos...), cuya presencia en el ámbito laboral puede provocar efectos adversos en la salud de las personas con las que entran en contacto. A diferencia de lo que ocurre con los contaminantes químicos, la absorción de un contaminante biológico origina en el organismo un incremento de la porción absorbida.
- Pueden presentarse en el aire en forma de moléculas individuales (gas o vapor) o en forma de grupos de moléculas unidas, dando lugar a los aerosoles (sólidos y líquidos).
- Es importante la diferencia entre ambas formas porque los aerosoles, debido a su mayor tamaño, tienen un comportamiento, en el aire y al ser inhalados, distinto del de los gases y vapores, que es idéntico al del aire por tratarse de moléculas individuales.

- Aerosol: dispersión de partículas sólidas o líquidas, de tamaño inferior a 100 micras en un medio gaseoso. Dentro del campo de los aerosoles se presenta una serie de estados físicos:
 - Polvos: suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño procedente de procesos de disgregación; el tamaño de las partículas va desde la décima de micra (milésima parte del milímetro) hasta unas 25 micras. Los polvos no se difunden en el aire y sedimentan por gravedad, en ausencia de corrientes de aire o campos electrostáticos. (0,1 y 25 micras)
 - Nieblas: suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido que se generan por condensación de un estado gaseoso o por la desintegración de un estado líquido por atomización o ebullición, etc. El tamaño oscila desde la centésima de micra hasta unas diez micras. (0,01 y 10 micras)
 - Bruma: suspensiones en el aire de pequeñas gotas de líquido, apreciables a simple vista y procedente de condensación del estado gaseoso. Su tamaño va desde unas micras hasta cincuenta micras. (2 y 60 micras)
 - Humos: suspensión en el aire de partículas sólidas originadas en procesos incompletos de combustión. Su tamaño es generalmente inferior a $0,1\mu$ ($< 0,1$ micras)
 - Humos metálicos: suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas generadas en un proceso de condensación del estado

gaseoso, a partir de la sublimación del metal. Su tamaño es similar al del humo.

- Gases, fluidos amorfos que ocupan todo el espacio que los contiene, dando 760 mm de Hg de presión a 25 grados. Sus partículas son de tamaño molecular y, por tanto, se pueden mover por transferencia de masa o por difusión o gravedad (hacia abajo o hacia arriba si son más ligeros que el aire).
- Vapores, son la fase gaseosa de una sustancia generalmente sólida o líquida a 25 grados y 760 milímetros de mercurio de presión. El vapor puede pasar a sólido o líquido actuando bien sobre su presión o bien sobre su temperatura El tamaño de las partículas también es molecular y es aplicable todo lo comentado para los gases.

Además de los factores ambientales existen otros factores adicionales que tienen una gran importancia en la posible nocividad de un contaminante y su acción biológica sobre el organismo. Los podemos clasificar en:

- Factores intrínsecos: Aquellos sobre los que el hombre no puede ejercer ningún control (susceptibilidad del individuo, raza, edad).
- Factores extrínsecos: Aquellos sobre los que se puede ejercer control (concentración del contaminante, duración de la exposición al riesgo, nutrición, sinergias debidas a la utilización de otras sustancias como tabaco, drogas, alcohol, etc.)

Los factores ambientales pueden originar sobre el individuo trastornos biológicos en su organismo y dañar su salud, ocasionando diversas respuestas (crónicas, agudas, irreversibles, reversibles, envejecimiento prematuro, situaciones de malestar.

7.5. Análisis histórico de accidentes

Descripción y objetivos

El análisis histórico de accidentes, es una técnica identificativa orientada a la búsqueda de información de accidentes industriales ocurridos en el pasado. Esta técnica de análisis es esencialmente cualitativa, pero también permite extraer resultados numéricos o cuantitativos si el número de accidentes es suficientemente significativo y permite un análisis estadístico.

La técnica se basa en una recopilación de accidentes con productos químicos en forma de banco de datos donde se encuentra almacenada la información relativa a los mismos. La recogida sistemática de información relativa a diferentes accidentes ocurridos en el pasado en plantas químicas y actividades afines ha permitido, en algunos casos, la acumulación de datos concretos sobre una determinada situación, equipo u operación: carga o descarga de cisternas, transporte de mercancías peligrosas, procesos de fabricación de un producto determinado, parques de almacenamiento, vertido de líquidos inflamables, escape de un gas tóxico, etc.

En bastantes casos, el número de accidentes registrados es suficientemente elevado como para permitir una deducción de información significativa. En estas condiciones es posible observar una determinada pauta presente en el origen de un determinado porcentaje de incidentes (por ejemplo,

en la operación de carga y descarga de fluidos o por la acumulación de un líquido inflamable derramado cerca de un depósito que también lo contiene). En otras ocasiones es posible simplemente identificar un cierto número de situaciones, operaciones o errores que han favorecido el inicio de un accidente en un tipo de instalación determinado. En todos estos casos, el conocimiento de la información adecuada permite, de alguna manera, el establecimiento de puntos débiles en el sistema cuya seguridad quiere estudiarse.

Por otro lado, los accidentes ocurridos en el pasado constituyen un conjunto de datos experimentales, obtenidos a menudo a un precio muy elevado, relativos a un campo en el que resulta casi imposible la experimentación a escala real: explosiones de todo tipo, confinadas y no confinadas, de polvo, de gas, incendios, formación de nubes tóxicas, etc.

El conocimiento exacto de las condiciones en que se ha producido un accidente determinado, masa involucrada, dimensiones de la nube, condiciones atmosféricas, etc. y sus consecuencias radiación y/o impacto a diversas cotas y distancias, daños a personas y construcciones, etc., permite contrastar y validar los modelos teóricos de predicción de efectos de este tipo de accidentes. Sin esta información, estos modelos únicamente se pueden contrastar, en el mejor de los casos, con la experimentación a pequeña escala, actualmente desarrollada en pocos centros de investigación.

Evidentemente, esta experiencia real sólo puede utilizarse en aquellos casos en los que se dispone de una información completa sobre el accidente: causas iniciales, secuencia posterior, condiciones ambientales, etc. Por ello la investigación de cualquier accidente y el posterior almacenamiento de la información en un archivo adecuado es tan importante.

7.5.1. Bancos de datos de accidentes

La estructura de un banco de datos de este tipo, depende esencialmente de dos factores:

- El tipo de usuario previsto
- Las fuentes de información

El tipo de usuario determina la necesidad de profundizar en la secuencia del accidente o en sus consecuencias, o bien en los dos aspectos simultáneamente. Las fuentes de información pueden abarcar también preferentemente uno de estos dos aspectos. En todo caso, debe tenerse en cuenta que la información suele ser fragmentaria e identificación y evaluación incompleta, por lo cual el sistema de captación y archivo empleado no puede consentir rehusarla. Las fuentes de información más usuales son:

- Informes redactados en la misma industria

Suelen ser detallados y completos, y permiten incluir incidentes. Su utilización suele estar restringida a una industria o grupo de industrias.

- Información pública

Suele corresponder a los accidentes de cierta importancia que aparecen publicados en la prensa. El tratamiento periodístico que se da a este tipo de información acostumbra a revestirse de dramatismo; también presenta los inconvenientes inherentes a una publicación muy rápida (errores, inexactitudes). A pesar de esto, su carácter de aparición inmediata hace que pueda ser un complemento útil en cualquier investigación posterior.

- Sumarios judiciales

Tienen la ventaja de incluir al mismo tiempo causas y efectos. Están disponibles pero con cierto retraso, que en algunos casos puede ser considerable.

- Identificación y evaluación de riesgos de seguridad

La seguridad en el trabajo, es la disciplina que tiene como objetivo principal la prevención de los accidentes laborales en los que se produce un contacto directo entre el agente material, sea un equipo de trabajo, un producto, una sustancia o bien una energía y el trabajador con unas consecuencias habitualmente, pero no exclusivamente, traumáticas (quemaduras, heridas, contusiones, fracturas, amputaciones, etc.).

- Identificación de los factores de riesgo

Tradicionalmente, el primer contacto de las empresas con el mundo de la seguridad y la salud laboral se ha debido a problemas (deficiencias y factores de riesgo) relacionados con la seguridad. Por este motivo, los riesgos de seguridad son a menudo los más conocidos, no sólo por los profesionales competentes sino también por las empresas.

Sin embargo, el cambio continuo que se produce en las condiciones de trabajo a raíz de la utilización de nuevos productos, equipos y tecnologías, junto con la actualización de la normativa vigente, hace que los riesgos clásicos de seguridad también vayan cambiando y se vayan modificando y, por lo tanto, es necesario disponer de elementos de referencia que ayuden en esta tarea de identificación y evaluación.

7.6. Análisis de riesgos

La primera fase que se contempla en el análisis de riesgos, es identificar el peligro, entendiendo como tal la fuente o situación con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente, o bien una combinación de ambos.

Una vez identificado el peligro, se ha de describir, lo que a su vez comporta definir el daño resultante y los acontecimientos que han de suceder desde la situación inicial hasta que se materializa el accidente.

El siguiente paso va a consistir en estimar el riesgo, entendiéndose este como una combinación de la posibilidad o probabilidad y de las consecuencias y donde en el término posibilidad está integrado el término exposición.

La estimación del riesgo supone el tener que valorar la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el riesgo.

La probabilidad puede ser determinada en función de las probabilidades del suceso inicial que lo genera y la de los siguientes sucesos desencadenantes, y en tal sentido, la probabilidad será tanto más compleja de determinar, cuanto más larga sea la cadena causal.

- Valoración del riesgo

Tras efectuar el análisis de riesgos y con el orden de magnitud que se ha obtenido para el riesgo, hay que valorarlo, es decir emitir un juicio sobre la tolerabilidad o no del mismo, hablándose en el caso afirmativo de riesgo controlado, y finalizando con ello la evaluación del riesgo.

No termina con ello la actuación, sino que se debe mantener al día, lo que implica que cualquier cambio significativo en un proceso o actividad de trabajo, debe de conducir a una revisión de la evaluación, y en tal sentido queda establecido en la mencionada Ley de Prevención de Riesgos Laborales, al establecer como obligación del empresario, la actualización de las evaluaciones cuando cambien las condiciones de trabajo.

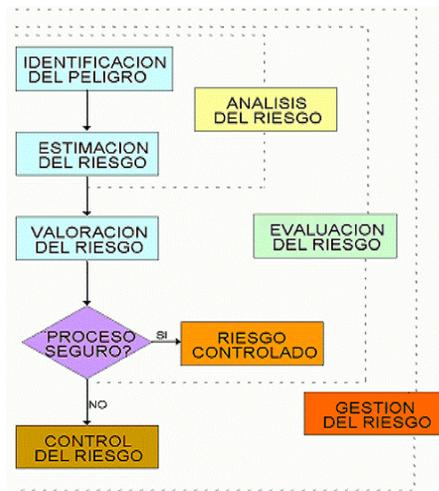
- Gestión del riesgo

Si en la evaluación del riesgo resultase que el riesgo no es tolerable, hay que controlar el riesgo, requiriéndose para ello:

- Reducción del riesgo por modificaciones en el proceso, producto o máquina, y/o la implantación de medidas adecuadas.
- Verificación periódica de las medidas de control tomadas.

Al proceso conjunto de evaluación del riesgo y control del riesgo se le denomina gestión del riesgo.

Figura 11. **Gestión de riesgo**



Fuente: manual para identificación de riesgos laborales.

7.6.1. **Estimación del riesgo**

Para cada uno de los peligros identificados se deberá estimar el riesgo, determinando la severidad del daño (consecuencias), y la probabilidad de que ocurra el daño.

Para determinar la severidad del daño, deberá de considerarse lo siguiente:

- Partes del cuerpo que se verían afectadas.
- Naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino.

Como ejemplos de la severidad se tiene:

- Ligeramente dañino

Daños superficiales, como cortes y pequeñas magulladuras, irritaciones de ojos por polvo. Molestias e irritación, como dolor de cabeza, etc.

- Dañino

Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores. Sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo esqueléticos, enfermedades que conducen a incapacidad menor.

- Extremadamente dañino

Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales. Cáncer y otras enfermedades.

En cuanto a la Probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar desde baja a alta según el siguiente criterio:

- Probabilidad alta: el daño ocurrirá siempre o casi siempre.
- Probabilidad media: el daño ocurrirá en algunas ocasiones.
- Probabilidad baja: el daño ocurrirá raras veces.

Al momento de establecer la probabilidad del daño, se deberá considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas, los requisitos legales, etc. Además se deberá considerar lo siguiente:

Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.

- Frecuencia de la exposición al peligro.
- Fallos en los componentes de las instalaciones y de las máquinas, así como en los dispositivos de protección.
- Exposición a elementos.
- Protección de EPI's y tiempo de utilización de los mismos
- Actos inseguros de las personas, tanto errores involuntarios como violaciones intencionadas.

Finalmente el cuadro siguiente permite estimar los niveles de riesgo de acuerdo con su probabilidad estimada y sus consecuencias esperadas.

