



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

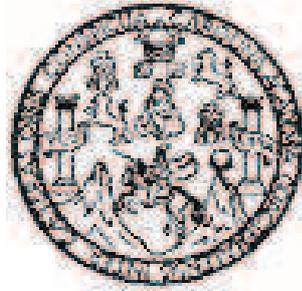
MANUAL PARA EL CURSO DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO

Mynor Roderico Figueroa Fuentes

Asesorado por el Ing. Julio Cesar Molina Zaldaña

Guatemala, enero de 2010

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MANUAL PARA EL CURSO DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

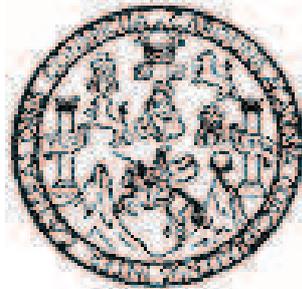
MYNOR RODERICO FIGUEROA FUENTES

ASESORADO POR EL ING. JULIO CESAR MOLINA ZALDAÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2010

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga.	Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga.	Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing.	Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br.	José Milton De León Bran
VOCAL V	Br.	Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga.	Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

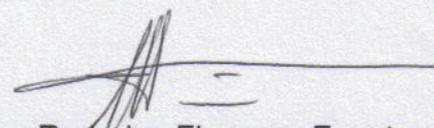
DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing.	José Ismael Veliz Padilla
EXAMINADOR	Ing.	Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing.	Víctor Eduardo Izquierdo Palacios
SECRETARIA	Inga.	Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MANUAL PARA EL CURSO DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 6 de marzo de 2009.



Mynor Roderico Figueroa Fuentes

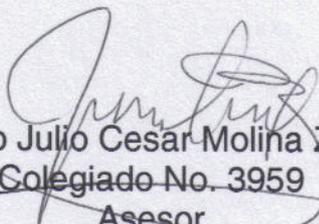
Guatemala, 12 de Noviembre de 2009

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y aprobado el trabajo de graduación titulado "Manual para el curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo", desarrollado por el señor Mynor Roderico Figueroa Fuentes, previo a optar por el título de Ingeniero Mecánico, estando de acuerdo con el contenido del mismo.

Agradeciendo se atención me suscribo.

Atentamente:


Ingeniero Julio Cesar Molina Zaldaña
Colegiado No. 3959
Asesor

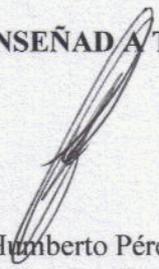
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado, **MANUAL PARA EL CURSO DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO** del estudiante Mynor Roderico Figueroa Fuentes, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑADA A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, noviembre de 2009.

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

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 del Coordinador del Área de Materiales, al Trabajo de Graduación titulado MANUAL PARA EL CURSO DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO, del estudiante Mynor Roderico Figueroa Fuentes, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio César Campos Paiz', written over the printed name and title.

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, enero de 2010

JCCP/behdei

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.015-2010

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, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL PARA EL CURSO DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE QUIPO**, presentado por el estudiante universitario **Mynor Roderico Figueroa Fuentes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, enero de 2010

/cc
cc. archivo

ACTO QUE DEDICO A:

A Dios	Por darme la fuerza y capacidad para culminar éste triunfo.
A mi mamá	Por tu amor, entrega y sacrificios para formar de mi un hombre ejemplar.
A mi esposa	Por ser la mujer que siempre soñé y que Dios me envió un día para hacer de mi vida algo especial.
A mi hija	Que es el motivo de levantarme cada día a trabajar y superarme para ser el héroe que ella necesita.
A mis tíos	Luis (QEPD), Clara Luz, Nelly, Guillermo, Abigail, Edna y especialmente a mi querida Tía Tita, porque ellos velaron por mí, a lo largo de mi vida
A mis suegros	Por apoyarme y estar al pendiente de mi familia todo el tiempo.
A mis familiares	Gracias a todos por estar allí y compartir conmigo grandes alegrías, especialmente a mi prima Lis, a su esposo Guillermo y a mis sobrinos, Diego, Lesli y Jenyfer.
A mi cuñado	Porque siempre puedo contar con él.
A mis amigos	Roberto, Delmar, Víctor, Fredy, Julio, Christian, Luis, Josué, Carlos, entre otros que no puedo mencionar por falta de espacio
A usted	Que se toma un tiempo en leer este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	IV
GLOSARIO	V
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	VIII
INTRODUCCIÓN	X
1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO	1
1.1 Historia del mantenimiento	1
1.2 Definición de mantenimiento	2
1.3 Producción y mantenimiento	3
1.4 Factores esenciales en las labores de mantenimiento	8
1.5 Mantenimiento correctivo	9
1.6 Mantenimiento preventivo	11
1.7 Análisis de riesgos	14
1.8 Análisis de fiabilidad	14
1.9 Mantenimiento asistido por ordenador	16
1.10 Tribología	18
1.11 Administración de personal	22
1.12 Outsourcing	22
1.13 Cálculo de mano de obra del personal de mantenimiento	23
1.14 Planes de contingencias	24
2. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	27
2.1 Líneas básicas en la industria	27
2.2 Líneas de vapor	27
2.3 Líneas de agua	35

2.4	Líneas de electricidad	40
2.5	Líneas de comunicación	41
2.6	Instalaciones industriales y equipos	42
2.7	Instalaciones especiales	43
2.8	Planificación de rutas de flotilla	43
2.9	Señalización industrial	43
2.10	Seguridad e higiene industrial	51
3.	CIMENTACIÓN DE MÁQUINAS	57
3.1	Conceptos generales de cimentación	57
3.2	Tipos de suelos	57
3.3	Estabilización física.	59
3.4	Estabilización química	59
3.5	Estabilización mecánica	60
3.6	Tipos de cimentación	61
3.7	Cimentación de máquinas	65
3.8	Montaje de máquinas	67
3.9	Máquinas rotativas	68
3.10	Martinete	69
3.11	Vaivén	69
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFÍA	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Relación de costo y tiempo de una máquina o equipo desde su compra.	9
2. Imágenes por medio de cámaras termográficas	14
3. Tabla cantidad de máquinas versus tiempos para rutinas de mantenimiento	24
4. Algunos ejemplos de señalización industrial	44
5. Ejemplo de evacuación en caso de incendio	46
6. Tabla de efectos psicológicos del color	48
7. Señalización industrial en general	49

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descripción
%	Porcentaje
Kg. /cm ²	Kilogramos dividido centímetros al cuadrado
Lux	Unidad de medida de iluminación
m ²	Metro cuadrado
mg / l	Miligramos dividido litros
Q.	Quetzales
X	Multiplicación

GLOSARIO

Activos	Bienes o derechos que una empresa cuenta con disponibilidad inmediata para cubrir sus necesidades operantes
Apisonado	Palmado o compactado
Arcillosos	Suelo con gránulos de arcilla
Avería	Falla
Cohesión	Unificar o fusionar
Coordinación	Llevar a cabo una serie de disposiciones planteadas de manera ordenada
Correcciones	Reparación o sustitución de algún elemento u objeto
Costo	Valor propio de acuerdo a su demanda
Criterios	Especificaciones respecto alguna tarea
Cuasiestáticas	Valor que se encuentra en dos límites sin mantener un equilibrio, por lo tanto hay que convertirlo en un valor fijo promedio
Depreciación	Pérdida del valor original debido a medios circundantes

Desalinee	Que no está alineado
Desbalance	Que no está balanceado
Deslizamiento	Movimiento entre dos objetos a nivel microscópico
Diagnosticar	Predecir una posible falla
Disolvente	Sustancia que permite la descomposición iónica de algún compuesto
Dureza del agua	Cantidad de minerales dentro del agua
Ebullición	Punto donde un líquido se convierte en vapor
Espectro infrarrojo	Banda de ondas de luz, de diferentes frecuencias, no visibles al ojo humano
Fallas	Desperfecto de un equipo o máquina
Fiabilidad	Con un grado de seguridad muy grande
Flujo	Movimiento de un fluido o gas por un área cerrada
Frecuencia	Número de veces con que ocurre un suceso

Fricción	Propiedad de los materiales de oponerse al movimiento
Gestión	Tarea para crear los recursos necesarios para concretar un objetivo
GPS	Sistema de guía posicional
Granulométrica	Sistema de medición de los granos de un suelo
Hardware	Componente físico de un componente electrónico
Historial	Datos acumulados durante algún tiempo
Huelgo	Separación entre dos piezas lisas planas
Índices	Indicadores
Industria	Conjunto de herramientas destinadas para la fabricación en masa
IP	Protocolo de comunicación de red
Luminiscentes	Que produce luz
Lux	Unidad de medida luminosa
Manómetros	Dispositivo de medida de presión

Máquinas	Conjunto de mecanismos para ejecutar una tarea específica
Marmita	Primera máquina de vapor, funcionaba con vapor saturado
Mecanización	Donde intervienen máquinas en su fabricación
Operación	Procedimiento que tiene un fin
Optimización	Punto máximo de aprovechamiento
Patológico	Que tiene origen biológico
Perecer	Que se extingue
pH	Grado de acidez de un compuesto
Pilotea	Máquina que se encarga de ubicar postes en el lugar destinado
Planeamiento	Serie de pasos realizables con un determinado objetivo
Predecir	Pronosticar
Producción	Conjunto de elementos necesarios para transformar insumos con métodos, y convertirlos a bienes o servicios

Producción en serie	Producción en grandes volúmenes con las mismas características
Reactivo	Elemento que al contacto con otra sustancia puede modificar la estructura molecular
Relativo	Es una parte de un todo
Remoción	Mover
Rodamientos	Elementos mecánicos que sirven en el giro de un eje transversal
Severidad	Grado de rigor
Siderúrgicas	Planta metalúrgica encargada de transformar materia prima en elementos férricos
Sistematizadas	Que tiene un proceso lógico de acompañamiento
Software	Parte intangible del resultado en un sistema electrónico
Térmica	Relacionado con calor
Termografías	Espectros de frecuencia a niveles de onda no detectables al ojo humano

Vapor

Sustancia en estado gaseoso

Vibraciones

Propiedad de los cuerpos a oscilar

RESUMEN

Debido a las exigencias de las empresas por realizar producciones más grandes en tiempos más cortos, donde se requiere una mayor garantía y confiabilidad planeada de las funciones deseadas con sistemas de calidad establecidos, el mantenimiento preventivo es la mejor herramienta para optimizar los equipos, uso de personal y viabilidad de producción, no olvidando los planes de contingencia en paros no planificados y los tiempos del mantenimiento correctivo dentro de la industria y los problemas de diseño en la instalación de nuevo equipo.

Este proyecto, va encaminado a solucionar la necesidad existente de una guía práctica del curso de montaje y mantenimiento de equipo, debido a que los objetivos de este son muy dispersos y que la información obtenida en los sistemas de datos son muy escasos o especializados en un solo tema, además sus pilares se basan en recopilación de experiencias de ingenieros de mucha experiencia en el tema, con problemas resueltos y viables, teniendo como finalidad absoluta ser una herramienta total para resolver todas las dudas, problemas o contenidos inconclusos dentro de los estudiantes del curso de montaje y mantenimiento de equipo.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

Proporcionar una guía para el curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo, que sea capaz de sufragar todas las inquietudes de los alumnos de dicho curso, así como el de introducirlos a las nuevas tendencias de mantenimiento industrial.

- **ESPECÍFICOS:**

1. Brindar apoyo escrito a los alumnos del curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo, en forma clara y concisa, además de proveerles ejercicios prácticos para un mejor entendimiento de los puntos programáticos del curso, basado en el programa de estudio establecido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala.
2. Proporcionar una herramienta primaria para solucionar las dudas generadas en el curso de montaje y mantenimiento de equipo, recopiladas en un entorno propio y natural
3. Proponer una base lógica en la guía del curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo, en forma digital para las nuevas oportunidades en plataformas de páginas de internet, como la de la Facultad de Ingeniería, principalmente en la de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con ello generar nuevas tendencias educativas, como lo son los cursos virtuales.

INTRODUCCIÓN

La presente guía fue formulada con la finalidad de integrar una herramienta sustanciosa en el tema de montaje y mantenimiento de equipo en busca de mejoras continuas, que es una necesidad ineludible si se quiere asegurar la calidad y la competitividad en las organizaciones de la industria y los campos ingenieriles, es altamente viable con una aplicación práctica que beneficiará ineludiblemente a los estudiantes del curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo.

