

CAPÍTULO XVII. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ÍNDICE

1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1
1.1. ASPECTOS GENERALES A TENER EN CUENTA EN LA FASE DE PROYECTO.....	1
1.2. PLANOS CONFORME A OBRA.....	2
1.3. MANUAL DE OPERACIÓN Y CONTROL	2
1.4. MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	3
2. MANUAL DE OPERACIÓN Y CONTROL.....	4
2.1. GENERALIDADES	4
2.2. PLANTAS POTABILIZADORAS	6
2.2.1. <i>Manual de Operación y Control de la Planta Potabilizadora</i>	6
2.2.2. <i>Esquema del Manual de la Planta</i>	7
2.2.3. <i>Detalle de los Capítulos</i>	7
2.2.4. <i>Redacción del Manual</i>	16
2.2.5. <i>Revisiones del Manual</i>	17
2.3. TOMAS DE AGUA Y SISTEMAS DE ADUCCIÓN	17
2.3.1. <i>Manual de Operación Para Tomas de Agua y Sistemas de Aducción</i>	17
2.4. ESTACIONES DE BOMBEO	19
2.4.1. <i>Manual de Operación de la Estación de Bombeo</i>	19
2.5. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	21
2.5.1. <i>Manual de Operación del Sistema de Distribución</i>	21
3. MANUAL DE MANTENIMIENTO	22
3.1. GENERALIDADES	22
3.2. CONTENIDO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO	23
4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	25
4.1. INTRODUCCIÓN.....	25

4.2. PLANTAS POTABILIZADORAS	26
4.2.1. <i>Inventario Técnico de las Unidades de la Planta</i>	26
4.2.2. <i>Agrupación de los Equipos, Estructuras y Unidades de Tratamiento</i>	33
4.2.3. <i>Normas de Mantenimiento</i>	33
4.2.4. <i>Programación</i>	33
4.3. TOMAS DE AGUA Y SISTEMAS DE ADUCCIÓN	34
4.4. ESTACIONES DE BOMBEO	34
4.5. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO	38
4.6. ACCIONES DE MANTENIMIENTO	39
4.6.1. <i>Mantenimiento de Automotores</i>	40
4.6.2. <i>Mantenimiento de Plantas Eléctricas</i>	40
4.6.3. <i>Mantenimiento de Medidores</i>	40
4.6.4. <i>Mantenimiento de Obras Civiles</i>	41
4.7. RECURSOS	44
4.7.1. <i>Personal</i>	44
4.7.2. <i>Selección del Personal</i>	45
4.7.3. <i>Entrenamiento de Personal</i>	45
4.7.4. <i>Herramientas, Instrumentos de Medida y Elementos Generales de Mantenimiento</i>	46
4.7.5. <i>Taller</i>	46
4.7.6. <i>Contratos</i>	47
4.8. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL PROGRAMA	48
4.9. CONTROL DEL PROGRAMA	48
4.9.1. <i>Los Informes de Labores de Mantenimiento</i>	48
4.10. ESTADÍSTICAS	48
4.10.1. <i>Archivos</i>	49
5. SISTEMA DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA	51
5.1. <i>INFORMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN Y COMPRAS. DESARROLLO DE UN PROGRAMA TÍPICO DE MANTENIMIENTO</i>	51
5.2. <i>IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA</i>	52
5.3. <i>MÓDULO BÁSICO DE EQUIPOS</i>	53
5.4. <i>MÓDULO CORRECTIVO-PREVENTIVO</i>	54
5.5. <i>MÓDULO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO</i>	57
5.6. <i>MÓDULO DE LUBRICACIÓN</i>	58
5.7. <i>MÓDULO PREVENTIVO DE PUESTA EN MARCHA</i>	60
5.8. <i>MODULO DE GESTIÓN DE ALMACÉN Y COMPRAS</i>	60
6. FORMULARIOS	62
7. BIBLIOGRAFIA	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

FORMULARIOS

Formulario tipo 1. Programa de mantenimiento preventivo – Ficha de inventario	62
Formulario tipo 2. Programa de mantenimiento – Orden de trabajo n°	63
Formulario tipo 3. Sección mantenimiento preventivo	64
Formulario tipo 4. Calendario de mantenimiento y de instalación de equipos	64
Formulario tipo 5. Sección mantenimiento preventivo – Unidades especiales	65
Formulario tipo 6. Sección mantenimiento preventivo – Medidores	65
Formulario tipo 7. Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de bombas	66
Formulario tipo 8. Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de motores eléctricos	67
Formulario tipo 9. Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de generadores	68
Formulario tipo 10. Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de motores diesel	69

1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1.1. ASPECTOS GENERALES A TENER EN CUENTA EN LA FASE DE PROYECTO

El proyectista deberá tomar en cuenta, en la ejecución del proyecto, todos aquellos aspectos que faciliten la operación y mantenimiento del sistema de suministro de agua potable.

a) En redes distribuidoras, se deben atender, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Establecer en los pliegos de licitación la obligación del Contratista de entregar planos de detalle, indicando el trazado real de las cañerías y su distancia a la línea municipal o ejes de calles, material, diámetro, tapada, ubicación de válvulas, hidrantes y válvulas de aire y cámaras de desagüe, etc. y toda otra documentación, información y forma de soporte coherente con el sistema de catastro de redes previsto.
- Definir el equipamiento mínimo necesario para el mantenimiento de las redes distribuidoras. Este equipamiento deberá encontrarse disponible para el momento de la habilitación de la obra.

b) En estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras, se deben atender, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Espacio suficiente para ingresar los equipos en los locales, montarlos y desmontarlos (aberturas en paredes, pisos y techos, dimensiones en planta y altura de los locales, etc.), distancia de los equipos a los muros y/u obstáculos más próximos.
- Acceso cómodo y seguro a los lugares donde se encuentran ubicados equipos, válvulas, instrumentos, etc.
- Iluminación adecuada y segura en los lugares de trabajo.
- Verificación de las condiciones de armado y desarmado de cañerías, válvulas y equipos, necesidad de juntas de desarme. Espacio entre piezas y de éstas a la pared más cercana para ubicar las herramientas necesarias y los operarios.
- Diseño y ventilación adecuada de salas de cloración.
- Condiciones de higiene y seguridad industrial acorde con las tareas que debe desarrollar el personal y las reglamentaciones pertinentes. Revestimientos antideslizantes en escaleras y veredas perimetrales de unidades bajo nivel, ventilación forzada en locales de cloración, cañerías y obstáculos ubicados por arriba de 2,00 m respecto del nivel de piso, cubiertas para bombas.
- En las Estaciones de Bombeo, equipos de bombeo de reserva, listos para funcionar en caso de fallas o mantenimiento.
- En el pliego de condiciones se deben prever los repuestos para cada equipo electromecánico, para un período mínimo a establecer con el Operador, pero que en general no será inferior a dos años.

Además de los aspectos inherentes al proyecto en sí mismo, el proyectista deberá establecer en la documentación de licitación, la obligación de la confección y entrega, por parte del Contratista, de la siguientes documentación:

- Planos generales y de detalle de obras civiles e instalaciones electromecánicas, conforme a lo realmente ejecutado, en archivo magnético.
- Planos generales y de detalle, con corte y despieces, de los equipos electromecánicos, necesarios para la adecuada adquisición de partes de repuesto.

El proyectista deberá asimismo preparar la documentación técnica, necesaria y los borradores preliminares y establecer en la documentación la obligación de la confección y entrega por parte del Contratista de los siguientes manuales:

- Manual de Operación y Control del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en general y de cada uno de sus componentes en particular.
- Manual de Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento de Agua potable en general y de cada uno de sus componentes en particular.

1.2. PLANOS CONFORME A OBRA

- 1). Los planos conforme a obra se recomienda que se realicen en film de poliéster u otro material duradero, apto para copiado heliográfico y en archivos magnéticos. La documentación de licitación especificará la cantidad de copias en papel de los mismos que deberá presentar el Contratista.
- 2). La documentación de licitación deberá establecer la obligación para el Contratista de entregar copias preliminares de los planos conforme a obra, antes de la recepción provisional, procediéndose a su verificación y ajuste durante el período de garantía.
- 3). Deberán asimismo entregarse los planos conforme a Obra en formato CAD.

1.3. MANUAL DE OPERACIÓN Y CONTROL

El Manual de Operación y Control del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable se deberá desarrollar de acuerdo a los criterios definidos en el punto 2 de este Capítulo.

Se recomienda que la documentación de licitación especifique la obligación del Contratista de entregar el Manual de Operación del sistema de agua potable antes de la recepción provisional de las obras y de realizar los ajustes y agregados que correspondan en base a las diferencias u omisiones que se verifiquen durante el plazo de garantía. La versión corregida del Manual de Operación deberá ser entregada por el Contratista antes de la recepción definitiva. La documentación de licitación deberá especificar que, sin la aprobación de dicho manual por parte de la Inspección de Obra, no se procederá a la recepción definitiva de la obra.

1.4. MANUAL DE MANTENIMIENTO

El Manual de Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable se deberá desarrollar de acuerdo a los criterios definidos en el punto 3 del presente Capítulo.

La documentación de licitación se recomienda que especifique, para el Manual de Mantenimiento, las mismas obligaciones descriptas para el Manual de Operación.

2. MANUAL DE OPERACIÓN Y CONTROL

2.1. GENERALIDADES

Definición:

Un manual de operación puede definirse como un conjunto sistemático de normas, preceptos y procedimientos que indican las tareas que deben desarrollarse y la forma como ellas, aisladamente o en conjunto, han de ejecutarse, de tal manera que las unidades correspondientes realicen adecuadamente la función para la cual fueron diseñadas.

Objetivo:

El objetivo que se persigue con los manuales de operación es el de conseguir que los encargados de la operación dispongan de una guía ordenada que les permita conocer: qué deben hacer, cómo deben hacerlo y cuándo deben hacerlo, a fin de que: (1) se obtengan los resultados previstos; (2) las instalaciones y equipos se operen adecuadamente; y (3) se reduzca al mínimo el deterioro de los mismos.

Formas:

La operación y control de los sistemas de agua potable puede considerarse integrada por tres “procesos generales”.

- Producción
- Almacenamiento y Bombeo
- Distribución

Los procesos generales están formados por “componentes o fases” y estos, a su vez, por “operaciones básicas”.

Los componentes o fases pueden ser: captación, aducción, tratamiento del agua, almacenamiento y distribución.

Ejemplo de las operaciones básicas pueden ser el control del agua captada, la decantación, la cloración, etc.

Contenido:

El contenido de los manuales de operación, conviene estructurarlo de tal modo que se conforme a un modelo general adoptado por la empresa, dividido en cuatro partes:

- Aspectos generales.
- Procedimientos.
- Glosario.

- Apéndices.

Los aspectos generales deben incluir, una introducción, datos generales (tales como: objetivo, alcance y aprobación), datos técnicos con la información básica del sistema y la descripción de sus diversas instalaciones, organización (incluyendo la estructura orgánica del sector, su competencia y relaciones).

Cada uno de los procedimientos se debe presentar separadamente, describiendo las operaciones que deben realizarse. Deben incluirse los nombres y el código del procedimiento, el objetivo, las normas básicas que lo regulan, los requisitos que deben cumplir, la descripción en forma secuencial y detallada de cada una de las etapas y pasos a seguir, indicando los elementos que intervienen, la forma de ejecutar las operaciones, el momento de hacerlas, los registros, etc.

En estos procedimientos deben contemplarse aspectos como:

- Las actividades previas (o de preparación).
- La puesta en marcha de los equipos.
- La operación normal y su control.
- La operación para suspender el funcionamiento.
- Las emergencias.

También los procedimientos deben contener instrucciones especiales sobre aspectos como el manejo de materiales, los casos de accidentes, etc. Además, deben incluirse gráficos que muestren la secuencia de cada procedimiento y los formularios que se empleen.

