

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las industrias han comenzado el proceso de introducir un gran número de metodologías para mejorar el nivel de producción. Entre las herramientas que están siendo aplicadas, está el Mantenimiento Productivo Total (TPM), con su enfoque en el mantenimiento preventivo (PM) y en el cuidado por parte del operario, en forma de acciones como apriete, lubricación y limpieza realizado por todos los integrantes de la compañía en pequeños grupos.

El Mantenimiento Productivo Total, es una estrategia para mejorar la productividad mediante el mantenimiento mejorado y las prácticas relacionadas cuya meta final es el cero averías y el cero defectos, mejorándose así las tasas de operación de los equipos y minimizando los stocks y costes.

En nuestro país, son varios los problemas que la industria energética enfrenta, entre ellos están, las pérdidas económicas resultantes de fallas producidas en alguno de los generadores que forman parte del Sistema Nacional Interconectado, ya que el tiempo de reparación puede prolongarse y no se dispone de los repuestos o materiales al instante de producirse el daño.

La Microcentral Península se dedica a transformar energía hidráulica en energía eléctrica, la generación está a cargo de 4 grupos generadores, cuyas condiciones de funcionamiento no son óptimas debido a varios factores, principalmente se debe a la ausencia de registros técnicos - históricos de cada equipo y la escasa información existente se maneja manualmente. Además se trabaja con mantenimiento correctivo fundamentalmente, siendo el mantenimiento preventivo un aspecto no aplicado en su justa medida.

Los registros necesitan información sobre identificación del equipo, tareas de mantenimiento, reparaciones, repuestos, a fin prevenir fallos y proponer posibles soluciones a fallas similares. Sin embargo, las historias del equipo pueden encontrarse en la experiencia de los operarios y técnicos. Inclusive, ellos pueden ayudar a detectar la gestación de una falla, y tomar acciones de participación para evitarlas.

Como alternativa de reducción de las pérdidas ocasionadas por paralizaciones imprevistas del equipo empleado en la generación eléctrica, se hace necesario recopilar y analizar, toda la información individual histórica de Mantenimiento de la Micro central Península en una Base de Datos; los componentes, modos de falla, causas, efectos, son sistemáticamente definidos a nivel local, dentro del sistema, y de la planta; información que servirá para programar mantenimientos preventivos y establecer la lista de materiales y herramientas para ejecutar las tareas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La energía eléctrica es la fuente principal para el desarrollo de la industria dentro de la sociedad, por ellos se hace necesario alcanzar niveles máximos de productividad, reduciendo pérdidas y fallas en los equipos.

A diferencia de la obtención de energía termoeléctrica, que emana a la atmósfera residuos procedentes de la combustión y energía nuclear que genera residuos reactivos perjudiciales para el medio ambiente, difíciles de destruir; con la energía hidráulica se obtiene energía eléctrica sin causar daños al medio ambiente, porque el agua tomada en un punto se devuelve en otro, a una cota inferior; por ello el impacto ambiental es muy pequeño y fácilmente minimizable.

Éste método de generación eléctrica es muy eficaz, mereciendo especial atención en la conservación de todo sistema en óptimas condiciones. La Administración de la Microcentral Península conciente del estado de los equipos y del costo elevado de las reparaciones, plantea la necesidad de implementar un sistema para controlar el mantenimiento preventivo de la Microcentral Hidráulica Península, logrando incrementar el rendimiento y vida útil de los equipos.

En la actualidad, el mantenimiento asistido por computador es un factor indispensable si se quiere maximizar la disponibilidad de un sistema. El sistema dará información específica en la prevención de las averías y ofrecerá al personal guías de mantenimiento preventivo, obteniéndose la reducción de los tiempos de mantenimiento preventivo y correctivo, lo que incrementa la disponibilidad del sistema y baja en los costos operativos, reduciendo las inherentes pérdidas producidas por daños inesperados.

Frecuentemente se generan, paradas no programadas del equipo y mantenimientos correctivos, sin mencionar la pérdida más grande: la reducción de la capacidad de producción. Como resultado, se ha guiado el estudio hacia el Mantenimiento preventivo a fin de proveer los procesos más efectivos en la aplicación. Se espera mejorar la producción aumentando la disponibilidad y fiabilidad del equipo.

El Mantenimiento preventivo busca restaurar el equipo a su condición óptima de funcionamiento. El personal de producción y de operación puede contribuir considerablemente a este proceso.

Se suele pensar que el Mantenimiento Preventivo requiere aplicación de mantenimiento predictivo. Sin embargo, esto tiende a ser bastante limitado o nulo, y más frecuentemente se involucra "la condición controlada" por el operario, por ejemplo mirando, tocando, sintiendo, etc., práctica seguramente buena, pero a veces

insuficiente. Adicionalmente, la condición de monitoreo como se practica bajo el Mantenimiento Productivo Total puede no tener una fundamentación fuerte, tal como un análisis de modos de falla.

Analizando los requerimientos del sistema y los derechos de patente con que se cuenta, se seleccionó Power Builder como lenguaje de programación y Base de Datos SQL para almacenar los datos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un Sistema Automático de Control del Mantenimiento Preventivo de la Micro central Hidráulica Península que incremente la vida útil de los equipos y minimice las pérdidas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la Base de Datos acorde las necesidades del Sistema de Control para el Mantenimiento Preventivo de la Microcentral Península.
- Desarrollar el Sistema para el manejo de los datos de mantenimiento de los equipos.
- Elaborar guías de mantenimiento preventivo para los grupos generadores de la

Microcentral Península.

- Elaborar y registrar en el sistema el plan de mantenimiento preventivo para los grupos generadores de la Microcentral Península.
- Diagnóstico de fallas de acuerdo a ciertas condiciones del equipo.

CAPITULO II CENTRALES Y MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS

2.1 CENTRALES

2.1.1 GENERALIDADES

La central hidroeléctrica utiliza el agua como fuente de energía para producir energía eléctrica. El propósito de una Planta hidroeléctrica es mantener la potencia del flujo del agua bajo presión. Para lograr este objetivo se debe poseer una fuente de agua (río, lago, etc.), que se retiene en un embalse, en un sitio más elevado que la casa de máquinas. Con ello se tiene lo que se denomina energía potencial. Esta agua se dirige a un lugar de menor altura, casa de máquinas, por medio de la fuerza de subestación, a través de un sistema de túneles, canales, tubería, etc., lográndose convertir la energía potencial en energía cinética, de movimiento o hidráulica.

El agua bajo presión tiene dos formas de energía, energía cinética y potencial. La energía cinética depende de la masa de la corriente de agua y su velocidad mientras que la energía potencial existe por la diferencia del nivel de agua entre dos puntos el cual es conocido como **desnivel**. Con su masa y velocidad el agua hace girar las turbinas ubicadas en la casa de máquinas. Estas transforman la energía hidráulica en energía mecánica de movimiento, la cual se propaga a los generadores acoplados a las turbinas, los que al girar producen energía eléctrica;

esta energía se traslada, posteriormente a la subestación elevadora; para que la energía llegue a los centros de consumo por medio de líneas de transmisión.

2.1.2. COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS CENTRALES

La central hidroeléctrica es el conjunto de instalaciones electromecánicas y estructuras civiles que varían dependiendo del tipo de central, la Figura 1.1 muestra las partes de una central típica:

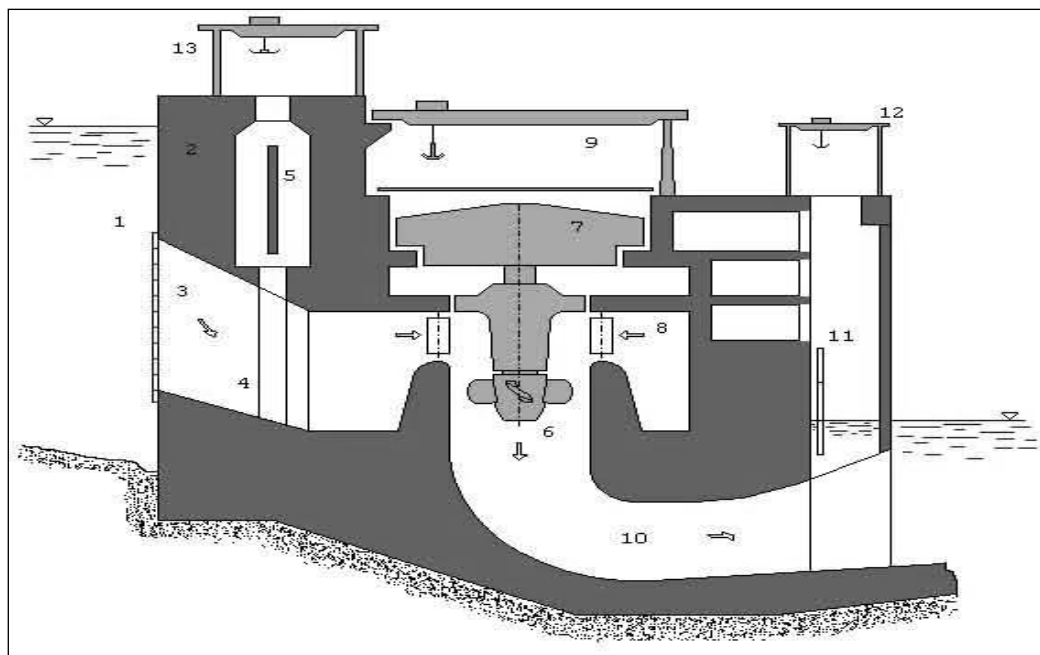


Figura 2.1 Componentes de una Microcentral típica

1. Embalse
2. Presa de contención
3. Entrada de agua a las máquinas (toma), con reja
4. Conducto de entrada del agua

5. Compuertas planas de entrada, en posición "izadas".
6. Turbina hidráulica
7. Alternador
8. Directrices para regulación de la entrada de agua a turbina
9. Puente de grúa de la sala de máquinas.
10. Salida de agua (tubo de aspiración)
11. Compuertas planas de salida, en posición "izadas"
12. Puente grúa para maniobrar compuertas salida

2.1.2.1 Embalse: El embalse permite graduar la cantidad de agua que pasa por las turbinas. Del volumen embalsado depende la cantidad que puede hacerse pasar por las turbinas.

Se embalsa un volumen considerable de líquido "aguas arriba" de las turbinas mediante la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales. Con embalse de reserva puede producirse energía eléctrica durante todo el año aunque el río se seque por completo durante algunos meses.

2.1.2.2 Presa: El primer elemento que se encuentra en una central hidroeléctrica es la presa o azud, que se encarga de represar las aguas del río y remansar las mismas. Con estas construcciones se logra un determinado nivel del agua antes de la contención, y otro nivel diferente después de la misma. Ese desnivel se

aprovecha para producir energía potencial. Las presas pueden clasificarse por el material empleado en su construcción en: Presa de tierra (de escollera) y de hormigón.

2.1.2.3 Aliviaderos (Vertedero de excesos): Los aliviaderos son elementos vitales de la presa que tienen como misión liberar parte del agua detenida sin que esta pase por la sala de máquinas. En dependencia del tipo de presa, se encuentran a un costado o en la pared principal de la presa y pueden ser de fondo o de superficie. La misión de los aliviaderos es la de liberar, si es preciso, grandes cantidades de agua o atender necesidades de riego, agua potable y otros.

Para evitar que el agua pueda producir desperfectos al caer desde gran altura, los aliviaderos se diseñan para que la mayoría del líquido se pierda en una cuenca que se encuentra a pie de presa, llamada de amortiguación, disipadores de energía, entre otros. Para conseguir que el agua salga por los aliviaderos existen grandes compuertas, de acero que se pueden abrir o cerrar a voluntad, según la demanda de la situación.

2.1.2.4 Tomas de agua (Estructura de entrada a la conducción de la Turbina): Las tomas de agua son construcciones adecuadas que permiten recoger el líquido para llevarlo hasta las máquinas por medios de canales o tuberías. Las tomas de agua de las que parten varios conductos hacia las

tuberías, se hallan en la pared anterior de la presa que entra en contacto con el agua embalsada. Estas tomas además de unas compuertas para regular la cantidad de agua que llega a las turbinas, poseen unas rejillas metálicas que impiden que elementos extraños como troncos, ramas, etc. puedan llegar a los alabes y producir desperfectos

2.1.2.5 Chimenea de Equilibrio (Torres de agua): La chimenea de equilibrio es un simple conducto vertical que asegura al cerrar las válvulas de la central, que la energía cinética que tiene el agua en la conducción, se libere en ese elemento como un aumento de nivel y se transforme en energía potencial. Suele construirse en centrales con grandes desniveles.

Cuando el regulador automático de la turbina cierra la admisión de agua porque la carga de trabajo de la turbina disminuye bruscamente se produce una sobrepresión positiva, el agua encuentra menos resistencia para penetrar al pozo que a la cámara de presión de las turbinas haciendo que suba el nivel de la chimenea de equilibrio. En el caso de depresión ocurrirá lo contrario y el nivel bajará. Con esto se consigue evitar el golpe de ariete. Actúa de este modo la chimenea de equilibrio como un muelle hidráulico o un condensador eléctrico, es decir, absorbiendo y devolviendo energía.

2.1.2.6 Casa de máquinas: Es la construcción en donde se ubican las máquinas

(turbinas, generadores, etc.) y los elementos de regulación y comando.

2.1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES

Considerando la potencia de las centrales hidroeléctricas se clasifican en:

2.1.3.1 Micro centrales: El valor de potencia máxima no es fijo varía según el criterio de especialistas, además no tienen chimenea de equilibrio porque el desnivel es mediano, está entre 2 y 100 m de altura. Sin embargo las centrales con 99 kW. de potencia, podría considerarse de este tipo.

2.1.3.2 Centrales de Potencia Pequeña: Cuando la potencia varía entre 100 y 999 kW.

2.1.3.3 Centrales de Potencia Mediana: Cuando la potencia varía entre 1000 y 9000 kW.

2.1.3.3 Centrales de Gran Potencia: Dónde la potencia es mayor a 10000 kW.

La Organización Latinoamericana de Energía OLADE, ha clasificado las Pequeñas Centrales Hidráulicas según su caída, como muestra la Tabla 1.

Caída en metros			
	Baja	Media	Alta
Micro	$H < 15$	$15 < H < 50$	$H > 50$
Mini	$H < 20$	$20 < H < 100$	$H > 100$
Pequeña	$H < 25$	$25 < H < 130$	$H > 130$

Tabla 1 Clasificación de Pequeñas Centrales Hidráulicas

2.2 MICROCENTRALES

2.2.1 CONCEPTO

Los beneficios medioambientales derivados de las instalaciones micro-hidráulicas son considerables: pueden proporcionar energía eléctrica a zonas que de otra manera estarían aisladas o alcanzables solo con obras de mayor impacto medioambiental; permiten realizar una política de distribución sobre el territorio de la producción de energía eléctrica; utilizan el recurso agua de manera equilibrada y controlada por las comunidades interesadas; ayudan a reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y además no producen emisiones de gas con efecto invernadero, ni otras sustancias contaminantes.

Las instalaciones hidroeléctricas de pequeño tamaño representan por lo tanto una importante fuente energética renovable y pueden contribuir activamente al desarrollo sostenible del territorio en el que se implantan.

2.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La energía de una microcentral hidroeléctrica se obtiene aprovechando la energía potencial que adquiere el caudal Q al final de la caída H , la cual es transformada por una turbina en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica por el generador. En las Micro centrales la electricidad producida es suministrada a pequeños grupos. En la mayoría de los casos sólo con una red de distribución de baja tensión. A menudo Pequeñas Centrales se ejecutan con hormigones reforzados, casa de máquinas más sobredimensionadas, de lujo. La nueva hidro- tecnología requiere de una nueva filosofía **hacer tan bueno como sea necesario.**

2.2.3 COMPONENTES DE LA MICROCENTRAL

Los elementos que conforman la Microcentral son:

2.2.3.1 Bocatoma: Es la obra mediante la cual se toma el caudal que se requiere para obtener la potencia de diseño; su construcción es sólida ya que debe soportar las crecientes del río.

2.2.3.2 Tomas y desarenadotes: Comprende el sistema de captación de agua así como las compuertas necesarias para controlar el paso del agua. En el curso de

los canales ingresan cuerpos sólidos que son arrastrados por el agua hacia las cámaras de carga y a las turbinas, para evitar lo mencionado se disponen de desarenadores en la toma y en la cámara de carga. Para turbinas Francis se eliminan granos de arena de diámetro mayor a 0,3 mm.

2.2.3.3 Obra de conducción: Se encarga de conducir el caudal desde la Bocatoma hasta el tanque de presión, posee una pequeña pendiente; en la mayoría de los casos suele ser un canal, aunque también un túnel o una tubería.

2.2.3.4 Azud: Se encarga de represar las aguas del río para que las partículas pierdan velocidad y caigan al fondo del desarenador.

2.2.3.5 Tanque de presión: En esta obra, la velocidad del agua es prácticamente cero, empalma con la tubería de presión, sus dimensiones deben garantizar que no ingresen burbujas de aire en la tubería de presión, permitir el fácil arranque del grupo turbina-generator y amortiguar el golpe de ariete.

2.2.3.6 Aliviadero: Con estas obras se elimina el caudal de exceso que se presenta en la bocatoma y en el tanque de carga, que limiten el nivel máximo del agua hasta quedar debajo de los puentes de manejo de compuertas, accesos y otros que no deben inundarse.

2.2.3.7 Tubería de presión: Mediante la tubería de presión se conduce el caudal de diseño hasta la turbina; está apoyada en anclajes que le ayudan a soportar la presión generada por el agua y la dilatación que le ocurre por variación de temperatura.

2.2.3.8 Casa de Máquinas: En ella se encuentra la turbina, encargada de transformar la energía hidráulica en mecánica, la mecánica en eléctrica y mediante el sistema de transmisión, llevarla al usuario.