La eficiencia y la eficacia del mantenimiento es una medida de valor agregado de los servicios integrados de producción, ya que se debe orientar, no solo a la conservación de equipos, sino también a implementar procesos de mejoras continuas. El mantenimiento industrial debe conceptualizarse como una inversión no como un gasto financiero sin retorno, la condición fundamental es crear una necesidad para asegurar la calidad y la competitividad, radicando especialmente en la alta dirección general y administrativa, como lo describiremos a detalle conforme nos adentremos en esta guía de estudio.

En su contexto se encuentra los nuevos parámetros propuestos al curso de montaje y mantenimiento de equipo, en tal sentido se representa más bien, un todo, de lo que se refiere a la reducción, atenuación y control de los costos de mantenimiento, especificaciones de cimentación de máquinas con dimensiones considerables o con esfuerzos de trabajo meritorios para anclajes especiales y aislamientos vibratorios, logrando criterios aceptables en la toma de decisiones administrativas de personal y de recursos asignados al mantenimiento.

Convencido de la necesaria implantación de una guía para el curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo, basado en sistemas modernos de control, implementación y aseguramiento de funcionalidad, a manera de complementar las nuevas propuestas de mantenimiento como medios eficaces y de contribuir a evitar paradas de equipos y máquinas, por efectos de implementación o corrección, por ello, es necesario la conformación de criterios sustentables y viables, los cuales se adquirirán al finalizar el contenido programático del curso, ayudados considerablemente por esta guía, donde aprenderán a asumir la tarea de elaborar, actualizar, vigilar e implantar las normas, procedimientos y demás disposiciones requeridas, así como para asesorar y apoyar en todo lo que compete al tema de mantenimiento correctivo, predictivo, preventivo, productivo total, como también el montaje adecuado a equipo nuevo o a el rediseño de los actuales equipos, ya que es una necesidad ineludible para el aseguramiento de eficacia y de competencia.

Proponiendo un ambiente adecuado de trabajo, bajo normas de seguridad e higiene industrial, para lograr metas definidas, que motiven al recurso humano a tratar de alcanzar el logro de las políticas, sus objetivos y metas, con capacitaciones y sensibilizaciones al personal asignado bajo su cargo en forma periódica, implementado en su función técnica participativa, las herramientas e instrumentos necesarios para alcanzar dichos trabajos.

No exceptuando que muchas veces es muy rentable la utilización de servicios de terceros en la ejecución de trabajos de montaje o mantenimiento, sin embargo al compás de ello hay que destacar que estratégicamente se deban de administrar dichos recursos con mucha mesura, por ofrecer a cambio los trabajos más sencillos y poco voluminosos, al personal propio, encareciendo las rutinas de mantenimiento, más allá de lo planificado.

Otro factor de alto impacto en el mantenimiento es la correcta utilización de los servicios, a fin de generar ahorro energético y reducción de los costos operativos en las líneas de distribución, siendo el tema más importante hoy en día, debido a la crisis mundial.

Al finalizar y promover el curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo, el estudiante podrá asegurar la eficacia y competitividad dentro del área de producción, proporcionando los aportes, observaciones y comentarios que apunten a mejorar la planificación de las rutinas de mantenimiento y optimizar el recurso humano, haciendo propia, la nueva misión del mantenimiento, “Mantener la operación de los procesos de producción y servicios de la empresa, sin interrupciones no programadas que causen retrasos, pérdidas y costos innecesarios, todo ello al menor costo posible, haciéndolo más práctico y realista posible, convirtiéndose en una verdadera herramienta de apoyo para sobresalir en el servicio de montaje y mantenimiento de equipo”.

1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

1.1 Historia del mantenimiento

La historia del mantenimiento nace con la necesidad de las primeras reparaciones mecánicas debido al desarrollo técnico-industrial de la humanidad, concretamente con la mecanización de las industrias al final del siglo XIX.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

Con la presencia de la Primera Guerra Mundial y la implantación de producción en serie, establecida por “Ford Motor Company”, fabricante de vehículos, las fábricas empezaron a producir en serie, sintiendo la necesidad de crear equipos, para efectuar las correcciones en las máquinas de la línea de producción, en el menor tiempo posible.

Así surgió una sección subordinada a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocida como mantenimiento correctivo, esta situación se mantuvo hasta la década de los años 30, con la aparición de la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, los directores de las industrias se preocuparon, no solo en corregir fallas, sino evitar que estas ocurrieran, el personal técnico de mantenimiento entonces pasó a desarrollar los procesos de mantenimiento correctivo, preventivo e índices de corrosión, completando así el cuadro general independiente, entre mantenimiento y producción.

Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para satisfacer los mercados de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la

industria electrónica, los gerentes de mantenimiento observaron que los procesos para diagnosticar las fallas en los equipos, eran mayores en tiempo y dinero, que si solo se reparaban las máquinas cuando presentaban algún defecto, para dar una solución a este problema se formo un grupo de especialistas para formar un órgano de asesoramiento a la producción, llamado, “Ingeniería de Mantenimiento”, recibiendo los cargos de planificar y controlar el mantenimiento preventivo, analizando las causas y efectos de los desperfectos.

A partir de 1966, con el fortalecimiento de las asociaciones de mantenimiento a nivel mundial y de lo sofisticado de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, afirmando la optimización del desempeño en los equipos industriales.

Esos criterios, conocidos como mantenimiento predictivo o previsorio, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento.

1.2 Definición de mantenimiento

Se considera que mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, máquina o instalación industrial, afín de conservarlo y dé el servicio para lo que fue diseñado.

La naturaleza crea pero no mantiene, por lo tanto, el mantener es atributo del hombre.

Al fijar la atención en la función que desarrolla la naturaleza, se notará inmediatamente de que es infatigable en la creación; a cada instante nacen seres, asombrosas “máquinas” vivientes, las que deben ser mantenidas para

que no perezcan, y en este caso las mismas “máquinas” atienden su propio mantenimiento al proveerse de alimento, abrigo, entre otras cosas para seguir subsistiendo.

Por lo que respecta a los equipos diseñados por el hombre, hasta la fecha no se tienen los avances apropiados en este aspecto, pues aunque existen mecanismos que hacen la mayor parte del mantenimiento a otros equipos de producción, hay en realidad, un gran número de personas que integran el mantenimiento.

1.3 Producción y mantenimiento

Hasta la década de 1980, la industria de la mayoría de los países occidentales tenía un objetivo bien definido, obtener el máximo de rentabilidad para una inversión dada, sin embargo, con el surgimiento de la industria oriental en el mercado occidental, el consumidor pasó a ser considerado el elemento más importante en las adquisiciones, el de exigir la calidad de los productos y los servicios suministrados, esta demanda hizo que las empresas consideraran el factor de la calidad como una necesidad para mantenerse competitivas, especialmente en el mercado internacional.

Esta exigencia no se debe atribuir exclusivamente a los asiáticos, ya que en 1975, en su publicación anual la organización de las naciones unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada, como:

$$\text{Producción} = \text{Operación} + \text{Mantenimiento}$$

Donde al segundo factor de este binomio, pueden ser atribuidas las siguientes responsabilidades:

- Reducción del tiempo de paralización de los equipos que afectan la operación.
- Reparación, en tiempo oportuno de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios.
- Garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.

Con el desarrollo de las computadoras personales a costos reducidos y lenguaje simple, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar y procesar sus propios programas, eliminando los inconvenientes de la dependencia de disponibilidad humana y de equipos para atender las prioridades del procesamiento de la información a través de una computadora central, además de las dificultades de comunicación en la transmisión de sus necesidades hacia el analista de sistemas, no siempre familiarizado con el área de mantenimiento.

Sin embargo, es recomendable que esas computadoras sean asociadas a una red, posibilitando que su información quede disponible para los demás órganos de la empresa y viceversa, en ciertas empresas esta actividad se volvió tan importante que la planificación y control del mantenimiento, pasó a convertirse en un órgano de asesoramiento a la supervisión general de producción.

Al final del siglo pasado, con las exigencias de incremento en la calidad de los productos y servicios, hechas por los consumidores, el mantenimiento pasó a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos, en un grado de importancia equivalente a lo que se venía practicando en operación.

Estas etapas evolutivas del mantenimiento industrial se caracterizaron por la reducción de costos y garantía de calidad a través de la confiabilidad y la productividad, en cumplimiento de los tiempos de ejecución basados en la disponibilidad de los equipos.

Los profesionales de mantenimiento pasaron a ser más exigidos en la atención adecuada a los clientes, ya que los equipos, obras o instalaciones, desempeñaban tareas de impacto directo o indirecto en el producto o servicio que la empresa ofrece a sus clientes, la organización corporativa es vista, hoy en día, como una cadena de varios eslabones, donde evidentemente, el mantenimiento es uno de los de mayor importancia en los resultados de la empresa.

Un mantenimiento mal aplicado significa, bajos ingresos en ventas, costos en reparaciones elevados e inventarios de repuestos no reales a la necesidad operante, clientes insatisfechos y productos de mala calidad, la búsqueda obstinada de ventajas competitivas, ha mostrado que el costo del mantenimiento no está bajo control y es un factor importante en el incremento del desempeño global de los equipos.

Teniendo cada vez más aceptación en las empresas, los grupos de asesoría y las organizaciones profesionales para el buen desempeño de la producción, determinaron que los gastos en mantenimiento deben estar alrededor del **2% de los activos de la planta.**

Ejemplo. Los activos de una planta suman Q.60 millones, y esta planta tiene un gasto mensual de mantenimiento de aproximadamente Q.140 mil. ¿Su gestión de mantenimiento es adecuada?

La respuesta sería, NO, como se demuestra en el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} Q.60\,000\,000.00 \times 2\% &= Q.1\,200\,000.00 \\ Q.1\,200\,000.00 / 12 \text{ (meses)} &= Q.100\,000.00 \end{aligned}$$

Por lo tanto, la expectativa máxima para el gasto sería de Q.100 mil mensual, y se demuestra que la empresa estaría gastando 40% más de lo adecuado, lo que podría estar afectando su balance de forma significativa.

El mejoramiento continuo de las prácticas de mantenimiento, así como la reducción de sus costos, son resultados de la aplicación del ciclo de calidad total como base en el proceso gerencial.

Mejoras significativas en los costos del mantenimiento y disponibilidad de los equipos están siendo alcanzadas a través de:

- Ejecución de algunas actividades por parte de los operarios de los equipos.
- Mejoramiento continuo del equipo.
- Educación y capacitación de los responsables de la actividad de mantenimiento.
- Recopilación de información, evaluación y complacencia de las necesidades de los clientes.
- Establecer prioridades adecuadas a los servicios.
- Evaluación de servicios necesarios e innecesarios.
- Análisis adecuado de la información y aplicación de soluciones simples pero estratégicas.
- Planificación del mantenimiento con enfoque en la estrategia de mantenimiento específico por tipo de equipo.

La coordinación en la planificación de la producción, la estrategia de mantenimiento, la adquisición de repuestos, la programación de servicios y el flujo de información entre estos subsistemas, eliminan los conflictos en la obtención de metas.

En los sistemas de mantenimiento con el apoyo del procesamiento electrónico de datos, se busca almacenar al máximo la información relacionada con los equipos y materiales, estableciendo tareas adecuadas para la ejecución de intervenciones programadas por los encargados de mantenimiento y operadores, definiendo el momento adecuado para la ejecución y los recursos que serán utilizados, reduciendo al máximo las tareas burocráticas de los agentes de mantenimiento, al mismo tiempo que se establece de forma completa los registros que serán recuperados, en una mediación relacionada con registros de otras áreas, directa o indirectamente implicadas con la función de mantenimiento.

En las rutinas sistematizadas, se busca establecer las necesidades reales de intervención y la aplicación de las tablas que además de compactar la información, permiten estandarizar la búsqueda de registros y filtros necesarios para la elaboración de los reportes históricos y el apoyo al análisis de fallas, evaluando la disponibilidad y los costos.

Con estas herramientas y con dispositivos de medición, serán utilizados los criterios de predicción con datos originados en el monitoreo automático o manual, el establecimiento de criterios para garantizar el mejor mantenimiento en los aspectos de costos y seguridad, incluyendo las acciones necesarias para reducir los movimientos del personal de mantenimiento así como las pérdidas de tiempo en la recolección de materiales y herramientas.