En los apéndices se deben incluir los textos técnicos relativos a las operaciones descritas, que se consideren necesarios para el desarrollo adecuado de los procedimientos.

En general, los manuales de operación deben reunir las siguientes condiciones:

- Ser elaborados en base a las instrucciones del proyectista por personal que conozca suficientemente el tipo de unidades y tenga experiencia en la operación de las mismas o de instalaciones similares.
- Estar escritos en un lenguaje simple al alcance del personal que vaya a utilizarlos, teniendo en cuenta su preparación.
- Emplear la mayor cantidad posible de esquemas y dibujos que faciliten el conocimiento rápido de las descripciones y procedimientos incluidos.
- Contener todas las descripciones y todos los procedimientos necesarios para la adecuada operación de las instalaciones y equipos.
- Elaborarse con la flexibilidad necesaria para incorporarle oportunamente las variaciones que se requieran como consecuencia de las modificaciones que se hagan a las instalaciones y equipos.

Por otra parte, una vez elaborado el manual, es necesario:

- Distribuirlo oportunamente entre el personal que deba hacer uso del mismo.
- Instruir a los usuarios sobre su contenido y la forma de utilizarlo.
- Revisarlo y evaluarlo periódicamente.
- Adaptarlo oportunamente a las nuevas modalidades.
- Confrontar periódicamente su disponibilidad y empleo por parte del personal.

A manera de ejemplo se describe en detalle a continuación en el punto 2.2. como debe ordenarse y redactarse una manual de operación y control de una planta potabilizadora. Más adelante en los puntos 2.3 a 2.5 se dan indicaciones generales para otras instalaciones.

2.2. PLANTAS POTABILIZADORAS

2.2.1. Manual de Operación y Control de la Planta Potabilizadora

Definición y objetivos:

El manual de operación de la planta potabilizadora debe considerarse como un conjunto de descripciones e instrucciones, elaborado para exponer en forma adecuada todos los detalles y rutinas que se requieren para la debida operación de las instalaciones y equipos de la planta.

Sus objetivos principales son los siguientes:

- Dar al personal que interviene un conocimiento básico adecuado sobre las instalaciones y equipos que la constituyen y sobre los procesos que se desarrollan, y las alternativas de funcionamiento previstas.
- Normalizar la operación y los procesos.
- Disponer de una recopilación ordenada y sistemática de los datos referentes a la planta en general, sus estructuras, especificaciones, procesos, etc., que sirva de base para garantizar el funcionamiento adecuado de la misma, de acuerdo con la capacidad y condiciones de su diseño.

Usuarios del manual:

El manual de operación de la planta debe ir dirigido a todo el personal que interviene en el desarrollo de sus procesos. Concretamente ellos son:

- Los operadores, responsables de la ejecución de las actividades correspondientes.
- Los ayudantes del operador que colaboran con él en esas actividades.
- El personal de laboratorio que tiene a su cargo el control de calidad de los procesos.
- El ingeniero de operación que supervisa y coordina las labores de la planta.

Redacción:

El lenguaje utilizado en su redacción deber ser simple y claro, con un estilo y una terminología al alcance de los operadores y de sus ayudantes para quienes va dirigido en primer término y quienes le darán el mayor empleo.

2.2.2. Esquema del Manual de la Planta

Bases:

Como se indicó anteriormente al hacer referencia a los manuales de operación en general, su contenido debe establecerse siguiendo un esquema que esté de acuerdo con el tipo de tratamiento adoptado por la empresa.

Además, para el desarrollo de las diferentes partes, debe disponerse de los estudios y proyectos de la planta, de los catálogos e instructivos producidos por los fabricantes de los equipos empleados y de otros documentos que suministren las informaciones necesarias.

Estructura:

Como ejemplo sobre los capítulos que debe contener el manual de operación de una planta potabilizadora, se incluye a continuación un esquema elaborado tomando como base la forma propuesta en la Publicación PB-227 096 de la EPA. (R.L. Green – Environmental Protection Agency. El modelo se desarrolla en nueve capítulos además de los apéndices, según detalle a continuación:

Capítulo	Título
I	Introducción
II	Autorizaciones y normas
III	Descripción, operación y control de las instalaciones de la planta
IV	Personal
V	Pruebas de laboratorio
VI	Registros e informes
VII	Operación de emergencia
VIII	Servicios
IX	Sistema Eléctrico
	Apéndices

2.2.3. Detalle de los Capítulos

El contenido de cada uno de los capítulos enumerados puede ser, siguiendo pautas similares a las recomendadas por la EPA, los siguientes:

CAPITULO I – INTRODUCCION

- Índice del manual.
- Guía para su empleo.
- Responsabilidades de operación y de dirección.
- Requisitos del tratamiento.
- Descripción de la planta y esquemas de flujo.

Las principales consideraciones sobre estos ítems son:

Índice: Debe permitir a los operadores una consulta rápida y eficiente del manual, para lo cual debe incluir no sólo los capítulos, sino un número suficiente de subdivisiones.

Guía: Debe explicar la organización del manual y sus objetivos. Debe considerarse como un complemento del índice.

Responsabilidades: Deben definirse claramente las funciones y responsabilidades del personal directivo y del personal de operación.

Tipo de tratamiento: Debe indicarse en forma general el tipo de tratamiento y sus condiciones de diseño; por ejemplo: es una planta de filtración rápida capaz de tratar aguas hasta de 4000 ppm de turbiedad con el máximo flujo y con un sedimentador fuera de servicio.

Requisitos: Indicar las condiciones que debe cumplir el agua a la salida de la planta.

Descripción y esquemas: La descripción de la planta debe ser solamente de tipo general. Los detalles de las diferentes unidades se deben incluir en las secciones correspondientes. Su extensión no debe ser mayor de dos páginas. Debe incluirse un esquema general de flujos que indique las diferentes unidades, su nombre, sus interconexiones y sentidos de flujo y las alternativas de operación posibles.

CAPITULO II – AUTORIZACIONES Y NORMAS

- Autorización para los usos del agua
- Normas de calidad del agua producida.
- Procedimientos autorizados para disponer los desagües de la planta

Las principales consideraciones sobre estos aspectos son:

Autorización para el uso del agua: Debe indicarse el número o la referencia correspondientes a la disposición específica de las instituciones responsables, por la cual se autorizó el uso del agua que se va a tratar, el volumen permitido, las restricciones impuestas e incluso las referencias sobre normas legales de tipo general y sanitarias para los ribereños y usuarios. La copia de las disposiciones correspondientes debe incluirse en los apéndices al final del manual.

Normas de calidad del agua: Deben incluirse las normas vigentes en el país sobre calidad del agua de bebida y las normas adoptadas por la empresa.

Procedimientos para desagües: Indicar las condiciones establecidas en las disposiciones gubernamentales, específicas o de tipo general, para arrojar el agua proveniente de los desagües de los sedimentadores y del lavado de los filtros. Deben incluirse indicaciones sobre las autoridades a las cuales hay que dar aviso en caso de una falla en el procedimiento.

CAPITULO III – DESCRIPCION, OPERACIÓN Y CONTROL DE CADA UNA DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA.

Para cada instalación y/o proceso unitario debe incluirse:

- Descripción del proceso.
- Relaciones con las unidades adyacentes.
- Operación y control.
- Componentes principales.
- Problemas más comunes.
- Controles de laboratorio.
- Puesta en marcha.

Operaciones específicas:

- Operación normal.
- Operación alternativa.
- Operaciones de emergencia y dispositivos de seguridad.

Debe considerarse este Capítulo como el más importante del manual ya que contiene la descripción de las operaciones unitarias y de los procesos.

Debe servir como guía general, como consulta en emergencias, como base para el adiestramiento del nuevo personal, etc. Su propósito debe ser ayudar al lector a entender los planos, las finalidades y las funciones de la planta. Además, debe establecer los conceptos sobre la operación y control de los procesos.

Instalaciones: Como ejemplo, para el caso de Planta de Filtración Rápida, la descripción y los detalles deben referirse por separado a cada una de las siguientes instalaciones y procesos:

- Medición del agua cruda que ingresa a la planta.
- Pretratamiento (desarenadores).
- Floculación mezcla rápida e inyección de coagulantes y otros productos químicos.
- Sedimentación.

- Filtración.
- Desinfección.
- Ajuste de pH.
- Almacenamiento.
- Medición del agua suministrada.

Algunos detalles sobre los aspectos que deben contemplarse en ellas son:

Descripción: Se deben describir las unidades principales y el proceso correspondiente en forma breve y clara, incluyendo esquemas. Debe indicarse el flujo del agua a través de ellas y la eficiencia del proceso previsto.

Relaciones con unidades adyacentes: Debe indicarse el papel que las unidades adyacentes (anterior y posterior) desempeñan en el desarrollo del proceso que se describe, incluyendo el tipo de aquellas y la función que cumplen en relación con la misma.

Operación y control: Con el fin de comparar el sistema de tratamiento que se está describiendo con otros diferentes que desarrollen la misma función, deben indicarse las relaciones que tenga éste con los convencionales o con el mismo modificado o con otros similares.

En relación con los controles, deben enumerarse y discutirse las técnicas para el control de cada una, por ejemplo, la dosificación, etc.

Componentes principales: Deben describirse los principales componentes y equipos que intervienen en el proceso y la forma como se combinan para obtener el resultado.

Problemas: Debe incluirse un listado de los problemas que se presentan más frecuentemente con las unidades y con el proceso. Hacer un análisis de ellos, indicar sus causas y los métodos y formas para prevenirlos.

Controles de laboratorio: Se deben incluir un listado de las pruebas de laboratorio que deben hacerse para evaluar y controlar la eficiencia del proceso. Además, deben incluirse los rangos dentro de los cuales deben encontrarse los resultados. También es necesario analizar las relaciones que existan entre estos resultados y la operación del proceso.

Iniciación: Se debe incluir la enumeración y descripción de los diferentes pasos que deben darse para poner en marcha el proceso y la manera de controlar su desarrollo hasta lograr el funcionamiento normal. Indicar también las inspecciones y ajustes que deben hacerse previamente.

Operaciones específicas:

Operación normal: Debe iniciarse la forma prevista en el diseño para la operación de cada proceso. Hay que incluir aspectos como la situación de las válvulas, las cargas de flujo sobre las unidades, las velocidades de rotación de los equipos, etc. Es de gran importancia presentar esquemas de esta parte.

Operaciones alternativas: Debe incluirse información sobre la flexibilidad de la operación. Se deben listar los modos alternativos de operar el proceso, hacer un análisis de ellos, indicar la conveniencia del uso e incluir los esquemas que muestren el desarrollo de las alternativas.

Operaciones de emergencia: Debe referirse a casos de emergencia que pueden presentarse separadamente en un proceso, no en toda la planta. Deben enumerarse las posibles condiciones de emergencia y la manera de operar en esos casos.

Debe incluirse también un listado de los dispositivos de seguridad de que dispone la unidad y la manera en que operen.

CAPITULO IV – PERSONAL

Las principales consideraciones son:

Requerimientos: Debe incluirse un listado de los diferentes cargos que se necesitan en la planta, las funciones correspondientes a cada uno y el número de personas necesario.

Calificación: Para cada cargo debe indicarse el grado de adiestramiento requerido, la experiencia, las habilidades y si necesita certificación, el tipo de certificado.

Certificación: Si existen disposiciones legales o de la empresa sobre la certificación del personal, deben incluirse y aclararse la forma como se aplican en el caso de la planta, la manera de obtener la certificación, etc.

CAPITULO V – PRUEBAS DE LABORATORIO

Las principales consideraciones son:

Propósito: En esta sección, debe mostrarse al personal la importancia de las pruebas de laboratorio en el tratamiento y el papel que cumplen en el control de los procesos. También debe hacerse ver que ellas constituyen un registro del tratamiento y son una gran ayuda en la prevención y análisis de los problemas de la planta.