2.2.4 CASA DE MAQUINAS

Se compone de una sala de máquinas y de un número de locales secundarios, como talleres, oficinas, depósitos, guardarropas, lavabos, y baños, que se ubican según su destino alrededor de la sala de máquinas, donde van las turbinas, generadores y la mayor parte del equipo electromecánico.

La casa de máquinas en el exterior a diferencia de las subterráneas se construye de hormigón, mampostería de piedra o ladrillo. Ubicadas generalmente lo más cerca posible del punto en que las aguas derivadas tengan que reingresar al río.

En la Figura 2.2 se señalan las partes más importantes de una típica casa de máquinas.

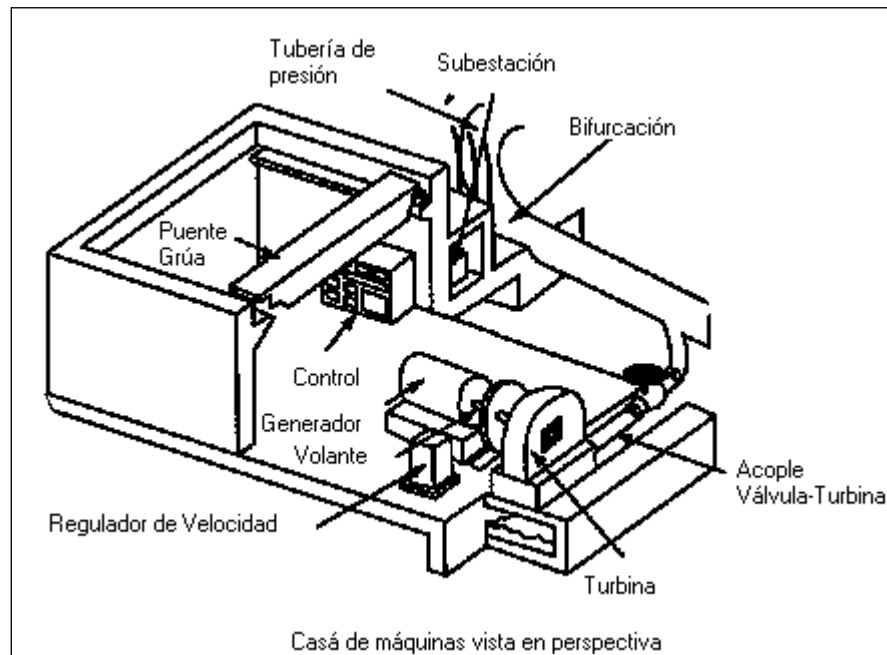


Figura 2.2 Vista en perspectiva de casa de máquina

2.2.4.1 Partes principales de la sala de máquinas

- a) **Cámara de turbinas:** Esta puede ser abierta, si está en comunicación con el exterior o cerrada en caso contrario. En las cámaras cerradas, la cámara en espiral es la más utilizada porque va estrechando la sección de paso del agua a medida que va entrando parte de ésta en el distribuidor de la turbina, logrando igual velocidad en toda la longitud de la cámara y evitando las vibraciones a causa de los cambios de velocidad. Las cámaras abiertas se ubican debajo de la sala de máquinas en turbinas de eje vertical o contiguo a la sala de máquinas en turbinas de eje horizontal.

- b) Válvula:** Este elemento se encuentra ubicado entre la tubería de presión y la turbina, permitiendo el paso o cierre total del flujo del caudal; no se usa para regular caudal.
- c) Turbina:** La turbina realiza la transformación de energía mecánica en energía eléctrica. Cuando la potencia en el eje de la turbina varía, la frecuencia debe mantenerse constante; para ello la turbina dispone de un regulador de velocidad que permite ajustar el caudal a la demanda de energía eléctrica.
- d) Equipo eléctrico**
- **Generador:** El generador es el encargado de la transformación de energía mecánica en energía eléctrica. Está acoplado mecánicamente al eje de la turbina, por acople directo en la central en estudio. Los generadores están contruidos en forma de máquinas de polos interiores, están dotados de una armadura fija llamado estator y de una rueda magnética rotante denominado rotor tipo tambor. Los generadores están equipados con excitatrices de corriente alterna ubicados en el interior y rectificadores no rotantes endosados al rotor de la excitatriz, además cuentan con rodamientos o cojinetes de fricción (chumaceras).

Estos cojinetes están dotados de anillos de engrase y de acuerdo con la capacidad pueden contar con un dispositivo de enfriamiento adicional por aceite lavado.

Las excitatrices de corriente alterna están dotadas de polos fijos ubicados en el interior. El voltaje inducido en el rotor con devanado de fases múltiples está rectificado en las válvulas de semiconductores, también rotantes y conducido directamente en la rueda polar del generador principal.

En caso de un cortocircuito que no se elimina mediante reacción de un fusible, dentro de poco tiempo el generador se des-excita. La operación manual se posibilita mediante el uso de un reóstato del campo dotado de rectificador que está conectado a los terminales del generador, y así se recomienda para emergencias.

- **Interruptores del Generador:** El interruptor y el transformador de corriente son conectados directamente al generador, para potencias menores el interruptor está dotado de disparos rápidos en caso de cortocircuitos y de disparos térmicos en sobrecorrientes.

La demanda de energía eléctrica conectada a los bornes del generador tiene una componente activa y una reactiva; la activa se regula en el

generador ajustando en la turbina el caudal a la demanda de energía activa y la componente reactiva causa variaciones de tensión, la cual se regula en un regulador de tensión.

- **Equipo de Medición:** El equipo de medición se coloca en cajas de material aislante o en cajas blindadas de chapas de acero. Sólo el conmutador del voltímetro es manipulado desde afuera. A continuación se enuncian algunos equipos de medición:
 - Voltímetro: Incluye un conmutador para la medición de los voltajes entre fases y en la fase.
 - Amperímetro: Para medición de la corriente del generador.
 - Frecuencímetro: Para medir la frecuencia del generador.
 - Medidor de la potencia activa para fases cargadas asimétricamente o simétricamente, de un sistema trifásico.
 - Medidor del factor de potencia.
- **Protección temporizada de sobrecorriente, trifásica:** Contiene un relé temporizado de sobrecorriente (relé de armadura rotativa). La orden de disparo provoca la actuación del interruptor del generador después de transcurrir un tiempo de retraso limitado.

- **Protección temporizada de sobretensión bipolar:** Contiene un relé temporizado de sobretensión (relé de armadura giratoria). La orden de disparo provoca la actuación del interruptor de des-excitación del generador con atraso.
- **Protección contra cargas asimétricas:** Un elemento de entrada determina la existencia del sistema que en caso de sobrepasar las magnitudes ajustadas provoca la reacción de un relé de corriente.
- **Protección contra potencia de retorno:** Un elemento que vigila la dirección de transporte de energía en los puntos de interconexión de los sistemas de distribución de energía y de la generación propia.

e) **Sistema de transmisión de potencia:**

- **Eje:** Son elementos indispensables y se construyen en acero al carbono o acero aleado de sección maciza. Las fallas más frecuentes son fracturas por esfuerzos combinados que originan las cargas y el torque que actúa en ellos, deformaciones laterales y/o torsionales.
- **Acoplamientos:** Son elementos mecánicos que se emplean para unir dos ejes consecutivos en movimiento, en las Micro Centrales se usa para unir

directamente la turbina con el generador, en el caso de que tengan la misma velocidad nominal. Existen dos tipos de acoplamiento: rígidos y flexibles. Los acoplamientos rígidos se emplean cuando pueden garantizarse un buen alineamiento de los ejes y cuando no se presentan grandes cargas transversales en ellos. Los acoplamientos flexibles se emplean cuando no puede obtenerse el centrado exacto y permanente debido a defectos de fabricación, deformaciones por cargas de servicio, influencia de la temperatura, defectos en el cimientado y/o montaje.

- **Cojinetes:** Los cojinetes son elementos que permiten soportar los ejes en movimiento, construyendo elementos intermedios entre un cuerpo en movimiento (eje) y otro fijo ligado a la estructura de la máquina. El contacto entre ejes y cojinetes forzosamente se producirá rozamiento y pérdidas de potencia en forma de calor: lo importante de las formas constructivas de los cojinetes radica en que permitirán que las pérdidas por rozamiento sean pequeñas. Existen dos tipos de cojinetes que corresponden a los dos tipos de rozamiento conocidos: los cojinetes de deslizamiento (cojinetes) y los cojinetes de rodamiento (rodamientos).

Los cojinetes pueden ser enteros (bocinas) o partidos; se construyen con materiales que permiten un bajo coeficiente de fricción en el contacto con los ejes de acero, como el bronce grafitado y el babbit. Deben estar

permanentemente lubricados. De acuerdo al tipo de carga los cojinetes pueden ser radiales y axiales.

Los rodamientos constan sustancialmente de dos anillos, uno ligado al eje y otro ligado al soporte; entre ellos se encuentran dispuestos los elementos de rodadura que pueden ser bolas o rodillos, de acuerdo al tipo de carga también pueden ser radiales y axiales.

- f) **Volante de inercia:** El volante se encarga de compensar el momento de inercia del grupo turbina-generador, para atenuar el efecto del golpe de ariete en la tubería de presión y el hidro-grupo. Así como reduce sobrevelocidades y sobrevoltajes generados por embalamiento de la máquina causados por la pérdida de carga eléctrica. Esto permite reducir los esfuerzos eléctricos y mecánicos del grupo turbina-generador, garantizando su estabilidad.

- g) **Subestación:** En la subestación se encuentran equipos que permiten la conexión de la Micro Central a la red para su transmisión. Ella se encarga de elevar la tensión de generación, hasta una tensión de transmisión de acuerdo con la potencia de generación y longitud de transmisión.

- h) **Puente grúa:** Para facilitar el montaje y reparación de la turbina, el

generador requiere de un puente grúa que facilite la operación. Este se encarga del montaje y desmontaje de la turbina y el generador dentro de la casa de máquinas.

- i) **Tubo de aspiración:** Sirve de enlace entre la turbina y el desfogue, y aprovecha además el salto entre ambos elementos.

- j) **Canal de desagüe (descarga):** Este canal recoge el agua a la salida de la turbina para devolverla al cauce normal del río, en el punto conveniente. A la salida de la turbina el agua tiene una velocidad importante, y por lo tanto, bastante poder erosivo, y para evitar socavaciones del piso o paredes hay que revestir cuidadosamente el desemboque del agua de las turbinas. El tamaño depende de los saltos de altura y de la cantidad de material sólido que arrastra.

2.3 TURBINAS HIDRÁULICAS

Es una turbo-máquina elemental que tiene, básicamente, una serie de alabes fijos (distribuidor), y otra de alabes móviles (rueda, rodete, rotor). La asociación de un órgano fijo y una rueda móvil constituye una célula; una turbomáquina monocelular se compone de tres órganos diferentes que el fluido va atravesando sucesivamente, el distribuidor, el rodete y el difusor.

El **distribuidor** es un órgano fijo cuya misión es dirigir el agua, desde la sección de entrada de la máquina hacia la entrada en el rodete, distribuyéndola alrededor del mismo (turbinas de admisión total), o a una parte (turbinas de admisión parcial), es decir, permite regular el agua que entra en la turbina, variando desde un caudal cero hasta un caudal máximo. Los alabes pueden ser operados manual o automáticamente mediante un regulador.

El **rodete** es el elemento esencial de la turbina, estando provisto de alabes, paletas fijos colocados entre un disco y una corona exterior donde tiene lugar el intercambio de energía entre el agua y la máquina. Atendiendo a que la presión varíe o no en el rodete.

El difusor o tubo de aspiración, es un conducto por el que descarga el agua, generalmente con ensanchamiento progresivo, recto o acodado, que sale del rodete y la conduce hasta el canal de fuga, permitiendo recuperar parte de la energía cinética a la salida del rodete para lo cual debe ensancharse. En las turbinas rápidas, al salir el agua, animada de un movimiento giratorio, en dirección del eje del rodete, se producen remolinos en los cambios de dirección, con el objeto de reducir los efectos como el rendimiento global de la instalación se disponen de tubos en forma de codo.

Si la turbina no posee tubo de aspiración, se la llama de **turbina de escape libre**.

2.3.1 CLASIFICACION DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS

Las turbinas hidráulicas tienen formas constructivas muy variadas, para adaptarse a las distintas características de altura y caudal de los saltos de agua que se han de aprovechar. Existen turbinas de acción y reacción según el principio de funcionamiento.

En las **turbinas de acción** el agua sale del distribuidor a la presión atmosférica, y llega al rodete con la misma presión; en estas turbinas, toda la energía potencial del salto se transmite al rodete en forma de energía cinética.

En las **turbinas de reacción** el agua sale del distribuidor con una cierta presión que va disminuyendo a medida que el agua atraviesa los alabes del rodete, de forma que, a la salida, la presión puede ser nula; en estas turbinas el agua circula a presión en el distribuidor y en el rodete y, por lo tanto, la energía potencial del salto se transforma, una parte, en energía cinética, y la otra, en energía de presión.

En las turbinas de acción, el empuje y la acción del agua, coinciden, mientras que en las turbinas de reacción, el empuje y la acción del agua son opuestos. Este empuje es consecuencia de la diferencia de velocidades entre la entrada y la salida del agua en el rodete, según la proyección de la misma sobre la

perpendicular al eje de giro.

Por lo general, las turbinas de acción se emplean para saltos de agua de pequeño caudal y gran altura de salto; las turbinas de reacción se utilizan para saltos y caudales medianos así como para saltos de gran caudal y poca altura.

Acorde al sentido de movimiento del agua dentro de las turbinas, estas se clasifican en:

- **Axiales:** Cuando el agua va paralela al eje.
- **Radiales:** Si tiene su movimiento en dirección del radio.
- **Centrífuga:** Cuando el agua va de adentro hacia fuera.
- **Centrípeta:** Cuando el agua va de fuera hacia adentro
- **Mixtas:** Cuando el agua entra radialmente y sale axialmente.

Todas estas a su vez pueden ser de eje vertical u horizontal según la disposición del eje.

2.3.2 TURBINA FRANCIS

Una de las turbinas de reacción es la Turbina Francis, que es radial centrípeta, con tubo de aspiración; el rodete es de fácil acceso, por lo que es muy práctica.

Es fácilmente regulable y funciona a un elevado número de revoluciones; es el tipo más empleado, y se utiliza en saltos variables, desde 0,5 m hasta 180 m; pueden ser, lentas, normales, rápidas y extra-rápidas.

El agua bajo presión se dirige hacia el rodete por medio de una carcasa en espiral (caracol) y un cierto número de alabes directores espaciados simétricamente en la periferia. Estos alabes directores son orientables, de modo que pueden abrir o cerrar completamente el paso del agua hacia el rodete, controlándose el grado de abertura desde el mando de la turbina a través de un mecanismo de enlace. Su misión es guiar el flujo hacia el rodete con el mínimo grado de turbulencia, así como regular el caudal y, por tanto, la potencia suministrada.

Al ser convergentes los alabes directores, la energía cinética a la entrada del rodete es mayor que en la tubería, y la cota de presión correspondiente será menor. En su recorrido a través del rodete, el agua experimenta otra caída de presión, hasta que finalmente sale por el centro a baja presión. El par motor que se obtiene procede de la desviación de la trayectoria del flujo y de la variación de las energías de presión y cinética.

El movimiento del rodete es afectado por la variación de la presión y energía cinética del agua. Después de realizar su trabajo el agua es descargada al canal de fuga a través de un tubo llamado tubo de aspiración cuyo diámetro se

aumenta gradualmente.

Existen dos tipos de turbinas francis, cerradas, abiertas:

En las turbinas cerradas, el agua es conducida hacia la turbina a través de tubería forzada cuya parte final es conectada a la carcasa espiral.

En las turbinas abiertas, una cámara de concreto reemplaza a la carcasa espiral. Este tipo de turbina es usado para alturas de 5 a 10 metros. Sin embargo podrían emplearse dónde la cantidad de agua es pequeña y la fluctuación en altura es mayor. La turbina es rodeada por el agua. Las paletas directrices son reguladas por un mecanismo, también sumergido en el agua. El generador es generalmente conectado en forma horizontal a través de engranes, ya que debe girar a una velocidad mayor que la turbina.

Las turbinas horizontales espirales, están diseñadas con eje horizontal y se instalan en centrales con alturas de caída entre 30 y 150 m y potencias de 500-2000 kW. Son óptimas en su rendimiento.

2.3.2.1 Principales partes de la turbina Francis: A más de las partes ya mencionadas anteriormente se puede anotar las siguientes:

- **Tubería forzada.**- La tubería forzada es una forma de llevar el agua desde el reservorio a la carcasa de la turbina.
- **Carcasa.**- La carcasa espiral es para evitar la pérdida de eficiencia, el flujo de agua de la tubería forzada al rodete debería ser tal manera que no se formen remolinos. La carcasa es diseñada con un área de corte transversal reduciendo uniformemente alrededor de la circunferencia máxima a la entrada y cerca de cero al extremo. Las carcasas para alturas de hasta 30 m, se construyen de concreto sin forro de acero; las carcasas para alturas hasta los 100 m, se construyen de plancha de acero soldado y doblado. Las carcasas para alturas mayores de 100 m se construyen de acero fundido.
- **Mecanismo guía (Alabes directrices).**- Son el conjunto de dos anillos en forma de rueda, conocidas como ruedas guías. Las paletas directrices tienen una sección transversal que permite el paso del agua sobre ellas sin formar remolinos y con pérdidas mínimas por fricción. Cada paleta directriz puede girar alrededor de su pivote central conectado al anillo regulador por medio de un enlace y una palanca. El anillo es conectado al regulador del eje por medio de un hilo regulador que generalmente son dos. Por rotación del regulador del eje las paletas directrices pueden ser cerradas o abiertas permitiendo variar la cantidad de agua según se necesita. El regulador del eje es operado mediante un regulador cuya función es mantener constante la velocidad de la turbina al variar la carga. Con un decremento de la carga la

velocidad de la turbina tiende a incrementar. Para regresar al valor nominal el regulador reduce la apertura de las paletas guías permitiendo reducir el agua que afecta al rodete. Las paletas guías son echas de acero fundido.