1.4 Factores esenciales en las labores de mantenimiento

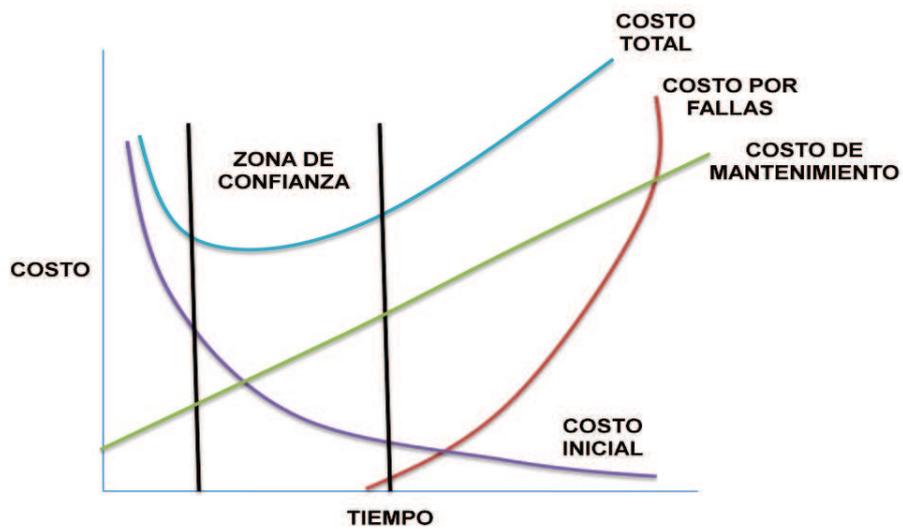
Para el administrador de mantenimiento el objetivo es la conservación del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones, entre otros, y no como erróneamente se ha creído que el mantenimiento está obligado a la conservación de tales elementos, el servicio es lo importante y no la maquinaria que lo proporciona, por tal motivo se deben equilibrar, en las labores de mantenimiento los factores esenciales siguientes:

- Calidad económica del servicio
- Duración adecuada del equipo
- Costos mínimos de mantenimiento

Desde el punto de vista de costo, estos tres factores dan a conocer que existe un, **costo total de servicio**, el cual resulta de:

- Costo inicial del equipo, considerando su depreciación.
- Costo de mantenimiento, considerando su incremento.
- Costo por falta de servicio.

Figura 1. Relación de costo y tiempo de una máquina o equipo desde su compra.



Fuente: Ing. Julio Molina, **Manual de Mantenimiento**

La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, sobre todo que inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto compensa por ser los costos de mantenimiento bajos, pues la expectativa de falla es menor.

Conforme se aventaja el equipo, sus componentes se desgastan, aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores.

Un aumento de la frecuencia de falta de servicio por fallas, causa pérdidas en el ingreso que origina la prestación del mismo, de tal manera que el costo total aumenta tanto que hace prohibitivo el uso del equipo.

En la curva del costo total se nota que hay una zona de confianza, donde es mínima en función del tiempo, siendo uno de los objetivos del mantenimiento

que este sea lo más largo posible, dentro de las naturales limitaciones como obtención de repuestos principalmente, pero cuando el costo total rebasa esta zona, la reposición del equipo es obligada.

1.5 Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento también es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar, luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema, en este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores, este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

Por mucho tiempo fue ésta la forma dominante de mantenimiento de las plantas, pero sus costos resultan relativamente elevados, debido a los tiempos de paradas no programadas, maquinaria dañada y gastos de tiempo extra del personal que se generaban.

En este caso, la gestión del mantenimiento es gobernada por los “caprichos” de las máquinas, dado que el estado actual de un conjunto de máquinas solamente se conoce de una manera imprecisa, esto hace casi imposible planificar las necesidades de mantenimiento, mucho menos, predecir el estado general de disponibilidad de un sistema.

El mantenimiento contra falla debería representar una pequeña parte de una estrategia moderna de mantenimiento, sin embargo, hay algunas situaciones donde tiene sentido, un ejemplo es una planta con un gran número de máquinas similares, que no son caras para reemplazar o reparar, cuando una falla, otras están programadas para tomar su lugar y la producción no se ve muy afectada, conocida también como “*bypass*”.

Como se ha mencionado anteriormente el mantenimiento correctivo es aquel que se ocupa de la reparación, una vez que se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación.

1.6 Mantenimiento preventivo

Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, la característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

Con un buen mantenimiento preventivo se obtienen rutinas para la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de las instalaciones o de algunas máquinas.

El mantenimiento preventivo puede estar basado en tres categorías, la primera categoría se basa en los manuales proporcionados por el fabricante, la segunda categoría se basa en los histogramas, por último está la categoría basada en los datos proporcionados por operarios y personal de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo prevé fallas en los equipos e instalaciones mediante sus cuatro áreas básicas de acción descritas a continuación:

Limpieza. Constituye una actividad sencilla y eficaz para reducir desgastes, deterioros y roturas, las máquinas limpias son más fáciles de mantener; operan mejor y disminuyen la contaminación.

Inspección. Constituye la base para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria y del equipo., suministra la información necesaria para llevar a cabo el mantenimiento adecuado y oportuno.

Lubricación. Esta operación es normalmente realizada de acuerdo con las especificaciones del fabricante y la experiencia obtenida a través del tiempo, reduce el rozamiento, calentamiento y desgaste de las partes móviles del equipo.

Ajuste. Es una consecuencia directa de la inspección, es a través de ella que se detectan las condiciones inadecuadas de los equipos.

Dentro del mantenimiento preventivo tenemos el mantenimiento predictivo que está basado en la determinación del estado de la máquina en operación, el concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que

fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones, se trata de realizar ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, entre otras, el mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo: cambiar o reparar la máquina en una parada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y corregirlos.

La última innovación en el campo del mantenimiento predictivo es el mantenimiento proactivo, que usa gran cantidad de técnicas para alargar la disponibilidad de las máquinas, la idea principal de un mantenimiento proactivo es el análisis de las causas fundamentales de las fallas en las máquinas, estas causas se pueden remediar y los mecanismos de falla se pueden eliminar gradualmente en cada máquina, mejorando la operación en cada una de ellas.

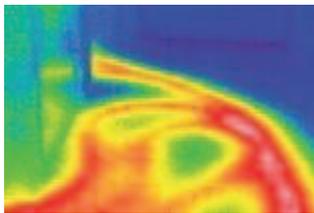
Se sabe desde hace mucho tiempo que el desbalance y el desalineamiento son las causas fundamentales en la mayoría de las fallas en máquinas, ambos fenómenos provocan una carga en los rodamientos con fuerzas indebidas y acortan su vida útil, en lugar de reemplazar continuamente rodamientos gastados en una máquina que presenta fallas, una mejor política sería de llevar a cabo un balanceo y alineamiento de precisión en la máquina y verificar los resultados por medio de un análisis de vibraciones mecánicas.

Una de las técnicas de mantenimiento predictivo y proactivo que a lo largo de los últimos años ha pasado a ser una de las más utilizadas por parte de las empresas es la de termografía infrarroja, esta técnica permite detectar, sin contacto físico con el elemento bajo análisis, cualquier falla que se manifieste

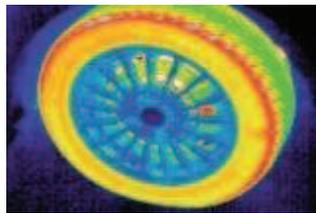
en un cambio de la temperatura sobre la base de medir los niveles de radiación dentro del espectro infrarrojo.

La temperatura de los cuerpos determina el tipo de luz que emite, la cual es invisible al ojo humano, pero a través de equipos apropiados, "cámaras de termografía", podemos "ver" esta energía y transformarla en imágenes visibles.

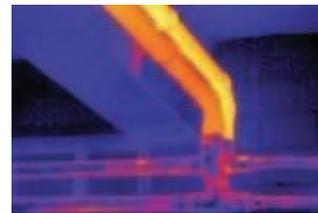
Figura 2. Imágenes por medio de cámaras termográficas



Desagüe



Neumático de automóvil



Conducto de vapor

Fuente: imágenes de AltaVista, búsqueda termografía.

1.7 Análisis de riesgos.

Un paso previo a la realización de un plan de mantenimiento, es el de estudiar los distintos fallos que se suelen producir y las consecuencias de los mismos, en el análisis de riesgos se han de definir los límites que se desean estar y en función de ellos diseñar los planes de mantenimiento para regirse, mejorando las variables de probabilidad y severidad, con la disminución de costos de mantenimiento, se aumenta la rentabilidad de la empresa.

Principales consecuencias del mantenimiento mal aplicado o nulo.

Consecuencias operacionales. Estas producen trastornos en la producción o en la calidad que al final se traducen en tiempos perdidos en el proceso productivo.

Consecuencias de seguridad. Son las que el fallo puede afectar en mayor o menor medida la seguridad del personal de la fábrica.

Consecuencias medio ambientales. Fallo que puede afectar al medio ambiente o al entorno, considerando las disposiciones legales que existan al respecto.

Consecuencias en los costos. Propias de la reparación que el fallo trae consigo y que en ocasiones pueden ser de extraordinaria importancia

1.8 Análisis de fiabilidad

El análisis de fiabilidad consta de dos partes fundamentales:

La información. Es la encargada de recabar los datos correspondientes a los equipos sobre los que va a realizar el análisis.

La decisión. Su objetivo se basa en establecer las tareas de prevención, técnicamente factibles y económicamente rentables, debido a las consecuencias de los modos de fallo.

En la fase de información se determinan las distintas funciones, principales y secundarias de cada elemento del equipo que se esté analizando en su contexto operacional, posteriormente se determinan para cada función los

fallos de cargo, es decir la forma en que se manifiesta la incapacidad del elemento para desarrollar la función correspondiente.

El paso siguiente es determinar los modos de fallo, que son los que normalmente se aprecian en el equipo, una vez hecho esto es necesario determinar la causa raíz del fallo sobre la que estudiaremos su solución.

Con todos estos datos se realiza la evaluación de las consecuencias de cada fallo en cada una de las escalas, operacional, seguridad, medio ambiente y costo.

En la fase de decisión, se determina para cada causa raíz la tarea de mantenimiento a realizar, la frecuencia con que se va a llevar a cabo, quién la va a ejecutar, así como las reservas a mantener y el nuevo riesgo resultante al aplicar este plan de mantenimiento.

El siguiente paso es el diseño de un plan de mantenimiento que elimine las consecuencias indeseables, optimizando además costos tanto de intervención como de pérdidas de producción.

Es muy importante destacar que toda la información presentada sobre análisis de fiabilidad y análisis de riesgos, se aplica en casos en donde se tenga un historial de datos importantes de fallas, en equipo nuevo dentro de la empresa, aplica de modo puramente informativo y complementario, para ser usadas a futuro.

1.9 Mantenimiento asistido por ordenador

Usualmente se suele denominar mediante su acrónimo GMAO, también se nombra en ocasiones como CMMS, acrónimo de “Computerized Maintenance Management System”.

En esencia un GMAO es una herramienta software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa, básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento, esta información sirve para que todas las tareas de se realicen de forma más segura y eficaz, también se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

Las funciones principales de un GMAO son:

- Salvaguarda y gestiona toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento de uno u otro modo.
- Permitir la planificación y control del mantenimiento, incluyendo las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.
- Suministrar la información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.

Las distintas aplicaciones comerciales inciden más o menos en cada uno de estos puntos, originando productos adecuados para todas las necesidades, aunque conceptualmente un GMAO es un producto genérico, aplicable a cualquier tipo de organización, existen desarrollos específicos dirigidos a algunos sectores industriales.

Estas herramientas también deben ser adecuadas independientemente de la metodología o filosofía empleada para la gestión del mantenimiento, si bien algunos productos ofrecen módulos especiales en este sentido para facilitar su implantación, otra tendencia muy importante en estos momentos es la posibilidad de conectar estas aplicaciones con los sistemas de gestión de la organización o bien integrarlos completamente en estos, para facilitar el intercambio de información entre los diversos sectores implicados.

Beneficios y optimización de los recursos

Laborales. Mejora en la planificación, seguimiento y aplicación.

Materiales. Mayor disponibilidad, disminución de existencias innecesarias, fácil localización.

1.10 Tribología

La tribología es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que tienen lugar durante el contacto entre superficies sólidas en movimiento, el término es usado universalmente desde finales del siglo XX.

Para entender a la tribología se requiere de conocimientos de física, de química y de ciencia de los materiales, las tareas del especialista en tribología son las de reducir la fricción y desgaste para conservar y reducir energía, lograr movimientos más rápidos y precisos, incrementar la productividad y reducir el mantenimiento.