Muestreo: Se debe establecer una definición de muestra y su clasificación en simples y compuestas. Incluir recomendaciones para la toma de las muestras, los sitios donde se deben tomar normalmente y el programa correspondiente.

Referencias: Debe incluirse una lista de manuales y publicaciones referentes al proceso del laboratorio, tales como los “Standard Methods” de la AWWA, etc.

Interpretación de las pruebas: Se definen cada una de las pruebas y su aplicación general. Por ejemplo: “Cloro residual” es el cloro que permanece en el agua al final de un período de contacto especificado. Los resultados deben expresar en mg/l y se utilizan para determinar si los objetivos de la cloración se han alcanzado.

Formularios: Se deben incluir los formatos de los formularios que deben usarse en el laboratorio y hacer análisis sobre los registros que conviene llevar en él.

CAPITULO VI – REGISTROS E INFORMES

Las consideraciones principales son:

- Resumen diario de operación.
- Registros de laboratorio.
- Informe mensual.
- Costos de operación.
- Registros de personal.
- Registros de emergencias.

Resumen diario: Deben incluirse aquí dos formatos: (1) el que lleva el operador hora por hora, y (2) el que resume los datos del día. Además, deben darse las explicaciones de sus casillas y la manera de llenarlas y calcularlas.

Registro de laboratorio: Deben indicarse las hojas de trabajo y el resumen diario, así como las correspondientes instrucciones.

Informes mensuales y anuales: Se debe explicar la manera de producirlos y los formatos que se emplean. Además, las fechas límites para entregarlos y las personas responsables por su preparación.

Costos: Debe indicarse la manera de presentar este informe, la forma de clasificar los costos en varios ítems y los valores unitarios. Se presentará el formato y los instructivos para llenarlo.

Registros de personal: Se debe explicar la manera de producir mensualmente informes referentes a aspectos de personal tales como entrenamiento, ausencias, etc.

Registros de emergencias: Se debe explicar la manera de llevar un registro sistemático de estos problemas y los formatos para los informes.

CAPITULO VII – OPERACIONES EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Se deben incluir los tipos de emergencia previstos y analizar los siguientes aspectos:

- Objetivos.
- Análisis de vulnerabilidad.
- Métodos para reducir la vulnerabilidad.
- Convenios de ayuda mutua.
- Inventario de los equipos de emergencia.
- Protección de los registros de la planta.
- Coordinación con la policía y el cuerpo de bomberos.

- Responsabilidades del personal de la planta.
- Centro de emergencias.
- Personal auxiliar para emergencias.
- Programas.

Las consideraciones más importantes sobre estos puntos son:

Objetivos: Deben enumerarse. Se considera que los principales de ellos se refieren a:

(1) eliminación o reducción a un mínimo de los efectos adversos de una emergencia sobre la planta, (2) desarrollo de procesos para conseguir una respuesta adecuada a las emergencias, (3) instruir al personal para garantizar que es consciente de sus responsabilidades en casos de emergencia, y (4) disponer de un inventario de los equipos de emergencia y de los convenios de ayuda mutua.

Análisis de vulnerabilidad: Debe considerarse este análisis como una estimación del grado de los efectos adversos que pueden producirse en las funciones de la planta, cuando se presentan situaciones de emergencia. El procedimiento para hacer el análisis consiste básicamente en: (1) hacer un listado de los componentes de la planta, (2) seleccionar las emergencias que deben considerarse, (3) estimar los efectos de ellas en cada uno de los componentes, (4) hacer una estimación de la posibilidad que tienen las instalaciones de la planta de desarrollar sus funciones durante las emergencias consideradas, y (5) para casos de fallas de la planta, identificar los componentes claves responsables de las mismas.

En este texto (1) los resultados del análisis, (2) una discusión de los mismos, y (3) la lista de los componentes más vulnerables de la planta.

Métodos para reducir la vulnerabilidad: El manual debe contener una discusión sobre estos métodos. En ellos deben contemplarse medidas tales como: optimización de los programas de mantenimiento, duplicación y separación de instalaciones vitales, reducción al mínimo de la dependencia de fuentes de energía y de bombas, provisión de más de una fuente de energía y/o de una línea de transmisión, adiestramientos del personal para emergencias, etc.

Convenios de ayuda mutua: Debe incluirse un listado de las entidades con las cuales se hayan hecho convenios de ayuda en caso de emergencias. Ellas pueden ser: empresas eléctricas, de gas y de teléfonos, cuerpo de bomberos, departamentos de policía, organizaciones de defensa civil, empresas prestadoras de servicio de agua potable en ciudades cercanas, etc.

Inventario de los equipos de emergencia: Debe incluirse un inventario de los equipos de emergencia que están disponibles en la planta. Incluir las especificaciones de los mismos y su aplicación, también debe indicarse si se trata de un duplicado o de repuestos.

Protección de los registros de la planta: Recomendar un programa para estos aspectos, sobre todo en relación con los registros, planos e inventarios más importantes. Deben contemplarse aspectos tales como disponer de planos en los vehículos de mantenimientos, etc.

Coordinación con la policía y el cuerpo de bomberos: Deben incluirse las instrucciones necesarias para coordinar el programa de emergencias con la policía y los bomberos, contemplando cosas tales como revisiones periódicas de las instalaciones y equipos desde el punto de vista de la seguridad y de las posibilidades de incendio.

Responsabilidades del personal: Deben definirse las responsabilidades del personal en caso de emergencias. Se deben establecer las responsabilidades en emergencias para cada trabajador de la planta, indicando la situación de emergencia y las funciones que le corresponden a él.

Centro de emergencias: Debe establecerse la ubicación de un sitio donde funcione un centro para emergencias provisto de alarmas, listas de teléfonos de emergencia, plano, etc. Además, debe asignarse a ese centro un responsable y una cuadrilla. El manual debe incluir los procedimientos para el funcionamiento del centro.

Personal auxiliar: El manual debe establecer, basándose en los resultados del análisis de vulnerabilidad, las necesidades de personal auxiliar para emergencias, indicando de qué dependencia de la empresa se toma, el adiestramiento que debe tener, la manera de hacerlo y los procedimientos para avisarle en caso de emergencia.

Programa: Debe incluirse en forma de listado un resumen del proceso para la programación de emergencias, indicando todos los pasos que deben seguirse.

CAPITULO VIII – SERVICIOS

Las principales consideraciones sobre este capítulo son las siguientes:

Aspectos generales: Con el fin de lograr la máxima confiabilidad en los servicios de la planta, el manual debe incluir aquí, nombres de las compañías que prestan los servicios, los nombres de las personas con quienes debe hacerse contacto en cada una de ellas, en forma rutinaria. Lo mismo para casos de emergencia. Debe, además agregarse un análisis o discusión sobre la confiabilidad de esos servicios y también una información sobre el costo de los mismos.

Electricidad: Deben darse datos del voltaje de alta tensión adyacente a la planta y del que entra a ella. Debe hacerse una discusión sobre la confiabilidad del servicio, basada en estadísticas y en conversaciones con el personal de la empresa.

Teléfonos: Describir el sistema de comunicaciones e incluir un diagrama. Además, indicar el sistema de alarmas que emplea los cables telefónicos.

Gas: Describir los servicios. Dar los consumos por hora y la presión de operación.

Agua: Describir el sistema de abastecimiento de agua para el consumo de la planta. Indicar los hidrantes.

CAPITULO IX – SISTEMA ELECTRICO

Las consideraciones principales sobre estos puntos son:

Aspectos generales: Debe describirse el sistema eléctrico de la planta, empleando esquemas, diagramas y tablas. Además, debe incluirse un índice de los planos de los contratistas y de los fabricantes, de los catálogos y de la literatura que ellos hayan suministrado. También, cualquier información de tipo general que sirva para entender el sistema.

Fuente de energía: Se debe dar el nombre de la empresa que la suministra, así como el voltaje e indicar si las líneas son aéreas o subterráneas. Hacer una descripción de la estación de transformación (propiedad, voltajes, fases, conexiones, capacidad, etc.). Incluir su localización y los servicios de protección.

Distribución: Se debe hacer con diagramas una descripción del sistema, incluyendo informaciones como las siguientes: (1) detalles del equipo de entrada, (2) detalles de tableros, centros de control de motores, así como de otros componentes principales, y (3) referencias sobre catálogos, planos, etc., para cada componente.

Sistema de control: Se deben describir los tipos de controles, su ubicación, Incluir diagramas e indicar los procesos que involucra.

Fuentes alternativas: Detallarlas lo mismo que se hizo con la fuente principal. Si además incluyen otro sistema de distribución, éste debe describirse aquí.

APENDICES

Aquí debe colocarse toda información adicional que no convenga insertar en el texto del manual. Algunos ítems que se sugiere incluir son:

- Esquemas.
- Válvulas – índice.
- Formatos.
- Sustancias químicas.
- Programa de operación en emergencias.
- Criterios de diseño.
- Proveedores de equipos.
- Planos-registros de obra – índice.
- Fotos de la construcción (índice).
- Garantías de equipos.
- Disposiciones legales sobre derivación y uso del agua, así como sobre desagües.
- Códigos de colores para las tuberías.
- Referencias.

2.2.4. Redacción del Manual

Oportunidades: La redacción del manual de operación de una planta de tratamiento puede hacerse en uno de dos momentos: (1) como borrador durante el proceso de diseño del proyecto, y (2) como manual definitivo durante puesta en marcha y la operación. En general se exigirá al proyectista que entregue el contenido mínimo del manual y la metodología de preparación, coherente con lo descrito más arriba, para que el Contratista siga sus instrucciones, prepare en detalle, corrija oportunamente el contenido, adaptándolo a las variaciones que fueron introducidas al proyecto durante la construcción y haciéndole además, los ajustes que se consideren necesarios.

Cuando no haya sido eventualmente elaborado en el diseño el manual no haya sido eventualmente elaborado en el diseño y se elabora durante la operación, se trata de llenar un vacío dejado por el proyectista.

La importancia que tiene el manual para el buen funcionamiento de la planta hace que se considere un deber del operador: (1) buscar la oportunidad de insistir, cuando se elaboran los pliegos de licitación, en la necesidad de que hay que incluir en ellos, tanto la obligación del proyectista de entregar junto con el proyecto, las especificaciones del contenido y las estipulaciones para producir el Manual de Operación, y (2) cuando se encargue de la operación de una planta que no disponga de manual, considerar como actividad inicial y prioritaria la elaboración del mismo.

Procedimiento: Cuando el manual se produzca durante la etapa de ejecución de las obras, es recomendable que: (1) la elaboración del mismo quede a cargo de un ingeniero de proyecto, familiarizado con estos aspectos, y (2) ese ingeniero de diseño reciba la colaboración de los proyectistas y trabaje en combinación con un experto en la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento.

De todos modos, es indispensable previamente hacer llegar la mayor cantidad de informaciones sobre el proyecto y los equipos, disponiendo para estos de los catálogos y literatura técnica que suministren los fabricantes.

Vigencia: El manual de operación que entregue el Contratista tiene forzosamente carácter de preliminar y requiere experimentarse. La primera oportunidad para esto la constituye la fase de puesta en marcha, en ella se comprueba, en gran parte, lo correcto de sus recomendaciones y se descubren oportunamente los aspectos que no se trataron. Como consecuencia, el ingeniero de operación debe corregirlo y complementarlo, lográndose así, un manual tentativo. Este carácter de tentativo debe mantenerse por un período prudencial, no inferior a dos años, al cabo de los cuales con las correcciones a que haya lugar, puede considerarse como definitivo. A partir de este momento, el manual queda sometido a un proceso rutinario de revisiones, de tal manera que cada vez se perfeccione más.