- **Rodete (Rotor) y eje principal de la Turbina.-** El espesor del rotor depende de la velocidad, a mayor velocidad mayor es el espesor. El rodete puede ser clasificado como lento (60 a 120 rpm), medio (120 a 180 rpm) y rápido (180 a 300 rpm) dependiendo de la velocidad. El rodete es acoplado al eje el mismo que está provisto con un collar para transmisión axial incrustado para el soporte. La turbina está provista con un soporte o cojinete, la lubricación del cojinete constituye una parte importante en la vida útil de la turbina.

CAPITULO III

MANTENIMIENTO

3.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria, o equipo. Existe además una necesidad de optimizar el rendimiento de las unidades y componentes industriales (mecánicos, eléctricos, y electrónicos) de los procesos dentro de las instalaciones de una planta industrial.

El objetivo buscado por el mantenimiento es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema en todo su rango de capacidad, lo cual está basado en la carencia de errores y fallas. El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del ambiente al cual está sometido el sistema.

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por tanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar **fallando** pero no estar malogrado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza

con la misma capacidad que un equipo en óptimas condiciones. En cambio un equipo malogrado o averiado no podrá desarrollar faenas bajo ninguna circunstancia.

Ninguna máquina puede funcionar indefinidamente sin ningún tipo de mantenimiento, por ello se considera el mantenimiento y todos sus elementos como una inversión tecnológica para procurar seguridad en su operación.

Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerada, más bien debe estar acorde con los objetivos propios el mantenimiento, pero sin denotar por ejemplo, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Entre los factores de costo se tendría: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles, pérdidas por la no-producción.

El mantenimiento en una empresa constituye el control constante de la planta industrial y el conjunto de trabajos de reparación, con el objetivo de asegurar el buen funcionamiento y la conservación de la planta productiva, equipos y servicios del establecimiento. El momento ideal para llevar a cabo puede ser determinado desde muchos puntos de vista, a los cuales les va a corresponder un determinado tipo de mantenimiento; teóricamente existe la llamada **curva de falla**, la cual indica la probabilidad de la ocurrencia de fallas y averías para determinadas etapas de

operación de la planta en función del factor tiempo. Así se tiene:

- Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de los equipos.
- Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que los equipos reciban los cuidados y reparaciones adecuadas).
- Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta luego que ha cumplido el ciclo de vida de los equipos (los cuales si reciben un óptimo mantenimiento podrían operar sin la presencia de fallas).

3.2. CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha y en función a los recursos utilizados, así se tiene:

3.2.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo de un sistema de trabajo es considerado como todo mantenimiento programado en forma de limpieza, lubricación, cambios,

ajustes, reparaciones, inspecciones y análisis; con el fin de prevenir y evitar hasta dónde sea posible, fallas antes de que se produzcan averías que incurran en paralización de la línea productiva. Este tipo de mantenimiento requiere de organización para cumplir funciones como planificación, programación, ejecución, control y estadísticas, garantizando así un servicio confiable, seguro y económico. A continuación se presentan formas de mantenimiento preventivo:

a) Servicio.- Es toda clase de trabajo aplicado a una máquina como cambio de piezas de desgaste, filtros, aceite, grasas etc. El servicio de mayor importancia es la lubricación en cuanto al funcionamiento y vida útil de las máquinas.

b) Inspecciones.- Se incluyen todas las inspecciones de rutina como: medición de vibraciones, chequeo de temperatura, nivel de aceite, flujos de líquido, tensiones, presiones, medición de desgaste.

c) Reparaciones programadas.- Se lo realiza por instrucciones de los fabricantes, por manuales, experiencias de funcionamiento obtenidas en el pasado, en base el número de horas de funcionamiento.

d) Mantenimiento Mayor (Overhaul).- Es el mantenimiento más completo dónde se efectúa un desmontaje completo, se recambian y restauran la mayoría

de las partes del equipo, incluyendo las básicas que se hayan encontrado con desgaste o defectos. Concluyendo con la regulación, un plan completo de pruebas hasta recuperar los valores nominales de operación y el estado sin falla (casi total) de la vida útil del equipo.

El mantenimiento mayor requiere poner fuera de servicio el equipo y desconectarlo de la red, incluye la realización de todos los trabajos complementarios.

3.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo se basa en la corrección de daños que causan paradas no programadas, por ello todas las reparaciones son imprevistas y es el tipo de mantenimiento más costoso en la industria. Este tipo de mantenimiento origina cargas de trabajo incontrolables que causan actividad intensa, no se controla la productividad, se interrumpe la producción, reduciendo la competitividad con otras similares. Por la ocurrencia de daños imposibles de prever no se lo puede descartar totalmente dentro de un sistema de mantenimiento. A continuación se presentan formas del mantenimiento correctivo:

a) No Planificado: Este mantenimiento también es denominado

mantenimiento reactivo, consiste en la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema y no planificadamente.

Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc.

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.

Existen a su vez dos tipos de Mantenimiento correctivo no planificado:

- **Reparaciones por estado actual.**- Se realizan por el resultado de inspecciones de inmediato, límite de piezas de desgaste, desgaste elevado o anómalo, temperatura elevada de cojinetes.

 - **Reparaciones por emergencia.**- Son involuntarias o por la imposibilidad de arrancar una unidad por fallas técnicas, piezas quebrantadas, accidentes, etc.
- b) Planificado:** El mantenimiento correctivo planificado consiste en la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuestos, y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.

3.2.3. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) con sus orígenes Japoneses, en su estrategia da un alto valor al trabajo en equipo, al consenso, al mejoramiento continuo, y tiende a ser más estructurado en el estilo cultural japonés. El trabajo de equipo es una virtud altamente apreciada, considerándose reprochable el individualismo. Esto puede ser especialmente cierto en una fábrica occidental, pues nuestra cultura tiende a valorar más el individualismo, a valorar más a la gente que es buena en el manejo de crisis, a los que se

crecen en la ocasión, quienes asumen desafíos aparentemente insuperables y los alcanzan.

Tendemos a ignorar a los que simplemente **hacen bien su trabajo**. Este **culto al héroe** y al individualismo puede hacer más difícil la implementación de TPM. Un progreso considerable se ha logrado mediante programas y estrategias tales como el TPM, pero es evidente que en muchas plantas todavía existen barreras fuertes a la comunicación y al trabajo en equipo.

3.2.3.1 Objetivos del Mantenimiento Productivo Total:

- Cero averías en los equipos.
- Cero defectos en la producción.
- Cero accidentes laborales.
- Mejorar la producción.
- Minimizar los costes.

3.2.3.2 Tres Razones para la palabra "Total":

- Búsqueda de la Eficacia Total de los equipos.
- Plan de Mantenimiento para la vida TOTAL de los equipos.
- Implicación del TOTAL de la plantilla de las empresas en su

desarrollo.

3.2.3.3 Desventajas del Mantenimiento Productivo Total:

- Proceso de implementación lento y costoso.
- Cambio de hábitos productivos.
- Implicación de trabajar juntos todos los escalafones laborales de la empresa.

3.2.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a

las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y no-producción. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

3.2.4.1 Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.

- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.

3.2.5. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

La palabra confiabilidad se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

El RCM es uno de los procesos desarrollados con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la industria Aeronáutica. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas

como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Manteniendo mucha atención en las tareas del mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

3.2.5.1 Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad:

El objetivo principal de RCM está reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

3.2.6. MANTENIMIENTO PROACTIVO

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar concientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

3.2.7 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE MANTENIMIENTOS

De los tipos de mantenimiento detallados anteriormente se ha seleccionado el Mantenimiento Preventivo por presentar grandes ventajas respecto de los otros tipos de mantenimiento y ajustarse a las necesidades de la Microcentral como

señala la Tabla 2:

Ventajas mantenimiento preventivo	Desventaja con respecto a otros tipos
<ul style="list-style-type: none"> • Es el trabajo realizado con el fin de prevenir y evitar hasta dónde sea posible, fallas antes de que se produzcan averías que incurran en paralización de la línea productiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento correctivo se basa en la corrección de daños que causan paradas no programadas, por ello todas las reparaciones son imprevistas y es el tipo de mantenimiento más costoso en la industria.
<ul style="list-style-type: none"> • Todas las acciones de mantenimiento deben ser previamente planificadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento proactivo tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia.
<ul style="list-style-type: none"> • No requiere de inversión adicional y el personal necesario es el disponible para el mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • La implementación del mantenimiento predictivo requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado.
<ul style="list-style-type: none"> • No necesariamente se aplica a todos los escalafones de la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento productivo total, por la implicación de trabajar juntos todos los escalafones laborales de la empresa, suele tornarse lento y costoso.

Tabla 2 Cuadro de comparación de los diferentes tipos de mantenimiento

3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se sustenta en el análisis de previo de la información técnica, características, experiencia y factores que afecten la operación y servicio de los equipos; a partir de ello se establecen programas y realimentan las actividades rutinarias de mantenimiento. Además agrupa tareas de planificación, ejecución y control de los trabajos mecánicos, eléctricos y demás que se realizan en los equipos.

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica sobre la base de un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

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 acorde la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la

determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

El mantenimiento preventivo presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios **a la mano**.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

Todos los beneficios reales que se aplican en cualquier economía industrial. El

mantenimiento preventivo está aplicándose con éxito a todos los tipos de operaciones grandes y pequeñas. El mantenimiento preventivo funciona tanto en industrias por procesos, ya sea que trabajen por órdenes o que tengan operaciones continuas las veinticuatro horas del día, como en talleres o en líneas de producción; es decir ningún tipo de industria queda exento de sus beneficios.

3.3.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los objetivos más importantes en la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Aprovechar al máximo la actividad funcional de la máquina productiva, con la máxima eficiencia funcional, alta confiabilidad y un elevado grado de seguridad.
- Reducir al máximo el desgaste o deterioro de los equipos de producción preservando así el capital invertido en ellos.
- Ejecutar los objetivos anteriores con la máxima economía posible sin afectar la eficiencia del servicio.

3.3.2 VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya

que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.

- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Disminuye el tiempo ocioso, debido a menos paros imprevistos.
- Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento en reparaciones.
- Menor número de reparaciones repetitivas por ende reducción en los costos.
- Menor cantidad de productos rechazados.
- Mejor control de refracciones, lo cual conduce a tener un inventario mínimo.
- Mayor seguridad para los trabajadores y mejor protección para la planta.
- Menor costo unitario de producción.

3.3.3 FASES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Para un buen mantenimiento se debe establecer las siguientes fases:

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

3.3.4 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para cumplir con las tareas fijadas en la función de mantenimiento dentro de los plazos requerido a un nivel alto es necesario: fijar objetivos, políticas y estrategias de mantenimiento específicos; preparar un plan de mantenimiento; preparar un sistema de planificación del trabajo con trabajos estándar; constituir y mantener un fichero de documentación para abarcar datos técnicos de mantenimiento; establecer y organizar equipos y herramientas adecuadas para talleres con el fin de apoyar la ejecución de la labor de mantenimiento; constituir un concepto eficiente y sistemático de recopilación de datos; constituir y mantener un archivo de historial de equipos, constituir y organizar efectivamente la administración del mantenimiento.

El mantenimiento organizado implica recopilación de datos y análisis estadísticos para regular los gastos por este concepto en el transcurso de la vida de la maquinaria e instalaciones. Sin embargo nunca debe dejar de preverse la posibilidad de averías imprevistas aún dentro de la más perfecta organización.

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un Plan de Operaciones, el cual debe ser conocido por todos y debe haber sido aprobado previamente por las autoridades de la organización. Este plan permite desarrollar paso a paso una actividad programa en forma metódica

y sistemática, en un lugar, fecha, y hora conocido. A continuación se enumeran algunos puntos que el Plan de Operaciones no puede omitir:

- Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye, el tipo, especialidad, y cantidad de personal.
- Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- Fijar fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.
- Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir, lo que incluye la hora en que comienzan las acciones de mantenimiento, y la hora en que deben de finalizar.
- Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual debe haber un sustento previo que implique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos.
- Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de partes y equipos.
- Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén, en caso sea necesario reemplazar piezas viejas por nuevas.
- Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.
- Planos, diagramas, información técnica de equipos.
- Plan de seguridad frente a imprevistos.

Una vez desarrollado el mantenimiento se debe llevar a cabo la preparación de

un Informe de lo actuado, el mismo debe incluir:

- Los equipos que han sido objeto de mantenimiento
- El resultado de la evaluación de dichos equipos
- Tiempo real que duro la labor
- Personal que estuvo a cargo
- Inventario de piezas y repuestos utilizados
- Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento
- Conclusiones

En una empresa existen áreas, una de las cuales se encarga de llevar a cabo las operaciones de planeamiento y realización del mantenimiento, esta área es denominada comúnmente como departamento de mantenimiento, y tiene como deber principal instalar, supervisar, mantener, y cuidar las instalaciones y equipos que conforman la fábrica.

El departamento de mantenimiento a su vez divide sus responsabilidades en varias secciones, así se tiene por ejemplo:

- Sección Mecánica: conformada por aquellos encargados de instalar, mantener, y reparar las maquinarias y equipos mecánicos.

- Sección Eléctrica: conformada por aquellos encargados de instalar, mantener, y reparar los mandos eléctricos, generadores, subestaciones, y demás dispositivos de potencia.
- Sección Electrónica: conformada por aquellos encargados del mantenimiento de los diversos dispositivos electrónicos.
- Sección Informática: tienen a su cargo el mantener en un normal desarrollo las aplicaciones de software.
- Sección Civil: conformada por aquellos encargados del mantenimiento de las construcciones, edificaciones y obras civiles necesarias para albergar a los equipos.

3.3.5 SISTEMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un sistema de mantenimiento preventivo es costoso y pasará un determinado período de tiempo antes de comenzar a dar beneficios, dependiendo de la complejidad de la empresa y de que exista o no los datos estadísticos de la historia de mantenimiento preventivo y correctivo con sus respectivos costos, utilización de mano de obra, movimiento de repuestos, registro de uso de piezas reparadas y cambiadas, kardex y demás información.

3.3.6.PASOS PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para elaborar un plan de mantenimiento preventivo se debe ejecutar las siguientes actividades:

1. Realizar un listado de los equipos que van a entrar en el programa de mantenimiento programado. Se recomienda comenzar con la implantación del sistema en un área vital de la planta. Para la elaboración del listado se debe tomar en cuenta aspectos económicos, de seguridad, importancia del equipo dentro de la producción.
2. A partir del listado anterior, fijar las tareas de mantenimiento programado que se deben realizar en cada equipo.
3. Se debe determinar cuales son los pasos a seguir para realizar cada una de las tareas de mantenimiento programado.
4. También se determinará que se necesita para llevar a cabo dichas tareas tanto en materiales, mano de obra, equipos, etc.
5. Uno de los parámetros más importantes que se debe determinar es la frecuencia con la que se debe realizar las tareas de mantenimiento

programado y una estimación del tiempo necesario para su ejecución.

6. Ahora si, se puede realizar el primer intento de programación de tareas.

3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

El plan de mantenimiento está previsto para conocer el estado actual y la evolución futura de los equipos principales de la central, obteniendo la máxima información de aspectos que afectan la vida de la turbina, del generador y del transformador, con el objetivo de detectar cualquier anomalía antes de que origine un grave daño y una parada no programada. Este plan de mantenimiento, complementado con el mantenimiento correctivo ordinario, se ha convertido en una herramienta fiable para asegurar la disponibilidad de los grupos. Básicamente consiste en la aplicación de las técnicas siguientes:

a) Vibraciones y pulsaciones: Durante el funcionamiento de una central eléctrica el grupo turbina - generador está sometido a la acción de diferentes fuerzas perturbadoras; el identificar y evaluar las vibraciones y pulsaciones presentes en la unidad, separando aquellas que son propias del funcionamiento de la misma, de aquellas otras que tienen su origen en el funcionamiento anómalo de alguno de sus elementos se realiza mediante el estudio y el análisis

de dichas vibraciones y pulsaciones.

b) Aislamiento del alternador: El diagnóstico de un alternador supone la obtención de datos sobre el estado de envejecimiento del aislamiento del estator, de su contaminación y de la estabilidad del aislamiento. Su control periódico permite valorar la evolución de su estado con el número de horas de servicio, permitiendo prever una avería intempestiva que siempre genera indisponibilidad e importantes daños añadidos.

c) Análisis de aceites: El análisis del aceite lubricante o del aceite de regulación complementa el diagnóstico mecánico del estado de la unidad, los análisis que se realizan sobre la muestra del aceite incluyen las determinaciones de viscosidad cinemática, oxidación, acidez, contenido en agua, aditivos y contenido en metales de desgaste y de contaminación.

d) Diagnóstico del transformador: Los transformadores están sometidos continuamente a un tipo particular de esfuerzo cuyo origen es la temperatura y el gradiente de campo eléctrico, provocando un envejecimiento en el aislamiento eléctrico que modifica sus características mecánicas y aislantes.

Los grupos hidroeléctricos durante su funcionamiento soportan esfuerzos dinámicos de origen hidráulico, mecánico y eléctrico que inducen vibraciones y

establecen un estado de tensiones variables que provocan el envejecimiento y el desgaste de sus componentes. El nivel de deterioro de una máquina rotativa se refleja en las amplitudes de las vibraciones. Los niveles de vibraciones excesivos son peligrosos para el funcionamiento de las máquinas y están limitados por algunas normas vigentes.