Antes del nacimiento de la tribología como ciencia se pensaba en el término lubricación, no se había generalizado la disminución de la fricción y el

desgaste como prácticas cotidianas y sus efectos asociados, tratando de prevenirlos con mejores diseños, la tribología se centra en el estudio de tres fenómenos:

Fricción. Se define como la resistencia al movimiento durante el deslizamiento o rodamiento que experimenta un cuerpo sólido al moverse sobre otro con el cual está en contacto, esta resistencia al movimiento depende de las características de las superficies, una teoría explica la resistencia por la interacción entre puntos de contacto y la penetración de las asperezas.

La fricción depende de:

- La interacción molecular o adhesión de las superficies
- La interacción mecánica entre las partes.

La fuerza de resistencia que actúa en una dirección opuesta a la dirección del movimiento se conoce como fuerza de fricción, existen dos tipos principales de fricción:

Fricción estática. Es la que se debe superar para poner movimiento un cuerpo con respecto a otro que se encuentra en contacto.

Fricción dinámica. Es una fuerza de magnitud constante que se opone al movimiento una vez que éste ya comenzó.

La fricción no es una propiedad del material, es una respuesta integral del sistema, las dos leyes básicas de la fricción se han conocido desde hace un buen tiempo:

- La resistencia de fricción es proporcional a la carga
- La fricción es dependiente del área de deslizamiento de las superficies.

Desgaste. Es el daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo, es un proceso en el cual las capas superficiales de un sólido se rompen o se desprenden de la superficie, al igual que la fricción, el desgaste no es solamente una propiedad del material, es una respuesta integral del sistema, los análisis de los sistemas han demostrado que 75% de las fallas mecánicas se deben al desgaste de las superficies en rozamiento, se deduce fácilmente que para aumentar la vida útil de un equipo se debe disminuir el desgaste al mínimo posible.

Entre los diferentes tipos de desgastes podemos mencionar

Desgaste por fatiga. Surge por concentración de tensiones mayores a las que puede soportar el material, incluye las dislocaciones, formación de cavidades y grietas.

Desgaste abrasivo. Es el daño por la acción de partículas sólidas presentes en la zona del rozamiento.

Desgaste por erosión. Es producido por una corriente de partículas abrasivas, muy común en turbinas de gas, tubos de escape y de motores.

Desgaste por corrosión. Originado por la influencia del medio ambiente, principalmente la humedad, seguido de la eliminación por abrasión, fatiga o erosión de la capa del compuesto formado.

Desgaste por oxidación. Ocasionado principalmente por la acción del oxígeno atmosférico o disuelto en el lubricante, sobre las superficies en movimiento.

Desgaste por frotación. Aquí se conjugan las cinco formas de desgaste, en este caso los cuerpos en movimiento tienen movimientos de oscilación de una amplitud menos de cien micrómetros, generalmente se da en sistemas ensamblados.

Desgaste adhesivo. Es el proceso por el cual se transfiere material de una a otra superficie durante su movimiento relativo, como resultado de soldado en frío en puntos de interacción de asperezas, en algunos casos parte del material desprendido regresa a su superficie original o se libera en forma de virutas o rebaba.

Desgaste fretting. Es el desgaste producido por las vibraciones inducidas por un fluido a su paso por una conducción.

Desgaste impacto. Son las deformaciones producidas por golpes y que producen una erosión en el material.

Lubricación. Si dos cuerpos metálicos rozan uno con el otro se calientan y sus moléculas tienen tendencia a soldarse dando origen a un fenómeno llamado, agarre, este fenómeno se produce con mayor intensidad si ambos cuerpos reciben calor desde una fuente externa ya que se alcanza más rápidamente el calor de fusión de uno de los metales.

La lubricación tiene por objeto evitar el agarre entre las piezas y disminuir el trabajo perdido por rozamiento interponiendo entre dos cuerpos una película de fluido lubricante que sustituye el rozamiento entre los metales por el

rozamiento del deslizamiento interno del fluido lubricante que es muy inferior a los de los metales y produce menor cantidad de calor.

Los objetivos de la lubricación son:

- Impedir el contacto entre dos metales.
- Refrigerar las partes lubricadas.
- Ayudar a la movilización del sistema.

Los factores principales que influyen la lubricación son:

- Acabado de las superficies de contacto.
- Naturaleza y dureza de los materiales que componen las partes.
- Espacio o huelgo entre las partes.

1.11 Administración de personal

La administración de personal tiene como tarea proporcionar las capacidades humanas requeridas por una organización, el de desarrollar habilidades y aptitudes del individuo para ser lo más agradable así mismo y a la colectividad en que se desenvuelve, no se debe olvidar que las organizaciones dependen para su funcionamiento y su evolución, fundamentalmente del elemento humano con que cuenta, puede decirse, sin exageración, que una organización es la imagen de sus miembros.

Resulta obligado conocer el inventario de recursos humanos propios de mantenimiento, ya que esto permitirá organizar grupos de trabajo precisos en la reparación, instalación de un equipo o servicio, trabajos homogéneos en

capacidad y número, así como también la capacidad de respuesta, estableciendo procedimientos claros y jerarquías de mando.

1.12 Outsourcing

Proceso económico en el cual una empresa determinada mueve o destina los recursos orientados a cumplir ciertas tareas a una empresa externa, por medio de un contrato, esto se da especialmente en el caso de la subcontratación de empresas especializadas, para ello, pueden contratar sólo al personal, en cuyo caso los recursos los aportará el cliente tales como instalaciones, hardware y software, o contratar tanto el personal como los recursos.

Ejemplo. Una compañía dedicada a las demoliciones puede subcontratar a una empresa dedicada a la evacuación de residuos para la tarea de deshacerse de los escombros de las unidades demolidas, o una empresa de transporte de bienes puede subcontratar a una empresa especializada en etiquetar u otra de empaque.

El término asociado “offshore outsourcing” implica la transferencia de empleos a otro país, si es que se subcontrata empresas extranjeras o bien estableciendo una base en sitios fuera del país.

1.13 Cálculo de mano de obra del personal de mantenimiento

Cualquier organización, para lograr sus objetivos requiere de una serie de recursos para operar satisfactoriamente, siendo la mano de obra, la más importante y compleja de estas, la pregunta que la mayoría de administradores tiene es, ¿cuánto personal es necesario? por eso se ha creado la tabla de

número de máquinas, versus, tiempo de mantenimiento de rutina diaria en horas de trabajo, como por ejemplo, engrase, purgas, limpieza, entre otros; tiempo de mantenimiento semanal en horas de trabajo, por ejemplo ajustes, revisión de piezas, entre otros, tiempo de mantenimiento mensual en horas de trabajo, por ejemplo, remplazo de filtros, piezas móviles, fajas, entre otras, aclarando que dentro de las rutinas semanales y mensuales, existen fechas calendario de acuerdo a la programación del mantenimiento preventivo que pueden saturar más trabajo entre una semana y otra, por eso se hace un estimado.

Figura 3. Tabla cantidad de máquinas versus tiempos para rutinas de mantenimiento

numero de maquinas	tiempo de rutina diaria	tiempo de rutina semanal	tiempo de rutina mensual	total
total				

Fuente: Ing. Julio Molina, **Manual de Mantenimiento**

Teniendo ya la cantidad de horas necesarias para brindar un mantenimiento eficaz, debemos calcular cuantas personas son necesarias para cubrir dicha demanda.

Nuestras limitaciones se basan en la cantidad de horas establecidas por la institución, generalmente ocho horas diarias de lunes a viernes y cuatro horas los días sábados, descontando el tiempo de comida (una hora regularmente),

además debemos incluir imprevistos como, días de asueto, días de feriado, licencias, permisos especiales, dependiendo de las políticas internas están dependerán directamente.

Por eso se ha creado la siguiente fórmula como ayuda visual.

$$\text{Número de personas} = (\text{Total de horas necesarias dividido número de horas al año}) - \text{Total de horas deducidas por imprevistos}$$

Ejemplo. Una empresa cuenta con cinco maquinas en la producción de una línea, cada máquina se limpia con un liquido especial para su uso, el tiempo de limpieza es de 1 hora al día, cada semana se afilan las cuchillas de corte, para este trabajo es necesario 2 horas al día, cada mes es necesario cambiar los filtros y engrasar las partes móviles, para esto utilizamos 2 horas al día, por ultimo cada seis meses debemos cambiarle las fajas de transmisión, esto ocupa un promedio de 6 horas, la pregunta que se hace el administrador es ¿cuántas personas debe contratar al año para satisfacer las necesidades de mantenimiento de esa línea de producción?

Tenemos,

$$(5 \text{ máquinas} \times 1 \text{ hora diaria} \times 365 \text{ días al año}) = 1825 \text{ horas}$$

$$(5 \text{ máquinas} \times 2 \text{ horas semanales} \times 54 \text{ semanas al año}) = 540 \text{ horas}$$

$$(5 \text{ máquinas} \times 6 \text{ horas semestrales} \times 2 \text{ semestres al año}) = 60 \text{ horas}$$

Número de maquinas	Tiempo de rutina diaria	Tiempo de rutina semanal	Tiempo de rutina semestral	TOTAL DE HORAS AL AÑO
5	1825	540	60	2425

Ahora bien debemos calcular el tiempo efectivo de una persona

(8 horas diarias X 5.5 días (Lunes a Viernes, Sábado medio día) X 54 semanas
= 2375 horas al año

No olvidemos descontar los días de feriado, Asuetos, Semana Santa, Permisos de Ley, Imprevistos, entre otros, con un factor del 15%.

(2375 horas al año – 15% de horas deducidas por motivos externos)
= 2018.75 horas efectivas netas de trabajo

Por último tenemos,

Número de empleados = (2425 horas de trabajo) / (2018.75 horas de efectivas netas de un empleado) = 1.20 empleados

Nota: la cantidad de empleados no puede responderse con números decimales, toda cantidad que sobre pase el número entero principal, debe redondearse al siguiente número entero aunque sea solo por una milésima.

La respuesta sería, dos empleados serían suficientes.

1.14 Planes de contingencias

El enfoque de contingencias, en ocasiones llamado enfoque situacional, fue concebido por gerentes, jefes e investigadores que trataron de aplicar los conceptos de las estrategias más importantes a las situaciones reales que vivían, cuando métodos que eran muy eficaces para una situación no funcionaban en otra, buscaban una explicación, por ejemplo, por qué

funcionaba magníficamente un programa de mantenimiento en el desarrollo organizacional de una empresa y fracasaba rotundamente en otra, los partidarios del enfoque de contingencias tenían una respuesta lógica para este tipo de preguntas, “los resultados difieren porque las situaciones difieren”, la técnica que funciona en un caso no funcionará necesariamente en todos los casos.

Conforme al enfoque de contingencias, la tarea del gerente consiste en identificar la técnica que servirá mejor para alcanzar las metas de la gerencia, en una situación concreta, en circunstancias concretas y en un momento concreto, por ejemplo, cuando se requiere alentar a los trabajadores para incrementar la productividad, el teórico clásico podría recomendar un nuevo plan para simplificar el trabajo, el científico de la conducta, en cambio, podría tratar de crear un ambiente psicológicamente motivador y recomendar una técnica como el enriquecimiento del trabajo, es decir, la combinación de tareas con diferente alcance y responsabilidad, y que conceden al trabajador mayor autonomía para tomar decisiones.

2. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Para darle respuesta inmediata a las necesidades de la sociedad, la industria se apoya en sus dos grandes pilares, la producción que es la encargada de proponer productos o servicios con ello satisfacer dichas necesidades o hacerlos dependientes a nuevas necesidades y la otra que es la encargada de que la primera propuesta sea factible que es el mantenimiento.

La evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo se trato en el primer capítulo, quedando únicamente la distribución de las líneas de producción para completar el cuadro general del mantenimiento.

2.1 Líneas básicas en la industria

Dentro de la industria es muy común encontrar diseños y estudios basados en las líneas vectoriales de vapor, agua, electricidad y comunicaciones, estas sirven para estimar la dirección que toman las corrientes hacia puntos específicos de control.

2.2 Líneas de vapor

Generada por calderas o generadores de vapor, son instalaciones industriales, que aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria.

Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, entre otras, hasta que Papin en 1769, creó una pequeña caldera llamada "marmita", se usó vapor para intentar mover la primera

máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo ya que utilizaba vapor húmedo de baja temperatura y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil, luego de otras experiencias, James Watt en 1776, completó una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica, ya que era un industrial inglés muy conocido.

Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales, ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo y continúa en el nuestro.

Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas, entre sus desventajas encontramos la baja velocidad y mayor peso por kilowatts de potencia, necesidad de un mayor espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura.