Tabla I. **Niveles de riesgo**

		CONSECUENCIAS		
		<i>Ligeramente Dañinos (LD)</i>	<i>Dañinos (D)</i>	<i>Extremadamente Dañinos (ED)</i>
PROBABILIDAD	Alta (A)	Trivial (T)	Tolerable (TO)	Moderado (MO)
	Media (M)	Tolerable (TO)	Moderado (MO)	Importante (I)
	Baja (B)	Moderado (MO)	Importante (I)	Intolerable (IN)

Fuente: manual para identificación de riesgos laborales.

7.6.2. Valoración del riesgo

La tabla I permite determinar los niveles de riesgo, formando la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como determinar en el tiempo las actuaciones.

Para poder tomar una decisión, se deberá contar con un criterio, que como el que se ha propuesto, obedece a los siguientes criterios:

Tabla II. **Criterio para tomar decisiones**

VALOR DEL RIESGO	ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN
Trivial (T)	·No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	·No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. ·Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (MO)	·Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. ·Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. ·Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias altas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas.
Importante (I)	·No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables. ·Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	·No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. ·Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Fuente: manual para identificación de riesgos laborales.

7.6.3. Plan de control de riesgos

Sí como resultado de una evaluación de riesgos es necesario aplicar o mejorar los controles de riesgos, será necesario contar con un buen procedimiento para planificar la implantación de medidas de control que sea preciso.

El método de control que se tome deberá tener en cuenta los siguientes principios:

- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo sobre la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Adoptar las medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.

7.6.4. Revisión del plan

- El plan de actuación debe revisarse antes de su implantación, considerando.

- Sí los nuevos sistemas de control de riesgos conducirán a niveles de riesgo aceptables.
- Si los nuevos sistemas de control han generado nuevos peligros.
- La opinión de los trabajadores afectados sobre la necesidad y la operatividad de las nuevas medidas de control.

Finalmente hay que indicar que la evaluación de riesgos debe ser un proceso continuo, por lo que la adecuación de las medidas de control debe de estar sujeta a revisión continua y mortificarse si es preciso. Análogamente, si cambian las condiciones de trabajo, y con ello varían los peligros, habrá de revisarse la evaluación de riesgos.

7.7. Equipo de protección personal

En toda empresa existen situaciones inquebrantables de peligro. Ante esta ineludible situación los empresarios, técnicos, gerentes y demás personal técnico y obrero, han diseñado técnicas a objeto de evitar constante perecimiento del obrero. Sin embargo a pesar de que se recomienda buscar el epicentro del problema para atacar y solucionar el mismo de raíz, esto no siempre es posible, es por tal motivo que los dispositivos de protección personal juegan un rol fundamental en la higiene y seguridad del operario, ya que los mismos se encargan de evitar el contacto directo con superficies, ambiente, y cualquier otro ente que pueda afectar negativamente su existencia, aparte de crear comodidad en el sitio de trabajo.

Aún cuando es fundamental en cualquier esfuerzo en pro de la seguridad, es necesario modificar el ambiente físico, para hacer imposible que hechos no deseados se produzcan. En ocasiones hace falta, ya sea por razones económicas o de conveniencia salvaguardar al personal, equipando a este en forma individual o con dispositivos de protección personal.

Se evidencia que el uso de dispositivos de protección personal es una forma importante y necesaria en el desarrollo de un programa de seguridad. Sin embargo, como hasta cierto punto es necesario depender del equipo protector personal, en ocasiones existe la tentación de emplearlo sin intentar previamente, en forma escrupulosa, los métodos posibles para corregir la situación peligrosa.

El método correcto es siempre el mejor. Los trabajadores no ven con gusto, por su incomodidad, el empleo de dispositivos de protección personal. En consecuencia este equipo puede ser alterado por sus usuarios, tratando de obtener un ajuste más satisfactorio, lo que se puede traducir en un empeoramiento de su funcionamiento.

La mejor manera de prevenir los accidentes es eliminar los riesgos o controlarlos lo más cerca posible de su fuente de origen. Cuando esta acción de reducir los riesgos en su origen no es posible, se ve en la necesidad de implantar en los trabajadores algún tipo de ropa protectora u algunos otros dispositivos de protección personal.

El uso de equipos de protección personal, se debe considerar usarlo como último recurso, porque frecuentemente es molesto llevarlo puesto y limita la libertad de movimientos en el trabajador. De esta manera no es sorprendente que a veces éste ni lo utilice. Como el objetivo fundamental del equipo es evitar

que alguna parte del cuerpo del trabajador haga contacto con riesgos externos, al mismo tiempo impide también que el calor y la humedad se escapen del cuerpo, teniendo como consecuencia de que alta temperatura y el sudor incomoden al trabajador, haciendo evidente una fatiga más rápida.

Todos los esfuerzos que se hagan por seleccionar y proveer de equipo de protección apropiado serán inútiles si este no se usa adecuadamente, y el resultado final es la desilusión y la desgana, pérdida de tiempo, de esfuerzos y de dinero.

La elección de los dispositivos de protección personal, debe hacerse con ayuda del trabajador, ya que va a ser este quien los use, ya que si se requiere equipo de protección en un área específica, esto significa que debe ser protección cómoda.

Es claro que dentro de la planificación de un programa de protección personal es necesario tomarlos en consideración, pero a veces se les toma sin ver la necesidad. Esto se traduce mejor a un desarrollo de métodos de higiene y seguridad industrial que corrijan estas condiciones peligrosas de un ambiente de trabajo.

Es posible que se encuentre un cierto descontento entre los trabajadores por la implementación de equipos de protección personal, por lo que dichos equipos pueden sufrir una cierta modificación para que estos sean más cómodos pero a su vez disminuye su efectividad.

Existen muchos dispositivos de protección porque hay que tener muy claro que el individuo, es decir, cuerpo humano, como ente es quien debe usar todos los dispositivos de protección personal. Esto trae como consecuencia

que la elección debe corresponder de acuerdo al tipo de trabajo para analizar que partes del cuerpo estarán más expuestas a que les suceda algún tipo de lesión.

Es por ello que se tienen dispositivos de protección a nivel individual como:

7.7.1. Protección de piernas y pies

La gran mayoría de daños a los pies se debe a la caída de objetos pesados. Es fácil conseguir zapatos de seguridad que protejan en contra de esa clase de riesgo. Esa clase de zapatos pueden conseguirse en tamaños, formas, y estilos, que a la vez se adaptan bien a diferentes pies, y además tienen buen aspecto.

Existen varias clases de zapatos de seguridad, entre ellos se tienen:

- Con puntera protectora: se usan para proteger los dedos de la caída de grandes pesos y evitar algún tipo de lesión en ellos. Las puntas son normalmente elaboradas de acero.
- Conductores: son diseñados para disipar la electricidad, para evitar que se produzcan chispas estáticas. Se emplean en salas de operaciones de hospitales y en ciertas tareas de industrias de explosivos o donde se manejan sustancias altamente inflamables.
- No productores de chispa: se fabrican excluyendo todo material de metal ferroso en su estructura, y en caso de que contenga punta protectora de metal, esta se recubre en chapas de material no ferroso.

- No conductores: fabricación de materiales con ausencia de todo tipo de metales, salvo en la punta protectora que sea bien aislada. Se emplea para trabajar en zonas donde existan algún riesgo eléctrico.
- De fundición: es un botín diseñado con ligas elásticas a sus lados para evitar la entrada de chispas o rociados de metal fundido.
- Impermeables: son aquellas fabricadas en plástico de tal manera que sea impermeable para evitar el contacto de productos químicos o de aguas negras contaminadas.
- Calzado especial: hay zapatos especiales dependiendo de la industria y del peligro que estas conlleve, por ejemplo en la construcción se deben usar zapatos de suela reforzada o plantillas de metal flexibles para evitar el que los clavos lo traspasen. En lugares húmedos como en las fábricas de productos lácteos o fábricas de cerveza, son efectivos los zapatos con suela de madera, para proteger a los pies mientras se camina sobre superficies calientes.
- Cubre zapatos de plásticos: se usan para evitar la contaminación de un producto ya que forman una barrera física entre el zapato del obrero y el suelo limpio de la zona de trabajo. Se pueden encontrar desechables, fabricados en papel, y plástico las cuales se desinfectan dentro de un período de tiempo establecido.

La forma de limpiar las botas se debe hacer de acuerdo al uso que se le da, teniendo en cuenta que la forma más fácil, es con agua y jabón, comenzando desde el centro hasta los lados, por dentro y por fuera, enjuagándolas sola con agua, y dejándolas listas para el secado. Teniendo en

cuenta que si las botas son de uso sanitario se deben desinfectar adecuadamente.

Para la protección de las piernas se debe tomar en cuenta la exposición del cuerpo, en este caso las piernas, y en el caso de las piernas viene de acuerdo a la altura de las botas, además del uso de zahones, lonetas, las cuales forman una capa de material especial adherido al cuerpo del trabajador por medio de correas o cintas debidamente fijadas o ajustadas.

7.7.2. Protección de dedos, manos y brazos

Por la aparente vulnerabilidad de los dedos, manos y brazos, con frecuencia se deben usar equipos protectores. Tales equipos como el guante y de acuerdo a sus materiales y sus diversas adaptaciones hacen que tengan un amplio uso de acuerdo a las consideraciones correspondientes a su aplicación. Además del largo para proteger el antebrazo y brazo del obrero.

Los guantes, mitones, manoplas se impone usarse en operaciones que involucre manejo de material caliente, o con filos, o puntas, raspaduras o magulladuras.

Los guantes no se aconseja su uso en operadores que trabajen en máquinas rotativas, ya que existe la posibilidad de que el guante sea arrastrado por la máquina en uso, forzando así la mano del operario al interior de la máquina.

Si el guante a usar es de tamaño largo se aconseja que las mangas cubran la parte de afuera del final del guante.

Los mitones son una variedad de guante que se usan donde no se requieran las destrezas de los dedos. Pudiéndose fabricar de los mismos materiales que los guantes.

Las manoplas son formadas por una sola pieza de material protector cuya superficie es lo bastante amplia como para cubrir el lado de la palma de la mano. Al igual que los mitones, los guantes, están fabricados con el mismo grupo de materiales.

Los materiales que deberán usarse para la fabricación de los guantes, mitones, y manoplas dependerán en gran medida de lo que se vaya a manejar.

Los tipos de materiales de uso en la fabricación de guantes pueden ser:

- El uso de cuero o cuero reforzado, para el manejo de materiales abrasivos o ásperos, además de evitar que entren el polvo, suciedad metal caliente entre los guantes del trabajador.
- Los de malla metálica, fabricados en metal liviano, que protegen a los dedos, manos y brazos de herramientas filosas, como cuchillos o punzones y de trabajos pesados.
- Los guantes, plantillas y mitones reforzados con tiras de metal a lo largo de la palma, son usados para obtener protección contra los objetos agudos y un mejor medio para sostener los materiales en transporte con altas temperaturas.
- Los guantes de hule protegen contra soluciones líquidas y para choques eléctricos. Sin embargo para productos químicos o derivados del

petróleo que tiene efecto deteriorante sobre el hule es necesario para ello elegir guantes fabricados para su uso específico, en material de hule sintético.

- Los de telas son elaborados en lana, fieltro y algodón, y algunos reforzados con cuero, hule o parches sujetos con grapas de acero, y se usan para proteger de cortes y rozaduras en trabajos livianos.
- Los guantes elaborados en plástico usados en trabajos donde intervengan riesgos biológicos o de contacto directo como en un laboratorio o en lugares de atención sanitaria.
- Los elaborados en telas metálicas son aquellos que se usan en trabajos como soldadura en grandes cantidades y en trabajo de manejo de metales en estado de fundición. Además de usar los demás dispositivos de protección personal.

7.7.3. Cinturones de seguridad

Para su selección deben considerarse dos usos, el normal y el de emergencia. El normal son cinturones usados para soportar tensiones relativamente leves durante el desempeño habitual de una tarea. Estas tensiones raramente excederán el peso total estático del usuario.

El de uso en emergencia sirve para retener con seguridad un hombre al caerse, tal uso puede presentarse en ciertas ocasiones donde sobrepasa el peso del uso del operario debido a caídas o situaciones inesperadas.

Los materiales usados para confeccionar estos cinturones son fabricados por medio de correas tejidas de fibra sintética, o de cuero, en ambos casos se usan sistemas de acopla de hebillas metálicas y colocados de tal manera que sean fácil su manipulación y graduación.

Para la selección del tipo de cinturón de uso general en la industria deben considerarse las necesidades de las tareas, las cuales deberán concordar con los cinturones disponibles.

Existen cinturones del tipo:

- Cinturón con correa para el cuerpo: se usan para restringir movimientos del trabajador dentro de un área segura, para evitar caídas de este.
- Arnés para el pecho: usados en casos en donde la libertad de movimientos en el operario es muy importante.
- Arnés para el cuerpo: se usan en casos en que el trabajador deba traspasarse de un lado a otro en alturas peligrosas.
- Cinturón de suspensión: se usa en casos donde no sea posible trabajar en una superficie fija y en la cual el trabajador deba quedar totalmente sostenido por un arnés para el cuerpo.