Para que este proceso tenga vigencia, es indispensable que al producir el manual se le dé una forma suficientemente flexible que permita introducirle las modificaciones y complementarlo si es necesario.

En el caso de que el manual sea elaborado durante la operación, su vigencia será similar. Primero se mantendrá en observación por un corto período, durante el cual la operación normal será sometida a una experimentación y se producirán, de ser posible, operaciones especiales, de tal manera que se puedan introducir debidamente experimentadas, las

modificaciones y complementos. Después de esto, podrá difundirse como tentativo, siguiendo un proceso análogo al citado para el manual que se produce durante el diseño.

Se ve entonces, que para que los manuales de operación tengan vigencia permanente, deben ser dinámicos, es decir, mantenerse en continua revisión.

2.2.5. Revisiones del Manual

Casos: El manual de operación de una planta de tratamiento requiere revisarse en los siguientes casos: (1) rutinariamente, en forma periódica, de tal manera que se mantenga actualizado, (2) cuando se hace una ampliación de la planta, (3) cuando se optimizan sus unidades, y (4) cuando se amplía y al mismo tiempo se optimiza la planta.

Procedimiento: La revisión del manual puede consistir en: corregir sus capítulos, adicionarles algunos puntos, introducir nuevos capítulos o hacer varios de estos trabajos al mismo tiempo. Dependiendo de las circunstancias, se hacen unas u otras cosas.

Periódicamente es necesario proceder a una revisión del manual, consistente en cambiarle aquellos puntos que la experiencia haya encontrado inconvenientes. También deben agregarse otros que se consideren necesarios y que se omitieron en las ediciones anteriores. Un método para sistematizar el proceso de las revisiones consiste en llevar un libro, donde se vayan anotando las variantes que deben introducirse, tan pronto como se detecten y luego, cada seis meses, por ejemplo hacer la incorporación al texto del manual. En lugar del libro puede utilizarse una carpeta, de tal manera que cuando se encuentre necesaria una variante, se produzca una hoja que se archiva en ella, numerándola en orden cronológico.

Es conveniente emplear para el manual un formato de hojas cambiables que facilite agregar o variar partes del mismo. Este sistema permite hacer correcciones en un párrafo, cambiar todo un capítulo o agregar otros párrafos u otros capítulos inmediatamente se detecte la necesidad de modificación, en base a cambiar hojas. Es conveniente que cada una de las hojas del manual lleven la fecha de la edición.

Cuando se hace una ampliación de la planta, puede ser necesario revisar todos los capítulos o, según el caso, solamente agregarle uno o unos nuevos. En cambio, cuando se optimiza la planta, es necesario hacer una revisión total del contenido.

Para los casos, tanto de ampliación como de optimización, el ingeniero de operación debe insistir en que: (1) el proyectista haga la revisión del manual y le introduzca los nuevos capítulos, y (2) para hacerlo, se asesore del ingeniero de operación y/o de otro profesional experimentado.

2.3. TOMAS DE AGUA Y SISTEMAS DE ADUCCIÓN

2.3.1. Manual de Operación Para Tomas de Agua y Sistemas de Aducción

La estructura y contenido será similar al manual de la planta potabilizadora

Debe incluir:

a) Índice y Guía.

- Índice del manual.
- Guía para su empleo.
- Responsabilidades de operación y dirección.

b) Operación y control.

Descripción y características propias de la fuente de agua utilizada

1). Superficial.

- Caudales de escurrimiento, máximos y mínimos, variación en el año, régimen permanente.
- Temperaturas extremas, máximas y mínimas, congelamiento.
- Arrastre de minerales. Aluvionales.
- Formación de algas.
- Análisis físico, químico y bacteriológico.

2). Subterránea.

- Características del acuífero.
- Perfil hidrogeológico de la perforación.
- Ensayos de rendimiento y recuperación de recepción.
- Análisis físico, químico y bacteriológico.
- Descripción y funcionamiento del sistema de toma y aducción.
- Esquema de funcionamiento.
- Lista y características de equipos (rejas, tamices, electrobombas, tableros eléctricos, etc.).
- Operación y control.
- Problemas más comunes.
- Puesta en marcha.

c). Registros e Informes.

- Resumen diario de operación.
- Registros de laboratorio.
- Informe mensual.
- Costos de operación.

- Registros de personal.
- Registros de emergencias.

d). Sistema Eléctrico.

- Descripción del sistema eléctrico.
- Características de la fuente de energía.
- Diagrama de distribución del sistema eléctrico.
- Diagramas unifilares y de comando de los tableros eléctricos.
- Descripción del sistema de control y alarmas.
- Automatismo.
- Fuentes alternativas previstas.

2.4. ESTACIONES DE BOMBEO

2.4.1. *Manual de Operación de la Estación de Bombeo*

Debe contener una estructura y contenido similar al manual de la planta potabilizadora.

Específicamente se deben incluir en este caso:

a). Índice y Guía.

- Índice del manual.
- Guía para su empleo.
- Responsabilidades de operación y de dirección.

b). Operación y Control.

- Descripción de la Estación elevadora.
- Esquemas de funcionamiento.
- Operación y control.
- Componentes principales.
- Problemas más comunes.
- Puesta en marcha.

c). Registros e Informes.

- Resumen diario de operación.
- Registros de laboratorio.

- Informe mensual.
- Costos de operación.
- Registros de personal.
- Registros de emergencias.

d). Sistema Eléctrico.

- Descripción del sistema eléctrico.
- Características de la fuente de energía.
- Diagrama de distribución del sistema eléctrico.
- Diagramas unifilares y de comando de los tableros eléctricos.
- Descripción del sistema de control y alarmas.
- Automatismo.
- Fuentes alternativas previstas.

e). Accesorios.

Aquí debe colocarse toda información adicional que no convenga insertar en el texto del manual. Algunos ítems que se sugiere incluir son:

- Esquemas.
- Válvulas – índice.
- Formatos.
- Aparejos.
- Puentes grúa.
- Sistema antiariete.
- Programa de operación en emergencias.
- Criterios de diseño.
- Proveedores de equipos.
- Planos - registros de obra – índice.
- Fotos de la construcción (índice).
- Garantías de equipos.
- Disposiciones legales sobre derivación y uso del agua, así como sobre desagües.
- Códigos de colores para las tuberías.
- Referencias.

2.5. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

El sistema de conducción y distribución de agua potable puede clasificarse en:

- Cañerías de conducción.
- Cisternas.
- Tanques elevados.
- Cañerías primarias de la red de distribución.
- Cañerías secundarias de la red de distribución.
- Sistema de cloración.
- Sistema de macromedición.
- Micromedición.
- Conexiones domiciliarias.

2.5.1. Manual de Operación del Sistema de Distribución

El manual debe contener una estructura y contenido similar al Manual de Operación de Planta Potabilizadora.

Específicamente se debe incluir en este caso:

- Una memoria descriptiva y técnica de los elementos constitutivos de la red.
- Planos de la red primaria y secundaria con ubicación de válvulas, hidrantes y cámaras de desagüe.
- En el manual debe incorporarse la base de datos de catastro de redes.
- Planos de cisternas y tanques elevados.
- Se deben codificar las válvulas instaladas, conjuntamente con los hidrantes.
- Se debe incluir las características de la cañerías, diámetro, material, clase, antigüedad y estado.
- Se debe indicar las cañerías que han sido rehabilitadas.
- Un diagrama de flujo del sistema de distribución.
- Debe asistirse de un modelo de simulación de redes para poder realizar simulaciones en la operación y evaluar los resultados.

3. MANUAL DE MANTENIMIENTO

3.1. GENERALIDADES

El mantenimiento puede clasificarse en tres clases: a) Preventivo; y b) Correctivo o de reparaciones; y c) Predictivo.

Basándose en las anteriores diferenciaciones se puede definir:

a) Mantenimiento Preventivo

Es el conjunto de actividades que se desarrollan en un equipo, instrumento o estructura, a fin de lograr que trabajen con su máxima eficiencia, y evitar que se produzcan en ellos paradas forzosas e imprevistas siguiendo una secuencia programada de fechas, períodos fijos u horas de funcionamiento.

b) Mantenimiento Correctivo o de Reparaciones

Es el conjunto de actividades que se desarrollan en un equipo, instrumento o estructura para corregir o reparar daños que produjeron en ellos paradas forzosas e imprevistas.

c) Mantenimiento Predictivo

Se denomina Mantenimiento predictivo a aquellas actividades que se desarrollan cuando un equipo presenta condiciones de funcionamiento anormales (ruidos, vibraciones, etc.) con el fin de adelantar acciones de mantenimiento preventivo fuera de programa y/o acciones de mantenimiento correctivo.

La justificación de ésta clasificación de mantenimiento tiene diferentes dimensiones y pueden medirse por los beneficios que se obtienen con la aplicación de cada uno de ellos así:

Beneficios generales de un programa de mantenimiento preventivo y predictivo

- Reducción del tiempo en que permanecen paradas las instalaciones y equipos con la consiguiente prestación de malos servicios.
- Disminución del costo de la mano de obra del personal de mantenimiento que se dedica a éstos programas en vez de reparaciones mayores.
- Menor costo en los repuestos que son indispensables usar para mantener las instalaciones y equipos.
- Mejor control sobre la existencia y distribución de repuestos.
- Incremento de la vida útil de los equipos, instrumentos y estructuras.
- Mayor eficiencia en el funcionamiento de las instalaciones y equipos
- Identificación de los ítems con alto costo de mantenimiento.

- Mayor seguridad tanto para los trabajadores como para las instalaciones, bajando los costos por concepto de seguros.

Beneficios del mantenimiento correctivo

Al mantenimiento correctivo sólo puede anotársele como beneficio específico el hecho que es necesario realizarlo para lograr poner un funcionamiento una instalación o equipo que ha tenido que dejar de operar por daños en sus partes componentes causados por falta de aplicación de los principios que constituyen el mantenimiento preventivo y predictivo.

El alcance de los programas de mantenimiento y de las reparaciones involucra a todos los componentes de una planta de tratamiento, esto es a sus equipos, instrumentos, estructuras y unidades especiales.

3.2. CONTENIDO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO

El contenido mínimo del Manual de Mantenimiento, debe permitir:

- Establecer el Plan de Mantenimiento Preventivo, según se especifica en el punto 4 del presente Capítulo.
- Contener las instrucciones de mantenimiento correctivo, para todos los equipos e instalaciones que integren la obra. El Contratista será responsable de la obtención de las instrucciones de mantenimiento que deberán entregar sus proveedores. Estas instrucciones deberán incluir planos generales y de despiece de los equipos electromecánicos, especificaciones de lubricación, etc.

El Manual de Mantenimiento se debe desarrollar en forma coincidente y coherente con el Manual de Operación y Control, y son válidos para el mismo, las generalidades indicadas en el punto 2.1. del presente Capítulo.

En el Manual de Mantenimiento se deben tener en cuenta en particular los siguientes aspectos:

- Clases de equipos, estructuras y unidades de tratamiento.
- Recomendaciones sobre mantenimiento de los fabricantes.
- Experiencias adquiridas en la puesta en marcha de las instalaciones.
- Ensayos que permitan establecer frecuencias en las operaciones de mantenimiento, personal requerido, elementos necesarios, etc.

Por otra parte un Manual de Mantenimiento debe indicar esencialmente:

Períodos de mantenimiento

Indicar con frecuencia con que se deben realizar las operaciones de mantenimiento a cada una de las instalaciones y equipos, por ejemplo, diariamente, semanalmente, semestralmente, etc.

Nivel de ejecutante

Indicar el grado de preparación de la persona que debe ejecutar la actividad, por ejemplo, técnico electricista, técnico mecánico, etc.