Dentro de los diferentes tipos de calderas se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros, vemos una caldera multi-humotubular con haz de tubos amovibles, preparada para quemar carbón o lignito, el humo, es decir los gases de combustión caliente, pasan por el interior de los tubos cediendo su calor al agua que rodea a esos tubos.

Clasificaciones: existen varias formas de clasificación de calderas, entre las que se pueden señalar:

Según la presión de trabajo:

- Baja presión: de 0 - 2.5 kg./cm²
- Media presión: de 2.5 - 10 kg./cm²
- Alta presión: de 10 - 220 kg./cm²
- Supercríticas: más de 220 kg. /cm².

Según su generación:

- De agua caliente
- De vapor saturado
- De vapor recalentado.

Según la circulación de agua dentro de la caldera:

- Circulación natural: el agua se mueve por efecto térmico
- Circulación forzada: el agua se hace circular mediante bombas.

Según la circulación del agua y los gases calientes en la zona de tubos de las calderas, se tienen 2 tipos generales.

Pirotubulares o de tubos de humo. En estas calderas los humos pasan por dentro de los tubos cediendo su calor al agua que los rodea.

Acuotubulares o de tubos de agua. El agua circula por dentro de los tubos, captando calor de los gases calientes que pasan por el exterior, permiten generar grandes cantidades de vapor sobrecalentado a alta presión y alta temperatura, se usa en plantas térmicas para generar potencia mediante turbinas.

Riesgos de una caldera:

Aumento súbito de la presión. Esto sucede generalmente cuando se disminuye el consumo de vapor o cuando se descuida el operador y hay exceso de combustible en el hogar o cámara de combustión.

Descenso rápido de la presión. Se debe al descuido del operador en la alimentación del fuego.

Descenso excesivo del nivel de agua. Es la falla más grave que se puede presentar, si este nivel no ha descendido más allá del límite permitido y visible, bastará con alimentar rápidamente, pero si el nivel ha bajado demasiado y no es visible, en el tubo de nivel, deberá considerarse seca la caldera y proceder a quitar el fuego, cerrar el consumo de vapor y dejarla enfriar lentamente, antes de encenderla nuevamente, se deberá inspeccionarla en forma completa y detenida.

Explosiones. Las explosiones de las calderas son desastres de gravedad extrema, que casi siempre ocasionan la muerte a cierto número de personas, la caldera se rasga, se hace pedazos, para dar salida a una masa de agua y vapor, los fragmentos de la caldera son arrojados a grandes distancias.

Estos accidentes desgraciadamente frecuentes, han sido atribuidos durante mucho tiempo a causas excepcionales y fuera del alcance de la prevención, es decir, se les ha considerado como caso de fuerza mayor, el estudio de las causas de las explosiones ha permitido determinar que estas se deben a:

- Construcción defectuosa

- Falla de los accesorios de seguridad, válvula de seguridad que no habrán oportunamente o no son capaces de evacuar todo vapor que la caldera produce.
- Negligencia, descuido o ignorancia del operador.
- Mezcla explosiva en los conductos de humo.
- Falta de agua en las calderas (la más frecuente)
- Incrustaciones masivas o desprendimiento de planchones.

Cuando el nivel de agua baja, deja al descubierto las planchas, que estando en contacto con el calor de la combustión se recalientan al rojo, al recalentarse estas pierden gran parte de su resistencia, el vapor se produce en menor cantidad por la disminución de la superficie de calefacción, las incrustaciones actúan como aislante dejando las planchas de la caldera sometidas a calor y sin contacto con el agua, de esta manera se van recalentando y perdiendo su resistencia hasta que no son capaces de resistir la presión y se produce la explosión.

Medidas de prevención. Los operadores de caldera solo podrán hacer abandono de la sala al término de su turno, en caso de que alguno requiera ausentarse solo será con previo aviso y autorización del jefe directo.

Los operadores deberán tener una observación permanente del funcionamiento de las calderas, para ello deberán ubicarse en tal posición de no perder de vista los controles y elementos de vigilancia, tales como el nivel del agua y manómetro.

Deberán ser controlados permanentemente los siguientes elementos:

- Chequear y observar el funcionamiento de las bombas de alimentación de agua
- Revisar el funcionamiento de quemadores y estar atentos a cualquier anomalía
- Observar la presión indicada en los manómetros, teniendo presente que en ningún momento debe sobrepasar la presión máxima de trabajo.
- Chequear la temperatura de los gases de combustión, así como también la temperatura del agua de alimentación.
- Estar atento a cualquier ruido u olor extraño a los normales.

Se le prohíbe estrictamente al operador dejar fuera de funcionamiento, bloquear o deteriorar los sistemas de alarma y/o controles de nivel de agua de las calderas.

Obligaciones del operador de turno

- Accionar válvulas de seguridad
- Accionar gráficos de pruebas con el objeto de descartar los niveles de agua falsos.
- Purgar columna del control automático del agua.
- Realizar análisis químico de alimentación y el agua de la caldera.
- Mantener sala de calderas en perfectas condiciones de aseo y orden.
- Dosificar productos químicos: anti-incrustante, neutralizante y secuestrador de oxígeno.
- Eliminar cualquier ingreso de aire que no intervenga en la combustión y solo contribuirá a diluir los contaminantes.
- Tiempos puntales en el arranque de equipo, tomando en cuenta la pre-calentación de algunas máquinas.

Accesorios de seguridad

Válvula de seguridad. Todas las calderas tienen una o más válvulas, deben disponer de uno o más válvulas de seguridad cuya finalidad es dar salida al vapor de la caldera cuando se sobrepasa la presión normal de trabajo, con lo cual se evitara presiones excesivas en los generadores de vapor.

Tapón fusible. Consiste en un tapón de bronce, con hilo para ser atornillado al caldero, tienen un orificio cónico en el centro, en el cual se rellena con una aleación metálica (plomo, estaño), cuyo punto de fusión debe ser de 250 °C como máximo.

Alarmas. Accesorios de seguridad que funcionan cuando el nivel de agua en el interior de la caldera ha descendido más allá del nivel normal, consiste en un tubo metálico con el extremo inferior abierto y sumergido al interior de la caldera, hasta el nivel mínimo admisible.

Equipos de protección personal

- Casco
- Zapatos de seguridad
- Protector auditivo
- Guantes
- Ropa adecuada

Revisiones y pruebas de condiciones de seguridad

Para verificar las condiciones de seguridad de los generadores de vapor, éstos deberán ser sometidos a las siguientes revisiones y pruebas:

- a) Revisión interna y externa
- b) Prueba hidráulica
- c) Prueba con vapor
- d) Prueba de acumulación
- e) Pruebas especiales

Revisión interna y externa. Para estas revisiones el propietario o usuario de la caldera la preparará como sigue, apagará sus fuegos, la dejará enfriar, la drenará, la abrirá y la limpiará completamente incluso los conductos de humo.

Prueba hidrostáticas. La caldera se preparará para la prueba hidrostática en la siguiente forma:

- Se interrumpirán las conexiones a la caldera por medio de válvulas u otros medios que interrumpan en forma completa y segura todas las conexiones de vapor y agua y que resistan la presión hidráulica a que se someterán.
- Se limpiará la cámara de combustión, se abrirá y limpiará los conductos de humo, de modo que la estructura metálica de la caldera sea accesible por todos sus lados
- Se retirarán las válvulas de seguridad y se colocarán tapones, en ningún caso se permitirá el aumento de la carga en la palanca o un aumento en la presión sobre el resorte de la válvula.
- Se llenará la caldera con agua hasta expulsar todo el aire de su interior, mediante un tubo de ventilación.
- Durante la prueba hidráulica se aplicará la presión en forma lenta y progresiva aumentándola uniformemente, sin exceder el valor fijado para la presión de prueba que debe resistir.

- Enseguida, se revisará la caldera para comprobar la existencia o ausencia de filtraciones o deformaciones en sus planchas.
- Se considerará que la caldera ha resistido la prueba hidráulica en forma satisfactoria cuando no haya filtración ni deformación de las planchas.
- Posteriormente se bajará la presión también en forma lenta y uniforme.

Prueba con vapor. Después de cada prueba hidrostática, se realizará una prueba con vapor en la cual la válvula de seguridad se regulará a una presión de abertura que no exceda más de 6% sobre la presión máxima de trabajo de la caldera.

Prueba de acumulación. La prueba de acumulación se realizará con la caldera funcionando a su máxima capacidad y con la válvula de consumo de vapor cerrada, en estas condiciones la válvula de seguridad deberá ser capaz de evacuar la totalidad del vapor sin sobrepasar en un 10% la presión máxima de trabajo del generador de vapor.

Pruebas especiales. Sin perjuicio de las pruebas prescritas en los artículos anteriores la autoridad sanitaria podrá solicitar que los generadores de vapor sean sometidos a pruebas especiales no destructivas, con el objeto de determinar calidad de planchas y soldaduras en calderas muy usadas o muy antiguas o en aquellas en que se hayan producido deformaciones o recalentamiento.

2.3 Líneas de agua

La industria precisa del agua para múltiples aplicaciones, como por ejemplo, calentar y enfriar, para producir vapor de agua o como disolvente, como materia prima o para limpiar, la mayor parte, después de su uso, se

elimina devolviéndola nuevamente a la naturaleza, estos vertidos, a veces se tratan, pero otras el agua residual industrial vuelve al ciclo del agua sin tratarla adecuadamente.

En algunos países desarrollados y sobre todo en Asia Oriental y en el África Subsahariana, el consumo industrial de agua puede superar ampliamente al doméstico, el agua es utilizada para la generación de energía eléctrica, la hidroelectricidad es la que se obtiene a través de la energía hidráulica, la energía hidroeléctrica se produce cuando el agua embalsada previamente en una presa cae por gravedad en una central hidroeléctrica, haciendo girar en dicho proceso una turbina engranada a un alternador de energía eléctrica, este tipo de energía es de bajo costo, no produce contaminación y es renovable.

El agua es fundamental para varios procesos industriales y maquinarias, como la turbina de vapor, el intercambiador de calor y también su uso como disolvente químico, el vertido de aguas residuales procedentes de procesos industriales causan varios tipos de contaminación como, la contaminación hídrica causada por descargas de solutos y la contaminación térmica causada por la descarga del refrigerante.

El agua como transmisor de calor. El agua y el vapor son usados como transmisores de calor en diversos sistemas de intercambio de calor, debido a su disponibilidad, por su elevada capacidad calorífica y también por su facultad de enfriar y calentar, el vapor condensado es un calentador eficiente debido a su elevado calor de vaporización, una desventaja del agua y el vapor es que en cierta manera son corrosivos, en la mayoría de centrales eléctricas, el agua es utilizada como refrigerante, la cual posteriormente se evapora y en las turbinas de vapor se genera energía mecánica, permitiendo el funcionamiento de los generadores que producen electricidad.

Procesamiento de alimentos. El agua juega un papel crucial en la tecnología de alimentos, el agua es básica en el procesamiento de alimentos y las características de ella influyen en la calidad de los alimentos, los solutos que se encuentran en el agua, tales como las sales y los azúcares, afectan las propiedades físicas del agua y también alteran el punto de ebullición y de congelación del agua, un mol de sacarosa (azúcar) aumenta el punto de ebullición del agua a 0.52°C , un mol de cloruro de sodio aumenta el punto de ebullición a 1.04°C a la vez que disminuye del mismo modo el punto de congelamiento del agua, los solutos del agua también afectan la actividad de esta y a su vez afectan muchas reacciones químicas y el crecimiento de microorganismos en los alimentos, se denomina actividad del agua a la relación que existe entre la presión de vapor de la solución y la presión de vapor de agua pura, los solutos en el agua disminuyen la actividad acuosa y es importante conocer esta información debido a que la mayoría del crecimiento bacteriano cesa cuando existen niveles bajos de actividad acuosa, el crecimiento de microbios no es el único factor que afecta la seguridad de los alimentos, también existen otros factores como son la preservación y el tiempo de expiración de los alimentos.

Otro factor crítico en el procesamiento de alimentos es la dureza del agua, ya que esta puede afectar drásticamente la calidad de un producto a la vez que ejerce un papel en las condiciones de salubridad, la dureza del agua mide la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, especialmente carbonato de calcio y magnesio. La dureza del agua se clasifica en:

- Agua blanda, ≤ 17 mg/l
- Moderadamente dura, ≤ 120 mg/l
- Agua dura, ≤ 180 mg/l

La dureza del agua puede ser alterada o tratada mediante el uso de un sistema químico de intercambio iónico, el nivel de pH del agua se ve alterado por su dureza, jugando un papel crítico en el procesamiento de alimentos, por ejemplo, el agua dura impide la producción eficaz de bebidas cristalinas, la dureza del agua también afecta la salubridad, de hecho, cuando la dureza aumenta, el agua pierde su efectividad desinfectante.