Entre los usos más frecuentes de estos cinturones se tienen a los limpiadores de ventanas de edificios, o pintores, albañiles, los cuales se ven en la necesidad de trabajar en lugares a grandes alturas y en superficies de alto riesgo de caída.

Las consideraciones a tomar en cuenta en la selección de un cinturón de seguridad se tiene que:

- Hay que tener en cuenta la resistencia suficiente para detener al usuario
- Debe poseer un amortiguador para limitar el impacto de la carga
- La distancia de detención debe ser corta para evitar que el operario se golpee contra los alrededores de la caída antes de parar.

Dentro del uso de cinturones se debe tener en cuenta las cuerdas salvavidas, las cuales deben estar aseguradas más arriba del punto de operación a un anclaje o un componente estructural capaz de resistir peso muerto mínimo o igual al peso del operario. EL material de fabricación en la mayoría de las cuerdas puede ser de *nylon* o cáñamo con un mínimo de 13 milímetros de espesor.

- Vestimenta

Muchas exposiciones a riesgos en las industrias, exigen la ropa apropiada, en lugar de la ordinaria, o encima de esta.

Para la selección de esta indumentaria hace falta tener presente precauciones como: la prenda debe brindar la protección debida contra el riesgo involucrado, y la otra que no entorpezca los movimientos del trabajador.

La vestimenta puede tener incluidas batas, pantalones, delantales, camisas, chaquetas, trajes completos, y cualquier diseño de ropa que proteja al

trabajador ante la posibilidad de sufrir algún tipo de lesión causada por su trabajo.

El uso de vestimenta adecuada previene en el usuario riesgos contra quemaduras, raspaduras, dermatosis, o cualquier lesión acarreada por dicha labor. Y que además estas sean de fácil acceso, es decir sean fáciles de ponerse y quitarse, en caso de presentarse algún tipo de emergencia.

El reglamento que abarca el tipo de seguridad industrial en los establecimientos industriales contiene los requisitos de seguridad que debe reunir la ropa de trabajo:

- Cuando se selecciona ropa de trabajo se debieran tomar en consideración los riesgos a los cuales el usuario pueda estar expuesto, seleccionándose los tipos que reduzcan los riesgos al mínimo asequibles a cada caso.
- La ropa de trabajo deberían ajustar bien ; no deben tener partes flexibles que cuelguen o cordones sueltos ni bolsillos, y si los hay debieran ser pocos y tan pequeños como sea posible
- Las prendas de vestir sueltas, desgarradas o rotas, corbatas y cadenas de llaveros o de relojes no deben ser usadas en las áreas cercanas a máquinas en movimiento.
- Cuando las operaciones encierren un peligro de explosión o incendio, se prohibirá, durante las horas de trabajo el uso de artículos tales como: cuellos, viseras, gorras, y armaduras de anteojos de celuloide, y otros materiales inflamables.

- No se deben llevar en los bolsillos objetos afilados o con puntas, ni materiales explosivos o inflamables
- Las personas expuestas a polvos inflamables, explosivos o tóxicos no usarán ropas que tengan bolsillo, bocamangas o partes vueltas hacia arriba que puedan recoger dichos polvos.
- Debe considerarse un margen de seguridad en estos aspectos de selección para evitar cualquier tipo de error de cálculo de condiciones o materiales.

Entre los diferentes tipos de vestimenta se pueden mencionar los siguientes:

- Vestimentas de cuero, se usan para la protección del cuerpo contra el calor y la salpicadura de metal caliente, también protege contra fuerzas de impacto no muy fuerte y radiaciones infrarrojas y ultravioletas de baja intensidad.
- Vestimentas aluminizadas: se usan para proteger al trabajador ante temperaturas extremadamente altas, hasta 1 093 grados centígrados, como en el caso de reparaciones de hornos, crisoles, tareas de extracción coque, y escorias metálicas. También es usada en el combate de incendios junto con el uso de respiradores autónomos.
- Vestimentas de asbesto y de lana: entre los más comunes son las polainas, y los delantales que generalmente, lo usan los fundidores, soldadores, al trabajar con altas temperaturas en metales.

- Vestimenta ignifugada: es una forma que se tiene de tratar a las telas por medio de un tratamiento químico bastante sencillo, que le permite repeler pequeñas cantidades de fuego en forma de chispa o ráfagas ligeras de fuego, evitando que esta se encienda y arda en su totalidad ocasionándole al trabajador algún tipo de lesión.
- Vestimentas de telas son las más usadas por su versatilidad y su costo, ya que varían desde telas de algodón muy finas hasta el uso del dril, el cual es muy resistente a la acción de pequeños elementos externos. Además es una forma de uniformar al personal que labore en una empresa.
- Vestimenta impermeable: son usadas para protección contra polvos, vapores, humedad y líquidos corrosivos. Pudiéndose fabricar de manera individual para cada parte del cuerpo o cubrir totalmente el cuerpo del trabajador, y además contengan equipo autónomos de aire. Entre los materiales usados se encuentra el caucho natural, la olefina, el caucho sintético, neopreno, vinilo, polipropileno, y las películas de polietileno.
- Vestimenta para climas fríos: en climas de bajas temperaturas o en lugares a la intemperie, se hace necesario el uso de materiales aislante en la fabricación de las diferentes formas de proteger al cuerpo humano, principalmente la ropa interior, ya que brindan una protección liviana contra el frío. Entre los materiales más usados para la fabricación de este tipo de vestimenta se encuentra el *nylon*, algodón acolchado, dacrón, y en otros casos se usa un Nomex, el cual resiste cambios a altas temperaturas.

- Vestimentas para peligros nocturnos: se usa cuando existe la necesidad de trabajar a oscuras y se fabrican con el uso de materiales reflectivos en forma de aviso, entre ellos se pueden citar a policías, bomberos, trabajadores de construcción en horas nocturnas, etc.
- Vestimentas desechables: se hace de plástico o papel reforzado, las cuales se usan en industrias de emisión de bajas radiaciones o en droguerías o producción de artículos electrónicos.
- Vestimenta con plomo: se usan de tela con fibra de vidrio y plomo, de caucho con plomo, o de plásticos con plomo, para evitar el paso de radiaciones en laboratorios y equipos de radiología.

Los fabricantes están en capacidad de poder producir las vestimentas de acuerdo a los requerimientos de los usuarios, manteniendo siempre la premisa de resguardar la vida de un trabajador cumpliendo con las normas de fabricación y estándares de calidad.

Las vestimentas acolchonadas de cuero, tela, fibras duras, plásticos o metales, protegen el abdomen contra golpes.

Las prendas similares de metal, fibras duras o cueros, con refuerzos metálicos, brindan protección contra golpes fuertes de herramientas de bordes bruscos. Para tareas que requieran libertad de movimientos hay delantales con perfiles dotados de broches, los cuales rodean totalmente el cuerpo para protegerlo.

Los resguardos de fibras duras, o de metal se usan también para proteger las espinillas contra impactos fuertes.

Existe también el uso de rodilleras acolchonadas de acuerdo al uso en donde se requieran que el obrero se encuentre apoyado en sus rodillas continuamente.

La vestimenta y protección para mujeres: estas requieren las mismas características que la vestimenta usada en los hombres, ya que se pueden encontrar con los mismos tipos de riesgos. Las faldas y blusas sueltas pueden ser fácilmente atrapadas por las máquinas, en estos casos se exige el uso de pantalones y camisas de mangas cortas, así de esta manera se evita el peligro.

La posibilidad de que el cuero cabelludo sufra una lesión grave se hace presente cuando el pelo suelto se encuentra en movimiento y puede llegar a entrar en contacto con alguna parte móvil de la máquina en funcionamiento. Por razones de higiene, es recomendable el uso de gorros o pañuelos en la cabeza para evitar este riesgo y además de que forma parte de una norma sanitaria en empresas de alimentos.

Los anillos, pulseras y pendientes son causas frecuentes de accidentes, por lo cual en las empresas se prohíbe el uso de joyas u ornamentos que quinden en el cuerpo en relación a cualquier labor con máquina en movimiento.

7.7.4. Protección de cabeza

La protección a la cabeza es una de las partes a ser mejor protegida, ya que es allí donde se encuentra el centro de mando, es decir el cerebro y sus componentes.

Debe suministrarse protección para la cabeza a aquellos trabajadores que están expuestos a sufrir accidentes en esta parte del cuerpo, creados

particularmente por la realización de actividades como trabajo con árboles, construcción y montaje, construcción de buques navales, en minas , trabajos con aviones, trabajos con el manejo de metales básicos de gran tamaño (aceros y aluminios), y los de las industrias químicas. Además de poder usarse donde se crea que exista el riesgo de algún golpe a la cabeza.

Los materiales en los cuales se fabrican los diferentes tipos de cascos y gorras, pueden ir desde telas para las gorras, como de plásticos de alta resistencia a impactos y chispas que puedan provocar incendios, como el uso de metales. El tipo de material va a depender del uso que se le van a dar de acuerdo a su clasificación.

Entre los tipos de protección de cabeza se pueden nombrar:

- Estos cascos se pueden dividir en cascos de ala completa, o de visera. Además estas dos clases se subdividen en:
 - Clase A y B: resistentes al agua y a la combustión lenta, y a labores eléctricos.
 - Clase C: resistentes al agua y a la combustión lenta.
 - Clase D: son resistentes al fuego, son de tipo auto extingüibles y no conductores de la electricidad.

La suspensión del casco, es la parte que confiere a este las propiedades de distribuir los impactos. Existen forros para los cascos que protegen al trabajador en tiempos fríos, haciéndolos más ergonómicos y confortables. Para

mantener el casco en su lugar, existen los barboquejos, que le permiten al trabajador sostener el casco en su cabeza y evitar que este se le caiga.

Existen también cascos con dispositivos de conexión desmontables para protectores faciales y auditivos.

- Cascos en forma de sombrero o de gorra: son protectores rígidos para la cabeza, además protegen de choques eléctricos o combinación de ambos. También protegen al cuero cabelludo, la cara, y la nuca de derrames aéreos de ácidos o de productos químicos, así como también de líquidos calientes. También evitan que las máquinas puedan atrapar la cabellera del trabajador, como la exposición de esta a polvos o mezclas irritantes, incendios y con resistencia a altos voltajes.
- Gorras anti golpes: son otro tipo de protección para la cabeza, en donde no se tengan riesgos tan fuertes de golpearse la cabeza, y se tengan espacios limitados de funcionamiento que transformen al casco en limitaciones y se usan estos tipos de gorras fabricadas con materiales livianos y de pequeño espesor.
- Protectores para el cabello: se usan para evitar que los trabajadores con cabellera larga que trabajan en los alrededores de cadenas, correas, u otras máquinas en movimiento, protegiéndolas y evitando así que estas entren en contacto con dichas piezas en movimiento.

Dispositivos de protección auditivos

Los sonidos se escuchan en condiciones normales como una variación de diferencias de presión y llegan al oído para luego ser transmitidas por los

mecanismos auditivos al cerebro, en donde se producen diferentes sensaciones, de acuerdo al tipo de ruido. Los perjudiciales, que excedan los niveles de exposición al ruido permitido (85-90 decibeles), se deben realizar disminuciones en la fuente de emisión, pero a veces no es suficiente y se debe acudir a la protección del oído, sea en su parte interna, o directamente en los canales auditivos.

Los protectores para oídos se pueden dividir en dos grupos principales:

- Los tapones o dispositivos de inserción: son aquellos que se colocan en el canal auditivo. Existen los tapones aurales, y los súper aurales. Las cantidades de reducción de ruido dependerán del tipo de material, con el que se encuentren fabricados, siendo más o menos absorbentes del ruido, pudiendo llegar hasta disminuir 15 decibeles.
- Orejeras: es una barrera acústica que se coloca en el oído externo. Proporcionan una atenuación y varían grandemente de acuerdo a las diferencias de tamaños, formas, material sellador, armazón, y clase de suspensión. La clase de cojín o almohada que se usa entre la copa y la orejera y la cabeza tienen mucho que ver con la eficiencia de la atenuación. Los cojines llenos de líquidos o grasas, brindan una mejor suspensión de ruido, que los plásticos o caucho esponjoso, aunque pueden sufrir pérdidas.

Las variaciones de los modelos, brindan distintos grados de disminución de ruido. Pudiéndolos llevar en el caso de las orejeras hasta unos 25 decibeles o 30 decibeles menos de lo que existe en el ambiente.

A pesar de lo eficiente que puedan ser los protectores auditivos, el que se lo acepte bien o mal, depende enormemente de lo cómodo que resulte, debido a que existen personas que por defectos físicos o psíquicos no pueden usar tapones, mientras que a otras les es imposible usar orejeras.