Trabajo a realizar

Describir a las actividades específicas que se deben efectuar a cada unidad de la planta por la persona y los períodos indicados.

Materiales y repuestos indispensables

Indicar el stock necesario de repuestos y materiales indispensables para ejecutar los trabajos programados los cuales están indicados en términos generales en este ítem.

4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

4.1. INTRODUCCIÓN

Para ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, es necesario planificar una serie de etapas que pueden describirse de la siguiente forma:

- a) **Inventario técnico.**
Clasificación, codificación y cantidad de las instalaciones y equipos; indicación del plan o calendario de mantenimiento necesario para cada instalación.
- b) **Normas de Mantenimiento.**
Es el conjunto de principios que constituyen la base para la ejecución de las actividades de mantenimiento a cada una de las instalaciones y equipos los cuales deben ser desarrollados previamente a la implementación del programa.
- c) **Recursos.**
Es necesario destinar el personal necesario, capacitarlo si es el caso y adquirir algunos recursos como herramientas, repuestos, etc., como parte preliminar a la implantación.
- d) **Implantación.**
Desarrollados los aspectos anteriores se debe proceder a la implantación, la cual consiste básicamente en la aplicación de las acciones descritas en las normas a cada una de las instalaciones y equipos en la forma como se han programado.
- e) **Control.**
Se debe controlar el desarrollo de las actividades programadas con el objeto de verificar su correcto desarrollo y corregir las fallas presentadas.
- f) **Estadísticas.**
Para obtener oportuna y claramente los datos del programa de mantenimiento, el estado de cada uno de los componentes y los costos ocasionados por éste, es necesario llevar estadísticas claras, concretas, y completas de las actividades realizadas.

Los procesos de planificación y la elaboración del presupuesto para la elaboración del programa deben marchar paralelamente.

De acuerdo a esta idea el presupuesto deberá ser la representación gráfica objetiva y monetaria de los programas y planes.

El presupuesto debe prepararse de acuerdo a los requerimientos y capacidad estipuladas por los niveles de servicio y productividad deseados.

El proceso debe facilitar la comunicación entre aquellos que establecen las políticas y los que intervienen en su implantación. En la elaboración del presupuesto para la iniciación es necesario considerar los siguientes elementos esenciales:

- Herramientas (llaves, destornilladores, etc.).
- Elementos de uso general (pinturas, cables, cinta aislante, etc.).
- Elementos de lubricación (aceites, grasas).
- Instrumentos de lubricación (aceiteras, graseras, etc.).
- Instrumentos de medidas (voltímetros, amperímetros, etc.).
- Repuestos (rodamientos, sellos, ejes, etc.).
- Equipos de usos en mantenimiento (soldadores, compresores, etc.).
- Valor de la mano de obra (viáticos, contratos, etc.).
- Material para el desarrollo y control del programa (papelería, archivadores, manuales, etc.).
- Instalaciones y elementos que constituyen el taller necesario para los programas trazados.

De acuerdo a las políticas de la Empresa y a las técnicas para el diseño, implantación, desarrollo, evaluación, control e información del programa se puede recomendar establecer un esquema del proceso de planificación para establecer un programa de mantenimiento preventivo, semejante a lo indicado en los puntos siguientes:

4.2. PLANTAS POTABILIZADORAS

4.2.1. *Inventario Técnico de las Unidades de la Planta*

El inventario técnico de las instalaciones y equipos de la planta deberá contener la identificación y los datos técnicos de cada uno de ellos. A título de ejemplo en el Numeral 6, se anexa un formulario tipo 1 de las fichas de inventario las que en general podrán ser cargadas en una base de datos computarizada. Para la ejecución del inventario se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Para el diligenciamiento de la base de datos, se debe seguir el orden que recorre el agua en las diferentes instalaciones y equipos en el proceso de tratamiento, desde la entrada a la planta como agua cruda hasta su distribución para el consumo como agua tratada.
- Se debe codificar las unidades de la planta adjudicándole un código según se indica en el formulario de identificación, contaje y clasificación de equipos.
- Los datos técnicos se refieren a aquellos que no se encuentran indicados en la placa del aparato inventariado y se consideran importantes como curvas características de las bombas, curvas características de los motores de combustión interna, curvas de los motores eléctricos, etc.

Al sólo título de ejemplo, se indican los datos técnicos que deberán contener como mínimo las fichas de inventario, según el tipo de equipos:

BOMBAS DE TURBINA VERTICALES

- Número de etapas y longitud del eje de la bomba.
- Diámetros de los impulsores.
- Profundidad de la bomba.
- Diámetro del eje de la columna y su longitud.
- Diámetro y longitud de la tubería vertical del bombeo.
- Tipo de lubricación.
- Tipo de cojinetes.
- Acoplamiento.
- Capacidad: caudal contra altura de bombeo.
- Curvas de rendimiento.
- Caudal.
- Carga dinámica total.
- Accesorios (válvulas de entrada, retención, salida de pie, de alivio). Incluir manuales y listas de partes.
- Velocidad.

BOMBAS CENTRIFUGAS DE EJE HORIZONTAL

- Número de impulsores.
- Acoplamiento.
- Capacidad lts/seg. Contra metros de altura.
- Velocidad.
- Curvas de la bomba.
- Carga dinámica total.
- Accesorios (válvulas de entrada, retención, salida, de pie, de alivio).
- Tipo de succión (diámetro).
- Tipo de impulsión (diámetro).
- Diámetros de succión e impulsión.
- Tipo de lubricación.

REDUCTORES

- Potencias.
- Relación de velocidad.
- Marca de los rodamientos.
- Lubricación.
- Tipo de aceite.
- Tipo de acople.
- Velocidad.

MOTORES ELECTRICOS

- Potencia (HP).
- Tensión (V).
- Corriente a plena carga (A).
- Ciclos.
- Fases.
- Velocidad nominal (R.P.M.).
- Corriente de trabajo (A).
- Factor de servicio.
- Tipo de rotor.
- Diámetro del eje.
- Rodamientos: marca, tipo, vida útil.
- Arranque.
- Acoplamiento.
- Lubricación.

DOSIFICADORES DE PRODUCTOS QUIMICOS (Coagulante, Polielectrolitos, cal, etc.)

- Datos del motor eléctrico.
- Tipo de transmisión de potencia.
- Diámetro de las poleas.
- Longitud de las correas.
- Capacidad.
- Material de la tolva.

- Tipo de mecanismo de dosificación (banda, sinfín, etc.).
- Tipo de lubricación.
- Clase de aceite o grasa.
- Mecanismo de agitación.
- Material del recipiente de mezcla.

MEZCLADORES

- Datos del motor eléctrico.
- Datos del reductor de velocidad.
- Diámetro y longitud del eje.
- Tipo de mecanismo de mezcla.

FLOCULADORES

- Datos del motor eléctrico.
- Datos del reductor.
- Tipo de floculador.
- Tipo de transmisión de potencia.
- Tipo de lubricación del sistema de transmisión.
- Tipo de lubricante.
- Número de sistemas de paletas.
- Número de paletas.
- Material de las paletas.
- Diámetro del sistema de paletas.
- Longitud del sistema de paletas.
- Tipo de rodamientos.
- Tipo de lubricación de los rodamientos.

COMPRESORES

- Datos del motor.
- Capacidad de compresión.
- Sistema de lubricación.
- Clase de lubricante.
- Diámetro de los cilindros.

CLORADORES

- Tipo de clorador.
- Capacidad.
- Escala del rotámetro.
- Capacidad de la balanza.
- Número de cilindros.
- Capacidad de los cilindros.

MOTORES A NAFTA

- Potencia (H.P.).
- Número de cilindros.
- Velocidad (R.P.M.).
- Sistema de lubricación.
- Sistema de arranque.
- Sistema de enfriamiento.
- Voltaje del acumulador.
- Capacidad del tanque de combustible.
- Consumo de combustible.
- Consumo de aceite.

MOTORES DIESEL

- Potencia (min-max) (HP).
- Velocidad (min-max) (r.p.m.).
- Potencia de trabajo (HP).
- Velocidad de trabajo (HP).
- Número de tiempos.
- Número de cilindros.
- Diámetro de cilindros.
- Carrera.
- Cilindrada total.
- Accesorios e instrumentos.

- Capacidad del cárter.
- Consumo de combustible.
- Consumo de grasa (kg./mes).
- Arranque.
- Refrigeración.
- Lubricación.
- Inyección.
- Capacidad tanque de combustible.
- Filtros de aceite.
- Filtros de combustible.

UNIDADES DE ARRANQUE

- Tipos de fusibles del interruptor de seguridad.
- Características completas del interruptor de seguridad.
- Clase, modelo y número de elementos del arrancador.
- Características eléctricas completas del arrancador.

TRANSFORMADORES ELECTRICOS

- Capacidad (K.V.A.).
- Tipo de conexión.
- Alta tensión.
- Baja tensión.
- Clase de aislante.
- Corrientes primaria.
- Corriente secundaria.
- Peso total.

GENERADORES

- Tensión (V).
- Corriente (A).
- Capacidad (kw).
- Ciclos.
- Fases.

- Rulemanes, lubricación.
- Factor de potencia.
- Velocidad (r.p.m.).

CISTERNAS

- Planos completos incluyendo detalles.
- Capacidad.
- Sistema de entrada, salida, desagüe, desbordes y controles especiales.
- Fuentes de abastecimiento y zonas a las que sirve.

MEDIDORES

- Tipo de medidor.
- Localización.
- Capacidad nominal.
- Tipo de lubricación.
- Clase de lubricante.
- Accesorios.

TABLEROS DE CONTROL

- Voltímetros (escala).
- Amperímetros (escala).
- Selectores de fase.
- Contadores trifásicos.
- Transformadores (intensidad).

AUTOMATIZACION Y CONTROL

- Sistema de transmisión de datos.
- Salida de los instrumentales (4 a 20 m.A).
- Sensores de campo.
- Controladores lógicos programables (PLC).

4.2.2. Agrupación de los Equipos, Estructuras y Unidades de Tratamiento

Los diferentes componentes de la planta se deben reunir en grupos que tengan características comunes, tanto en su uso, como en sus partes componentes pues estos aspectos son los que tienen mayor incidencia en los procesos de mantenimiento.

En el Formulario tipo 2 se dan a título de ejemplo los principales grupos que forman las unidades componentes de una planta de tratamiento.

4.2.3. Normas de Mantenimiento

Como parte fundamental de la planificación, programación y aplicación de los principios de mantenimiento, el manual de Normas de Mantenimiento indicado en el punto 3 debe establecer los aspectos específicos que orienten al personal de mantenimiento en los trabajos a seguir para lograr que cada unidad componente de la Planta opere con la máxima eficiencia y se logren también los demás beneficios de los programas de mantenimiento preventivo.

4.2.4. Programación

Una vez establecida la frecuencia de las actividades de mantenimiento, el nivel ejecutante y los trabajos a realizar, el plan de mantenimiento, debe programar en forma específica las actividades. A título de ejemplo, se indica el Formulario tipo 4, el cual consta de las siguientes partes principales:

Organismo

Se refiere a la empresa a la cual pertenece la planta.

Mes y año

En cada formato se debe programar las actividades mensuales por lo tanto en este renglón, el mes del año correspondiente que queremos planificar debe anotarse.

Fecha

Se relaciona con el día (nombre y número que le corresponde de los del mes) en el cual se van a ejecutar determinadas actividades.

Ubicación

Determina el sitio donde se encuentra ubicada la unidad de la planta cuyo mantenimiento se va a realizar.

Instalación o Equipo (código)

Permite mediante la codificación establecida previamente, anotar la instalación o equipo cuyo mantenimiento se va a realizar en el día citado.