Aplicaciones químicas. Las reacciones orgánicas generalmente se tiemplan con agua o con una solución acuosa que puede estar compuesta por ácido, por una base o por un tampón químico, el agua es generalmente eficaz para eliminar sales inorgánicas, en las reacciones inorgánicas el agua es un solvente común, debido a que no disuelve los reactivos en su totalidad, también es anfótera (puede reaccionar en su estado ácido y base) y nucleófila, sin embargo, estas propiedades a veces son deseadas, también se ha observado que el agua causa una aceleración en la reacción de Diels-Alder, los fluidos supercríticos están siendo investigados en la actualidad, ya que el agua supercrítica (saturada en oxígeno) hace combustión en los contaminantes de manera eficiente.

El agua empleada como disolvente. El agua es descrita muchas veces como el solvente universal, porque disuelve muchos de los compuestos conocidos. sin embargo no llega a disolver todos los compuestos, en términos químicos, el agua es un solvente eficaz porque permite disolver iones y moléculas polares, la inmensa mayoría de las sustancias pueden ser disueltas en agua, cuando el agua es empleada como solvente se obtiene una disolución acuosa; por lo tanto, a la sustancia disuelta se la denomina soluto y al medio que la dispersa se lo llama disolvente, en el proceso de disolución, las moléculas del agua se agrupan alrededor de los iones o moléculas de la sustancia para mantenerlas alejadas o dispersadas, cuando un compuesto iónico se disuelve en agua, los

extremos positivos (hidrógeno) de la molécula del agua son atraídos por los aniones que contienen iones con carga negativa, mientras que los extremos negativos (oxígeno) de la molécula son atraídos por los cationes que contienen iones con carga positiva, un ejemplo de disolución de un compuesto iónico en agua es el cloruro de sodio (sal de mesa), y un ejemplo de disolución de un compuesto molecular en agua es el azúcar.

Las propiedades del agua son esenciales para todos los seres vivos, su capacidad como solvente le convierte en un componente necesario de los fluidos vitales como el citoplasma de la sangre, la savia de las plantas, entre otros, de hecho, el citoplasma está compuesto en un 90% de agua, las células vivas tienen un 60 a 90% de agua, y las células inactivas de un 10% a un 20%

2.4 Líneas de electricidad

Los principales consumidores de electricidad son las industrias, destacando aquellas que tienen en sus procesos productivos instalados grandes hornos eléctricos, tales como siderúrgicas, cementeras, cerámicas y químicas, también son grandes consumidores los procesos de electrólisis (producción de cloro y aluminio) y las plantas de desalación de agua de mar.

En algunos países, por ejemplo España, existen unos contratos de suministro especiales con estos grandes consumidores de electricidad a los que se les concede una tarifa muy baja a cambio de la posibilidad de cortarles el suministro eléctrico, lo que les obliga a un paro técnico, cuando las previsiones meteorológicas prevén olas de calor o de frío intenso, para evitar la saturación del suministro a causa del alto consumo doméstico de aire acondicionado o calefacción, estos grandes consumidores hacen también funcionar sus hornos más potentes en horario nocturno cuando la tarifa eléctrica es más reducida, en

el caso español, el uso de estas tarifas especiales podría ser prohibido por la comisión europea al considerarlas incentivos injustos a costa de los demás usuarios de electricidad.

Las industrias también consumen electricidad para suministrar iluminación eléctrica cuando no es posible la iluminación natural, a fin de prevenir que se produzca fatiga visual en los trabajadores, que se ocasiona si los lugares de trabajo y las vías de circulación no disponen de suficiente iluminación, adecuada y suficiente durante la noche.

Otro campo general de consumo eléctrico en las empresas lo constituye el dedicado a la activación de las máquinas de climatización tanto de aire acondicionado como de calefacción, el consumo de electricidad de este capítulo puede ser muy elevado si las instalaciones no están construidas de acuerdo con principios ecológicos de ahorro de energía, asimismo, es de uso industrial la electricidad que se emplea en los diferentes tipos de soldadura eléctrica, procesos de electrólisis, hornos eléctricos industriales utilizados en muchas tareas diferentes, entre otros.

Un campo sensible del uso de la electricidad en las empresas o instituciones lo constituyen la alimentación permanente y la tensión constante que deben tener las instalaciones de ordenadores, porque un corte imprevisto de energía eléctrica puede dañar el trabajo que se realiza en el momento del corte, para evitar estos daños existen unos dispositivos de emergencia que mantengan de forma momentánea la ausencia de suministro eléctrico en la red.

2.5 Líneas de comunicación

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, una línea o medio de transmisión y posiblemente, impuesto por el medio, un canal y finalmente un receptor, el transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, la señal, el medio de transmisión, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor debido a ruido, interferencias o la propia distorsión del canal, por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal, en algunos casos, el receptor final es el oído o el ojo humano o en algún caso extremo otros órganos sensoriales y la recuperación del mensaje se hace por la mente, la telecomunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión.

Los modernos sistemas de comunicación hacen amplio uso de la sincronización temporal, hasta la reciente aparición del uso de la telefonía sobre IP, la mayor parte de los sistemas de comunicación estaban sincronizados a relojes atómicos o a relojes secundarios sincronizados a la hora atómica internacional, obtenida en la mayoría de los casos vía GPS.

Ya no es necesario establecer enlaces físicos entre dos puntos para transmitir la información de un punto a otro, los hechos ocurridos en un sitio, ocurren a la misma vez en todo el mundo, nos adentramos en una nueva clase de sociedad en la que la información es la que manda, el conocimiento es poder y saber algo es todo aquello que se necesita.

2.6 Instalaciones industriales y equipos

Es todo equipo industrial que se utiliza para fabricar o realizar una tarea específica en la producción, se debe considerar que las aplicaciones de éstas, son mas exigidas que las de uso domiciliario, por ejemplo una lavadora domiciliar, no está diseñada como una lavadora industrial, aunque puedan realizar la misma tarea, en este caso lavar la ropa, la lavadora industrial está diseñada para una mayor capacidad de carga y uso prolongado, lo mismo sucede con las maquinas planchadoras, aire acondicionado, entre otras, la diferencia más grande reside en las horas de trabajo, pues la mayoría de maquinas y/o equipos industriales pueden trabajar hasta 24 horas por día, todos los días del año, siempre y cuando tenga un adecuado mantenimiento.

2.7 Instalaciones especiales

Son las instalaciones donde el producto final es prestar un servicio directo a una persona en circunstancias de alta higiene con tiempos de respuesta inmediatos, por ejemplo la sala de urgencias de un hospital, donde el equipo de oxígeno debe tener especificaciones ideales, otro caso a mencionar podría ser la instalación de tubería para gas, en la producción de empaquetado de alimentos, surtidores o dispensadores de materia prima, entre otros, estos se caracterizan por ser muy específicos, por lo tanto poco comunes en la industria.

2.8 Planificación de rutas de flotilla

Es la encargada en la correcta distribución de vehículos y rutas a cubrir tomando en cuenta la cantidad de tiempo en realizar dicha ruta, pueden ser por áreas, por necesidades, por jerarquías, por volúmenes a movilizar, depende del

servicio que presta la empresa, para acoplar la mejor estrategia a está, siendo lo más utilizada la de sectores o áreas, dependiendo de la cantidad de vehículos que cuente la empresa.

2.9 Señalización industrial

Señalización es el conjunto de estímulos que condiciona la actuación de las personas que los captan frente a determinadas situaciones que se pretender resaltar, la señalización de seguridad tiene como misión llamar la atención sobre los objetos o situaciones que pueden provocar peligros así como para indicar el emplazamiento de dispositivos y equipos que tengan importancia desde el punto de vista de seguridad en los centros locales de trabajo.

Principios fundamentales de la señalización. La información debe resultar eficaz pero hay que tener en cuenta que en ningún caso elimina el riesgo, el hecho de que la empresa utilice un sistema eficaz de señalización no invalida la puesta en marcha de las medidas de prevención que sean necesarias, el adecuado conocimiento de la señalización por parte de los trabajadores implica la responsabilidad del empresario de formar a los mismos.

Clases de señalización. Según el órgano del sentido al que se pretende impresionar, la señalización se clasifica en: señalización óptica, acústica, olfativa y táctil.

Definición de señal de seguridad. Es un objeto físico que sirviéndose de la combinación de una forma geométrica, un color y un símbolo proporciona una información determinada relacionada con la seguridad.

Clases de señales de seguridad. En función de su aplicación se dividen en:

- Señales de prohibición: Señal de seguridad que prohíbe un comportamiento que puede provocar una situación de peligro.
- Señales de obligación: Es una señal de seguridad que obliga a un comportamiento determinado.
- Señales de advertencia: Señal de seguridad que advierte un peligro.
- Señales de información: Señal que proporciona información para facilitar el salvamento o garantizar la seguridad de las personas.
- Señal de salvamento: Es la señal que en caso de peligro indica la salida de emergencia, la situación del puesto de socorro o el emplazamiento de un dispositivo de salvamento.
- Señal indicativa: Proporciona otras informaciones distintas a las de prohibición, obligación y de advertencia.
- Señal auxiliar: Contienen exclusivamente texto y se utiliza conjuntamente con las señales indicadas anteriormente.
- Señal complementaria de riesgo permanente: Sirven para señalar lugares donde no se utilicen formas geométricas normalizadas y que suponen un riesgo permanente de choque o caída.

Figura 4. Algunos ejemplos de señalización industrial



Comunicaciones verbales. Las comunicaciones verbales se establecen entre un locutor y uno o varios oyentes y pueden ser directas (voz humana) o indirectas (difundidas por los medios apropiados), estando formadas por textos o frases tan cortas y simples como sea posible, en este tipo de señalización de seguridad las personas afectadas deben conocer bien el lenguaje utilizado, tanto en pronunciación como en comprensión.

Señales gestuales. En una comunicación por señales gestuales intervienen tres elementos:

- Emisor o encargado de las señales.
- Receptor u operador.
- Mensaje o señal gestual.

Emisor o encargado de las señales. Es la persona o máquina que desde un lugar seguro emite las señales para desarrollar las acciones que esta señalizando, este debe encargarse exclusivamente a la señalización y a la seguridad de los trabajadores presentes en las inmediaciones, no realizando otras tareas a la vez, el emisor para ser bien percibido por el operador deberá llevar algún elemento de identificación de color llamativo, como puede ser casco, chaleco, entre otros, receptor u operador, tiene la obligación de suspender toda la acción que esté realizando si no puede cumplir con garantía las instrucciones recibidas.

La señal gestual. Una señal gestual debe tener las siguientes características:

- Simple y precisa.
- Ser amplia.
- Ser fácil de realizar y comprender.

- Ser claramente distinguible de otras.

Cuando se utilicen los dos brazos simultáneamente, esto se hará de forma simétrica y para indicar una sola señalización.

Recorridos de evacuación. Todas estas salidas tienen que estar señalizadas, salvo en los edificios destinados a viviendas, solamente no tendrán que indicarse estas señalizaciones si se dan estas tres cosas:

- Que se trate de una salida de un recinto menor de 50 m².
- Que sea una salida fácilmente visible desde todos los puntos del recinto.
- Que todos los ocupantes estén familiarizados con el edificio.

Figura 5. Ejemplo de evacuación en caso de incendio



Señalización de equipos de protección. Si algún medio de protección contra incendios no es visible desde algún punto de la zona protegida por el mismo, se deberá señalar de forma que la señal sea visible desde ese punto.

Iluminación. La norma establece que en los recorridos de evacuación el alumbrado normal ha de ser como mínimo igual al de emergencia, unos niveles de 5 Lux en los equipos contra incendios de uso manual y cuadros eléctricos, así como de 1 Lux (a nivel del suelo) en los recorridos de evacuación, todo ello durante al menos 1 hora, por otro lado, las señales de evacuación y de medios de protección han de ser visibles incluso en caso de fallo del alumbrado normal, para conseguir esto, o bien han de tener incorporada iluminación o bien serán auto luminiscentes.

Código de colores. Su función es llamar la atención, indicar la existencia de un peligro y facilitar su identificación fácil y rápidamente, las zonas de las señales donde se aplica el color son tres:

- Zona de seguridad.
- Zona de contraste.
- Zona de símbolo.

Figura 6. Tabla de efectos psicológicos del color.