Es importante notar, que dentro de las maneras de disminuir la cantidad de ruido, se debe disponer de ambas para permitirle al obrero elegir cuál le sea más confortable y le sienta mejor, siempre y cuando éstas cumplan con los debidos niveles de protección buscados con este dispositivo.

Dispositivos de protección facial y visual

Proteger los ojos y la cara de lesiones debido a agentes físicos y químicos, como también de radiaciones, es vital para cualquier tipo de manejo de programas de seguridad industrial.

En algunas operaciones es necesario proteger la totalidad de la cara, y en algunos casos, se requiere que esta protección sea fuerte para que los ojos queden salvaguardados del riesgo ocasionado por partículas volantes relativamente pesadas.

Existen varios tipos de protección para la cara y los ojos, entre los cuales se pueden nombrar:

- Cascos de soldadores, ya que presentan una protección especial contra el salpicado de metales fundidos, y a su vez una protección visual contra la radiación producida por las operaciones de soldado.

- Pantallas de metal: se usan en operaciones donde exista el riesgo de salpicadura por metales fundidos, los cuales son parados por una barrera física en forma de malla metálica de punto muy pequeño, que le permite ver al operario sin peligro de salpicarse y de exponer su vista a algún tipo de radiación.
- Capuchones, está realizado de material especial de acuerdo al uso, por medio del cual se coloca una ventana en la parte delantera, la cual le permite observar a través de dicha ventana transparente lo que está haciendo. Este tipo de capuchones se usa en operaciones donde intervengan el manejo de productos químicos altamente cáusticos, exposición a elevadas temperaturas, etc.

Los materiales de fabricación van a depender del uso que se le dé a este, pero pueden ser de metales, plásticos de alta resistencias, como de lona.

Los dispositivos de protección visual, son básicamente cristales que no permiten el paso de radiaciones en forma de onda por un tiempo prolongado que perjudiquen a los diferentes componentes del aparato visual humano y objetos punzo penetrantes, desde los tamaños más pequeños, exposiciones a vapores irritantes, rociados de líquidos irritantes.

La fabricación de estos implementos de protección debe hacerse de acuerdo a los requerimientos, y esto hace que cada fabricante produzca su propio diseño. Los materiales que se usan para la fabricación de estos no deben ser corrosivos, fácil de limpiar, y en la mayoría de los casos no inflamables. La zona transparente debe ser lo más clara posible, evitando de esta manera efectos de distorsión y prisma.

Al existir la necesidad de que el trabajador posea corrección visual, esta debe ser preferiblemente tomada en cuenta directamente en la fabricación de los lentes.

Existe el problema, que se presenta en ambientes húmedos, del empañamiento de los lentes. Esto se corrige con una aeración máxima hacia el interior de los lentes.

Con respecto a las protecciones del resplandor y energías radiantes, es necesario utilizar lentes con filtro adecuados al uso.

Entre los principales tipos de lentes o gafas a usar:

- Gafas con cubiertas laterales: resisten al impacto y a la erosión, adecuados para el trabajo en madera, pulido y operaciones ligeras
- Anti resplandor (energía radiante): son aquellos fabricados para proteger en contra del resplandor, escamas y chispas volantes, usados en soldadura, y trabajo de metales a altas temperaturas. Varían de acuerdo al tono 3-4 hasta 12 para trabajos pesados y la intensidad de la radiación, a la cual se encuentra sometido el obrero.
- Químicos: fabricados en materiales anticorrosivos y resistentes al impacto, en donde se manipulen materiales químicos, etc.
- Combinación: se encuentran fabricados con anti resplandor y químicos, se usan en procesos de soldadura especial y fundición.

- Polvo: se elaboran en materiales livianos que le permitan tener ventilación adecuada. Se usa en labores de carpintería, molido y preparación de piedras, etc.
- Vapores químicos: son fabricados de manera que mantengan a los ojos sellados herméticamente por medio de gomas y no permitan que estos vapores estén en contacto directo. Se usan en el manejo de ácidos.
- Rejillas de alambre: están formados por una malla de metal muy fina; que le permite al operario ver lo que hace y a su vez no pasen partículas metálicas dentro de ellos. Se usan en minas, canteras, tenerías, ambientes de gran humedad.
- Lentes: es una forma de sostener por medio de patas a un juego de cristales o plástico para evitar el contacto de objetos pesados con los ojos.

7.7.5. Dispositivos respiratorios

En los procesos industriales se crean contaminantes atmosféricos que pueden ser peligrosos para la salud de los trabajadores. Deben existir consideraciones como aplicar medidas de controlar los contaminantes. Existen casos, en donde estas medidas no son suficientes, por lo que habrá que disponer de equipos protectores a nivel respiratorio. Existen situaciones de emergencia donde el personal está expuesto a una condición insegura causada por accidente inesperado, por períodos cortos que pongan en peligro su salud.

Además de las situaciones de no emergencia, que son las generadas de acuerdo a la naturaleza del proceso en sus operaciones normales o de rutina, que exponen a los trabajadores al contacto con una atmósfera que pueda producir enfermedades crónicas, incomodidad muy marcada, o puedan resultar daños permanentes físicos, o la muerte después de exposiciones repetidas o prolongadas.

La selección del tipo de dispositivo protector respiratorio debe hacerse de acuerdo a los siguientes criterios:

- Tipo de contaminante del que hay que protegerse.
- Propiedades químicas, físicas y toxicológicas.
- Es un contaminante de tipo emergencia o de situación normal.
- Factores limitadores a los obreros para minimizar la posibilidad de que el riesgo se materialice en lesión.

Entre los tipos de dispositivos respiratorios están:

- Los respiradores de cartuchos químicos, considerados también como máscaras de gas de baja capacidad. Este tipo de respiraderos tapa la nariz y la boca, la cual está unido por medio de goma a un cartucho reemplazable. Su uso se hace evidente cuando existen exposiciones a vapores de solventes, limpieza en seco, fundición de metales sulfurados, y lugares donde exista una baja concentración de gases tóxicos. Su uso es en situaciones normales o de no emergencia.

- Las máscaras de gas, es una forma de mascara que se acopla a los ojos, nariz y boca, la cual se encuentra conectada a un bote que contiene un absorbente químico que protege al operario contra un determinado vapor o gas. Es de uso en situaciones de emergencia. Su uso actualmente se encuentra en el amplio espectro de todos los gases o vapores peligrosos conocidos.

Los de humo, aquellos evidentemente no más tóxicos que el plomo.

Los de neblina, se usan cuando hay ácido crómico o neblinas dañinas que produzcan neumoconiosis.

Los de polvo, usados para protegerse de elementos como el asbesto, la sílice libre, carbón, madera, aluminio, cal, cemento, entre otros.

- Los respiradores de filtro mecánico, son dispositivos de uso en situaciones de no emergencia, de tal manera que tapa la boca y la nariz. Su medio de filtro es mecánico, ya que todo el aire que el individuo respira pasa por un filtro conectado en la misma mascara. Existen tres tipos de respiradores:
 - Aparatos respiradores autónomos: son aquellos que permiten al usuario moverse en el lugar de aire contaminado, por medio del suministro de aire comprimido, o mezclas de gases respiratorios. Este equipo tiene un máximo de uso de 2 horas sin que se acabe la reserva de aire. Su uso se hace en situaciones de emergencia.

- Máscara de tubo y soplador: dispositivo formado por una máscara que tapa la cara, cubriendo ojos, nariz, boca, y a su vez está unida a un tubo de alta resistencia, el cual se encuentra unido a un soplador, mecánico o manual, el cual suministra una corriente de aire fresco y limpio al operario. Posee gran longitud de extensión este tipo de aparato respiratorio
- Máscara de tubería sin soplador, al igual que el tipo anterior, pero de menor longitud y sin ayuda mecánica o manual en el suministro de aire hacia el operario.

Los dispositivos respiratorios obligan a mantener una serie de regímenes de mantenimiento muy exigente ya que su mecánica lo requiere, por lo que deben ser revisados periódicamente y correctamente mantenidos para que al momento de presentarse la necesidad de usarlos estos estén en perfecto estado.

- Dispositivos de protección colectiva

Es una forma de proteger a un grupo de trabajadores de la industria, ya que busca de manera visual avisar y mantener al tanto los lugares de peligro. Y la importancia que debe darse al ambiente que rodea al hombre, para procurarle mayores comodidades y ayudarlo a lograr una mayor eficiencia en su trabajo.

Se tiene que tener en cuenta a la luz como el elemento más importante para proporcionar un ambiente adecuado.

Proporcionar adecuada luz natural y artificial sin deslumbramientos, con buena distribución arriba y debajo de las fuentes de luz, dentro de las cuales también debe poseer buen rendimiento de cromatismo. Se debe evitar el uso de alumbrado de vapor de sodio o de mercurio no corregido. Los colores del tipo de luz pueden ser de acuerdo a las necesidades. Este alumbrado debe ser adecuado en cualquier lugar de trabajo, pero se le debe prestar más atención en lugares donde el ruido alcance niveles altos y se tenga que depender de la vista más que del oído para darse cuenta de un riesgo cercano.

La mejor manera de seleccionar y aplicar los colores debe ser por razones de funcionalidad, más que por efectos decorativos. El empleo de colores de alta luminosidad y bajo cromatismo en techos y paredes, se usa para dar fondos moderados y con buena reflexión de luz, contra el cual los colores focales y los considerados de seguridad sean claramente visibles. Es necesario que los pisos sean de colores claros para ayudar a una reflexión general de la luz.

Los colores según el código de seguridad deben cumplir con ser lo más visible posible y alto cromatismo, teniendo el amarillo como resaltador de altos riesgos, obstrucciones y objetos en movimiento, como grúas, montacargas, etc.

El uso de colores con mayor impacto visual como el rojo fluorescente, se emplea para dar avisos de riesgos de incendios y de explosión, además de señalar la ubicación de las puertas de escape y equipos contra incendio.

Esto también trae como consecuencia que los colores de seguridad deben venir asociados con una forma para su fácil entendimiento en el momento de una necesidad, hasta en casos de personas con deficiencias visuales, sean focales o cromáticas.

Los diferentes colores usados en las plantas y maquinarias deben tener mediana luminosidad y bajo cromatismo para evitar la atención hacia otros colores que deben verse con claridad y que son indicadores de señales de emergencia, de aviso, etc.

Donde se desee que exista un color adicional para distinguir lugares de menor importancia en una planta grande, se recomienda el uso de efectos de dos tonos, debiendo ser el segundo color más brillante o más oscuro que los de las máquinas.

Para colores usados en la identificación de la tubería se deben seleccionar colores resaltantes.

Los requisitos que se exigen en cualquier ambiente en el que se necesite identificar colores o códigos de seguridad, deben ser lo suficientemente contrastantes y diferentes a nivel de matiz y luminosidad, para facilitar su identificación ante la presencia de cualquier luz, dándose cierto margen para el oscurecimiento, o a que se desvanezcan los colores debido al envejecimiento de la película de la pintura.

8. ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONFIABILIDAD DE EQUIPOS CRÍTICOS

8.1. Determinando equipos críticos

Para identificar las fallas más importantes de los equipos seleccionados como críticos, realizar el árbol de fallas cuantificando los eventos para identificar los más relevantes que provocan las fallas más importantes encontradas

Tabla III. **Criticidad de equipos**

EQUIPO	TIPO "A"	TIPO "B"	TIPO "C"
Columnas de Destilación			
<i>Columna praj/ simmesing</i>	X	-	-
Columna vendome	-	-	x
Columna de ron	-	-	x
Columna de hidroselección	-	x	-
Columna rectificadora/ vendome	-	x	-
Columna de destilación	-	x	-
Columna de destilación de vino	-	x	-
Columna rectificadora/concentración	-	-	X
Columna de cabezas y colas	-	-	x
Columna final	-	-	X

Continuación de la tabla III.

Caldera			
Bombas de inyección de agua	x	-	-
Ventilador forzado	x	-	-
Tubería de <i>superheater</i>	x	-	-
Sopladores de hollín	x	-	-
Tubos de pared de agua	x	-	-
Refractario de pared (lado del quemador)	x	-	-
Turbogenerador			
Gobernador <i>woodward 505</i>	x	-	-
Generador	x	-	-
Sensores	-	x	-
Compresores			
Secador de aire	x	-	-
Accesorios de regulación	-	x	-
Torres de enfriamiento			
Bombas de las torres de enfriamiento	x	-	-
Ventiladores de las torres de enfriamiento	x	-	-
Tanques	X	-	-
Soplador de aire	X	-	-
Planta de agua	X	-	-
Transformadores eléctricos	-	-	x
Bombas del área de destilación	-	x	-
fermentadores			
Fermentadores del área 200	-	-	x
Bombas de circulación de mosto fermentado	-	-	x
válvulas			
Termo compresor (entrada de vapor área 350)	-	x	-

Fuente: elaboración propia.

Tipo A: los más críticos generalmente equipos grandes.

Tipo B: los generalmente críticos.