La monitorización del comportamiento vibratorio de los grupos hidráulicos tiene un creciente interés debido a diversos factores, algunos de los cuales son los siguientes: Actualmente se está procediendo a la gradual automatización de las centrales y esto implica el adoptar técnicas de control y monitorización suficientes para garantizar el buen funcionamiento y la seguridad estructural de los grupos; Se va requiriendo el incremento de la fiabilidad y seguridad en todos los sistemas de producción de energía; se prevé la aparición de normativas más estrictas que las actuales para control de las máquinas.

e) Equilibrado de generadores: El desequilibrio de un rotor es el resultado de una distribución másica desigual en el mismo, lo cual produce vibraciones. Estas vibraciones, que se deben a la interacción entre la componente másica desequilibrada y la aceleración radial debida al giro, las cuales conjuntamente generan una fuerza centrípeta, se transmiten a los cojinetes del rotor, de tal forma que cualquier punto de los mismos experimenta una fuerza radial por revolución. En un grupo hidroeléctrico los componentes susceptibles de

presentar desequilibrio másico son: el rodete de la turbina hidráulica, el rotor del alternador y el cuerpo de la excitatriz. El desequilibrio puede deberse a posibles defectos en la construcción, fabricación, montaje y operación del grupo hidroeléctrico.

El equilibrado es de aplicación tanto en turbinas de acción como de reacción, así como en turbinas-bombas y bombas acopladas a un generador o motor eléctrico. Se basa en los criterios que permiten la realización del equilibrado dinámico *en sitio (in situ)* del rotor de un grupo turbina-generador por el método de los coeficientes de influencia (MCI).

f) Comprobación de baterías o acumuladores: Un método de diagnóstico para baterías eléctricas de plomo-ácido puede ser:

- Comprobación visual exterior de las conexiones, cargador, etc.
- Comprobación de fugas al exterior de electrolito.
- Comprobación del nivel del electrolito. Jamás debe dejar al aire parte de las placas.
- Comprobación de la densidad del electrolito. Debe comprobarse tanto el valor de cada celda, como que los valores entre celdas no sean dispares.
- Comprobar partículas de suciedad u otras en el electrolito.
- Efectuar una pequeña prueba de descarga y voltaje.

Se detallan normas básicas de mantenimiento, para que sean útiles a la mayoría de las instalaciones:

- Mantener el lugar donde se coloquen las baterías entre 15 y 25 grados. El frío dificulta las operaciones tanto de carga como de descarga. El calor por su parte, aumenta la evaporación del agua del electrolito, y promueve la oxidación de las placas positivas.
- Siempre que sea posible, fijar bien las baterías, evitando su movimiento.
- Mantener los terminales de conexión, limpios, apretados (no en exceso) y seca la carcasa de la batería.
- Mantener el nivel del electrolito adecuado, añadiendo agua destilada en caso de necesidad, evitando tanto dejar las placas al aire como el llenado excesivo que provoque el desbordamiento del electrolito.
- Evitar la descarga completa de las baterías.
- Calcular adecuadamente las baterías que necesite en su instalación, para evitar darles un uso excesivo que limite su vida útil.
- Comprobar el funcionamiento del cargador de la batería; las cargas excesivas o insuficientes pueden disminuir su vida útil.
- Evitar siempre que pueda las cargas rápidas de las baterías, las hacen sufrir mucho.
- Comprobar que no hay diferencias de carga entre las distintas celdas de la batería, y si fuera así, efectúe una carga de nivelación.

f) Equilibrado en maquinaria industrial: El equilibrado, define el hecho de determinar y compensar un desequilibrio, es decir el centrado de las masas de un cuerpo rotor de forma que el eje de rotación coincida con el eje de inercia, consiguiendo así que el giro sea concéntrico.

Cada día las máquinas y equipos se construyen más rápidos, ligeros y potentes; si no están correctamente equilibrados, presentan fuerzas y momentos centrífugos provocan vibraciones que pueden aflojar tornillos, tuercas y remaches, además de causar presiones en los cojinetes, casquillos y rodamientos, llegando en muchas ocasiones a la rotura de los mismos por la fatiga del material; las vibraciones provocan además ruidos molestos y perturbadores en el ambiente de trabajo.

Cuanto más rápidas sean las máquinas, el equilibrado debe ser mas preciso ya que las fuerzas centrífugas aumentan en proporción al cuadrado de la velocidad; especialmente es necesario su equilibrado para evitar problemas en el momento de atravesar la zona de resonancia de partes y elementos que componen la máquina, como el anclaje de la misma, carcasas, protecciones, mordazas, etc.

3.5 MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La utilización de un manual en la creación de un programa sólido en la gestión del mantenimiento puede ser un medio efectivo para la reducción de costos. Sin

embargo el manual de mantenimiento no obra milagros por sí solo; no puede reemplazar labor de directores competentes y un hábil equipo de mantenimiento. La eficacia de un manual está en función de su mejoramiento ya que una organización es dinámica y sufre cambios continuos.

El manual de mantenimiento constituye el medio que facilita una acción planificada y eficiente del mantenimiento y permite la formación de personal nuevo. En el manual de mantenimiento se indicará los objetivos de mantenimiento, los procedimientos de trabajo, de control y las acciones correctivas.

Periódicamente se debe proceder a actualizar el Manual de Mantenimiento, eliminando las instrucciones discontinuadas e incorporando nuevas instrucciones o tareas. La función de elaboración y actualización del manual queda bajo la responsabilidad del Administrador del sistema de mantenimiento con el apoyo de la Dirección de la empresa.

El plan de trabajo de mantenimiento debe ser desarrollado por la gerencia de mantenimiento, considerando la capacidad de implementarlo, en cuanto a los recursos disponibles o asignables y a la nominación de los responsables de su ejecución.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MODELO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA “PENÍNSULA”

4.1. ANTECEDENTES DE LA MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA PENÍNSULA

La Microcentral Hidroeléctrica Península ubicada al nororiente de la ciudad de Ambato en la Parroquia Península con altitud de 2367 m.s.m., desde 1961 se dedica a transformar energía hidráulica en energía eléctrica.

La captación de agua se realiza de las orillas del río Ambato mediante la bocatoma ubicada en el sector denominado Socavón, con azud de muros de piedra. El caudal normal de captación es de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual es conducido por medio de un canal abierto hacia el tanque de presión ubicado en la parroquia Península para luego ser enviado por medio de dos tuberías de presión de 219 m de longitud, 105 y 130 cm de diámetro respectivamente hacia la casa de máquinas, la misma que se encuentra a un nivel inferior de 93 metros, con respecto al tanque de presión. El material de la tubería es chapa laminada en acero.

La casa de máquinas aloja tres grupos Turbina-Generador con capacidad de 625

kVA (0.5 MW) cada uno, las turbinas son de tipo Francis de eje horizontal de marca VOITH, con un caudal de $0.81 \text{ m}^3/\text{s}$ y velocidad 1200 r.p.m., acopladas a generadores de marca General Electric con voltaje de generación de 13800 V y un grupo con capacidad de 1875 kVA (1.5 MW) cuya turbina es Francis de eje horizontal con dos codos de aspiración, un caudal de $2.41 \text{ m}^3/\text{s}$ acoplada a un generador de marca AEG con un voltaje de generación de 13800 V. Las aguas turbinadas son devueltas al río Ambato mediante un canal de descarga. La operación de cada una de las instalaciones se puede realizar mediante controles locales ubicados en la casa de máquinas. La energía producida en la Microcentral Península se entrega al Sistema Nacional de Interconectado en la Subestación Península.

4.1.1. PARTES PRINCIPALES DE LOS GRUPOS GENERADORES DE LA MICROCENTRAL PENÍNSULA

4.1.1.1 Válvula reguladora de caudal

La válvula de control de caudal se emplea para controlar el paso del agua, en su forma más sencilla no es más que un orificio variable para regular la cantidad de agua que entra a la turbina y controlar así su velocidad. La válvula es tipo compuerta cuyo cierre es necesario para aislar un equipo cuando requiere mantenimiento u otra operación. El diseño de la válvula incluye un cierre hermético entre el elemento de control de flujo y un asiento, en este caso es

metal con metal que permite un sello firme, pero puede ocurrir pegadura y rayaduras de metal.

El sello para el vástago es una prensa estopa que contiene una empaquetadura trenzada de material flexible como de grafito y asbesto. Los diseños de los empaques son sellos anulares (“O” rings). Las válvulas tienen para su operación un motor eléctrico conectado a una caja de engranes con el vástago de la válvula, abren la válvula cuando se gira el volante hacia la izquierda y viceversa. La Figura 4.1 muestra una de las válvulas reguladoras de caudal de la Microcentral.



Figura 4.1 Válvula reguladora de caudal

4.1.1.2 Intercambiador de calor

El intercambiador de calor se halla ubicado a la salida del agua de la turbina para que exista mayor transferencia de calor, el trabajo que realiza es refrigerar

el aceite de lubricación de las chumaceras para mantenerlo en temperatura normal de trabajo.

4.1.1.3 Tuberías de aceite

Las tuberías de agua conducen el agua desechada por los laberintos. Las tuberías de aceite comunican las dos chumaceras de la turbina con la bomba de lubricación y poseen válvulas de regulación tipo flotador para mantener un nivel adecuado de aceite en las chumaceras.

4.1.1.4 Bomba de lubricación

La bomba de lubricación es una bomba de engranajes, cuya fuerza motriz la recibe directamente del eje de la turbina para enviar aceite a presión hacia las chumaceras y lubricar los cojinetes de fricción.

4.1.1.5 Laberinto (sello mecánico)

Los laberintos son elementos que sirven para evitar el flujo de agua hacia el exterior de la turbina, cada laberinto está formado por seis piezas dos de las cuales se sujetan solidariamente al eje mediante pernos (parte móvil) y las cuatro restantes se sujetan a la tapa lateral (parte fija), formando de esta manera

el sello. La Figura 4.2 presenta la parte exterior del sello mecánico.



Figura 4.2 Laberinto o sello mecánico de la Turbina Francis

4.1.1.6 Tapa anterior y posterior

Son elementos en los que se sujetan exteriormente los codos y laberintos e interiormente los alabes directrices; en el caso del grupo 4. Para los demás grupos la tapa anterior, exteriormente sujeta únicamente a los laberintos, dado que tienen sólo un codo al lado posterior.

4.1.1.7 Eje y rodete

En el grupo 4, el rodete es un elemento fundamental para la transformación, se ubica y se mantiene solidario el eje debido a que su montaje se realiza a presión, está asegurado mediante cuatro chavetas para transmitir el movimiento

sin que se produzcan deslizamientos. En los grupos pequeños el rodete se encuentra unido al eje mediante dos chavetas. La Figura 4.3 presenta el modelo del rotor empleado en las turbinas de la Microcentral.

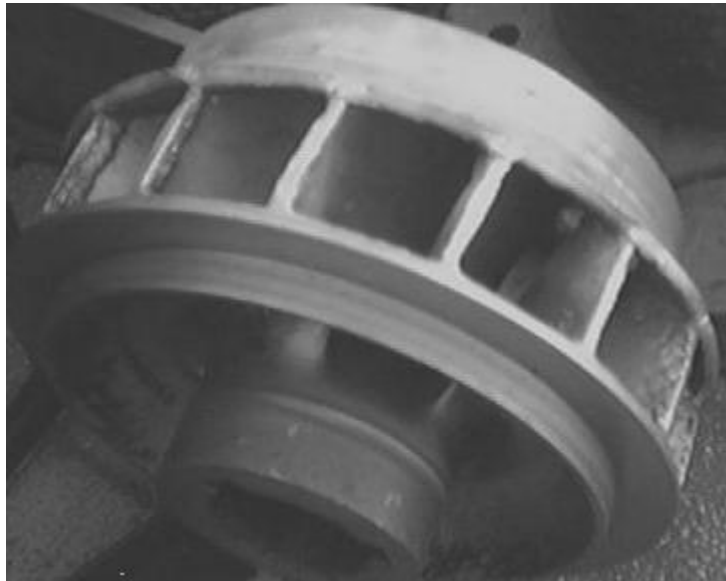


Figura 4.3 Rodete de la Turbina Francis

4.1.1.8 Cojinetes de fricción

Los cojinetes de fricción son fundamentales para el buen funcionamiento de la turbina, soportan las cargas a que se encuentra sometida la turbina, se ubican en la parte superior de las chumaceras y en la superficie de contacto lleva una capa de aleación especial de magnolia.

4.1.1.9 Regulador de velocidad

El control de velocidad de una turbina es importante, la frecuencia está íntimamente ligada con la velocidad, por lo tanto al variar la velocidad habrá una variación en la frecuencia. La función principal es poner a la turbina en una velocidad aproximada a la de sincronización para el arranque, para regular la carga luego de la sincronización y parar el funcionamiento de la unidad tanto dentro de condiciones normales como en caso de emergencia. El accionamiento de los alabes se lo hace por medio de aceite a presión proveniente de la bomba del gobernador, el cual debe ser capaz de mover las paletas directrices hacia el cierre o apertura total.

Un regulador automático sincroniza la frecuencia del grupo con la frecuencia de la red que tiene que conectarse, aumenta o disminuye la carga que suministra uno de los grupos conectados a la red de acuerdo a las exigencias del sistema, deja al grupo fuera de servicio, tiene el control para cerrar total o parcialmente la admisión en caso de: embalamiento del grupo, falta de presión en el aceite del regulador, exceso de temperatura del eje y cojinetes de la turbina. La Figura 4.4 muestra el regulador de velocidad del grupo generador número 4.



Figura 4.4 Regulador de Velocidad para el grupo generador 4

4.1.1.10 Volante de inercia

Para un control adecuado se tiene el volante de inercia. Cuando hay un rechazo de carga la potencia es absorbida, acelerándose el volante y desacelerándose cuando se aplica carga a la máquina.

4.1.1.11 Generador

El generador está formado por elementos principales como el estator y rotor. El rotor consiste principalmente en polos, devanados de campo, eje y anillos colectores, que giran conforme gira el eje principal, formando de esta manera el campo magnético.

El estator es constituye la estructura soporte, el núcleo y el bobinado cuyo devanado es de tres fases, 8 polos, conexión estrella. El estator por ser la parte más visible se contamina con polvo y vapores de aceite, estos fenómenos y las variaciones de la temperatura provoca que se agite los aislamientos, se muestren indicios de efecto corona en la superficie del aislamiento, por lo que es necesario una limpieza total, limpieza del devanado con aire o algún solvente apropiado y barnizar por último.

En la Figura 4.5 se indica el generador y su respectiva excitatriz que forma parte del grupo generador de la Microcentral.



Figura 4.5 Generador del Grupo 4

4.1.1.12 Tablero de control

La función principal del tablero es operar como control y monitor del estado de funcionamiento de la planta, después de sonar una alarma, mediante las lecturas el operador puede determinar la naturaleza de la falla de operación para casos de falla de planta. En el tablero de control se encuentra todos los equipos de medición eléctrico y protección del generador cuyo mantenimiento tiene como propósito evitar las variaciones en la calibración de los equipos.

4.1.1.13 Banco de baterías

Se utiliza para obtener un voltaje de excitación de la excitatriz del generador y de los elementos de protección. Utiliza agua destilada y ácido.

4.1.1.14 Excitatriz

La excitatriz es un generador de corriente continua (C.C.), que suministra su energía (potencia salida) al campo (devanado inductor) del generador a través del interruptor del campo.

El sistema de excitación de la central en estudio consta de un generador de corriente alterna (C.A.) en la que el inducido esta en el rotor y su campo

inductor en el estator, mas no es alimentado por un amplificador magnético de imanes permanentes. Por esta razón en caso de falla de la excitación durante la puesta en marcha se debe alimentar con corriente continua proveniente del banco de baterías.

Por su operación sufre deterioros por impregnación de polvos de carbón en los devanados, pérdida de tensión en los resortes de las escobillas, por ello anualmente es necesario realizar una limpieza total con solvente adecuado, apriete de conexiones, reemplazo de escobillas gastadas, pruebas de aislamiento antes y después del mantenimiento.

4.2. ANÁLISIS DEL MODELO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA MICROCENTRAL

El mantenimiento que se lleva a cabo actualmente en la Micro Central es correctivo debido a no contar con herramientas que ayuden a planificar el mantenimiento, lo que implica altos costos. Por tal motivo se aporta con un manual básico para las tareas de mantenimiento preventivo, cuyos parámetros se han determinado gracias a la experiencia del personal de la empresa y bibliografía básica de mantenimiento preventivo.

4.2.1 PLAN DE MANTENIMIENTO

La planeación del mantenimiento se hace acorde la frecuencia requerida por los equipos y condiciones climáticas, pues debe aprovecharse la época de sequía para efectuar el mantenimiento que requiera el equipo fuera de operación.

El número de semanas para elaborar el mantenimiento cuenta a partir de la fecha en que se aplique el programa de mantenimiento en la Microcentral, los mismos pueden ser modificados acorde las necesidades y el criterio del Jefe de Mantenimiento.

Un plan de mantenimiento está determinado por tareas a realizarse en un equipo, cada período de tiempo (frecuencia), mano de obra, materiales, y recursos necesarios, en un tiempo estándar, siguiendo un procedimiento establecido. De igual forma en los equipos pueden realizarse tareas correctivas no programadas por ello el sistema de control permite registrar el historial de los equipos.

El tiempo fijado en cada tarea se establece en base al tiempo empleado actualmente y a la experiencia del personal que efectúa las tareas. Estos tiempos son estimados, dado que para estandarizar tareas se analizan aspectos como estado anímico, métodos, procedimientos, ambiente de trabajo, etc. cuyo

estudio le corresponde a la ingeniería de métodos.

Se ha establecido el procedimiento para las tareas únicamente ejecutadas por personal interno, el procedimiento sugerido es una pauta para cumplir con cabalidad el mantenimiento, esto no impide que el personal pueda mejorar los procedimientos actuales.

4.2.2 EQUIPOS O UNIDADES DE MANTENIMIENTO

Para determinar el equipo en el cual quiere registrarse el historial, es necesario contar con: el código identificador del equipo, descripción, área a la que pertenece, marca, modelo, # serie, estado del equipo y otras características.

4.2.3 RECURSOS MATERIALES

Se determinan las características de los materiales y repuestos necesarios para el mantenimiento de los equipos, se almacena datos de: cantidad disponible, nombre, código, costo unitario, características, nombre del proveedor, número de días requeridos antes de hacer el pedido, unidad de medida del recurso, stock mínimo que se requiere en bodega para cubrir necesidades urgentes e imprevistas, etc.