Período de Mantenimiento

Establece los trabajos de mantenimiento que se han diseñado previamente en las normas con una frecuencia determinada por ejemplo semestralmente, anualmente, etc. El período de mantenimiento a realizar no debe exceder de un año y debe estar establecido en las normas hechas para cada grupo.

Nivel del Ejecutante

Persona que debe realizar las actividades programadas.

4.3. TOMAS DE AGUA Y SISTEMAS DE ADUCCIÓN

El inventario técnico de las instalaciones y equipos deberá comprender la identificación y datos técnicos de los equipos que se detallan a continuación:

- Rejas.
- Tamices.
- Compuertas.
- Válvulas.
- Sistema antiariete.
- Electrobombas.

Los datos característicos de los equipos de estas instalaciones deberán responder a lo indicado en el punto 4.4. Estaciones de Bombeo.

4.4. ESTACIONES DE BOMBEO

El inventario técnico de las instalaciones y equipos de la estación de bombeo deberá comprender la identificación y datos técnicos de todos los equipos que se detallan a continuación:

BOMBAS DE TURBINA VERTICALES

- Número de etapas y longitud del eje de la bomba.
- Diámetros de los impulsores.
- Profundidad de la bomba.
- Diámetro del eje de la columna y su longitud.
- Diámetro y longitud de la tubería vertical del bombeo.
- Tipo de lubricación.

- Tipo de cojinetes.
- Acoplamiento.
- Capacidad: caudal contra altura de bombeo.
- Curvas de rendimiento.
- Caudal.
- Carga dinámica total.
- Accesorios (válvulas de entrada, retención, salida de pie, de alivio). Incluir manuales y listas de partes.
- Velocidad.

BOMBAS CENTRIFUGAS DE EJE HORIZONTAL

- Número de impulsores.
- Acoplamiento.
- Velocidad.
- Curvas de la bomba.
- Carga dinámica total.
- Accesorios (válvulas de entrada, retención, salida, de pie, de alivio).
- Tipo de succión (diámetro).
- Tipo de impulsión (diámetro).
- Diámetros de succión e impulsión.
- Tipo de lubricación.

MOTORES ELECTRICOS

- Potencia (HP).
- Tensión (V).
- Corriente a plena carga (A).
- Ciclos.
- Fases.
- Velocidad nominal (R.P.M.).
- Corriente de trabajo (A).
- Factor de servicio.
- Tipo de rotor.

- Diámetro del eje.
- Rodamientos: marca, tipo, vida útil.
- Arranque.
- Acoplamiento.
- Lubricación.

MOTORES A NAFTA

- Potencia (H.P.).
- Número de cilindros.
- Velocidad (R.P.M.).
- Sistema de lubricación.
- Sistema de arranque.
- Sistema de enfriamiento.
- Voltaje del acumulador.
- Capacidad del tanque de combustible.
- Consumo de combustible.
- Consumo de aceite.

MOTORES DIESEL

- Potencia (min-max) (HP).
- Velocidad (min-max) (r.p.m.).
- Potencia de trabajo (HP).
- Velocidad de trabajo (HP).
- Número de tiempos.
- Número de cilindros.
- Diámetro de cilindros.
- Carrera.
- Cilindrada total.
- Accesorios e instrumentos.
- Capacidad del cárter.
- Consumo de combustible.
- Consumo de grasa (kg./mes).

- Arranque.
- Refrigeración
- Lubricación.
- Inyección.
- Capacidad tanque de combustible.
- Filtros de aceite.
- Filtros de combustible.

UNIDADES DE ARRANQUE

- Tipos de fusibles del interruptor de seguridad.
- Características completas del interruptor de seguridad.
- Clase, modelo y número de elementos del arrancador.
- Características eléctricas completas del arrancador.

TRANSFORMADORES ELECTRICOS

- Capacidad (K.V.A.).
- Tipo de conexión.
- Alta tensión.
- Baja tensión.
- Clase de aislante.
- Corrientes primaria.
- Corriente secundaria.
- Peso total.

GENERADORES

- Tensión (V).
- Corriente (A).
- Capacidad (kw).
- Ciclos.
- Fases.
- Rulemanes, lubricación.
- Factor de potencia.
- Velocidad (r.p.m.).

MEDIDORES

- Tipo de medidor.
- Localización.
- Capacidad nominal.
- Tipo de lubricación.
- Clase de lubricante.
- Accesorios.

TABLEROS DE CONTROL

- Voltímetros (escala).
- Amperímetros (escala).
- Selectores de fase.
- Contadores trifásicos.
- Transformadores (intensidad).

AUTOMATIZACION Y CONTROL

- Sistema de transmisión de datos.
- Salida de los instrumentales (4 a 20 m.A).
- Sensores de campo.
- Controladores lógicos programables (PLC).

4.5. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Los datos técnicos mínimos de las fichas de inventario deberán comprender:

CAÑERÍAS

- Material.
- Clase.
- Diámetro.
- Presión de prueba.

VALVULAS

- Tipo.

- Unión.
- Material.
- Diámetro.
- Presión de Trabajo.

HIDRANTES

- Tipo.
- Unión.
- Material.
- Diámetro.
- Presión de Trabajo.

CISTERNAS

- Capacidad.
- Material.
- Dimensiones.

4.6. ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Las principales acciones de mantenimiento, de las instalaciones y equipos se pueden resumir en:

- Limpieza.
- Medida, observación y detección de las condiciones de funcionamiento de las unidades componentes.
- Corrección de fallas menores.
- Lubricación.
- Reportes.

Inspecciones programadas

Estas se relacionan con el desmontaje de los equipos la revisión de sus partes internas, el cambio de las que lo requieran, el montaje, la pintura y las pruebas de funcionamiento.

Estas acciones generalmente son anuales en condiciones normales de trabajo y semestrales en condiciones severas.

4.6.1. Mantenimiento de Automotores

El Mantenimiento Preventivo de vehículos livianos debe estar a cargo del conductor del vehículo. Las acciones requeridas son las revisiones diarias y semanales, tendientes a corregir o reportar las fallas y otras actividades como lubricación, limpieza, etc.

Para otro tipo de vehículos y equipos de construcción se deben definir las acciones como base para su elaboración las recomendaciones especiales de los fabricantes.

4.6.2. Mantenimiento de Plantas Eléctricas

Una planta Eléctrica está constituida por dos equipos principales: el motor y el generador. El mantenimiento de cada motor y generador varía con la marca, el tipo, el modelo, la capacidad, etc.

Para poder programar las actividades de mantenimiento se debe consultar los catálogos respectivos y tener como base los siguientes aspectos para la elaboración de cuadros de mantenimiento.

- Motor diesel: Labores diarias de revisión y de limpieza. Períodos de cambio y limpieza de filtros, (aire, aceite, etc.).
 - Períodos de cambio de aceite.
 - Períodos de descarbonización, ajuste de válvulas. Ajustes las presiones de inyección, sincronización de la bomba de combustible, limpieza y ajustes en general.
 - Períodos de cambio o relubricación de cojinetes principales.
 - Períodos de cambio de anillos, camisas, cojinetes de bielas.
- Generador: Labores diarias de medidas de las condiciones de funcionamiento (voltaje, temperatura, etc.).
 - Cambio de grasa de los rodamientos.
 - Secado del embobinado, lavado de rodamientos, limpieza exterior, pintura.
 - Pruebas de las condiciones de trabajo.
 - Inspección del Conmutador (colector) y los carbones (escobillas).
 - Revisión de conexiones, ajustes del anclaje.

4.6.3. Mantenimiento de Medidores

El programa de Mantenimiento de Medidores debe contemplar:

- Limpieza.
- Ajuste de las condiciones eléctricas.

- Ajuste de las condiciones mecánicas.
- Control de fugas.
- Revisión de las condiciones neumáticas.
- Protección de los tableros de medidas.
- Revisión y corrección de los sistemas de transmisión.
- Períodos de lubricación, corrección de las causas de oxidación.
- Integridad de las partes.

4.6.4. Mantenimiento de Obras Civiles

El mantenimiento de obras civiles debe hacer referencia a las actividades tendientes a conservar y lograr la máxima eficiencia en sus funciones a aquellas obras y estructuras que forman parte de las instalaciones y requieren normas diferentes a las de los instrumentos, instalaciones y equipos electromecánicos.

Este mantenimiento debe comprender a todas las instalaciones civiles en particular a las instalaciones de la planta potabilizadora tales como estructuras para aireación, estructuras para medición, tanques de mezcla rápida, tanques de floculación, sedimentadores, estructuras de filtración, tanques y cisternas de almacenamiento y de distribución, diferentes conducciones hidráulicas, cámaras de válvulas, etc.

Para su codificación se deben emplear los siguientes sistemas:

- Inventario técnico. Este debe ejecutarse en las fichas de Formulario tipo 1, anotando los datos técnicos requeridos para cada unidad en particular.
- Identificación, cantidad y clasificación.

Una vez hecho el inventario se debe proceder a su codificación. (Por ejemplo, si en la planta existen dos tanques sedimentadores de concreto estos deben quedar codificados como P1 y P2 de acuerdo a la letra asignada).

Normas de Mantenimiento

Deben redactarse normas de mantenimiento, en las que deben estar contenidas las actividades de mantenimiento relativas a tanques de concreto, tanques metálicos, sedimentadores, filtros, etc. Se deberán indicar los períodos de mantenimiento, el nivel ejecutante y los repuestos y elementos requeridos.

Los diferentes contenidos, formas y procedimientos para desarrollar con el personal y elementos requeridos pueden establecerse así:

- a) Todas las edificaciones civiles en general y, en particular, aquellas donde funciona la planta y/o las estaciones de bombeo requieren de aseo, revisiones y correcciones permanentes de las instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas, estado de las paredes, pisos, techos, escaleras. Esta revisión la pueden ejecutar los Operadores y corregir los daños menores. Las correcciones mayores se deben efectuar mediante

contratos con personal especializado en cada uno de los daños presentados (albañil, plomero, electricistas, etc.).

- b) A manera de ejemplo, en el caso específico de la planta potabilizadora se deberán considerar los siguientes elementos:

b.1) Estructuras de aireación:

Planos inclinados y cascadas

Semanalmente debe el Operador de la Planta examinar la superficie del aireador para eliminar el crecimiento de algas o la presencia de manchas de mal aspecto y si es necesario debe hacerse la limpieza con cepillo metálico y tratamiento con sulfato de cobre y cloro. Anualmente debe hacerse las reparaciones necesarias en la superficie del aireador.

Bandejas perforadas

Semanalmente debe examinarse el aireador y eliminar el crecimiento de algas o manchas de mal aspecto por medio de una limpieza o tratamiento con sulfato de cobre y cloro.

Semestralmente debe hacerse la limpieza del coque para eliminar el crecimiento de algas u otros crecimientos microscópicos. Esta limpieza se debe hacer también con sulfato de cobre y cloro.

Semestralmente debe hacerse las reparaciones necesarias como: Reparación de bandejas, tuberías, refuerzos de soportes.

Por inyección de aire (Difusores)

Debe observarse la presencia de obstrucciones. Un buen signo que indica la presencia de obstrucciones en los difusores consiste en la necesidad de aumentar la presión el compresor para suministrar una cantidad determinada de aire. Las obstrucciones por el lado del agua pueden evitarse suministrando en forma continua aire. Las obstrucciones del lado del aire se pueden evitar manteniendo un buen estado los filtros de aire, adecuada localización de la toma de aire y el uso de tuberías de material no corrosivo.

Semestralmente deben drenarse los difusores de aire e inspeccionar las uniones de las tuberías en busca de fugas, difusores rotos y cualquier otro daño. Si la operación y las pruebas indican obstrucciones deben limpiarse las tuberías de los difusores.

La limpieza del lado del agua debe efectuarse semestralmente usando ácidos oxidantes para la limpieza de los difusores obstruidos con sólidos orgánicos. Como ácidos oxidantes pueden usarse ácido nítrico (50 % de solución), ácido sulfúrico con ácido crómico. También se puede usar cloro.