Tipo C: no son críticos, generalmente equipos pequeños.

* Se tomará en cuenta si un equipo no ha dado problema (según las ordenes de trabajo de años anteriores).

8.2. Grado de mantabilidad de equipos críticos

Es la probabilidad de que un componente, equipo o sistema pueda ser restaurado a una condición operacional satisfactoria dentro de un período de tiempo dado.

Tabla IV. **Grado de mantabilidad de los equipos**

Equipo	Afecta a la calidad	Afecta la producción	Afecta el rendimiento	Grado de mantabilidad	
				medio	alto
Columnas de destilación	x	x	x		x
Caldera	x	x	x		x
Válvulas	x	x			x
Compresores		x		x	
Termocompresor	x	x		x	
Torres de enfriamiento	x	x	x		x
Tanques	x	x	x		x
Soplador de aire			x	x	
Planta de agua	x	x			x
Transformadores eléctricos		x			x
Bombas	x	x	x	x	
Fermentadores		x	x		x
Intercambiadores	x	x	x	x	

Fuente: elaboración propia.

8.3. Matriz de criticidad de equipos

Es una metodología que permite establecer la jerarquía de los activos (sistemas, instalaciones y equipos), en función de criterios técnicos y financieros, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Tabla V. Matriz de criticidad

Codigo de equipo	Descripcion del equipo	Ubicación técnica	Afecta la calidad		Incidencia sobre la producción		Grado de mantenibilidad		Back/Up		Suma de criticidad	
			Si=50	No=0	Inmediato=150	<=12 hrs=75	Alta=100	Mediano=50	Si=0	No=50		
Sai-01	Transformador	Caldera y planta de agua	-	-	150	-	-	50	-	-	50	250
Sai-02	Transformador	Destilación y fermentación	50	-	150	-	-	50	-	-	50	250
Sai-03	Transformador	Bodega de producto	-	-	-	-	-	50	-	-	50	100
Sai-04	Transformador	Bombas de miel	-	-	-	-	-	50	-	-	50	100
CA9	Columna preaj/sinmesing	piraj	50	-	150	-	100	-	-	-	50	350
Dei-121	Columna Vendome	Destilación	50	-	150	-	100	-	-	-	50	350
Dei-122	Columna de ron	Vendome	50	-	150	-	100	-	-	-	50	350
Dei-123	Columna de Hidroselección	Vendome	50	-	150	-	100	-	-	-	50	350
Dei-124	Columna rectificadora	recifosadora	50	-	150	-	100	-	-	-	50	350
Dei-H301	Columna de destilación de vino	Area 300	50	-	150	-	100	-	-	-	50	350

CRITERIO \$ DE MANTENIMIENTO:
 Incidencia sobre la producción (42.85%)
 Inmediato = 150
 <= 12 hrs=75
 >12 hrs=0

Mantenibilidad (33.33%)
 Alto=100
 Mediano=50
 Bajo=0

Equipos criticos A	>300 puntos
Equipos criticos B	=250 puntos
Equipos criticos C	<200 puntos

Afecta la calidad (14.28%)
 Si= 50
 No=0
 Tiene backup
 Si= 50
 No= 0

Continuación de la tabla V.

Codigo de equipo	Descripción del equipo	Ubicación técnica	Afecta la calidad		Incidencia sobre la producción			Grado de mantenibilidad		Back/up		Suma de criticidad
			Si=50	No=0	Inmediato=150	<= 12 hrs=75	>12 hrs=0	Alta =100	Mediano=50	Baja= 0	Si=0	
Der-K302	Columna rectificadora	Area 300	50	-	150	-	-	100	-	-	50	350
Der-K352	Columna de rectificación	Area 350	50	-	150	-	-	100	-	-	50	350
Der-K354	Columna de cabezas y colas	Area 350	50	-	150	-	-	100	-	-	50	350
Der-355	Columna final		50	-	150	-	-	100	-	-	50	350
Smi-01	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de destilación	50	-	150	-	-	-	50	-	50	300
Smi-02	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de destilación	50	-	150	-	-	-	50	-	50	300
Smi-03	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de fermentación	50	-	150	-	-	-	50	-	50	300
Smi-04	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de fermentación	50	-	150	-	-	-	50	-	50	300
350R01.2	termocompresor	Entrada de vapor área 350	50	-	150	-	-	-	50	-	50	300
Fer-F201	Fermentador	Area 200	-	-	150	-	-	-	50	-	50	250

Afecta la calidad (14.28%)

Si= 50
No=0
Tiempo backup

CRITERIOS DE MANTENIMIENTO:

Incidencia sobre la producción (42.85%)
Inmediato = 150
<= 12 hrs=75
>12 hrs=0

Mantenibilidad (28.58%)

Alto=100
Mediana=50
Baja=0

Equipos criticos A	>300 puntos
Equipos criticos B	=250 puntos
Equipos criticos c	<200 puntos

Continuación de la tabla V.

Código de equipo	Descripción del equipo	Ubicación técnica	Afecta la calidad		Incidencia sobre la producción			Grado de mantenibilidad			Back/up		Suma de criticidad
			Si=50	No=0	Inmediato=150	<= 12 hrs=75	>12 hrs=0	Alta =100	Mediano=50	Baja= 0	Si=0	No=50	
FeH202	Fermentador	Area 200	-	-	150	-	-	50	-	-	-	50	250
FeH203	Fermentador	Area 200	-	-	150	-	-	50	-	-	-	50	250
FeH204	Fermentador	Area 200	-	-	150	-	-	50	-	-	-	50	250
FeH205	Fermentador	Area 200	-	-	150	-	-	50	-	-	-	50	250
FeH221	Fermentador	Area 200	-	-	150	-	-	50	-	-	-	50	250
FeH222	Fermentador	Area 200	-	-	150	-	-	50	-	-	-	50	250
FmH201	Pre fermentador	Fermentacion	-	-	150	-	-	100	-	-	-	50	300
FmH202	Pre fermentador	Fermentador	-	-	150	-	-	100	-	-	-	50	300
FmH203	Fermentador	Fermentación	-	-	150	-	-	100	-	-	-	50	300
Dbvi-301	Bomba de Vacío	Sernivel destilación	50	-	150	-	-	-	-	-	-	50	300

CRITERIO \$ DE MANTENIMIENTO:
 Incidencia sobre la producción (42.85%)
 Inmediato = 150
 <= 12 hrs=75
 >12 hrs=0

Mantenibilidad (26.56%)
 Alto=100
 Mediana=50
 Baja=0

Afecta la calidad (14.28%)	
Si= 50	
No=0	
Tiempo backup	
Si= 50	
No=0	

Equipos criticos A	>300 puntos
Equipos criticos B	=250 puntos
Equipos criticos c	<200 puntos

Continuación de la tabla V.

Codigo de equipo	Descripción del equipo	Ubicación técnica	Afecta la calidad		Incidencia sobre la producción			Grado de mantenibilidad			Backup		Suma de criticidad
			Si=50	No=0	Inmediato=150	<= 12 hrs=75	>12 hrs=0	Alta =100	Mediano=50	Baja= 0	Si=0	No=50	
Dbi-p303	Bomba de vinaza	k-301	-	-	150	-	-	-	-	-	50	200	
Dbi-p304	Bomba de refujo de condensado	k-303	-	-	150	-	-	-	-	-	50	200	
Dbi-p305	Bomba de recirculación de fiemaza	k-302	-	-	150	-	-	-	-	-	50	200	
Dbi-p306	Bomba de fiemaza	k-303	-	-	150	-	-	-	-	-	50	200	
Dbi-p307	Bomba de condensado	k-303	-	-	150	-	-	-	-	-	50	200	
Dbi-p351	Bomba de refujo de condensado	Tanque b-351	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250	
Dbi-p352	Bomba de alcohol diluido	Columna k-352	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250	
Dbi-p353	Bomba de recirculación fondo hidroselección	Columna k-353	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250	
Dbi-p121	Bomba de vino	Vendome	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250	
Dbi-p122	Bomba de vino	Vendome	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250	

Incidencia sobre la producción (42.85%)
 Si= 50
 No=0
 Tiene backup
 Si= 50
 No= 0

Mantenibilidad (28.58%)
 Alto=100
 Mediano=50
 Baja=0

Equipos críticos A	>300 puntos
Equipos críticos B	=250 puntos
Equipos críticos c	<200 puntos

Continuación de la tabla V.

Código de equipo	Descripción del equipo	Ubicación técnica	Afecta la calidad		Incidencia sobre la producción			Grado de mantenibilidad		Backup		Suma de criticidad
			Si=50	No=0	Inmediato=150	<= 12 hrs=75	>12 hrs=0	Alta =100	Mediano=50	Baja= 0	Si=0	
Dbi-p356	Bomba de recirculación de condensado	W359	-	-	150	-	-	-	-	-	50	200
Dbi-p357	Bomba de recirculación de alcohol	Columna k-355	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Dbi.p358	Bomba de refujo condensado	Tanque b-353	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Dbi-p359	Bomba de flemaza	Columna k-352	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Dbi-p3510	Bomba de recirculación de flemaza	Columna k-352	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Dbi-p303	Bomba de vinaza	W301/w351	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Dbi-p301	Bomba de refujo de condensado	w301/w351	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Sbi-12	Bomba de circulación de agua osmósis	Planta de agua	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Sbi-17	Bomba de agua de pozo	Bomba de pozo	50	-	150	-	-	-	-	-	50	250
Sbi-05	Bomba de enfriamiento destilación	Torre de enfriamiento destilación	50	-	150	-	-	-	-	50	50	300

Incidencia sobre la producción (42.85%)
 Si= 50
 Inmediato = 150
 <= 12 hrs=75
 >12 hrs=0
 Tiene backup
 Si= 50
 No= 0

Mantenibilidad (28.58%)
 Alto=100
 Mediano=50
 Baja=0

Equipos críticos A	>300 puntos
Equipos críticos B	=250 puntos
Equipos críticos c	<200 puntos

Continuación de la tabla V.

Codigo de equipo	Descripción del equipo	Ubicación técnica	Afecta la calidad		Incidencia sobre la producción			Grado de mantenibilidad			Back/up		Suma de criticidad
			SI=50	NO=0	Inmediato=150	<= 12 hrs=75	>12 hrs=0	Alta =100	Mediano =50	Baja= 0	SI=0	NO=50	
SBI-06	Bomba de enfriamiento a destilación	Torre de enfriamiento destilación	50	-	150	-	-	-	-	-	-	50	300
SBI-100	Bomba de enfriamiento a destilación	Torre de enfriamiento destilación	50	-	150	-	-	-	-	-	-	50	300
SBI-101	Bomba de enfriamiento a destilación	Torre de enfriamiento destilación	50	-	150	-	-	-	-	-	-	50	300
SBI-102	Bomba de enfriamiento a destilación	Torre de enfriamiento destilación	50	-	150	-	-	-	-	-	-	50	300
SBI-103	Bomba de enfriamiento a fermentación	Torre de enfriamiento fermentación	50	-	150	-	-	-	-	-	-	50	300
FBI-p201	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-201	-	-	150	-	-	-	-	-	-	50	250
FBI-p202	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-202	-	-	150	-	-	-	-	-	-	50	250
FBI-p203	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-203	-	-	150	-	-	-	-	-	-	50	250
FBI-p204	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-204	-	-	150	-	-	-	-	-	-	50	250
FBI-p205	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-205	-	-	150	-	-	-	-	-	-	50	250

Incidencia sobre la producción (42.8 5%)
 Inmediato = 150
 <= 12 hrs=75
 >12 hrs=0

Mantenibilidad (25.58%)
 Alta=100
 Mediano=50
 Baja=0

Equipos críticos A	>300 puntos
Equipos críticos B	=250 puntos
Equipos críticos C	<200 puntos

SI= 50
 NO=0
 Tiene Backup
 SI= 50
 NO= 0

Fuente: elaboración propia.

8.4. Fallas más comunes que generan paros

Las fallas más comunes que provocan paros en DARSA se han identificado, ordenado, clasificado y las posibles soluciones se mencionan a continuación en la tabla VI.

Tabla VI. **Fallas más comunes**

EQUIPO	FALLAS		
Ventiladores torre de enfriamiento	- Calibración de aspas y Balanceo de ventilador	Cambio de cojinete a reductor y motor	
	Cambiar eje de transmisión de motoreductor	Cambio de tubo LT en tubería eléctrica del motor	
Soplador de aire	Cambiar fajas a compresor de aire y alineación	Alineación de fajas	
Fermentadores	Instalar placa de orificio	Cambio de empaques de <i>flanges</i> en tuberías de vapor	
	Desacoplar boquilla		
Transformadores eléctricos	Derrame de aceite dieléctrico	Cambio de cables en las líneas de conexión	Limpieza de bornes en alta y baja tensión
Compresores	Revisión de accesorios de regulación, control y drenaje de compresor	Revisión del secador de aire.	
Turbogenerador	Revisión y limpieza de chumaceras y devanado de generador W	Revisión y cambio de sensores de temperatura en turbogenerador TGM.	Revisión y cambio de cojinete radial-axial turbina TGM.
	Cambio de sellos de laberintos y anillos de carbón	Limpiar incrustaciones en la válvula del gobernador y lubricar el sistema de disparo.	Limpieza de la rueda de la turbina

Continuación de la tabla VI.