4.2.4 ORDENES DE TRABAJO

Las órdenes de trabajo son documentos para controlar el avance del mantenimiento tanto planificado como no planificado. La orden de trabajo contiene información relacionada a la ejecución de los mantenimientos como: tiempo real de duración, fecha de ejecución, nombre de la persona que emite, estado de la orden de trabajo que puede ser: generado, en ejecución, o concluido.

4.2.5 FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO

Las frecuencias de mantenimiento indican la frecuencia con la que va a ejecutarse la tarea de mantenimiento preventivo, pueden ser: diaria, semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral, anual, cada turno (8 horas), etc.

4.2.6 MANTENIMIENTOS CLASIFICADOS POR FRECUENCIAS:

a) Mantenimiento Diario: Es básicamente una inspección visual para asegurarse si el equipo se encuentra funcionando en condiciones normales, así como detectar señales de deterioro. Para efectuar estos mantenimientos no es necesario apagar el equipo.

b) Mantenimiento Semanal y Mensual: Consiste en tareas de limpieza y engrase básicos para el funcionamiento del equipo además así como detectar el requerimiento de materiales como agua destilada en el banco de baterías del grupo generador, aceite en la bomba de lubricación, etc. La ejecución de estos mantenimientos no se requiere apagar el equipo.

c) Mantenimiento Trimestral y Semestral: Hace énfasis en la revisión de los sistemas de protección, partes susceptibles a desgaste y asegurar el óptimo rendimiento del equipo, para ejecutar algunos de los mantenimientos se requiere que el equipo esté apagado.

d) Mantenimiento Anual: Involucra el desmontaje de componentes específicos para inspección. A pesar de que deben realizarse anualmente las condiciones de operación establecerán el intervalo más práctico, en caso de tratarse de elementos que no han funcionado adecuadamente en el pasado deberán recibir especial atención. El equipo debe estar apagado durante la ejecución del mantenimiento anual.

e) Mantenimiento cada tres años (overhaul): El mantenimiento que se realiza cada 3 años, es una repotenciación total del equipo, es decir inicia con el desmontaje de todas las partes principales, se realiza una inspección

detallada del desgaste en cada parte, finalmente se concluye con la reparación o cambio de los elementos desgastados. El equipo debe estar apagado durante su ejecución y se recomienda efectuarlo en época de sequía, dado que tiene una duración de aproximada de dos meses.

4.2.7 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA

Actualmente la Microcentral opera las 24 horas con la ayuda de personal interno. Para efectuar algunos mantenimientos se emplea personal externo, es decir servicio contratado. Sin embargo para efectuar la re-potenciación en ocasiones suele contratarse ayudantes.

Para las tareas diarias, semanales, quincenales y mensuales la mano de obra puede ser personal que maneje y opere los grupos generadores en forma regular, para el mantenimiento mayor (overhaul) en la turbina, la mano de obra debe ser calificada.

Los datos a almacenarse, del personal son: código identificador, nombres, número de cédula o RUC, especialidad, cargo, en caso de personal interno el costo hora d mano de obra, etc. El personal de operación labora una jornada diaria, cada día tiene tres turnos, la asignación de turnos es rotativa cada dos días, sin embargo el personal de mantenimiento y Dirección labora en un solo

turno cada día.

4.3. DISEÑO DE LOS DATOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MICROCENTRAL PENÍNSULA.

EL Sistema de Mantenimiento Preventivo (SMP) tiene como objetivo primordial realizar el control del mantenimiento preventivo de equipos, evitando paradas imprevistas y reduciendo a máximo pérdidas.

4.3.1 VISIÓN GENERAL

El SMP permite controlar en forma eficiente existencias de materiales y refacciones, movimientos de entradas y salidas por efectos de mantenimiento, valuación del inventario por el método promedio, etc.

Desde el Sistema de Mantenimiento Preventivo, el usuario podrá consultar existencias y costos de los diferentes materiales y refacciones, generar en forma automática los vales de salida de material y determinar las refacciones necesarias para realizar las diferentes actividades. El SMP a su vez, calcula el abastecimiento y determina las refacciones que deban adquirirse en función de los mantenimientos programados en el MP.

4.3.2 DIAGRAMAS DE FLUJO

4.3.2.1 Flujo y procesamiento de información de Órdenes de Trabajo

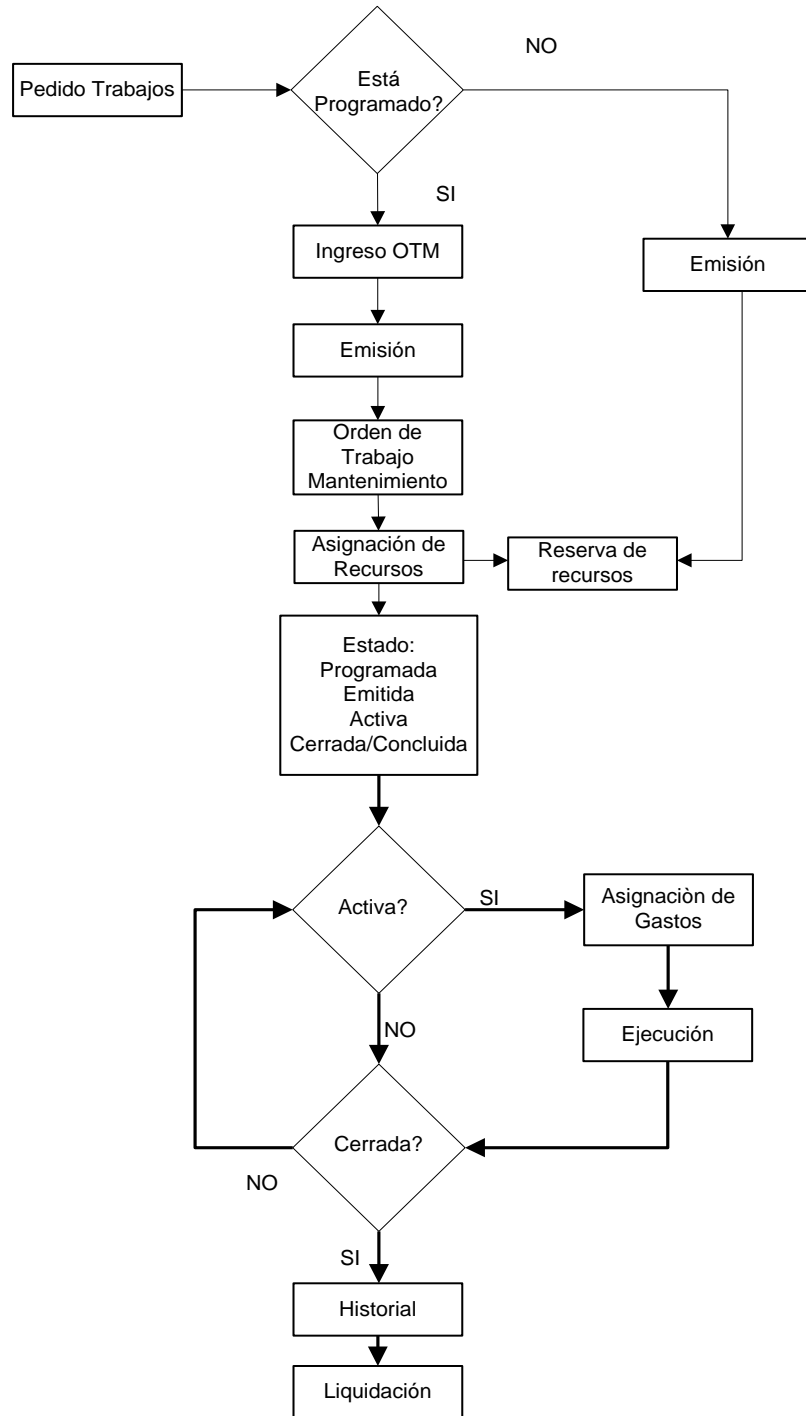


Grafico 1 Diagrama de proceso de Orden Trabajo

4.3.2.1 Flujo de información de consumo de recursos en mantenimientos

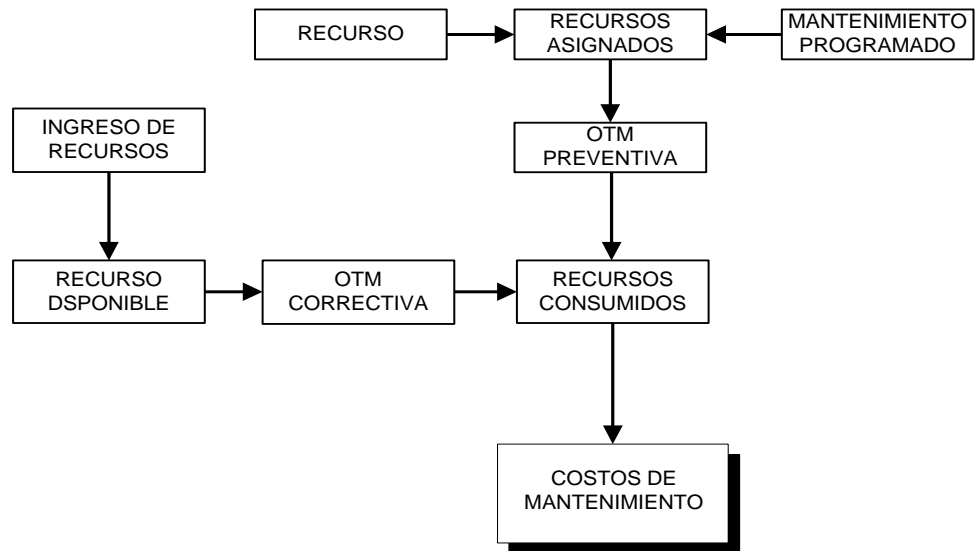


Gráfico 2 Diagrama de consumo de recursos en mantenimientos

4.3.2.1 Flujo de información en mantenimientos preventivos

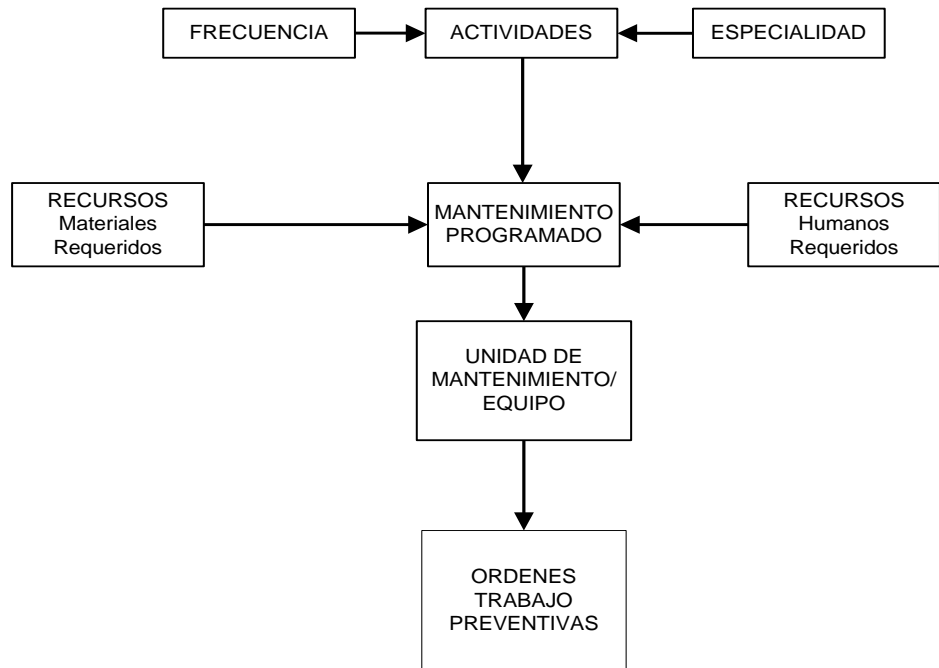


Gráfico 3 Diagrama de flujo de información de mantenimientos preventivos

4.3.2.1 Flujo de información en mantenimientos correctivos.

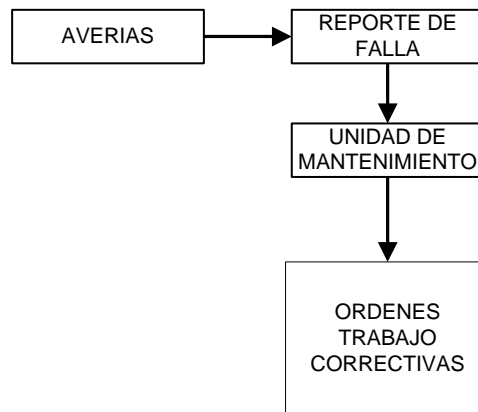


Grafico 4 Diagrama de flujo de información de mantenimientos correctivos

CAPITULO V

**DESARROLLO IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA DE
CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MICROCENTRAL
PENÍNSULA**

5.1 REQUISITOS DEL SISTEMA

Para la implementación del Sistema de Mantenimiento Preventivo de la Microcentral península se requiere de lo siguiente:

5.1.1 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE SOFTWARE

- Microsoft Windows 98 o superior
- Sybase SQL Anywhere 5.0
- Sybase Power Builder 6.5 o superior (no indispensable)

5.1.2 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE HARDWARE

- Computador Pentium o Superior, 450 Mhz.
- 64Mb RAM mínimo
- Disco Duro de 15 Gb
- Unidad de Disco 31/2

- Multimedia 52 x

5.2 DISEÑO DEL SISTEMA

5.2.1 BASE DE DATOS

Existen varios programas muy versátiles para el manejo de información de una base de datos en forma muy confiable, tomando en cuenta los requerimientos del sistema y la disponibilidad de la Empresa se ha seleccionado el software Sybase SQL anywhere 5.0 por cuanto la Empresa dispone de la Licencia respectiva.

En Sybase SQL Anywhere se han definido los elementos necesarios para el control de mantenimiento preventivo como por ejemplo: tareas de mantenimiento, equipos, mano de obra, recursos materiales, partes de los equipos dónde se ejecutan los mantenimientos, tiempos estándares, etc.

Una de las fases primordiales en el diseño y desarrollo del sistema es la creación de la Base de datos en Sybase SQL Anywhere 5.0. El modelo utilizado es el Modelo Entidad Relación (MER). El diagrama entidad relación se ha diseñado considerando los requerimientos del sistema, a continuación se presenta una breve explicación de los elementos que conforman el diagrama.

a) Entidad: Es un objeto o una cosa concreta o abstracta pero que existe y se diferencia de otras de la cual se desea almacenar información.

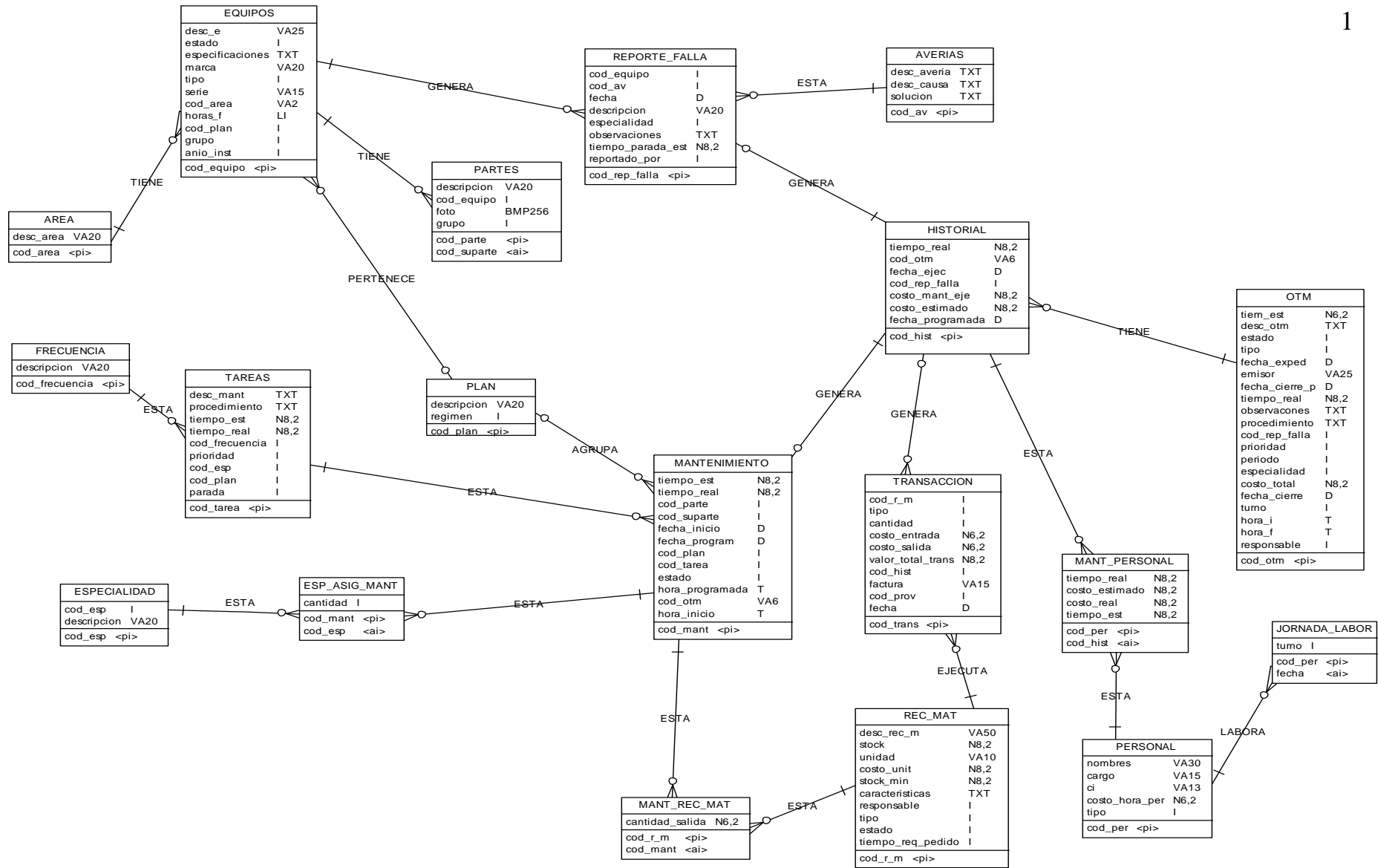
b) Relación: Es una asociación sin existencia propia entre una o varias entidades.

c) Atributo: Es una unidad básica e indivisible de información que puede pertenecer a una entidad como a una relación, se utiliza para describir características o cualidades.

d) Clave primaria: Es un conjunto de uno o varios atributos que permiten identificar de forma única y mínima una ocurrencia de la entidad o conjunto de entidades.