La limpieza del lado del aire debe efectuarse semestralmente removiendo el hollín o el aceite de los filtros y los fuelles que hayan obstruido los difusores. Si la obstrucción es causada por óxido de hierro de las tuberías y otras partes deben limpiarse las placas porosas tratándolas con una solución al 30 % de ácido clorhídrico.

Aireadores a presión (Surtidores)

Examinar semanalmente cada surtidor y comprobar que está funcionando adecuadamente. Eliminar la basura en las boquillas. Cada tres meses remover los tapones de los múltiples y retirar el sedimento. Examinar las juntas para evitar las fugas. Inspeccionar los soportes de las tuberías. Si existen tabiques de madera deben repararse y pintarse cuando sea necesario.

b.2) Estructuras de medidores

Vertederos – Canaleta Parshall

Debe hacerse una limpieza periódica para retirar toda clase de materiales que sean arrastrados hasta el vertedero.

Los tubos o pequeños tanques en que funcionan los flotadores deben drenarse para examinar su interior y remover cualquier material extraño que impide el libre movimiento del flotador. Se deben hacer inspecciones periódicas, que permitan detectar y corregir posibles fugas. Se deben reparar oportunamente las posibles roturas de los vértices.

b.3) Estructuras de mezcla rápida y floculadores

Semestralmente debe drenarse y limpiarse las cámaras de mezcla. Purgar y sacar todos los sedimentos, lodos, adherencias en las paredes. Revisar periódicamente la estructura con el objeto de detectar y corregir posibles fugas.

Para limpiar el floculador debe usarse una manguera con boquilla de alta presión ajustando la presión del chorro de acuerdo a las necesidades.

b.4) Estructuras de los sedimentadores

Los tanques con equipos mecánicos para eliminación de los flóculos que se han sedimentado (lodos) se limpian automáticamente. Otros tipos de tanques deben ser drenados y limpiados con regularidad. El intervalo de limpieza depende de las condiciones locales tales como: tamaño del tanque, promedio de turbiedad y período de retención.

Generalmente la limpieza deber hacerse a intervalos de 3 meses.

La limpieza debe hacerse con una manguera de incendio y boquilla que provea suficiente presión y volumen de agua.

Después de que cada tanque de sedimentación ha sido limpiado debe hacerse una inspección cuidadosa y las reparaciones necesarias.

c) Estructuras de los filtros

Los filtros se van obstruyendo y cuando se llega a la máxima pérdida de carga disponible deben drenarse y limpiarse. La forma como se ejecuta el lavado varía con el tipo de filtro, su composición, etc., y es un capítulo relacionado con la Operación de la planta. De todas maneras siempre que se hace un lavado a un filtro debe practicarse una minuciosa inspección del medio filtrante, con el fin de contrarrestar y remediar la

posible formación de bolas de barro, y los daños (roturas, grietas, etc.) que puedan presentarse.

d) Tanques de concreto o mampostería

Anualmente, o antes, si las condiciones así lo exigen, se debe drenar, hacer una limpieza manual y lavado del fondo, paredes interiores, revisión de las paredes, válvulas y demás accesorios y efectuar las correcciones que sean necesarias.

e) Galería de conductos y diferentes conducciones hidráulicas

Permanentemente se deben hacer inspecciones con el fin de detectar y corregir posibles fugas en las uniones, pasamuros, etc. Las tuberías deben estar correctamente pintadas y no deben presentar signos de corrosión.

Las paredes y pisos de las galerías de conductos deben permanecer secas y en perfecto estado de limpieza.

Los desagües deben funcionar correctamente y para tal fin se deben inspeccionar diariamente para corregir posibles daños y además limpiarlos adecuadamente.

Personal para el mantenimiento de obras civiles

Las labores de limpieza, inspecciones rutinarias, corrección de fallas menores las deben realizar los operadores de la planta. La corrección de fallas mayores como corrección de escapes, arreglo de grietas, integración de partes importantes de las obras, se deben realizar mediante contratos con personal especializado en cada actividad, (albañiles, plomeros, maestros de obras, etc.).

La metodología para planificar, diseñar, ordenar, desarrollar, controlar y evaluar programas de mantenimiento de obras civiles, debe ser la misma que se emplea para las demás unidades de la planta.

4.7. RECURSOS

Los recursos necesarios para la ejecución de los programas de mantenimiento se pueden resumir en la siguiente forma:

4.7.1. Personal

Es necesario disponer de personal para el diseño, ordenamiento, supervisión y control, estadísticas, archivos, el que debe estar distribuido de acuerdo a sus funciones.

Para la ejecución de algunas actividades especiales de mantenimiento como calibración de los instrumentos, rebobinado de motores, etc., es recomendable la ejecución de contratos como se indica más adelante en el punto 4.7.6.

4.7.2. Selección del Personal

Dadas las complejas características de los sistemas sanitarios, no puede pretenderse encontrar el personal con la capacitación adecuada para ciertas áreas especializadas, por lo tanto debe procurarse contratar personal que reúna ciertos requisitos mínimos que puedan servir de base para adiestrarlo y capacitarlo en las áreas especializadas requeridas.

Esto implica desde luego el establecimiento de una política correcta en la que se refiere a la selección de este personal y a su capacitación.

Para la selección de personal de mantenimiento se recomienda:

- Realizar un concurso abierto, y como primer paso efectuar la inscripción de los interesados con datos completos que se deben identificar previamente.
- Establecer las bases de acuerdo a las funciones: mínimo ser bachiller, tener buenas condiciones de salud, ausencia de enfermedades infecto-contagiosas y experiencia.
- Confeccionar la lista completa de interesados, seleccionar a los que cumplan las bases mínimas establecidas y rechazar a los que no las cumplan.
- Efectuar el concurso en sí acorde con las capacidades que pueden poseer los individuos según las bases establecidas para cada caso particular.
- Revisar las pruebas con la intervención de las dependencias de personal, y de Mantenimiento, calificándolas y determinando los individuos que hayan obtenido los mejores resultados de acuerdo con el sistema de puntaje.
- Dar nombramiento e ingreso a los candidatos seleccionados.

4.7.3. Entrenamiento de Personal

Una vez seleccionado el personal en la forma como se ha recomendado ha de procederse de la siguiente manera para su capacitación:

- Para el caso de operadores, se debe comenzar de inmediato su entrenamiento en el cumplimiento y ejecución de las obligaciones y trabajos establecidos en las normas de mantenimiento de la Empresa.
- Las instrucciones y entrenamiento originales deberán ser dados por algún Ingeniero Jefe de Mantenimiento y luego se debe dejar un tiempo prudencial para que el nuevo Operador trabaje en compañía de otro Operador antiguo y con experiencia.
- Para el caso de los Técnicos que deberán desarrollar labores complejas, lo más aconsejable es que reciban cursos de capacitación en su área en entidades especializadas como fabricantes de bombas, motores, etc.
- El Ingeniero Jefe de Mantenimiento deberá recibir cursos sobre Operación y Mantenimiento para ingenieros que contemplen toda la información sobre las funciones a desarrollar en el programa respectivo.

4.7.4. Herramientas, Instrumentos de Medida y Elementos Generales de Mantenimiento

Estos deben ser los adecuados para la corrección de fallas, montaje y desmontaje de equipos, cambio de partes, labores de aseo y pintura, medida de las condiciones de funcionamiento de las unidades de la planta y se pueden resumir de la siguiente manera:

- Herramientas: Llaves, destornilladores, extractores, alicates, limas, martillos, serruchos, aceiteras, graseras.
- Elementos de aseo: Cepillos, mangueras, detergentes, jabones.
- Repuestos: Rodamientos, sellos, ejes, tuercas, tornillos, filtros, fusibles.
- Instrumentos de medida: voltímetro, amperímetro, megómetro, tacómetro, medidor de vibraciones.

4.7.5. Taller

Para la ejecución de trabajos de mantenimiento, ciertas reparaciones y algunas construcciones es necesario la existencia de un taller:

Los elementos que deben constituir el taller son:

- Mesas de trabajo.
- Prensas.
- Llaves, destornilladores, alicates, extractores, limas, martillos.
- Equipos de soldadura, compresor, agujereadora de mesa.

Los trabajos que se pueden desarrollar en el taller son:

- Desmontaje, cambio de partes y montaje de equipos.
- Trabajos de soldadura tales como reparación de accesorios, unión de partes, reparación de algunos elementos constitutivos de la planta como pasarelas, etc.
- Construcción de algunos elementos como bases, cuñas, pasadores.
- Mantenimiento preventivo de motores.

El personal para el funcionamiento del taller debe ser:

- El ingeniero Jefe de Mantenimiento, encargado de la ordenación y supervisión de los trabajos respectivos.
- Un técnico electromecánico, encargado de la ejecución de los trabajos ordenados.
- Un ayudante del técnico, encargado de los trabajos auxiliares ordenados por el técnico.

La ejecución de los trabajos debe ceñirse a los procedimientos descritos en la “implementación y desarrollo” de las labores de mantenimiento tratados en este sub-módulo.

4.7.6. Contratos

Los contratos de mantenimiento tienen por objeto realizar por este sistema algunos trabajos que dada su naturaleza no justifican disponer permanentemente de técnicos especializados para su ejecución por las siguientes causas:

- Períodos relativamente largos en que se presentan los motivos del trabajo.
- Costo elevado de equipos y elementos que se requieren para efectuar las actividades.
- Especialización a alto nivel del personal encargado de su ejecución.

Los principales trabajos que se recomienda efectuar por este sistema son:

- Embobinado de motores eléctricos.
- Reparación completa de motores.
- Reparación y calibración de equipos de control.
- Reparación de cloradores.
- Reparación de tanques y otras estructuras.

Las bases que se deben tener en cuenta para efectuar las minutas de los contratos deben ser:

- Certificación comprobada de la capacidad del contratista.
- Especificación detallada del motivo del contrato. Ejemplo: Bobinado del motor eléctrico (marca, modelo, número, capacidad, tipo).
- Tiempo empleado por el contratista en la ejecución del trabajo.
- Costo del contrato.
- Forma de pago.
- Sitio de realización del trabajo.
- Especificación sobre la parte que debe suministrar los materiales.
- Sitio de entrega de la obra.
- Pruebas de funcionamiento.
- Garantía de funcionamiento del trabajo efectuado.

4.8. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL PROGRAMA

Una vez realizada la programación, adquiridos los recursos, seleccionado y entrenado al personal, se debe proceder a su implementación. Para tal fin, el ingeniero jefe del programa de mantenimiento, debe impartir las órdenes de trabajo a los técnicos y operadores encargados de la ejecución. La elaboración de éstas órdenes de trabajo se deben hacer en un Formulario tipo 2, el cual debe ser diligenciado y ordenado semanalmente, teniendo como base para su ejecución el programa elaborado. Las labores diarias y semanales de mantenimiento a cargo de los operadores pueden ser extractadas en las Normas de Mantenimiento que haya elaborado la Empresa, ordenadas en un cuadro especial y colocadas en un lugar visible de la planta y para su implantación el ingeniero jefe del programa de mantenimiento, impartirá una orden especial en la que se determine la fecha de iniciación y los reportes que se deben presentar

El ingeniero Jefe de mantenimiento debe estar presente en el sitio de trabajo de la planta de los primeros días de implantación del programa y posteriormente realizar visitas periódicas con el objeto de controlar y asesorar el desarrollo de éste.

4.9. CONTROL DEL PROGRAMA

El control directo del programa debe ser ejecutado por el ingeniero de mantenimiento, el que debe considerar los siguientes aspectos:

4.9.1. Los Informes de Labores de Mantenimiento

Estos informes deben ser presentados por técnicos y operadores semanalmente y deben estar de acuerdo a las órdenes de trabajo impartidas. En caso de que haya diferencias con las órdenes de trabajo, éstas deben figurar en el espacio de observaciones y el ingeniero debe analizar las causas de dichas diferencias.