Caldera	Reparación de tubos de paredes de agua caldera.	Reparación con refractario, de pared frontal lado quemador caldera Nebraska.	Reparación de tubería de superheater caldera
	Reparación de bombas, válvulas y accesorios de control de alimentación de <i>bunker</i> Caldera Nebraska.	Reparación de bombas de inyección de agua a caldera.	Reparación y cambio de lanzas de sopladores de hollín de caldera Nebraska.
	Limpiar los filtros de combustible y el atomizador.		
Planta de agua	Revisión al arrancador y chequeo de empalmes	Chequeo cortocircuito de líneas eléctricas	
Pozo de agua	Revisar el arrancador automático de la bomba	Reparar cable de señal 120 que va de planta de agua hacia arrancador	
Columnas de destilación	Sellar fuga en empaque de manjol de columna	Limpieza de placas de columna	Cambio de empaque de visor
	Colocar flange ciego en fondo de columna	Limpieza interna de condensadores	
Bombas	Revisión de cojinetes a motor y bomba	Sellar fuga en caja de stopero	Instalación de camisas de bronce de estopa
	Realizar pruebas en las líneas de cable eléctrico de bomba de agua	Cambio de cables eléctricos en arrancador de bomba	Cambio de hule para flex de acople
	Cambio de válvula de descarga de bomba	Alineamiento de bomba	Hacer cambio de niple para drenajes de condensado y

Continuación de la tabla VI.

	Revisar arrancador y cambio de botonera porque no arranca	Sellar fuga de aceite en sello de laberinto de bomba	
Intercambiadores	Cambio de empaques recalentados a placas de intercambiador	Limpieza de filtros de intercambiadores	Limpieza de placas y sellar fuga de agua
Tanques	Cambio de agitador de tanques de melaza y conexión eléctrica	Sellar fuga en visor de nivel de tanque de alcohol diario	Quitar manjól para calibración del tanque
	Sellar fuga en majol	Sellar fuga en <i>flange</i>	

Fuente: elaboración propia.

8.5. Indicadores de mantenimiento para determinar los equipos críticos

Del estudio de criticidad se determinó que los equipos críticos a ser tomados en cuenta en el modelo de gestión de mantenimiento predictivo son los que a continuación se mencionan.

Tabla VII. **Indicadores de mantenimiento**

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas	2 566,35	1 485
Tiempo promedio para reparaciones	20,06	11.57
Disponibilidad	98,85	99
Probabilidad de falla	5,4E-4	6,38E-4
Confiabilidad	98,8	99
% de paradas por emergencia	4,6E-5	5,52E-3

Continuación de la tabla VII.

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	4 605,70	4 993,33
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	10,40	9,92
Disponibilidad (%)	98,7	99,6
Probabilidad de falla (%)	3,20E-4	3,93E-4
Confiabilidad (%)	99,13	99,73
% de paradas por emergencia	3,40E-3	5,86E-3

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	1 560	1 560
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	6	14,5
Disponibilidad (%)	99	9
Probabilidad de falla (%)	1,60E-4	1,60E-4
Confiabilidad (%)	99	99
% de paradas por emergencia	3,84E-3	9,29E-3

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	1 560	2 080
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	4,0	5-0
Disponibilidad (%)	99	99
Probabilidad de falla (%)	6,41E-4	4,81E-4
Confiabilidad (%)	99	99
% de paradas por emergencia	2,48E-3	2,13E-3

Continuación de la tabla VII.

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	2 433	3 360
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	12,46	6,5
Disponibilidad (%)	99	99
Probabilidad de falla (%)	0,00179	0,00174
Confiabilidad (%)	99	99
% de paradas por emergencia	0,00454	0,003292

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	1 620	6 240
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	14	20
Disponibilidad (%)	99	94
Probabilidad de falla (%)	1,60E-4	6,17E-4
Confiabilidad (%)	99	94
% de paradas por emergencia	4,48E-3	1,92E-2

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	780	3 120
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	8,32	18,0
Disponibilidad (%)	98	99
Probabilidad de falla (%)	1,28E-3	3,20E-4
Confiabilidad (%)	98	99
% de paradas por emergencia	1,007E-2	5,79E-3

Continuación de la tabla VII.

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	-	3 120
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	-	9
Disponibilidad (%)	99	99,4
Probabilidad de falla (%)	-	3,20E-4
Confiabilidad (%)	100	99,7
% de paradas por emergencia	-	2,88E-3

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	480	3 120
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	28,61	20
Disponibilidad (%)	88	90
Probabilidad de falla (%)	2,08E-3	3,20E-4
Confiabilidad (%)	94	99
% de paradas por emergencia	5,96E-2	6,41E-3

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	164,21	63,03
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	22,47	7,50
Disponibilidad (%)	86	88
Probabilidad de falla (%)	6,089E-3	1,586E-2
Confiabilidad (%)	86	88
% de paradas por emergencia	0,14	0,12

Continuación de la tabla VII.

INDICADOR	2010	2011
Tiempo promedio entre fallas (horas falla)	624	1 248
Tiempo promedio para reparaciones (horas)	41,2	8.2
Disponibilidad (%)	91	85
Probabilidad de falla (%)	1,60E-3	8,01E-4
Confiabilidad (%)	93	99
% de paradas por emergencia	6,60E-2	6,57E-3

Fuente: elaboración propia.

8.6. Tiempo promedio entre fallas de equipos con mayor tiempo de fallas (2010)

Los equipos que presentaron fallas y el tiempo promedio entre fallas se tabularon en intervalos de 1 000 horas, a continuación se presentan los datos correspondientes al 2010.

Tabla VIII. **Tiempo promedio entre fallas**

Intervalos de tiempo promedio entre fallas de equipos (2010)						
Equipo	1 a 2 000 horas.	2 001 a 3 000 horas.	3 001 a 4 000 horas.	4 001 a 5 000 horas.	5 001 a 6 000 horas.	6 001 o más horas.
Fbi-p201	x					
Fbi-p205			x			
Fbi-p202	x					
Fbi-p203		x				
Fbi-p204			x			
Fei-f201						x

Continuación de la tabla VIII.

Fei-f203			x			
Fei-f202	x					
Fei-f205	x					
Fei-f222						x
Sbi-05		x				
Sbi-06	x					
Sbi-100						x
Sbi-101						x
Sbi-102						x
Sbi-103						x
Smi-01			x			
Smi-02	x					
Smi-03	x					
Smi-04			x			
Smi-m221	x					
Dbi-121						x
Dbi-122						x
Dbi-356						x
Dbi-358						x
Dbi-301						x
Dbi-302						x
Dbi-303				x		
Dbi-304						x
Dbi-359			x			
Dbi-305			x			
Dbi-306						x
Dbi-307			x			
Dbi-351			x			
Dbi-352						x
Dbi-353						x
Dbi-p3510						x
Dbi-357						x
Dbvi-301	x					

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Tiempo promedio entre fallas de equipos con mayor tiempo de fallas (2011)**

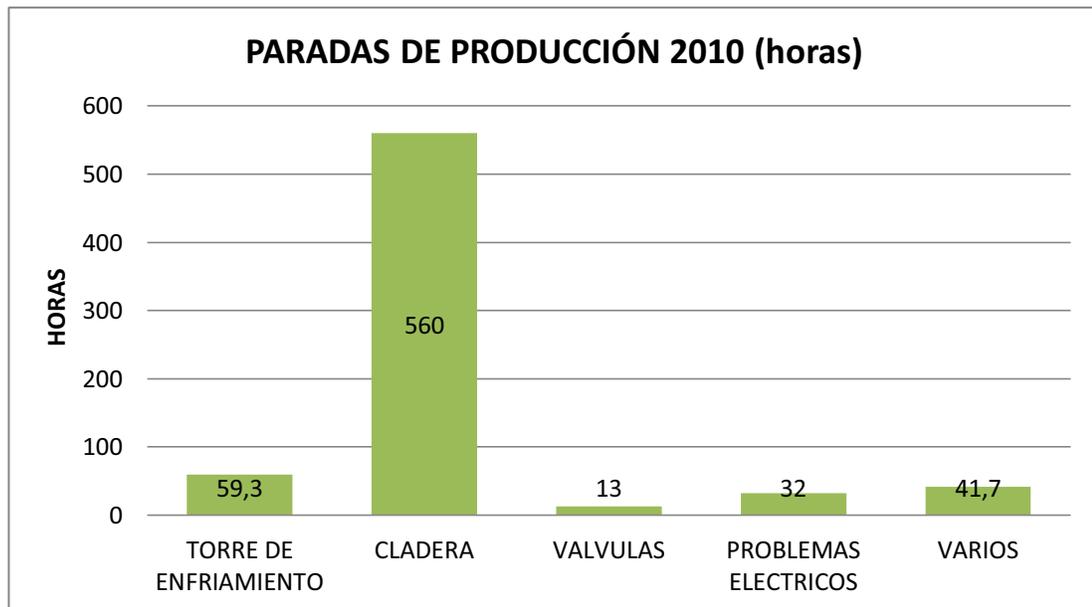
Intervalos de tiempo promedio entre fallas de equipos para llegar al equipo critico(2011)						
equipo	1 a 2 000 horas.	2001 a 3 000 horas.	3 001 a 4 000 horas.	4 001 a 5 000 horas.	5 001 a 6 000 horas.	6 001 o más horas.
Fbi-p201						x
Fbi-p205		x				
Fbi-p202	x					
Fbi-p203						
Fbi-p204		x				
Fei-f201		x				
Fei-f203						x
Fei-f202						x
Fei-f205		x				
Fei-f222						x
Sbi-05		x				x
Sbi-06						x
Sbi-100						x
Sbi-101						x
Sbi-102	x					
Sbi-103						x
Smi-01	x					
Smi-02						x
Smi-03						x
Smi-04	x					x
Smi-m221						x
Dbi-121				x		
Dbi-122		x				
Dbi-356						
Dbi-358			x			
Dbi-301			x			
Dbi-302						x
Dbi-303		x				
Dbi-304			x			
Dbi-359		x				
Dbi-305			x			
Dbi-306				x		
Dbi-307						x
Dbi-351						
Dbi-352				x		
Dbi-353					x	
Dbi-p3510				x		
Dbi-357					x	
Dbvi-301						x

Fuente: elaboración propia.

8.7. Paradas de producción generadas por equipos críticos en la planta

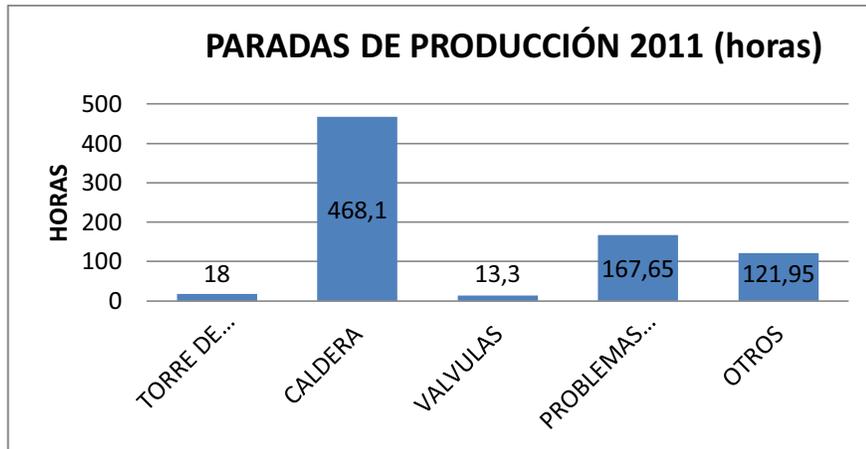
Las paradas de equipos críticos provocan retrasos en la producción de la planta, se han ordenado e identificado los que más paradas tuvieron, como puede observarse, la caldera fue de 560 en el 2010.

Figura 12. Paradas de producción en 2010



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Para de producción en 2011**



Fuente: elaboración propia.

8.8. Listado de equipo crítico a tomar en cuenta

Es importante tener identificado el equipo crítico de esta manera se pondrá especial cuidado para el mantenimiento, evitando retrasos en la producción de la planta.

Tabla X. **Listado de equipo crítico**

No	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
1	sbi- 05	Bomba de enfriamiento a destilación	Torre de enfriamiento destilación.
2	Sbi-06	Bomba de enfriamiento a fermentación	Torre de enfriamiento fermentación
3	Sbi-100	Bomba de enfriamiento a destilación	Torre de enfriamiento destilación.
4	Sbi-101	Bomba de enfriamiento a destilación	Torre de enfriamiento destilación.
5	Sbi102	Bomba de enfriamiento a fermentación	Torre de enfriamiento fermentación

Continuación de la tabla X.