COLOR	SENSACIÓN DE DISTANCIA	TEMPERATURA	EFFECTOS
Rojo	Acercamiento	Caliente	Exaltación, Excitación.
Naranja	Gran acercamiento	Muy caliente	Inquietud.
Amarillo	Acercamiento	Muy caliente	Actividad.
Verde	Alejamiento	Frio a neutro	Calma, Reposo.
Azul	Alejamiento	Frio	Lentitud.
Violeta	Gran alejamiento	Muy frio	Apatía, Abandono.

Fuente: Procedimientos de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales, Antonio D. Águila Soto

Equipamiento de prevención y emergencia. El plan de emergencia tendrá por objeto establecer los requisitos que deberá cumplir nuestra supuesta empresa para su seguridad en caso de incendio, temblor, inundación, tornado y cualquier otra eventualidad evitando su generación o su propagación en caso de producirse, para proteger a las personas y bienes materiales, las actividades de prevención tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo en circunstancias que pueden desencadenar o trascender, el objeto de esta norma es la protección de los empleados, edificios y bienes aledaños.

Figura 7. Señalización industrial en general





Figura 3. Señalización industrial
Fuente: Impresión 2000

2.10 Seguridad e higiene industrial

Conceptos básicos de higiene industrial. La ciencia y el arte dedicado a la prevención, reconocimiento, evaluación y control de los factores ambientales que surgen en el lugar de trabajo y que pueden causar enfermedades, deterioros de la salud e incapacidad e ineficiencia marcada entre los trabajadores y los miembros de la comunidad, es la aplicación racional y con inventiva de las técnicas que tiene por objeto el reconocimiento, la evaluación y el control de aquellos factores ambientales que se originen en el lugar de

trabajo, estado patológico que sobreviene por una causa repetida durante largo tiempo, como obligada consecuencia de las clases de trabajo que desempeña la persona.

Importancia de la higiene laboral. Los procesos y las operaciones industriales que producen o utilizan compuestos que afectan la salud de los trabajadores, son materia de trabajo para el higienista industrial, en las empresas ofrece protección contra la exposición de sustancias tóxicas en medidas establecidas por la ley de seguridad y salud ocupacional.

Ramas de la higiene industrial. La seguridad e higiene industrial es una ciencia multidisciplinaria que se relaciona con otras, el desarrollo tecnológico ha sido tanto, que se requiere la aplicación de diferentes conocimientos como herramientas de trabajo, entre otras, tenemos a la ergonomía, ecología, administración, derecho, biología, física, matemáticas, psicología, estadística, sociología, entre otras.

Agentes contaminantes. Los factores o agentes son múltiples, pero en general se pueden dividir en cinco grupos:

Agente físico. Se reconoce todos aquellos en los que el ambiente normal cambia rompiéndose el equilibrio entre el organismo y su medio.

Agente químico. Es toda sustancia orgánica e inorgánica natural o sintética, que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o usos pueden incorporarse al aire, en forma de polvo, humo, gas o vapor, con efectos irritantes.

Agentes biológicos. Son microorganismo u otros seres vivos que pueden producir enfermedades infecciosas o a los trabajadores, como resultado del conflicto con esos en el centro de trabajo.

Agentes ergonómicos. De fuerzas de trabajo son todos aquellos factores que tienden a modificar el estado de reposo o de movimiento de una parte o la totalidad del cuerpo vivo.

Agentes psicológicos. Medio tensional en el cual se desempeña el trabajo, que se puede causar alteraciones de la estructura psíquica (psicológica) y de personalidad de trabajadores (familia, escuela, labor, medio social)

Vías de entrada del agente contaminante al organismo.

- Auditivo (ruido)
- Visual (iluminación, radiación)
- Respiratorio (agentes químico, biológico)
- Piel (todos)

Las vías más comunes por donde entran al cuerpo los agentes químicos y biológicos son:

- La vía respiratoria, esta corresponden a la mayor parte de las enfermedades por agentes químicos y biológicos.
- La vía digestiva, las enfermedades que producen por esta vía se deben básicamente a la falta de conocimiento de los hábitos de higiene.
- Las vías cutáneas, (piel) la enfermedad se produce por vías al entrar la piel en contacto con agentes biológicos o químicos.

Medidas de detección de los agentes contaminantes. Se deben reconocer los agentes contaminantes (humos, gases, entre otros) que resulten del proceso de trabajo de las condiciones del ambiente en el que se desenvuelvan los trabajadores, la iluminación inadecuada, la ventilación inadecuada, el ruido excesivo, las temperaturas extremas, el desaseo y el desorden.

Enfermedades profesionales. Estado patológico que sobreviene por una causa repetida durante largo tiempo obligada consecuencia de las clases de trabajo que desempeñan las personas.

Medidas de prevención de enfermedades profesionales. Para la prevención de enfermedades a veces indirectamente de accidentes, una labor de medicina industrial se puede o no justificarse, de acuerdo con los números de trabajadores y de las posibilidades económicas, los asesoramientos de un medico con conocimientos especializados en la materia son:

- Exámenes de ingreso
- Exámenes periódicos al personal
- Registros sobre el estado de salud de cada trabajador
- Estudio de causas y medios para eliminar la fatiga, las enfermedades, profesionales, la monotonía, entre otros.
- Educación de los trabajadores para primeros auxilios
- Revisión, periódica de las condiciones: sanitarias, ventilación, iluminación, de contactos directos, generales, especiales, de los periodos de descanso.
- Índice de frecuencia y de severidad de los accidentes.

Medicina de trabajo. La medicina de trabajo prevé, diagnostica y trata las enfermedades profesionales y las enfermedades comunes que se producen en

el trabajo, en los accidentes y enfermedades profesionales, que se deben considerar el ambiente y las personas.

Primeros auxilios. Constituyen un conocimiento que debe ser del dominio universal, niños o adultos podemos encontrarnos en una situación que requiera de nuestra ayuda para administrar primeros auxilios a una persona conocida o desconocida, primeros auxilios, es el conjunto de maniobras manuales, mecánicas instrumentales, farmacológicas y psicológicas que se le proporcionan a la víctima de un accidente o enfermedad repentina, cuando aplicamos primeros auxilios, realizamos acciones medicas sin ser médicos y estas acciones son temporales.

Botiquín de primeros auxilios: Es el conjunto de materiales, equipos y medicamentos que se utilizaran para aplicar primeros auxilios a una persona que ha sufrido un accidente o enfermedad repentina, tipos de botiquín: el tipo de botiquín será de acuerdo con el tipo de actividades que se vaya a desarrollar o al sitio en el que se encuentre.

Características del botiquín:

- de fácil transporte
- visible y de fácil acceso
- que sea identificado con una cruz roja visible
- de peso no excesivo
- sin candados o dispositivos que dificulten el acceso a su contenido
- una lista del contenido

Cuidados del botiquín:

- Que se encuentre en un lugar fresco y seguro
- Que el instrumento se encuentre limpio
- Que los frascos estén cerrados y de preferencia que sean de plástico
- Que los medicamentos no hayan caducado
- Que el material se encuentre en orden
- El instrumental quirúrgico debe estar empacado y etiquetado.

3. CIMENTACIÓN DE MÁQUINAS

3.1 Conceptos generales de cimentación

La base sobre la que descansa toda construcción o máquina se conoce con el nombre de cimientos, rara vez estos son naturales, lo más común es que tengan que construirse bajo tierra, la profundidad y la anchura de los mismos se determinan mediante cálculos matemáticos, con variables de acuerdo con las características del terreno, el material de que se construyen y la carga que han de sostener, el plano de cimentación es la guía fundamental en el desarrollo de medidas y materiales a utilizar en su construcción.

La representación más sencilla consiste en el trazado de las líneas exteriores de los cimientos a su eje, que es también el punto de referencia de las orillas hacia las paredes o muros que descansan sobre ellos, el eje se delinea para facilitar el replanteo de los cimientos sobre el terreno, el cual se utiliza como guía para apertura de las zanjas, las variantes que pueden darse suelen ser en la representación de las paredes, representación parcial en los ángulos y representación de las áreas, entre otras.

3.2 Tipos de suelos

Cuando un suelo presenta resistencia suficiente para no sufrir deformaciones ni desgastes inadmisibles por la acción del uso o de los agentes atmosféricos y conserva además esta condición bajo los efectos climatológicos normales en la localidad, se dice que el suelo es estable.

El suelo natural posee a veces la composición granulométrica, la plasticidad y el grado de humedad necesario para que una vez apisonado, presente las características mecánicas que lo hacen un suelo estable, los métodos empleados en la antigüedad para utilizar los suelos en la construcción eran empíricos, además eran actividades artesanales, se transmitían de generación en generación, los conocimientos en la actualidad sobre este campo se basan principalmente en estudios sistemáticos con fundamento científico corroborado mediante la experimentación.

En general puede decirse que todos los suelos pueden ser estabilizados, por aportaciones de otros suelos o por medios de otros elementos como por ejemplo cemento, cal, cloruro de sodio, entre otros, el costo de la operación puede resultar demasiado alto si el suelo que se trata de corregir no posee determinadas condiciones.

Entre las aplicaciones de un suelo modificado o estabilizado se encuentran la mejora de los suelos granulares susceptibles a las heladas y el tratamiento de los suelos limosos y/o arcillosos para reducir los cambios de volumen.

Estabilización de suelos. Llamamos estabilización de un suelo al proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un suelo estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas, se dice entonces que la corrección a un suelo sirve para darle una mayor resistencia al terreno o bien disminuir su plasticidad.

Las tres formas de lograrlo son las siguientes:

3.3 Estabilización física.

Este se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Hay varios métodos como por ejemplo

- **Mezclas de suelos.** Este tipo de estabilización es de amplio uso pero por si sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre de por lo menos la compactación como complemento.

Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna lo que lo hacen soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser firme de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino, las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad, la mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas.

3.4 Estabilización química

Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

Cal. Disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

Cemento portland. Aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas.

Productos asfálticos. Es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión.

Cloruro de sodio. Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

Cloruro de calcio. Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

Escorias de fundición. Este se utiliza comúnmente en carreteras asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Polímeros. Este se utiliza comúnmente en carreteras asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Hule de neumáticos. Este se utiliza comúnmente en carreteras asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

3.5 Estabilización mecánica.

Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia, por ejemplo.

- **Compactación.** Es el método más utilizado, este mejoramiento generalmente se hace en la sub-base, base y en las carreteras asfálticas.

3.6 Tipos de cimentación

Por su construcción y materiales se han agrupado en tres grandes grupos:

Superficiales. Son superficiales cuando transmiten la carga al suelo por presión bajo su base sin rozamientos laterales de ningún tipo, un cimiento es superficial cuando su anchura es igual o mayor que su profundidad, incluyen las zapatas en general y las losas de cimentación, los distintos tipos de cimentación superficial dependen de las cargas que sobre ellas rehacen:

- Puntuales: zapatas aisladas
- Lineales: zapatas corridas
- Superficiales: losas de cimentación.

Los cimientos superficiales son aquellos que descansan en las capas superficiales del suelo, las cuales son capaces de soportar la carga que recibe de la construcción por medio de la ampliación de base, el material más empleado en la construcción de cimientos superficiales es la piedra, básicamente tratándose de construcciones ligeras, en cualquiera de sus variedades siempre y cuando esta sea resistente, maciza y sin poros. Sin embargo, el concreto armado es un extraordinario material de construcción y siempre resulta más recomendable.

Cimiento ciclópeo. En terrenos cohesivos donde la zanja pueda hacerse con parámetros verticales y sin desprendimientos de tierra, el cimiento de concreto ciclópeo es sencillo y económico, el procedimiento para su construcción consiste en ir vaciando dentro de la zanja piedras de diferentes tamaños al tiempo que se vierte la mezcla de concreto procurando mezclar perfectamente

el concreto con las piedras, de tal forma que se evite la continuidad en sus juntas.

Cimientos de concreto armado. Los cimientos de concreto armado se utilizan en todos los terrenos pues aunque el concreto es un material pesado, presenta la ventaja de que en su cálculo se obtienen, proporcionalmente, secciones relativamente pequeñas si se les compara con las obtenidas en los cimientos de piedra.

Cimentaciones corridas. Es un tipo de cimiento de hormigón o de hormigón armado que se desarrolla linealmente a una profundidad y con una anchura que depende del tipo de suelo, se utiliza primordialmente para transmitir adecuadamente cargas proporcionadas por estructuras de muros portantes, se usa también para cimentar muros de cerca, muros de contención por gravedad, para cerramientos de elevado peso, entre otras, las cimentaciones corridas no son recomendables cuando el suelo es muy blando.