5.2.2 MODELO ENTIDAD RELACION

A continuación se detallan cada uno de los elementos del MER aplicado al Sistema de Mantenimiento Preventivo.



5.2.3 MODELO RELACIONAL

AREA(cod_area,desc_area)

cod_area	varchar(2)
desc_area	varchar(20)

EQUIPOS(cod_equipo,desc_e,estado,especificaciones,marca,tipo,serie,cod_area, horas_f,cod_plan,grupo,anio_inst)

cod_equipo	integer
desc_e	varchar(25)
estado	varchar(2)
especificaciones	text
marca	varchar(20)
tipo	varchar(20)
serie	varchar(15)
cod_area	varchar(2)
horas_f	long integer
cod_plan	integer
grupo	integer
anio_inst	integer

PARTES(cod_parte,cod_suparte,descripcion,cod_equipo,foto,grupo)

cod_parte	integer
cod_suparte	integer
descripcion	text
cod_equipo	integer
foto	bmp(256)
grupo	integer

TAREAS(cod_tarea,desc_mant,procedimiento,tiempo_est,cod_frecuencia,prioridad , cod_esp,cod_plan,parada)

cod_tarea	integer
desc_mant	text
procedimiento	text
tiempo_est	numeric(8,2)
cod_frecuencia	integer
prioridad	integer
cod_esp	integer
cod_plan	integer
parada	integer

PLAN(cod_plan,descripcion,regimen)

cod_plan	integer
descripcion	varchar(20)
regimen	integer

FRECUENCIAS(cod_frecuencia,descripcion)

cod_frecuencia	integer
descripcion	varchar(20)

ESPECIALIDAD(cod_esp,descripcion)

cod_esp	integer
descripcion	text

MANTENIMIENTO(cod_mant,tiempo_est,tiempo_real,fecha_inicio,fecha_program,estado,hora_inicio,hora_programada,cod_otm,cod_tarea,cod_parte,cod_suparte, cod_plan)

cod_mant	integer
tiempo_est	numeric(8,2)
tiempo_real	numeric(8,2)
fecha_inicio	date
fecha_program	date
estado	varchar(2)
hora_inicio	time
hora_programada	time
cod_otm	varchar(6)
cod_tarea	integer
cod_parte	integer
cod_suparte	integer
cod_plan	integer

REPORTE_FALLAS(cod_rep_falla,cod_equipo,cod_av,fecha,descripcion, especialidad, observaciones,tiempo_parada_est, reportado_por)

cod_rep_falla	integer
cod_equipo	integer
cod_av	integer
fecha	date
descripcion	text
especialidad	integer

observaciones	text
tiempo_parada_est	numeric(8,2)
reportado_por	integer

AVERIAS(cod_av,desc_averia,desc_causa,solucion)

cod_av	integer
desc_averia	text
desc_causa	text
solucion	text

PERSONAL(cod_per,nombres,cargo,ci,costo_hora_per,tipo)

cod_per	integer
nombres	varchar(30)
cargo	varchar(15)
ci	varchar(13)
costo_hora_per	numeric(6,2)
tipo	varchar(20)

REC_MAT(cod_r_m,desc_rec_m,stock,unidad,costo_unit,stock_min,caracteristicas, responsable,tipo,estado,tiempo_req_pedido)

cod_r_m	integer
desc_rec_m	varchar(50)
stock	numeric(8,2)
unidad	varchar(10)
costo_unit	numeric(8,2)
stock_min	numeric(8,2)
caracteristicas	text
responsable	integer
tipo	integer
estado	integer
tiempo_req_pedido	integer

HISTORIAL(cod_hist,tiempo_real,cod_otm,fecha_ejec,cod_rep_falla,cod_mant,costo_mant_eje,costo_estimado,fecha_programada)

cod_hist	integer
tiempo_real	numeric(8,2)
cod_otm	varchar(6)
fecha_ejec	date
cod_rep_falla	integer

cod_mant	integer
costo_mant_eje	numeric(8,2)
costo_estimado	numeric(8,2)
fecha_programada	date

TRANSACCION(cod_trans,cod_r_m,tipo,cantidad,costo_entrada,costo_salida,valor_total_trans,cod_hist,factura,cod_prov,fecha)

cod_trans	integer
cod_r_m	integer
tipo	integer
cantidad	integer
costo_entrada	numeric(6,2)
costo_salida	numeric(6,2)
valor_total_trans	numeric(8,2)
cod_hist	integer
factura	varchar(15)
cod_prov	integer
fecha	date

OTM(cod_otm,tiem_est,desc_otm,estado,tipo,fecha_exped,emisor,fecha_cierre_p,tiempo_real,observaciones,procedimiento,cod_rep_falla,prioridad,periodo,especialidad,costo_total,fecha_cierre,turno,hora_i,hora_f,responsable)

cod_otm	varchar(6)
tiem_est	numeric(6,2)
desc_otm	text
estado	integer
tipo	integer
fecha_exped	date
emisor	varchar(25)
fecha_cierre_p	date
tiempo_real	numeric(8,2)
observaciones	text
procedimiento	text
cod_rep_falla	integer
prioridad	integer
periodo	integer
especialidad	integer
costo_total	numeric(8,2)
fecha_cierre	date
turno	integer
hora_i	time

hora_f time
 responsable integer

MANT_PERSONAL(cod_per,cod_hist,tiempo_real,costo_estimado,costo_real)

cod_per integer
 cod_hist integer
 tiempo_real numeric(8,2)
 costo_estimado numeric(8,2)
 costo_real numeric(8,2)

ESP_ASIG_MANT(cod_esp,cod_mant,cantidad_salida)

cod_esp integer
 cod_mant integer
 cantidad integer

MANT_REC_MAT(cod_mant,cod_r_m,cantidad_salida)

cod_mant integer
 cod_r_m integer
 cantidad_salida numeric(6,2)

JORNADA_LABOR(cod_per,fecha,turno)

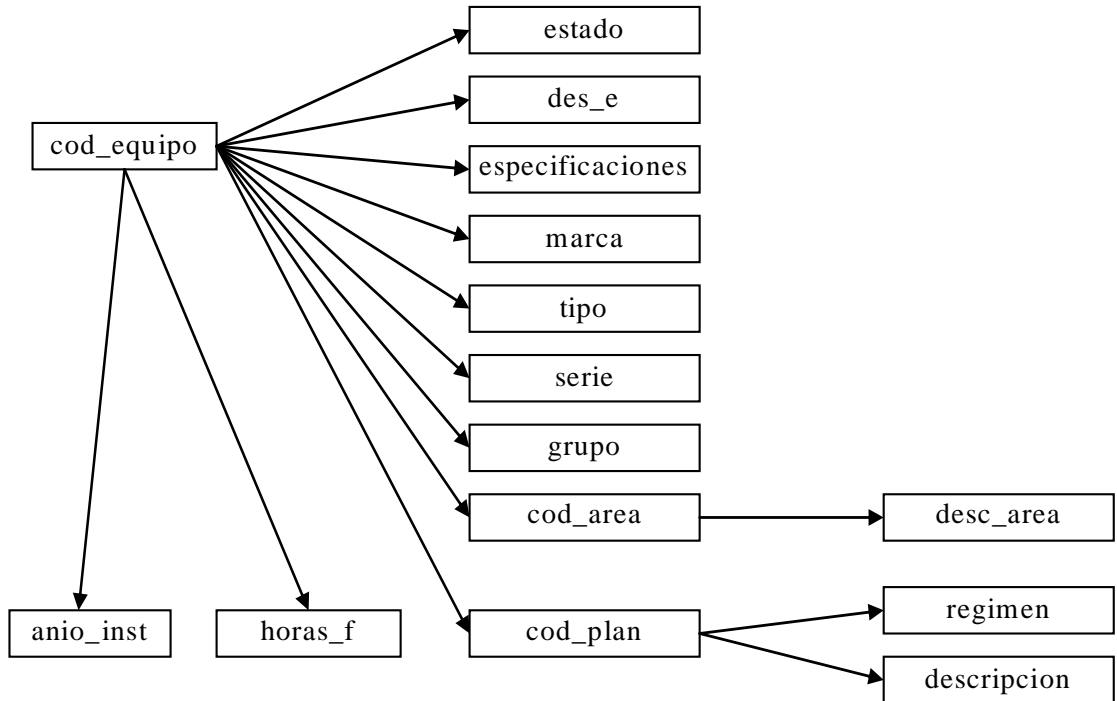
cod_per integer
 fecha date
 turno integer

5.2.4 NORMALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS HASTA LA TERCERA

FORMA NORMAL

1^{era} FN

EQUIPOS(cod_equipo,desc_e,estado,especificaciones,marca,tipo,serie,
 cod_area, desc_area,horas_f,cod_plan, descripcion,regimen,grupo,anio_inst)

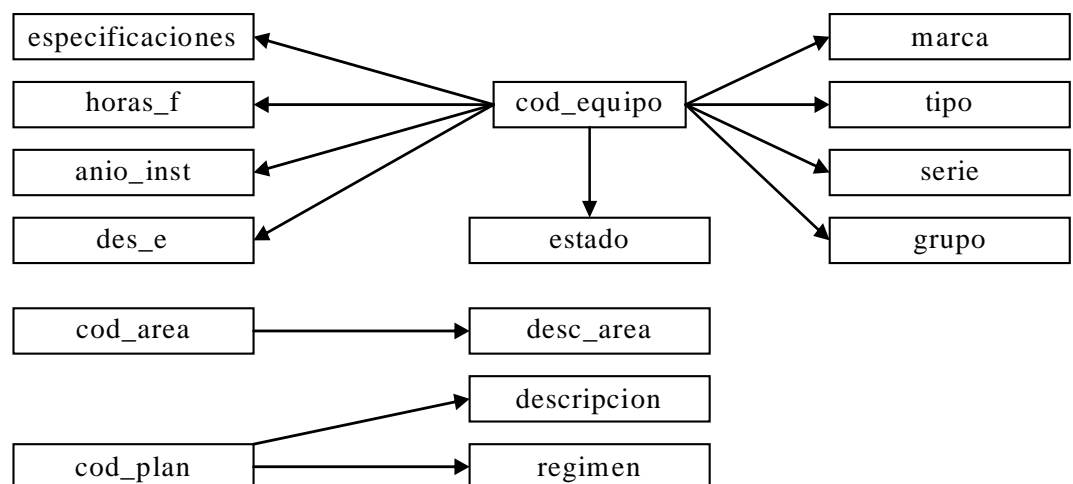


2^{da} FN y 3^{era} FN

EQUIPOS(cod_equipo, desc_e, estado, especificaciones, marca, tipo, serie,
cod_area, horas_f, cod_plan, grupo, anio_inst)

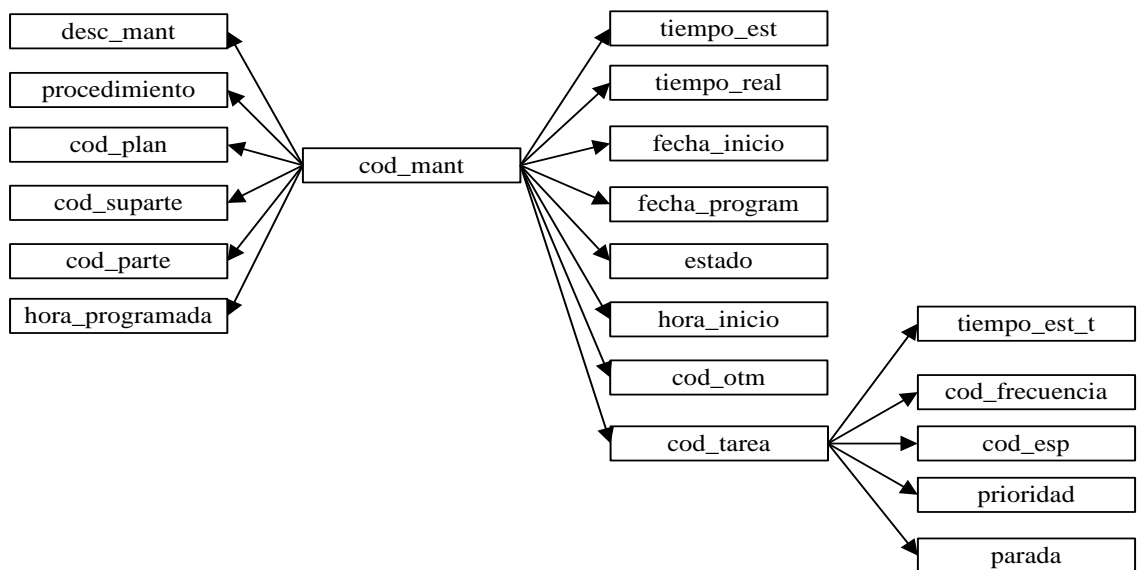
AREA(cod_area, desc_area)

PLAN(cod_plan, descripcion, regimen)



1^{era} FN

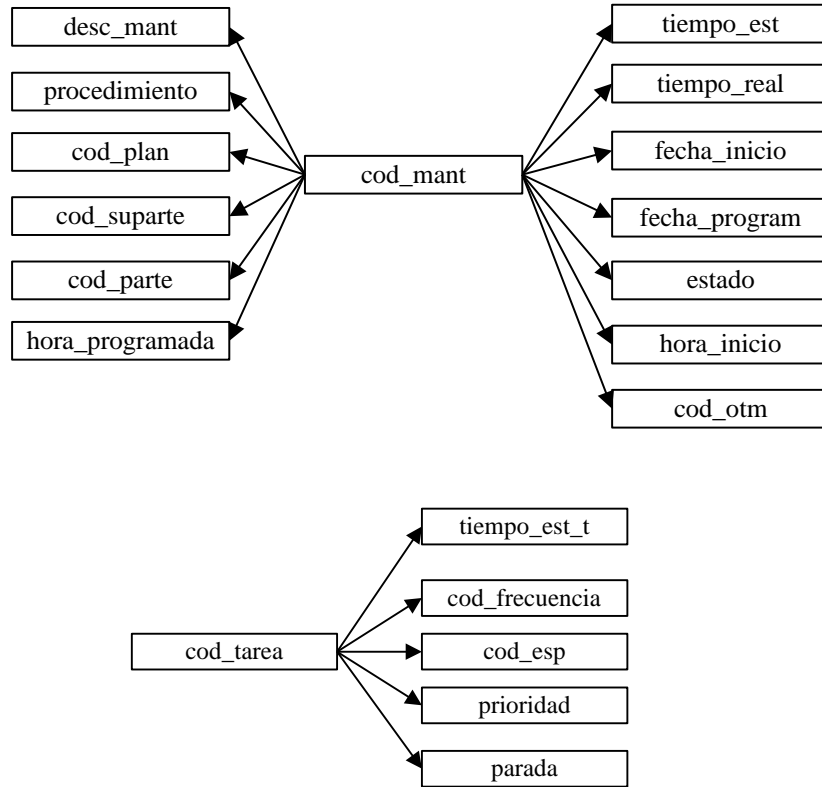
MANTENIMIENTO(cod_mant, tiempo_est, tiempo_real, fecha_inicio, fecha_program, estado, hora_inicio, hora_programada, cod_otm, cod_tarea, desc_mant, procedimiento, tiempo_est, cod_frecuencia, prioridad, cod_esp, cod_plan, parada, cod_parte, cod_suparte)



2^{da} FN y 3^{era} FN

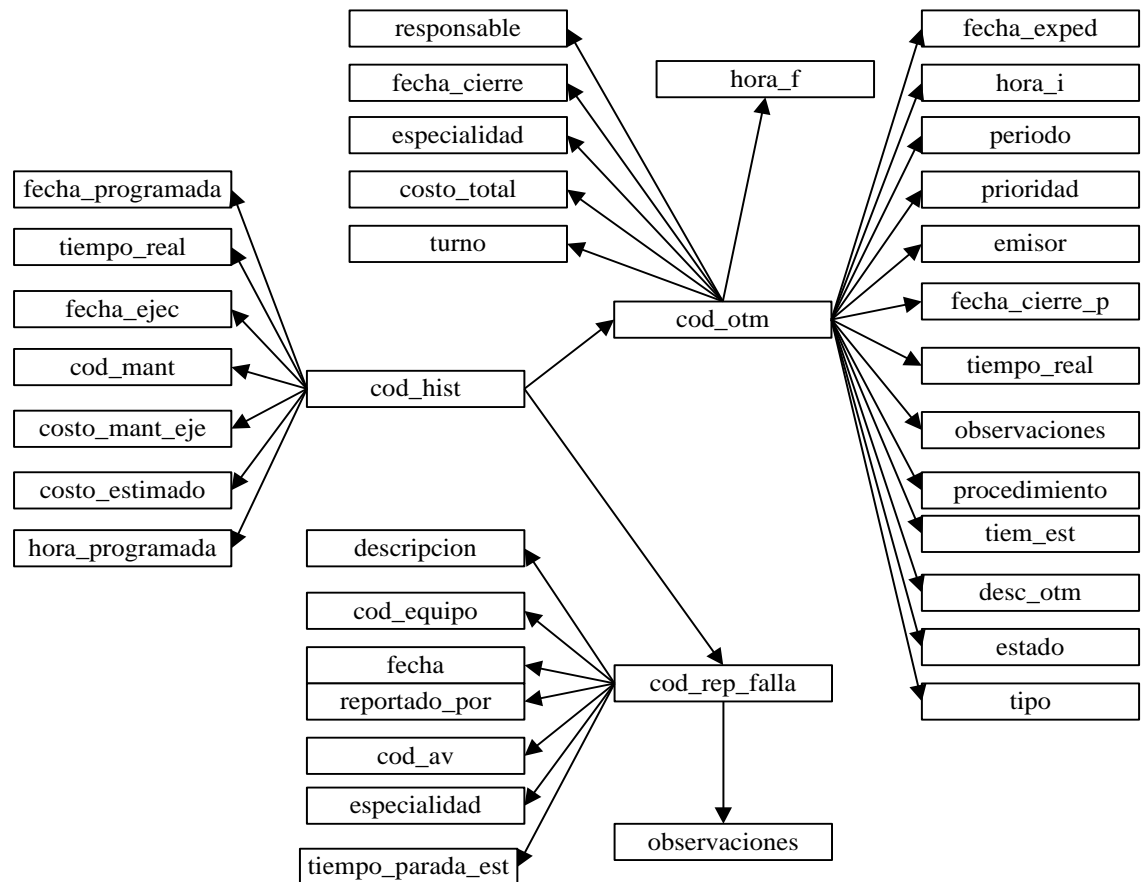
MANTENIMIENTO(cod_mant, tiempo_est, tiempo_real, fecha_inicio, fecha_program, estado, hora_inicio, hora_programada, cod_otm, cod_tarea, cod_parte, cod_suparte, cod_plan)