6	Sbi-103	Bomba de enfriamiento a fermentación	Torre de enfriamiento fermentación
7	Smi-01	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de destilación
8	Smi-02	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de destilación
9	Smi-03	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de fermentación.
10	Smi-04	Ventilador de torre de enfriamiento	Torre de fermentación.
11	350f01.2	Termocompresor	Entrada de vapor área 350
12	Fei-f201	fermentador	Área 200
13	Fei-f202	fermentador	Área 200
14	Fei-f203	fermentador	Área 200
15	Fei-f204	fermentador	Área 200
16	Fei-f205	fermentador	Área 200
17	Fei-f221	fermentador	Área 200
18	Fei-f222	fermentador	Área 200
19	Fbi-p201	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-201
20	Fbi-p202	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-202
21	Fbi-p203	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-203
22	Fbi-p204	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-204
23	Fbi-p205	Bomba de recirculación de mosto fermentado	Fermentador f-205
24	Smi-m221	Soplador de aire	Fermentación y destilación
25	Sbi-12	Bomba de circulación de osmosis	Planta de agua
26	Sbi-17	Bomba de agua de pozo	Pozo de agua
27	Dbi-p301	Bomba de reflujo de condensado	B301 al k302
28	Dbi-p302	Bomba de circulación de vinaza	W301/W351
29	Dbi-p303	Bomba de vinaza	k-301
30	Dbi-p304	Bomba de reflujo de condensado	b-303
31	Dbi-p305	Bomba de recirculación de flemaza	k-302
32	Dbi-p306	Bomba de flemaza	k-303
33	Dbi-p307	Bomba de condensado	K303
34	Dbi-p351	Bomba de reflujo de condensado	Tanque b-351
35	Dbi-p352	Bomba de alcohol diluido	Columna k-352
36	Dbi-p353	Bomba de recirculación fondo hidroselectión	Columna k353

Continuación de la tabla X.

37	Dbi-p121	Bomba de vino	Vendome
38	Dbi-p122	Bomba de vino	Vendome
39	Dbi-p356	Bomba de recirculación de condensado	W359
40	Dbi-p357	Bomba de recirculación de alcohol	columna k-355
41	Dbi-p358	Bomba de reflujo de condensado condensados alcohólicos	Tanque b 353
42	Dbi-p359	Bomba de flemaza	Columna k-352
43	Bbi- p3510	Bomba de circulación de flemaza	Columna k-352
44	Bbvi-301	Bomba de vacío	3er nivel destilación
45	C49	Columna praj/simmesing	Praj
46	Dei-121	Columna vendome	
47	Dei-122	Columna de ron	Vendome
48	Dei-123	Columna de hidroselección	Vendome
49	Dei-124	Columna rectificadora	Vendome
50	Dei-k301	Columna de destilación de vino	Área 300
51	Dei-k302	Columna rectificadora	Área 300
52	Dei-k352	Columna de rectificación	Área 350
53	Dei-k354	Columna de cabezas y colas	Área 350
54	Dei-k355	Columna final	
55	Sai-01	transformador	Caldera y planta de agua
56	Sai-02	Transformador	Destilación y fermentación
57	Sai-03	Transformador	Bodega de producto
58	Sai-04	transformador	Bombas de miel

Fuente: elaboración propia.

8.9. Pérdida de alcohol por una hora de paro

Las pérdidas por paros también se pueden medir en la producción del alcohol, a continuación en la tabla XI se mencionan las pérdidas por áreas y cantidad de alcohol en litros.

Tabla XI. **Perdidas de alcohol por hora**

Área	Producción (litro x hora)	Horas perdidas según el control de paradas de producción	Pérdida anual de Alcohol según cada área (litros)
Área 300	8 039,34	584,9	4 702 209,96
Área 350	369,03	859,5	317 181,28
Ron Vendome	1 216,6	1 040,45	1 265 811,47
Rectificadora	1 500	876,5	1 314 750,00
Desmetilizadora	3 500	1 053,75	3 688 125,00

Fuente: elaboración propia.

8.10. Procedimiento de reparación de las fallas más comunes de equipos críticos

Es importante no solo identificar el equipo crítico en la producción, sino también indicar los pasos para la reparación, incluso darles el mantenimiento preventivo que es más barato que el correctivo.

Tabla XII. **Procedimiento de reparación de fallas**

PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS CRÍTICOS				
EQUIPO	FALLA FUNCIONAL	CONSECUENCIA	Problema raíz	PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN
Bomba	Fuga en el sello mecánico.	-Fuga de producto	Por no tener una válvula estrangulada -Falta de producto -Por cerrar y abrir válvulas se forma cavitación.	- Asentar caras de sellos mecánicos. -calibrar el sello mecánico.
	Fuga de aceite en el eje de bomba	-Calentamiento	--Cojinetes malos. -Mala operación a la hora de parar.	-Rectificar eje. -Instalar un retenedor. -Cambiar ori-g

Continuación de la tabla XII.

	Vibración	-Calentamiento, ruido anormal en bomba.	-Por mala alineación. -Mala lubricación	-Revisar cojinetes. Revisar anclajes. -Y alineamiento de motor y bomba
	Bomba atrancada	-Sólidos en carcasa. -Pérdida de ajuste en cojinetes. Eje malo.	-Des calibración. -Ejes con pérdidas de ajuste. -Arrancador de bomba en mal estado.	Revisar el flipon. Desacoplar la bomba. Revisar el impulsor. Calibrar bomba
	Calentamiento	-Cavitación o el producto muy caliente.	-Por falta de producto. -Mala alineación de tuberías.	-Cambiar empaques. -Torquear los tornillos -Calibrar la bomba
Motor	Desgaste de caja de la bomba	-Cojinetes malos	-Que las tuercas no estén ajustadas. -Que la bomba trabaje al contrario.	-Encamisar la caja. -Ratificar la rosca del eje. -Ratificar rosca del impulsor.
	Humedad	Entra agua al embobinado	Se sube el amperaje al motor y se dispara.	-Desarmar motor. -Lavarlo con un des-emplazante de humedad. -Instalarle reflectores por media hora.
	Vibración	-Calentamiento	-Desajuste en las tapaderas. -Mala lubricación de cojinetes.	-Desacoplar la bomba. -Cambiar cojinetes. -Revisar ajuste de tapaderas.
	Vibración	-Se rompe el acople	-Cojinetes en mal estado. -Cojinetes que llegaron a su vida útil.	Desacoplar la bomba, Cambiar tornillos. Instalar acoplamiento nuevo. Alineamiento de acople.
	Ruido	Cojinetes malos	-Fases desfasadas. -Por anclaje. -Mala alineación de tapaderas.	Cambio de cojinetes.
	No arranca el motor	Se quema el embobinado	Por humedad. Mala operación.	Meguiar el motor. mandarlo a embobinar.

Continuación de la tabla XII.

Ventilador de la torre	Vibración	Descalibración de ventiladores	Por cojinetes malos. Des alineamiento de los acoples. El anclaje.	Cambiar cojinetes. Cambiar acoplamiento. Cambiar tornillos de anclaje
Intercambiadores	Temperatura no deseada	Empaques de intercambiador malos	Por operación.	Limpieza de placas
Tanques	Fuga	Fugas en los placas de los intercambiadores	Por mucha temperatura. Cambio de posición de placas.	Desarmar intercambiador. Limpieza de placas. Cambiar los empaques. Y ajustes de medidas
	Por fuga	Empaques malos	Por gollete.	Cambiar el empaque.
	Por fuga	Fuga en el flange	Desgaste de empaque	Cambiar el empaque. Torque a los tornillos.
	Por fuga	Fuga en el manjol		Cambiar el empaque. Y cambiar el empaque.
Fermentador	Fuga	Fugas en en flanges		Cambiar el empaque. Y torque a los tornillos.
Soplador de aire	Desgaste de fajas	Se rompen las fajas		Quitar el protector. Cambiar fajas Alineamiento de poleas

Fuente: elaboración propia.

8.11. Clasificación ABC

El manejo de los inventarios en cualquier empresa, involucra el uso de los recursos disponibles, como personal, tiempo, capital, etc., por lo tanto es necesario contar con algún tipo de clasificación que permita hacer uso óptimo de éstos recursos, que son limitados, enfocándose en los que tengan mayor importancia (definida de varias maneras).

De este modo, la clasificación ABC del inventario, es una técnica empleada para poner mayor importancia a los artículos que constituyen mayor valor del inventario, ya sea porque tienen un valor alto (aunque su consumo sea bajo) o valen poco o moderadamente (pero tienen un gran consumo).

Como su nombre lo indica, existen tres grupos distintos: alto valor (A), moderado valor (B) y bajo valor (C).

Esta es una herramienta complementaria a la implementación de un modelo de inventario dado, pero muy importante para la toma de decisiones al priorizar al 80 por ciento del valor del inventario, que generalmente está constituido por un pequeño grupo de artículos, pero de gran valor.

Al mismo tiempo el restante 20 por ciento del valor del inventario está formado por una gran cantidad de artículos de menor valor.

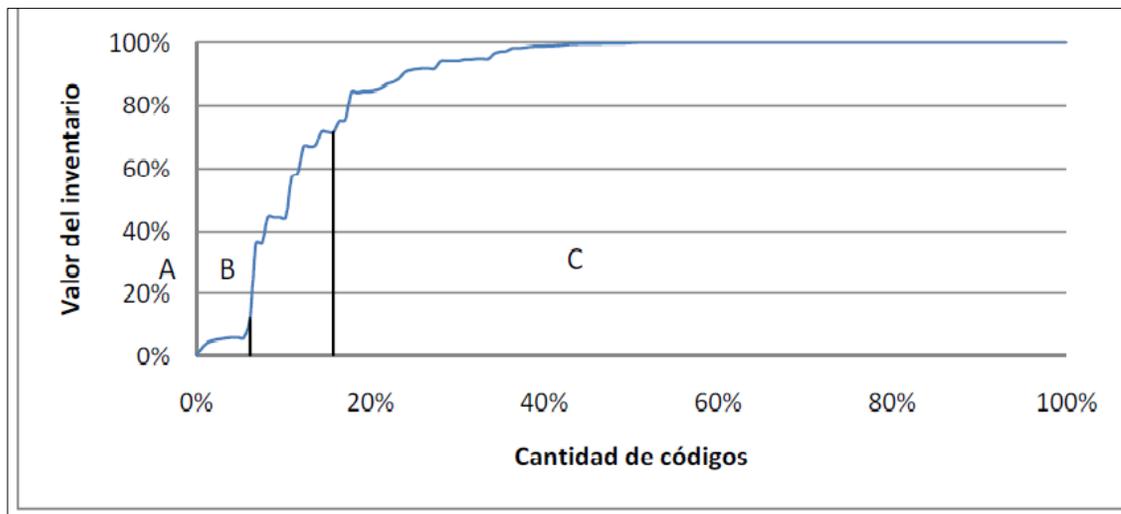
Figura 14. **Clasificación de los repuestos según ABC**



Fuente: elaboración propia.

Al implementar este tipo de clasificación se busca establecer un grado de control adecuado a cada uno, haciendo énfasis en los repuestos de tipo A. No existe una política general que pueda aplicarse a todos los repuestos tipo A, B, o C, debido a que su misma naturaleza los hace ser diferentes de los demás (diferentes tiempos de entrega, proveedores, condiciones de compra, etc.)

Figura 15. **Clasificación ABC del inventario de repuestos**



Fuente: elaboración propia.

8.12. **Stock de repuestos que se necesitan para el siguiente paro**

Es vital tener la bodega surtida de repuestos, para ello se debe tener un inventario actualizado con la cantidad de repuestos existentes y los que se necesitan para cuando se presenten emergencias.

Tabla XIII. **Stock de cojinetes**

<i>Stock de cojinetes de repuestos a pedir para el siguiente paro</i>			
Cojinete	Repuestos existentes actualmente	No. de repuestos que se utilizan en el siguiente paro	No. de repuestos a pedir a pedir
6203	16	1	5
6204	12	1	0
6205	9	8	10
6206	26	13	0
6207	12	11	15
6208	14	6	0
6210	13	3	0
6211	21	3	0
6306	33	1	0
6309	23	19	15
6310	21	2	0
6311	21	10	10
6312	11	8	10
6313	9	3	10
6316	19	1	0
6318	20	5	0
7315	9	1	15
6319	22	1	0
5306	0	4	15
5309	4	4	15
5313	12	3	0
6314	10	2	0
6307	17	2	0
3309	13	19	15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Stock de sellos mecánicos**

<i>Stock de de sellos mecánicos a pedir para el siguiente paro</i>			
Sellos mecánicos	Repuestos existentes actualmente	No. De repuestos que se utilizaran en el siguiente paro	No. De repuestos a pedir
1 ¾ m 32 z	3	17	7
1 3/8 m32 z	3	7	7
Cartex doble 1 ¾	0	1	7
Cartex 1 3/8	3	1	7
Cartex 2 ½	0	1	7
Cartex 1 ¾	0	1	1
Chesterton 2 ½ estilo 155	0	2	2
Chesterton doble 3 ¼	1	1	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Repuestos a pedir**

Repuestos a pedir para el siguiente paro		
Repuesto	Cantidad	Equipo
Dick mx4b referencia No. 71 parte No. 066902	2	Bomba fbi-101
HUB REFERENCIA No. 20c parte No. 036952	2	Bomba fbi-101
Machine screw- dic referencia No. 71 A parte No. 920007	8	Bomba fbi-101
Lockwascher- disc referencia No. 71B parte No. 909622	8	Bomba fbi-101
Guarda coplees	2	Para bombas XLT-X
Guarda coplees	5	Para bombas MTX
Barniz	5 galones	Para diferentes bombas
Empaques	600	Para intercambiadores

Fuente: elaboración propia.