Es importante que los cimientos sean concéntricos con los muros que soportan, con esto se evita sobrecargar uno de los bordes a consecuencia de la excentricidad producida, cuando un muro tenga adosado un pilar o un contrafuerte, el cimiento debe ensancharse al llegar al mismo con un vuelo por lo menos igual al correspondiente del muro.

Cimentación por zapatas. En general son de planta cuadrada, pero en la proximidad de los límites suelen hacerse rectangulares o circulares cuando las herramientas de excavación dejan los pozos de esta forma, se hacen de hormigón armado para que sean capaces de distribuir fuertes cargas en una superficie importante, esta solución será satisfactoria mientras las zapatas no se junten demasiado, de ocurrir esto será mejor la cimentación corrida, está

formada por concreto armado, esto quiere decir por concreto y acero, el cual debe ir armado según los cálculos de las cargas que reciba dicha cimentación, este tipo de cimentación se utiliza en obras grandes en las cuales debido al área de construcción y al terreno, no se pueden utilizar las cimentaciones corridas.

Las zapatas aisladas para la cimentación de cada soporte en general serán centradas con el mismo, salvo las situadas en linderos y medianeras, serán de hormigón armado para firmes superficiales o en masa para firmes algo más profundos.

De planta cuadrada como una opción general, de planta rectangular, cuando las cuadradas equivalentes queden muy próximas, o para regularizar los vuelos en los casos de soportes muy alargados o de pantallas.

Losa de cimentación. Consiste en soportar todo el edificio o máquina sobre una losa de hormigón armado, extendida a una superficie tal que tomando la carga total que transmite, dividiéndola por ella no solicite al suelo bajo un esfuerzo mayor que el de su capacidad portante admisible.

Cuando son insuficientes otros tipos de cimentación o se prevean asientos diferenciales en el terreno, aplicamos la cimentación por losas, en general, cuando la superficie de cimentación mediante zapatas aisladas o corridas es superior al 50% de la superficie total del solar, es conveniente el estudio de cimentación por placas o losas, también es frecuente su utilización cuando la tensión admisible del terreno es menor de 0.8 kg/cm².

Cimentación flotante. Cuando la capacidad portante del suelo es muy pequeña y el peso del edificio o máquina es muy grande, puede suceder que el

área que disponemos no tenga suficiente superficie como para albergar una losa que distribuya la carga, en tal caso es posible construir un cimiento que flote sobre el suelo.

Poco profundas. Se plantean como solución entre las cimentaciones superficiales y las cimentaciones profundas, normalmente llamados pozos de cimentación aparece como consecuencia de resolver de forma económica, la cimentación de un edificio o estructura cuando el suelo estable se encuentra a una profundidad de 4 a 6 metros, como soluciones constructivas para la ejecución de pozos de cimentación podemos indicar.

Pozos rectangulares o circulares están condicionados por los medios manuales de excavación, pudiendo alcanzar profundidades de 30 metros con medios mecánicos, se puede observar cierta analogía, con los pilotes de gran diámetro.

Las formas geométricas aceptadas según la capacidad portante del terreno y su situación respecto a la edificación pueden ser.

Pozos circulares. Suelen variar desde los 0.60 metros, dimensión mínima para permitir el acceso de un operario, hasta los 2 metros de diámetro, generalmente, al producirse la acción lateral de las tierras sobre el pozo, impide el pandeo de este, por lo que se calcula como un soporte corto.

Según las solicitudes, los pozos se pueden ejecutar de hormigón armado, o de hormigón en masa, lo mismo sucede con las zapatas, se deben disponer vigas de atado entre los pozos, siendo criterio del proyectista cómo y cuándo deben disponerse.

Profundas. Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas o más puntualmente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno, por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga, algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son:

Encepados. Pieza prismática que une las cabezas de un grupo de pilotes que trabajan conjuntamente, pueden existir encepados de un solo pilote, el encepado sirve de base al soporte que descansa sobre él, de forma análoga a lo que sería una zapata aislada, se puede decir que es el elemento de transición entre la estructura y los pilotes .

3.7 Cimentación de máquinas

A diferencia de las cimentaciones de edificación, que generalmente están sometidas a cargas estáticas o cuasiestáticas, las cimentaciones de maquinaria están sometidas frecuentemente a cargas cíclicas, la existencia de cargas cíclicas obliga a considerar el estado límite de servicio de vibraciones y el estado límite último de fatiga.

Algunos tipos de cimentación usados para maquinaria son:

Tipo bloque. Es la cimentación más usada en superficies planas y de dimensiones grandes, principalmente se usa para máquinas de impacto vertical o de gran peso, tiene forma de cubo o de paralelepípedo según su diseño geométrico, fabricada de mampostería, hormigón o placas de acero.

Tipo celda. Muy parecida a la cimentación tipo bloque, varía ya que su diseño de pequeños cubos o pequeños paralelepípedos se acomodan para formar una cimentación de dimensiones considerables, perfecto en suelos a desnivel y poco accidentados, absorbe mejor las vibraciones y es muy utilizada en máquinas de impacto y máquinas rotativas, fabricadas de mampostería y hormigón

De muros. La cimentación de muros se utiliza para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales, estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación o corte está restringido por condiciones de área, por ejemplo suelos de diversos niveles o muy accidentados.

Porticadas. Este tipo de cimentación se caracteriza en que las uniones entre las piezas son rígidas, por lo que el nudo puede transferir flexión entre las partes, en estos casos el elemento horizontal trabaja a flexión, al igual que un sistema adintelado que son las vigas sobre columnas, la diferencia radica en que los vínculos rígidos transmiten la deformación a los elementos verticales, los que al deformarse colaboran con el trabajo a flexión, es decir toda la estructura absorbe energía y se altera en su totalidad.

Con pilotes. Los pilotes transmiten al terreno las cargas que reciben de la estructura mediante una combinación de rozamiento lateral o resistencia por fuste y resistencia a la penetración o resistencia por punta, ambas dependen de las características del pilote y del terreno, el pilote más antiguo es de madera y se inventó para hacer cimentaciones en zonas con suelo húmedo, con el nivel freático alto o inundadas, sencillamente troncos descortezados, su capacidad se basaba en llegar a una capa del terreno suficientemente resistente, en la actualidad se construyen con elementos prefabricados, de hormigón armado,

hormigón pretensado o acero, que se fijan en el terreno mediante una máquina llamada pilotera o pilotadora, esta tiene un martinete que los golpea hasta que se llega a la profundidad especificada en el proyecto.

Sobre apoyos elásticos. También conocidos como amortiguadores o aisladores de vibración, su función principal es aislar de las ondas de vibración ya sean naturales (un sismo) o de origen mecánico (vibración mecánica producida por una máquina rotativa), se clasifican en:

Elastómeros. Mayormente fabricados de goma o caucho, son utilizados para apoyar, nivelar, alinear y aislar correctamente las máquinas, de formas variadas desde planchas de varios milímetros de espesor, formas de tacos, tazas, entre otras dependiendo de la carga a aislar y peso de la máquina

Resorte o muelle. Su función principal es el de aislar y amortiguar maquinas que producen grandes impactos, son utilizados también en soportes combinados de puentes, amortiguadores de vehículos y construcción de edificios.

3.8 Montaje de máquinas

Conocido también como instalación de maquinas o equipos, no es más que fijar en un determinado lugar las máquinas o equipos que son necesarios para la producción o el servicio que la empresa tiene como fin último, siendo los factores más importantes en el montaje de una máquina o equipo lo siguiente: la cimentación, el anclaje, los aisladores de vibración, forma y peso de la máquina, esfuerzos sometidos en el área de trabajo tanto suelo como muros o paredes que las envuelven, energías que disipan como por ejemplo calor, por el

tipo de trabajo que realizan se clasifican en tres grandes familias: maquina rotativas, de martinete o golpeteo y de vaivén o de movimientos constantes axiales.

3.9 Máquinas rotativas

Son las máquinas que por medios torsionales hacen girar un eje o volante para utilizar dicho movimiento en el acople o un juego de engranes, generalmente conocidos como motores son la base de la automatización industrial, dependiendo de la fuerza a necesitar pueden dividirse en máquinas rotativas robustas caracterizadas por sus r.p.m. bajas, maquinas rotativas de tamaño mediana y r.p.m. medias estas pueden oscilar entre 600 y 6000 revoluciones, son los más utilizados y las máquinas rotativas de alto rendimiento o de revoluciones altas, se caracterizan ya que su función principal no es el de movilizar un peso sino el de corte por medio de una herramienta, depende mucho del tipo de alimentación por ejemplo un motor eléctrico es más eficiente que uno de vapor, por lo tanto tiene respuestas más inmediatas y mayores velocidades

Las máquinas rotativas debido a los esfuerzos axiales que experimenta y los posibles desbalances del eje por el uso o carga de trabajo, tienden a producir vibraciones mecánicas, estas a su vez, son transmitidas a la carcasa de la maquina rotativa, este traslada dichas vibraciones a las cimentaciones, estos al suelo y dependiendo del tipo del suelo, estos finalmente a la estructura donde podrían ocasionar grandes desastres, por eso en el montaje de una máquina rotativa, es esencial una estructura de cimentación a prueba de vibraciones, por ejemplo cimentarlas en planchas de neopreno, tacos o tarugos de hule, entre otros.

3.10 Martinete

Son las máquinas que por medios de pesos muertos o de altos esfuerzo de pistones hidráulicos, realizan una tarea, por ejemplo el troquelado en las tapaderas de los refrescos, exentos de movimientos axiales por no poseer un eje, su cimentación se considera por el peso elevado que posee la maquina y por el esfuerzo que este imprimirá a un determinado material, este a su vez de nuevo a la máquina y por último estos a las cimentaciones, debido al golpeteo que presenta estos pueden fracturar la mayoría de cimientos de mampostería.

En el diseño se debe aplicar los factores de seguridad para que estos no fracturen dichas cimentaciones, calculando hasta cinco veces el peso muerto de la maquina y utilizar camas elásticas o muelles para amortiguar el esfuerzo producido por la maquina.

3.11 Vaivén

Por último tenemos a las maquinas de movimientos axiales o de correderas, son utilizados en su mayoría en maquinas de corte o de movimiento intermitente, producen vibraciones, por su movimiento continuo y armónico, lo más importante en su diseño no es la cimentación en sí, sino los anclajes a utilizar debido a sus grandes esfuerzos de corte en los tornillos o arnés de sujeción, por su construcción siempre está ligada a un conjunto de mecanismos accionada por una máquina rotativa o motor.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al programa actual del curso de montaje y mantenimiento de equipo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se ha realizó la siguiente guía de estudio, quedando a discreción del catedrático el apoyo de la misma, para impartir el curso.
2. El manual será una herramienta primaria que pretende esclarecer cualquier tipo de duda que el estudiante presente a lo largo del curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo.
3. Quedando a disposición de las autoridades de la Escuela de Ingeniería Mecánica su incorporación a la plataforma de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para nuevas tendencias educativas como los cursos virtuales.

RECOMENDACIONES

1. Los avances de cualquier campo de la ingeniería sugieren que debemos actualizarnos de forma constante para que los conocimientos adquiridos en el curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo, para que no se vuelvan anticuados y poco productivos, por lo que se sugiere capacitaciones constantes en cualquier medio de difusión.
2. Solo la practica lleva consigo la mejora continua por esa razón se exhorta a ser profesionales de campo y observar directamente los focos de saturación o problemas industriales, para tener un enfoque más completo.
3. Por último se hace una especial recomendación en ser profesionales con visión clara y no partidistas o administrativas, proponiendo que el campo de mantenimiento sea un eslabón muy importante en la generación de cualquier producto o servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. W. J. Hackett, G. P. Robbins, **Manual técnico de seguridad**. (México: Edit.
2. Representaciones y servicios de ingeniería. 1,989). pp. 19-121
3. Alvarado, Hugo. **Curso de Seguridad e Higiene industrial**. Edit. USAC. 2,004.163 pp.
4. Naylor, G. H. F. **Diccionario Moderno de Ingeniería Mecánica**. (volumen 2) México: 1,999.
5. Smit, Edward H. **Manual del Ingeniero Mecánico**. (volumen 3) México: Edit. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 1,998.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. <http://www.elprisma.com/>
Mantenimiento Hospitalario, octubre de 2009
2. <http://www.elprisma.com/>
Cimentación de maquinaria, octubre de 2009
3. <http://www.wikipedia.com/>
Mantenimiento correctivo, octubre de 2009
4. <http://www.wikipedia.com/>
Mantenimiento preventivo, octubre de 2009
5. <http://www.wikipedia.com/>
Tipos de suelos, octubre de 2009