TAREAS(cod_tarea, desc_mant, procedimiento, tiempo_est, cod_frecuencia, prioridad, cod_esp, cod_plan, parada)



1^{era} FN

HISTORIAL(cod_hist, tiempo_real, fecha_ejec, cod_mant, costo_mant_eje, costo_estimado, fecha_programada, cod_otm, tiem_est, desc_otm, estado, tipo, fecha_exped, emisor, fecha_cierre_p, tiempo_real, observaciones, procedimiento, prioridad, periodo, especialidad, costo_total, fecha_cierre, turno, hora_i, hora_f, responsable, cod_rep_falla, cod_equipo, cod_av, fecha, descripcion, especialidad, observaciones, tiempo_parada_est, reportado_por)

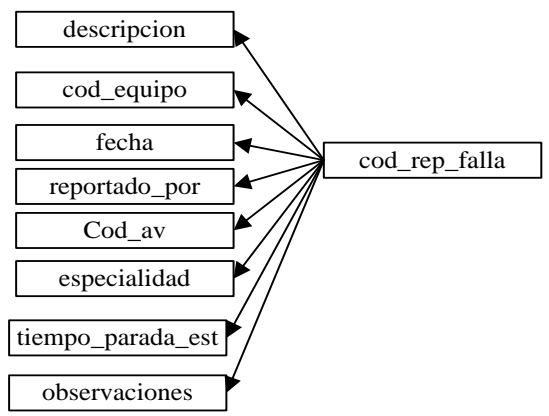
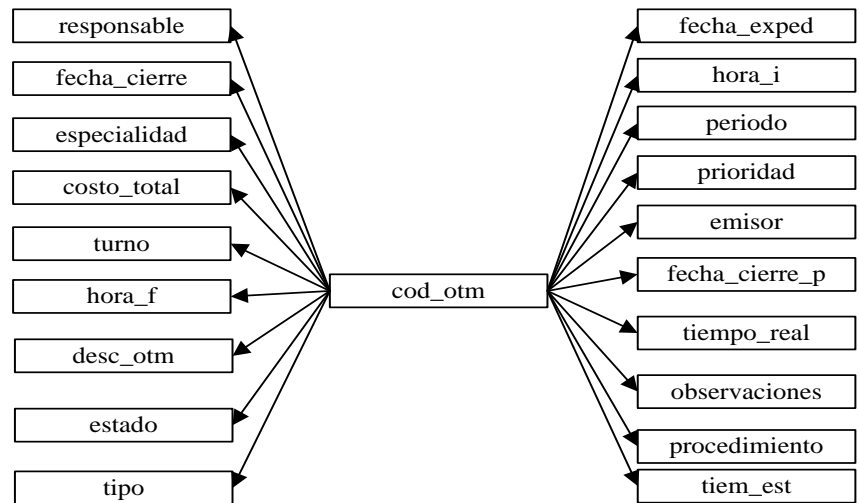
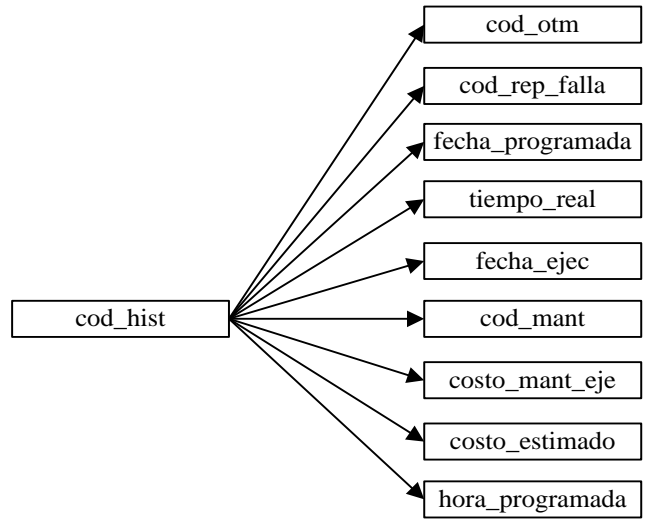


2^{da} FN y 3^{era} FN

HISTORIAL(cod_hist, tiempo_real, cod_otm, fecha_ejec, cod_rep_falla, cod_mant, costo_mant_eje, costo_estimado, fecha_programada)

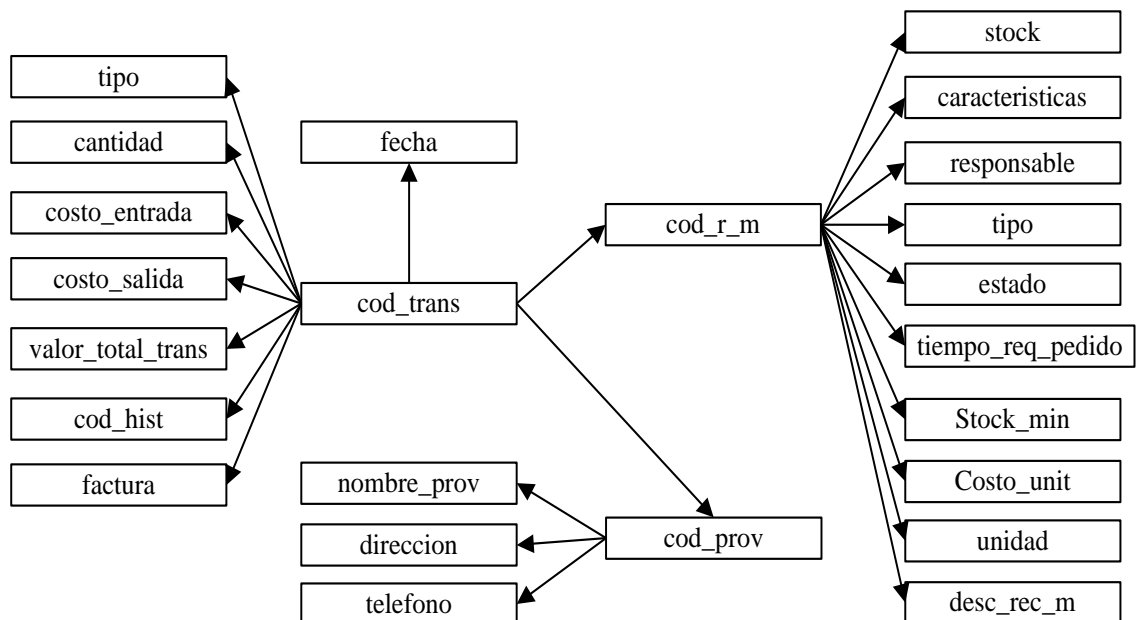
OTM(cod_otm, tiem_est, desc_otm, estado, tipo, fecha_exped, emisor, fecha_cierre_p, tiempo_real, observaciones, procedimiento, cod_rep_falla, prioridad, periodo, especialidad, costo_total, fecha_cierre, turno, hora_i, hora_f, responsable)

REPORTE_FALLAS(cod_rep_falla, cod_equipo, cod_av, fecha, descripcion, especialidad, observaciones, tiempo_parada_est, reportado_por)



1^{era} FN

TRANSACCION(cod_trans,tipo,cantidad,costo_entrada,costo_salida,valor_total_trans,
 cod_hist,factura,cod_prov,fecha,cod_r_m,desc_rec_m,stock,unidad,costo_unit,
 stock_min, características, responsable,tipo,estado,tiempo_req_pedido)

**2^{da} FN y 3^{era} FN**

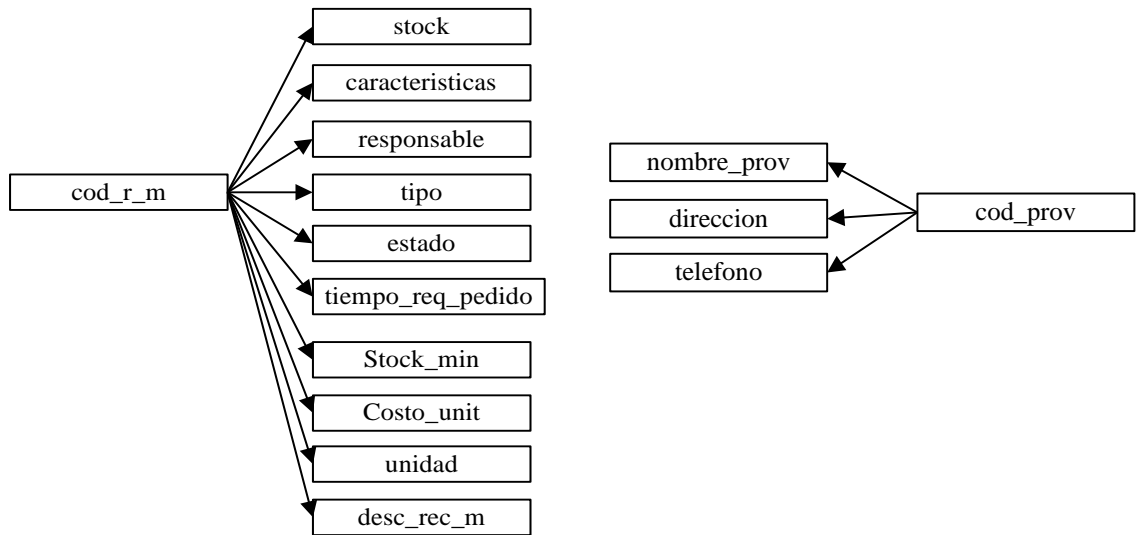
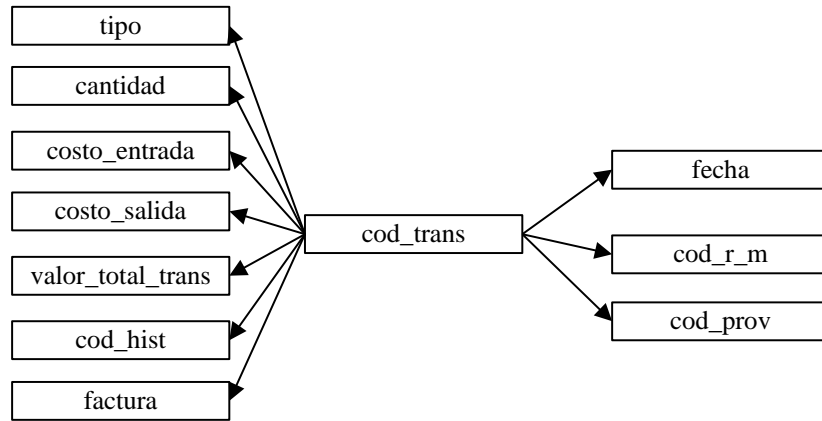
TRANSACCION(cod_trans,cod_r_m,tipo,cantidad,costo_entrada,costo_salida,

valor_total_trans,cod_hist,factura,cod_prov,nombre_prov,direccion,telefono,fecha)

REC_MAT(cod_r_m,desc_rec_m,stock,unidad,costo_unit,stock_min,características,

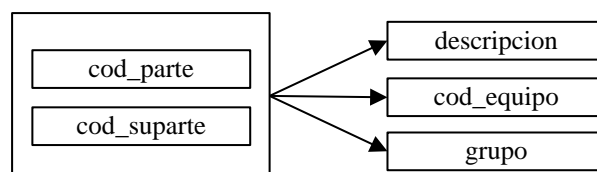
responsable,tipo,estado,tiempo_req_pedido)

PROVEEDOR(cod_prov, nombre_prov,direccion,telefono)



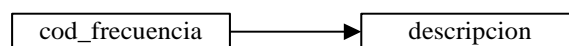
1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

PARTES(cod_parte,cod_suparte,descripcion,cod_equipo,foto,grupo)



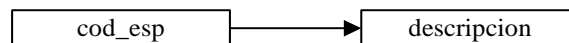
1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

FRECUENCIAS(cod_frecuencia,descripcion)



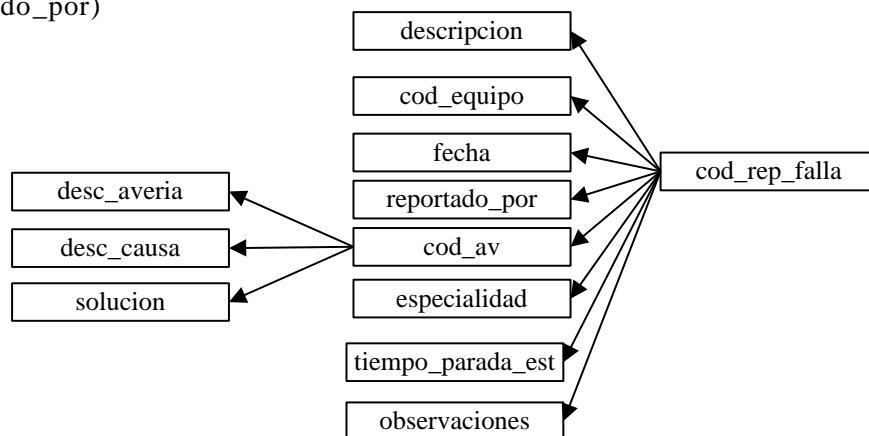
1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

ESPECIALIDAD(cod_esp,descripcion)



1^{era} FN

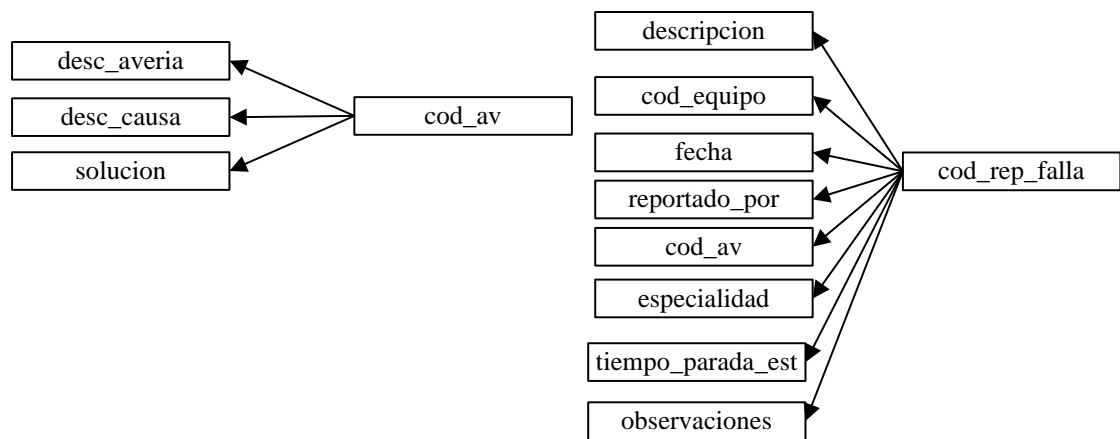
REPORTE_FALLAS(cod_rep_falla,cod_equipo,cod_av,desc_averia,desc_causa,
solucion,fecha,descripcion,especialidad, observaciones,tiempo_parada_est,
reportado_por)



2^{da} FN y 3^{era} FN

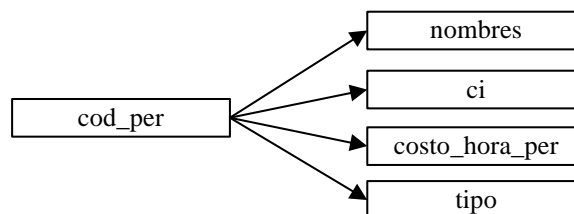
REPORTE_FALLAS(cod_rep_falla,cod_equipo,cod_av,fecha,descripcion,especialidad,observaciones,tiempo_parada_est, reportado_por)

AVERIAS(cod_av,desc_averia,desc_causa,solucion)



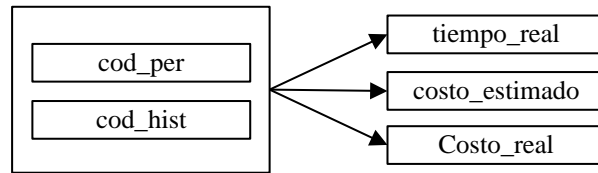
1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

PERSONAL(cod_per,nombres,cargo,ci,costo_hora_per,tipo)



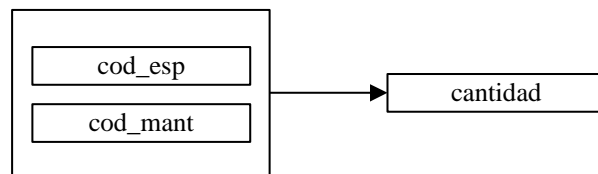
1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

MANT_PERSONAL(cod_per,cod_hist,tiempo_real,costo_estimado,costo_real)



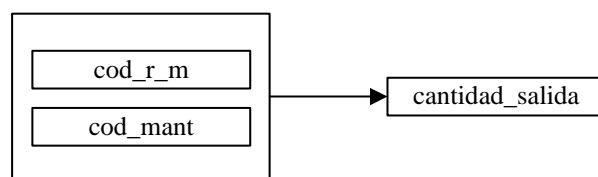
1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

ESP_ASIG_MANT(cod_esp,cod_mant,cantidad)



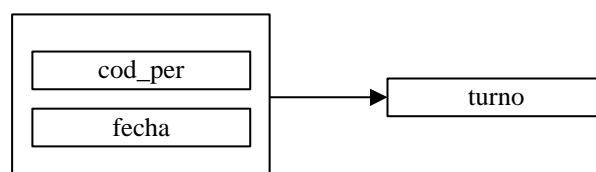
1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

MANT_REC_MAT(cod_mant,cod_r_m,cantidad_salida)



1^{era} FN, 2^{da} FN y 3^{era} FN

JORNADA_LABOR(cod_per,fecha,turno)



5.2.5 MODELO FISICO

5.2.5.1 Identificación de Tablas Físicas

En base al modelo relacional se obtienen las siguientes tablas físicas, donde la clave principal es el campo resaltado de la lista de campos o atributos.