8.13. Implementación de equipo gemelo

- En el Departamento de Mantenimiento, se está tratando de asignar equipo gemelo en el equipo crítico, donde la planta no puede generar paradas inesperadas. Por ejemplo en el siguiente paro de la fábrica se estará agregando en el equipo dbvi-301 una bomba gemela, y en caso de las torres de enfriamiento se tiene un moto reductor reserva para cualquier ventilador para las dos torres; tanto destilación como fomentación. Para las bombas sbi-05 y sbi-06 bombas de enfriamiento se tiene un motor que podría cubrir cualquiera de los dos motores.

Figura 16. **Instalación de bomba gemela**



Fuente: planta San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

Figura 17. **Instalación de motor reductor**



Fuente: planta San Andrés Villa Seca, Retalhuleu.

9. MATRIZ DE ÁREAS Y EQUIPOS CRÍTICOS EN MANTENIMIENTO

Es una metodología que permite establecer la jerarquía de los activos (sistemas, instalaciones y equipos), en función de criterios técnicos y financieros, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Tabla XVI. Matriz de equipos

MATRIZ DE ÁREAS Y EQUIPOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO						
ÁREA	ACTIVIDAD O EQUIPO	DEPARTAMENTO	PELIGRO	RIESGO	CONSECUENCIAS	EQUIPO A UTILIZAR
	-Cambio de válvulas			-contacto con la piel, ojos.	-pérdida de visión	-Botas de hule.
Tanque de ácido	-Limpieza del tanque	Fermentación	Derrame	-Ingestión -Inhalación.	-quemaduras graves en la piel. -muerte. -intoxicación.	- Cuantos de hule. -Chaqueta y pantalón de hule o de otro material -gafas de protección contra sustancias volátiles.
Área 300	-Cambio de válvulas de alta y de baja presión	Destilación	Trabajo en altura	Caida del personal	-Quedaduras permanentes -Muerte	-casco, lentes, botas. -bata. -guantes de cuero. -amén.
Bomba sb-138	Mantenimiento	Destilación	Cono Circulo	Quemaduras	-Quemaduras debidas al arco eléctrico	-casco, lentes, botas. -amén
Bomba sb-38	mantenimiento	Destilación	Cono Circulo	Quemaduras	-Quemaduras debidas al arco eléctrico	-casco, lentes, botas. -bata. -amén.
Bomba pb-04	Mantenimiento	Bodega de producto	Cono Circulo	-Explosión	-Quemaduras debidas al arco eléctrico	-casco, lentes, botas. -bata.
Mecor de flujo de ácido	Cambio de empaque	Fermentación	-derrame	-contacto con la piel, ojos. -Ingestión. -Inhalación.	-pérdida de visión. -quemaduras graves en la piel.	-Botas de hule. - Cuantos de hule. -Chaqueta y pantalón de hule o de otro material -gafas de protección contra sustancias

Continuación de la tabla XVI.

MATRIZ DE AREAS Y EQUIPOS EN EL AREA DE MANTENIMIENTO						
	Exposiciones	Exposiciones	Exposiciones	Exposiciones	Exposiciones	Exposiciones
Instrumentación	Calibración y ajuste	Toda la planta	Eléctricas -Trabajos en altura. -Alta temperatura	-Quemaduras. -Caídas	-Quemaduras Severas. -Lesiones temporales o permanentes.	-casco, lentes, botas. -bata. -gabacha
Tanques	-Limpieza -Calibración -mantenimiento de válvulas y flanges. -pintura general	Toda la planta	-Trabajo en altura	-Caídas -intoxicación -ingestión -inhalación	-Lesiones incapacitantes temporales y permanentes. -amputación de miembros. -muerte -nauseas -Erupciones en la piel	-casco, lentes, botas -guantes de cuero. -mascarilla. -bata -cinturón. -arnés. -gabacha
Moto reductor de torres de enfriamiento	-desmontaje y montaje	Fermentación y destilación	-Trabajo en altura. -Mantenimientos eléctricos	-Caída -electrocución	-lesiones incapacitantes temporales y permanentes -muerte -quemaduras	casco, lentes, botas. -bata. -cinturón. -arnés. -gabacha
Torre de enfriamiento	-Limpieza de paneles -Limpieza de depósito del agua. -revisión y ajuste de tornillos de estructura.	Destilación y fermentación	-trabajo en altura -atrapamiento -corto circuito agua con químicos	-contacto en piel, ojos. -intoxicación -caída del personal electrocución	-amputación de miembros -pérdida de visión -alergias graves muerte -lesiones incapacitantes temporales y permanentes.	Casco, lentes, botas. -bata -cinturón. -arnés. gabacha. -Chaqueta y pantalon de hule o de otro material resistente al ácido. gafas de protección contra sustancias químicas
Compresores, soplador de aire	Mantenimiento general mecánico y eléctrico	Servicios y caldera	eléctrico. mecánico ergonómico	electrocución atrapamiento golpes por caídas de objetos pesados. -caídas. Daño a la espalda por levantar objetos.	-amputación. muerte. quemaduras. -hermia, lumbalgia, fisura, fractura.	- casco, lentes, botas. -guantes de neopreno. -orejeras. -mascarilla. -cinturón -arnés

Continuación de la tabla XVI.

MATRIZ DE AREAS Y EQUIPOS EN EL AREA DE MANTENIMIENTO							
Transformadores eléctricos	-revisión de aceite -mantenimiento general	servicios	-derrame de aceite -equipo a alta temperatura	-electrocución -quemaduras -atrapamiento	-amputación de miembros. -muerte. -lesiones temporales o permanentes	-casco, lentes, botas. -guantes de cuero. -beta -gabacha	-cuando supervisen siempre utilizar el equipo adecuado y es recomendable que el electricista ande acompañado.
fermentadores	-mantenimiento general -limpieza	fermentación	-Vapores alcohólicos. -superficie resbalosa	-Inhalación de vapores. -Caídas	-intoxicación. -lesiones incapacitantes temporales.	- casco, lentes, botas. -orejeras. -botas de hule. -gabacha	
Red de tubería	-inspección periódica -medición de espesores.	Toda la planta	-derrame de ácidos -fuga de vapor de alta -trabajos en altura	-escape de vapores a altas temperaturas. -quemaduras con líquidos. -caídas.	-quemaduras severas. -daños visuales. -lesiones incapacitantes temporales o permanentes -fracturas	- casco, lentes, botas. -guantes de cuero. -orejeras. -mas carilla.	-es importante tener el equipo de seguridad para no sufrir caídas. -y tener cuidado con los vapores de alta.
intercambiadores	-Limpieza general	Toda la planta	-superficies resbalosas -ergonómico	-caídas. -Daño en espalda por caída de objetos pesados.	-hemia. -fractura.- Lesiones temporales.	-casco -lentes. guantes de cuero. -mas carilla. -botas de hule. -cinturón. -arnés. -gabacha	
Columnas de destilación	-limpieza con químicos. -limpieza manual	destilación	-productos químicos. -trabajos en altura.	-exposición a químicos -caídas. -golpes en extremidades al desarmar equipos.	-quemaduras -intoxicación. -irritación. -lesiones incapacitantes temporales y permanentes. -muerte	-casco -lentes. -guantes de neopreno. -mas carilla. -botas de hule. -gabacha -arnés	-es importante tener el equipo de seguridad para no sufrir caídas.
Separadores de levadura	-Limpieza de boquillas, platos y tazón. -limpieza de filtros.	Fermentación	-ergonómico.	-cortes al limpiar -daños en la espalda.	-amputación de miembros. -heridas. -lesiones incapacitación temporal.	- casco, lentes, botas. -guantes de cuero. -orejeras. -beta. -cinturón. -gabacha	

Fuente: elaboración propia.

9.1. Estimación de riesgo

Las áreas que más afectadas por averías, se clasifican en tres niveles de riesgo: alta, media y baja. Esta clasificación también toma en cuenta las consecuencias del daño.

Tabla XVII. **Estimación de riesgo**

Zonas de mayor riesgo en el área de mantenimiento		
Área	Severidad	Consecuencia
Tanque de acido	Alta	Extremadamente Dañino
Tanques	Alta	Extremadamente Dañino
Torre de enfriamiento	Alta	Extremadamente Dañino
Trasformadores eléctricos	Alta	Extremadamente Dañino
Columnas de destilación	Alta	Extremadamente Dañino
Caldera	Media	Dañinos
Área 300	Media	Dañinos
Medidor de flujo de acido	Media	Dañinos
Trabajos de instrumentación	Media	Dañinos
Fermentadores	Baja	Ligeramente Dañinos
Compresores, sopladores de aire	baja	Ligeramente Dañinos

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. En base al trabajo presentado se puede observar la importancia que tiene una implementación del concepto del mantenimiento centrado en la confiabilidad, ya que en base a una programación adecuada de mantenimiento a los componentes críticos, se pueden evitar paros en la producción, que a su vez generan costos altos en la reparación y sobre todo paros en la producción, por lo tanto descontento a clientes por no entregar a tiempo los productos que se ofertan.
2. El éxito de un sistema de confiabilidad depende en gran escala de la veracidad de la base de datos histórica del equipo como órdenes de trabajo.
3. Teniendo un alto grado en los índices de disponibilidad, no garantiza que el sistema no pueda llegar a fallar.
4. La importancia del éxito de las metodologías basadas en la confiabilidad, radica en involucrar al personal de la planta a trabajar conjuntamente con el encargado de este sistema.
5. Al mismo tiempo es importante ir actualizando el *stock* de repuestos necesarios, de acuerdo a los equipos que más fallan frecuentemente y que generan paros inesperados, ya que hay repuestos que tardan mucho tiempo en llegar.

6. Es importante cumplir con los mantenimientos preventivos como indica el fabricante de cada equipo, ya que muchos equipos están trabajando a su máxima capacidad, y así darle la mayor vida útil al equipo.

7. Para no tener accidentes laborales, es muy importante utilizar el equipo de protección personal de acuerdo a cada trabajo que se esté realizando en la planta, y conocer los peligros que se pueden tener si no se toman las medidas adecuadas para ello.

RECOMENDACIONES

Al jefe de mantenimiento

1. Tomar en cuenta que el equipo cada vez es menos eficiente, por lo que se implementará un plan para ir cambiando el equipo que genera paradas en la planta.
2. Implementar equipos gemelos para aquellos que son considerados equipos críticos en la planta, con el objeto de prevenir paros inesperados.
3. Implementar un programa de mantenimiento preventivo para el equipo de generación de vapor, ya que por falta de él se generan paros de tiempos significativos, lo que afecta la producción.
4. Concientizar al personal de la planta sobre la aplicación del presente estudio para que sea desarrollado con mayor aceptación y eficiencia.

Al Departamento de Compras

5. Coordinar con el Departamento de Mantenimiento antes de realizar la compra de un repuesto, para no comprar repuestos de mala calidad, o repuestos equivocados, ya que esto conlleva retrasos en la reparación de equipos que no llegan a su vida útil, y con efectos negativos en la producción

BIBLIOGRAFÍA

1. AMENDOLA, Luis José. *Gestión de proyectos de Activos Industriales*, España: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. 180 p.
2. _____. *Modelos mixtos de confiabilidad, departamento de proyectos de ingeniería e innovación*. España: Universidad Politécnica de Valencia, 2004. 125 p.
3. CASAL, Joaquim; PLANAS, Helena; VÍLCHEZ, Juan A. *Análisis del riesgo en instalaciones industriales*. España: UPC, 1999. 130 p.
4. ESPINOSA FUENTES, Fernando. *Confiabilidad operacional de equipos, metodologías y herramientas*. Santiago: Universidad de Talca, 2004. 125 p.
5. Generalitat de Catalunya, Manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales: Versión, 3.1. Barcelona: IDDIC, 2006. 220 p.
6. Seminarios de Gestión, Gestión Estratégica del Mantenimiento de Clase Mundial. IMG&C, 2008. 145 p.
7. TAVARES, Lourival Augusto. *Administración moderna de mantenimiento*, Brasil: Novo Polo, 2005. 180 p.