- **Área:** Se considera área a un conjunto de unidades con características similares cuyo mantenimiento va a ser controlado mediante el SMP.

Ejemplo: Equipos, Inmuebles, Vehículos, etc.

area	Type
cod_area	varchar(2)
desc_area	varchar(20)

- **Averías:** La tabla averías contiene información de descripciones de averías que se presenten en los equipos o unidades sujetas a mantenimiento.

averia	Type
cod_av	integer
desc_averia	long varchar
desc_causa	long varchar
solucion	long varchar

- **Equipos:** La tabla equipos contiene información específica de las unidades cuyo mantenimiento va a ser controlado. Turbina, Generador, etc.

equipo	Type
cod_equipo	integer
desc_e	varchar(25)
estado	varchar(2)
especificaciones	long varchar
marca	varchar(20)
tipo	varchar(20)
serie	varchar(15)
cod_area	varchar(2)
horas_f	double
cod_plan	integer
grupo	integer
anio_inst	integer

- **Especialidad:** Esta tabla detalla los tipos de trabajos a ejecutarse en las tareas de mantenimiento. Ejemplo: Mecánico, Eléctrico, etc.

especialidad	Type
cod_esp	integer
descripcion	long varchar

- **Mantenimiento:** Contiene la información de los mantenimientos preventivos programados para una unidad sujeta al control en el SMP.

mantenimiento	Label	Type
cod_mant		integer
tiempo_est		numeric(6,2)
tiempo_real		numeric(6,2)
cod_parte		integer
cod_suparte		integer
fecha_inicio		date
fecha_program		date
cod_plan		integer
cod_tarea		integer
estado		integer
hora_programada		time
cod_otm		varchar(6)
hora_inicio		time

- **Frecuencia:** Esta tabla contiene registros de la periodicidad con la que se ejecutan los mantenimientos programados.

frecuencia	Type
cod_frecuencia	integer
descripcion	varchar(20)

- **Otm:** Guarda registros de órdenes de trabajo ejecutadas en las unidades de mantenimiento.

otm	Type
cod_otm	varchar(6)
tiem_est	numeric(6,2)
desc_otm	long varchar
estado	integer
tipo	varchar(2)
fecha_exped	date
emisor	varchar(25)
fecha_cierre_p	date
tiempo_real	numeric(6,2)
oservaciones	long varchar
procedimiento	long varchar
cod_rep_falla	integer
prioridad	integer
periodo	integer
especialidad	integer
costo_total	numeric(8,2)
fecha_cierre	date
turno	integer
horai	time
horaf	time
responsable	long varchar

- **Partes:** La tabla partes se emplea para identificar las partes específicas de las unidades de mantenimiento.

partes	Type
cod_parte	integer
descripcion	long varchar
cod_suparte	integer
regimen	integer
cod_equipo	integer
foto	long binary
grupo	integer

- **Permisos:** Esta entidad se genera por la necesidad de determinar tipos de acceso al SMP. Ejemplo: Administrador, Usuario.

permisos	Type
cod_permiso	integer
descripcion	varchar(20)
contrasenia	varchar(10)

- **Personal:** Se emplea la tabla para registrar la lista de personas que ejecutan las tareas de mantenimiento.

personal	Type
cod_per	integer
nombres	varchar(30)
cargo	varchar(15)
ci	varchar(13)
costo_hora_per	numeric(6,2)
tipo	integer

- **Plan:** Contiene nombres de tipos de planes de mantenimiento preventivo.

plan	Type
cod_plan	integer
descripcion	long varchar
regimen	integer

- **Proveedores:** Esta tabla contiene datos de proveedores de Materiales y Repuestos para ejecutar los mantenimientos.

proveedor	Type
cod_prov	integer
nombre_prov	varchar(50)
direccion	varchar(50)
telefono	varchar(14)

- **Rec_mat:** Guarda la información de recursos materiales empleados en la ejecución de mantenimientos, tanto materiales como repuestos.

rec_mat	Type
cod_r_m	integer
desc_rec_m	varchar(50)
stock	numeric(8,2)
unidad	varchar(10)
costo_unit	numeric(8,2)
stock_min	numeric(8,2)
caracteristicas	long varchar
responsable	integer
tipo	integer
proveedor	integer
estado	integer
tiempo_req_pedido	integer

- **Reporte_fallas:** La tabla almacena datos de reportes de fallas en una unidad de mantenimiento.

reporte_fallas	Type
cod_equipo	integer
cod_av	integer
fecha	date
descripcion	long varchar
especialidad	integer
observaciones	long varchar
tiempo_parada_est	numeric(6,2)
reportado_por	integer
cod_rep_falla	integer

- **Tareas:** Contiene descripciones de tareas de mantenimiento a ejecutarse y que forman parte de un plan.

tareas	Type
cod_tarea	integer
desc_mant	long varchar
procedimiento	long varchar
tiempo_est	numeric(6,2)
tiempo_real	numeric(6,2)
cod_frecuencia	integer
prioridad	integer
cod_esp	integer
cod_plan	integer
parada	integer

- **Usuarios:** Esta tabla guarda información de usuarios que tengan permiso para acceder al sistema.

usuarios	Type
cod_usuario	integer
nombre	varchar(50)
contrasenia	varchar(10)
tipo	integer

- **Transacción:** En la tabla transacción se registra los ingresos y egresos de material a bodega.

transaccion	Type
cod_trans	integer
cod_r_m	integer
tipo	integer
fecha	date
cantidad	numeric(6,2)
costo_entrada	numeric(6,2)
costo_salida	numeric(6,2)
valor_total_trans	numeric(6,2)
cod_hist	integer
factura	varchar(15)
cod_prov	integer

5.2.5.2 Identificación de las asociaciones

- **Esp_asig_mant:** Esta tabla se genera por la necesidad de conocer cuantas personas de cierta especialidad se necesita para ejecutar un mantenimiento preventivo.

esp_asig_mant	Type
cod_esp	integer
cod_mant	integer
cantidad	integer

- **Jornada_labor:** La tabla jornada labor contiene información del calendario de labores programado para el personal de operación.

jornada_labor Type	
fecha	date
cod_per	integer
turno	integer

- **Mant_personal:** Esta tabla es el producto del personal empleado en la ejecución de mantenimientos.

mant_personal Type	
cod_per	integer
cod_hist	integer
tiempo_real	numeric(8,2)
costo_estimado	numeric(8,2)
costo_real	numeric(8,2)
tiempo_est	numeric(8,2)

- **Mant_rec_mat:** Contiene información de recursos materiales requeridos a mantenimientos preventivos.

mant_rec_mat Type	
cod_mant	integer
cod_r_m	integer
cantidad_salida	integer

- **Equipos:** El equipo pertenece a una y sólo una sección o área.
- **Partes:** La tabla partes contiene un campo que identifica a que equipo pertenece.

- **Mantenimiento:** Cada mantenimiento se ejecuta en una parte y tiene una sola descripción.
- **Tareas:** Cada tarea está determinada por una frecuencia, especialidad, y pertenece a un solo plan.
- **Historial:** Es el registro de cada mantenimiento efectuado en una unidad de mantenimiento, por ello está definido por una orden de trabajo, un código de mantenimiento y si fuere el caso, un número del reporte de falla.

historial	Type
cod_otm	varchar(6)
tiempo_real	numeric(8,2)
cod_hist	integer
fecha_ejec	date
cod_rep_falla	integer
cod_mant	integer
costo_mant_eje	numeric(8,2)
costo_estimado	numeric(8,2)
tiempo_estimado	numeric(8,2)
fecha_programada	date

- **Transacción:** La tabla recursos materiales puede generar muchas transacciones tanto de entrada como de salida, y una transacción se debe únicamente a un recurso material.

5.2.6 INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO

Para el diseño de la interfaz gráfica se ha empleado inicialmente Sybase Power Builder 6.5 porque la Empresa cuenta con licencia para uso del software además de brindar todas las facilidades para crear un ambiente sencillo y

práctico. El resultado de la codificación del Sistema en Power Builder 6.5 son los formularios de ingreso, consulta, reportes, mensajes de error, etc. Que se detallan a profundidad en el Manual del Sistema. Para concluir se ha visto necesario migrar la información a Power Builder 9.0, para aprovechar sus herramientas; consecuentemente se emplea Sybase SQL anywhere 9.0 para la base de datos.

5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para la implementación del sistema de Mantenimiento se ha elaborado un plan de mantenimiento general los equipos de generación que contiene toda la información de los mantenimientos programados. Entre los parámetros principales de los mantenimientos tenemos: Descripción de la tarea, parte del equipo en el que se ejecuta, última fecha de ejecución, frecuencia de ejecución, especialidad de la mano de obra requerida y la información de los materiales requeridos en los mantenimientos programados. El tiempo estimado para cada mantenimiento se ha establecido sobre la base de la experiencia del personal dado que no se cuenta con registros antecedentes de los mantenimientos efectuados. Se ha recopilado además una lista de posibles averías a presentarse en los equipos de la Microcentral, para que al momento que se presente una falla en algún equipo se pueda obtener una posible solución.

5.4 PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO

PREVENTIVO

Las pruebas se realizaron en la Microcentral Hidroeléctrica Península, con el fin de asegurar el buen funcionamiento del sistema, por un lapso de tiempo de 45 días, donde se actualizaron todos los datos de acuerdo a las necesidades de la Microcentral. El sistema ha sido implementado en su totalidad.

CONCLUSIONES

- Se ha diseñado y desarrollado el Sistema de Control para el Mantenimiento Preventivo de la Micro Central Península acorde las necesidades de la Microcentral Hidráulica “Península”.
- Se han elaborado guías de mantenimiento preventivo para los grupos generadores de la Micro Central Península.
- El sistema permite dar un seguimiento a los mantenimientos de los equipos, es decir guarda el historial actividades ejecutadas en los equipos, con su respectiva fecha, recursos consumidos.
- Se ha elaborado y registrado en el sistema el plan de mantenimiento preventivo para los grupos generadores de la Micro central Península.
- El diagnóstico de fallas se ha efectuado en base a información bibliográfica y de campo dado que no se dispone de datos históricos de las fallas presentadas en los equipos.
- El sistema de Mantenimiento Preventivo es una herramienta que permite incrementar la vida útil de los equipos, ya que permite controlar la ejecución de planes de mantenimiento preventivo para evitar las paradas inesperadas e incurrir en gastos de mantenimiento correctivo y gastos por dejar de producir.
- El interés fundamental de el presente trabajo es que sirva de apoyo en la automatización de procesos de las empresas del medio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear el presente trabajo como referencia para la elaboración de Sistemas de Mantenimientos en Empresas de similares características.
- Se recomienda emplear las guías como base para la estandarización y efectuar cambios acorde se presenten las necesidades.
- Los resultados que genere el Sistema de Mantenimiento depende en gran medida, de que tan ajustada a la realidad esté la información de entrada, motivo por el cual se recomienda delegar el ingreso de la información a personal cuyas atribuciones sea el análisis de los procesos empleados para la ejecución del mantenimiento, logrando con esto mejorar la estimación de costos y tiempos en la ejecución de mantenimientos.
- Se recomienda hacer una retroalimentación del plan elaborado, partiendo de un análisis de los resultados obtenidos durante el primer año.
- En la Industria Eléctrica los gastos por dejar de producir son inclusive mayores que los gastos por mantenimiento correctivo, por ello se recomienda utilizar el sistema como herramienta para mejorar el control de dichos gastos.
- No caer en el error de considerar a la creación del Manual de Mantenimiento como un fin, al contrario considerarlo sólo como un medio para mejorar continuamente esta función en la empresa y hacerla cada día más competitiva.
- Se recomienda basarse en el manual de usuario para manipular el Sistema de Mantenimiento Preventivo.

GLOSARIO DE TERMINOS

- **Embalamiento:** Si se permite que el rodete de una turbina gire libremente sin carga y con los alabes giratorios totalmente abiertos, adquirirá un exceso de velocidad hasta un valor que se denomina velocidad de embalamiento; éste valor con carga normal varía desde 170% de la velocidad normal dependiendo de la velocidad específica y el empuje axial soportado por el cojinete del generador.
- **Estanqueidad:** Es la cualidad que asegura que el agua no salga al exterior de la válvula y garantice el rendimiento máximo de la turbina. Se debe evitar por todos los medios fugas de agua al exterior de la válvula, esto puede inundar la casa de máquinas.
- **Desequilibrios estáticos y dinámicos:** Conviene tener muy clara la diferencia entre ambos desequilibrios, dado que puede existir uno de ellos, ambos o ninguno, cada uno con sus características específicas, tanto de causas como de consecuencias y soluciones.
- **Desequilibrio estático (balanceo):** El desequilibrio estático es aquel que podemos encontrar colocando el rotor en unas paralelas y dejándolo que gire por si mismo hasta que se para. La parte mas pesada del conjunto del rotor quedará en la parte baja y la menos pesada en la parte alta del rotor. Si un rotor tuviera tan solo

desequilibrio estático, es decir que el desequilibrio está distribuido en toda su longitud y en un mismo ángulo, el comportamiento en el momento de girar será: el eje de giro y el de inercia se separan, en paralelo, una distancia que depende de la fuerza generada por el desequilibrio.

Para eliminar (compensar) el desequilibrio estático puede colocarse una masa en cada lado del eje (en sentido longitudinal) y en sentido contrario al desequilibrio, o bien una masa en el centro del rotor de un valor igual a la suma del desequilibrio estático. Este es, por ejemplo, el sistema usado en el equilibrado de ruedas-llantas en automóviles.

- **Desequilibrio dinámico (alineación):** El desequilibrio dinámico es aquel que aparece tan sólo cuando el rotor está en funcionamiento, en rotación. Por lo tanto, es imprescindible colocar el rotor en una máquina equilibradora o bien realizar la medición funcionando "en sitio", mediante equipos adecuados.

Debemos tener presente que un rotor que está equilibrado estáticamente puede tener un desequilibrio dinámico muy grande y por tanto provocar vibraciones, es por ello que los equipos de medición de calidad deben presentar al equilibrador, además del desequilibrio estático, el desequilibrio de cada lado o dinámico para que el usuario pueda determinar el tipo de equilibrado que conviene.

- **Desequilibrio de ejes y vibraciones:** Como un rotor esté alojado en soportes de rodamientos, transmitirá la vibración provocada por su desequilibrio a través de éstos al conjunto máquina que lo soporta. Por lo tanto, un equilibrado estático no siempre es suficiente para un rotor y que el mayor número de ocasiones debemos equilibrar también dinámicamente, es decir en dos planos, que además incluye el estático.

Por desgracia, la experiencia dice que en la generación de las vibraciones en máquinas existen otros problemas, además del equilibrado: elasticidad, dilatación, resonancia, flexión, etc., como grandes factores causantes de vibraciones en las máquinas.

- **Baterías:** Una batería es un dispositivo electroquímico, que permite almacenar energía en forma química. Una vez cargada, cuando se conecta a un circuito eléctrico, la energía química se transforma en energía eléctrica, revertiendo el proceso químico de carga. La mayoría de las baterías son similares en su construcción y están compuestas por un determinado número de celdas electroquímicas. El voltaje o tensión de la batería vendrá dada por el número de celdas que posea, siendo el voltaje de cada celda de 2 V.

Tipos de baterías

- **Baterías no recargables:** Son Conocidas como PILAS, dado que la reacción química que se produce durante su uso es IRREVERSIBLE. Su vida dura lo que tarde en descargarse, y no son susceptibles de Mantenimiento.
- **Baterías Recargables – Acumuladores:** Salvo las de pequeño tamaño, prácticamente todas las baterías recargables son del tipo plomo-ácido. Muy pocas son de otros tipos por su elevado costo.
- **Batería acumuladora de plomo ácido:** En una carcasa colocan unas placas de plomo. Entre ellas hay una disolución de ácido sulfúrico y agua (**electrolito**). En la operación de carga, sobre las placas de plomo, conectadas al polo positivo, se forma sulfato de plomo. Este conjunto, una vez cargado, es capaz de proporcionar corriente hasta que dicho sulfato de plomo se descomponga. Durante el funcionamiento se elimina agua, que hay que reponer de cuando en cuando, cuidando su nivel siempre.
- **Cavitación:** Cavitación es el fenómeno de formación de vapor que se produce cuando un líquido fluye por regiones donde, a causa de la alta velocidad de flujo, la presión estática absoluta es menor que la presión del vapor

correspondiente a la temperatura del líquido. En las turbinas de reacción, la cavitación suele ocurrir en las zonas de baja presión, como la parte convexa de los alabes y las partes laterales cercanas a la salida del rodete y al ingreso al tubo de aspiración. Los efectos de la cavitación se manifiestan en una variación del comportamiento de la turbina al disminuir la potencia, el caudal y la eficiencia, en la producción de ruidos y vibraciones y en la destrucción de la superficie de los alabes que originan altas presiones. También se manifiesta por efectos de corrosión debido al oxígeno de aire disuelto en el agua.