Evaluación periódica por parte del Jefe de Mantenimiento de las condiciones de funcionamiento de las unidades de la planta, la cual debe estar basada en medidas, observaciones, detecciones y comparación con patrones establecidos. Para lograr esta actividad se deben diligenciar para cada uno de los componentes de la planta los cuadros de "Evaluación de los componentes de la Planta". (Formularios Tipo Nros. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10).

4.10. ESTADÍSTICAS

Para poder planificar, controlar evaluar programas de mantenimiento, es necesario llevar estadísticas referentes a las unidades componentes de cada una de las instalaciones, a las labores de mantenimiento y a los costos de los programas.

Respecto a las unidades de la planta se deben llevar estadísticas respecto a las unidades que la componen, sus características técnicas, los grupos específicos y el estado en que se encuentran.

Es necesario llevar estadísticas de las actividades de mantenimiento que permitan en cualquier momento establecer para cada unidad componente:

- Fecha de ejecución del trabajo.
- Tiempo empleado.
- Tipo de mantenimiento (Preventivo o correctivo).
- Descripción de las labores de mantenimiento.
- Repuestos y elementos usados (descripción, referencias, dimensiones).
- Tiempo de paradas obligatorias.
- Costos de mantenimiento preventivo (materiales, repuestos, mano de obra, viáticos, transporte, otros.).

Para la elaboración de éstos cuadros estadísticos se deben emplear los informes anotados en el anterior ítem “Control del Programa” y las anotaciones obtenidas por el ingeniero de mantenimiento en su labor de supervisión, para obtener las conclusiones que permitan establecer el grado de eficiencia en la realización de las actividades que fueron programadas con la ejecución de dichas actividades.

Estos análisis pueden ser mensuales y deben basarse en la comparación de trabajos, rutas de cobertura, calendarios, tiempos empleados, tiempos improductivos de equipos, tiempos muertos de personal, materiales y repuestos usados, personal encargado de la ejecución del programa con los inicialmente planeados.

Se debe tener en cuenta estadísticas de todos los repuestos y elementos que componen las unidades, el código, descripción de las partes, su referencia, su marca y sus dimensiones aprovechando el desmontaje de los equipos para la ejecución de las labores programadas de mantenimiento.

4.10.1. Archivos

Para el correcto desarrollo de un programa de mantenimiento es necesario llevar un archivo que permita en cualquier momento tener la información oportuna sobre la vida de cada una de las instalaciones, los datos técnicos de su conformación, las recomendaciones de los fabricantes sobre su operación y mantenimiento, la marcha de los programas de mantenimiento, los planos de instalación.

- Fichero con el respectivo contenido del inventario técnico.
- Cuadros de agrupación de las instalaciones.
- Cuadros de codificación.
- Calendarios de mantenimiento preventivo de instalaciones y equipos.
- Ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo (reparaciones).
- Informes de mantenimiento preventivo y correctivo.

- Reportes de las condiciones de funcionamiento de las instalaciones.
- Control de mantenimiento preventivo y daños de las instalaciones.
- Catálogos editados por las casas fabricantes.
- Lista de las partes que constituyen el conjunto de las instalaciones y equipos.
- Planos de instalación.
- Manuales de operación y mantenimiento.

5. SISTEMA DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA

Para organizar y planificar los trabajos de mantenimiento preventivo en equipos de Plantas Potabilizadoras y Estaciones de Bombeo, existen distintos programas para computadora (software), que permiten en función de las tareas prioritarias, y de la disponibilidad de recursos, realizar planes de mantenimiento preventivo.

Los programas disponen de distintos módulos que pueden ser implementados progresivamente, siempre que la complejidad del sistema lo justifique.

A continuación se describen las características de un Programa Básico de Mantenimiento que cubre integralmente toda la gestión. La descripción se basa en un Programa disponible en el mercado. Debe destacarse al respecto que todos los programas existentes en el mercado presentan generalmente la misma estructura.

Para sistemas de abastecimiento de agua potable sencillos, es posible aplicar este tipo de programas en versiones reducidas.

5.1. INFORMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN Y COMPRAS. DESARROLLO DE UN PROGRAMA TÍPICO DE MANTENIMIENTO

El programa de Gestión y Control Integral del Mantenimiento, de las instalaciones de un Sistema de Agua Potable, incluyendo a las Plantas Potabilizadoras como a las Estaciones de Bombeo, debe ser amigable, permitiendo adaptarse al sistema de trabajo y codificaciones que utiliza normalmente el Operador.

El Operador no necesita poseer conocimientos de informática, ya que las instrucciones de manejo del Sistema deben estar presentes en pantalla, y toda la información podrá consultarse en forma de menús y submenús.

El Sistema debe manejar un número reducido de codificaciones, figurando, en una parte de la pantalla, un texto explicativo de las mismas.

Los programas utilizados deben tener una construcción modular, lo que permite al Operador su ampliación progresiva según sean sus necesidades y/o presupuesto.

Los módulos podrán ser:

- Módulo Básico de Equipos.
- Módulo Mantenimiento Correctivo-Preventivo.
- Módulo Mantenimiento Predictivo.
- Módulo de Lubricación.
- Módulo Preventivo en Marcha.
- Módulo Gestión de Almacén y Compras.

El Programa debe ser accesible a un mayor número de Operadores, delimitando exactamente las funciones de cada uno de ellos, limitando el acceso a distintos niveles.

El módulo BASICO debe permitir la creación y el mantenimiento del Banco de Datos Básicos de Equipos (descripción, datos generales, situación, datos de operación, datos de control e históricos). Debe proporcionar por cada gestión la posibilidad de consulta de resultados, tanto técnicos (informes para análisis de fiabilidad de equipos, historial de intervenciones, etc.) como económicos (valoración de las intervenciones, recursos humanos empleados, resúmenes mensuales y anuales de valoración de Mantenimiento, listado de desviaciones respecto a las previsiones, etc.).

El módulo CORRECTIVO-PREVENTIVO debe facilitar la gestión del Mantenimiento Preventivo a asignar a los diferentes equipos y generar las tareas planificables; proporcionar la gestión de las Ordenes de Trabajos de un modo automático, realizando la apertura de las mismas tanto para trabajos programados como para los no programados (de reparación de fallas); y constituir una herramienta adecuada para la cumplimentación de Ordenes de Trabajos.

El módulo de MANTENIMIENTO PREDICTIVO debe estar concebido para gestionar las medidas que genera el Mantenimiento Predictivo, así como facilitar el estudio de la variación de dichas medidas en el tiempo, debiendo estar preparado para el tratamiento de los parámetros elegidos por el usuario e identificar los puntos a controlar de cada equipo, y una gestión de rutas que proporciona la carga de trabajo adecuada.

El módulo de LUBRICACION debe estar concebido para facilitar la optimización de las variables de un programa de engrase (operación, frecuencia, lubricante, operarios, etc.), así como la gestión de los datos que su aplicación genera.

El objetivo del módulo PREVENTIVO EN MARCHA debe ser el de analizar todos los datos obtenidos en la inspección de una máquina durante su funcionamiento normal: control de estado, lecturas de diferentes magnitudes. En las fichas que maneja el operario en campo debe figurar la lectura anterior y los límites de variación de esa magnitud para poder detectar variaciones bruscas de forma inmediata.

El módulo de GESTIÓN DE ALMACÉN Y COMPRAS debe estar diseñado para crear el medio automático de control de la gestión del inventario de la planta.

Entre sus funciones cabe destacar el acceso inmediato a la ficha completa de un repuesto concreto, gestión de órdenes de compra, control de recepción de materiales, notificación inmediata y automática de necesidades de compra, estadísticas de proveedores, etc.

5.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA

Es aconsejable disponer de una estación de trabajo cerca de cada Usuario básico, por ejemplo:

- El Jefe de Mantenimiento y su staffs con acceso universal, para consulta de cualquier dato, fijación y control de presupuestos, análisis técnicos y económicos.

- Oficina Técnica de Mantenimiento, Planificación del Mantenimiento, para la introducción de nuevos datos, notificación de los existentes y análisis técnicos.
- Encargado del Taller/Equipo Reparaciones, para efectuar consultas, preparación trabajos, actualización datos: horas y materiales utilizados, resumen de cada intervención, etc.
- Almacén, para altas, bajas, salidas, entradas y recepción de los materiales de Almacén.
- Compras, para la gestión de Proveedores y Compras.

Para la aplicación del Programa, se deben codificar los equipos a mantener, decidir cuáles serán los servicios que ejecutarán de cada actividad y definir los centros de costes.

5.3. MÓDULO BÁSICO DE EQUIPOS

Este módulo debe permitir la creación y el Mantenimiento del Banco de Datos Básicos de Equipos (datos de descripción, datos generales, datos de situación, datos de operación, datos de control y datos históricos). Las características más importantes deben comprender:

Codificación arborescente con niveles jerárquicos y números de dígitos definibles por el usuario al inicio de la aplicación.

Datos de localización, tanto a nivel físico de planta como de documentación en planos de conjunto y detalle.

Asignación de los equipos a áreas de descargo, lo que potenciará la gestión de planificación, agrupando las intervenciones por este concepto, a fin de optimizar las paradas de los sistemas.

Descripción y código de almacén de los repuestos asociados al equipo, tanto los de carácter específico como los comunes.

Croquis del equipo, con la posibilidad de señalar puntos de interés.

Registro histórico del equipo, indicando fecha y descripción de la reparación.

Listado de Ordenes de Trabajo efectuadas sobre el equipo.

El programa debe proporcionar por cada gestión la posibilidad de consulta de resultados (técnicos y económicos), según el objetivo que se persiga. A continuación, se detallan las principales consultas a realizar sobre los registros históricos:

- 1) Informes técnicos para el análisis de confiabilidad de los equipos, de intervenciones, etc. Pueden obtenerse informes del historial de intervenciones y consumo de materiales por:
 - Conjunto de equipos, máquina o sector de la planta.

- Actividad.
- Servicios que ejecutarán el Mantenimiento.
- Centros de costo.
- Urgencias.

2) Informes económicos para análisis del costo de Mantenimiento bajo diversas circunstancias.

Valoración de intervenciones sobre equipos, sectores, etc.

Resumen mensual y anual de valoración del Mantenimiento (incluyendo Ordenes de Trabajo de horas, importe de horas e importe de materiales), por:

- Conjunto de equipos, máquina o sector de la planta.
- Actividad.
- Servicios que ejecutan el Mantenimiento.
- Centros de Costo.
- Urgencias.

Gráfico mensual y anual de valoración de Mantenimiento incluyendo los apartados anteriores.

Listado de desviaciones respecto a las previsiones.

Es necesario que el programa reconozca al personal asignado a las Tareas de Intervención Directa en Mantenimiento, así como la información sobre su categoría laboral, precio-hora, empresa a que pertenece (en caso de personal externo) y horas de presencia reales.

El proceso de operación se debe resumir en los siguientes puntos:

- Definición de las categorías laborales del personal de Mantenimiento.
- Definición de los precios-hora (según tipo de horas), por categoría laboral, del personal propio y de posibles empresas externas.
 - Mantenimiento de las fichas de datos del personal.
 - Actualización de las horas de presencia del personal.
 - Emisión del listado de control de presencia diario y mensual.

5.4. MÓDULO CORRECTIVO-PREVENTIVO

Se deben especificar los siguientes datos:

Datos de control: Operación a realizar, servicio ejecutor que debe intervenir, prioridad, tipo de programación (ya sea por horas de funcionamiento del equipo o constante por frecuencia de intervención), la frecuencia de intervención, margen, descargo del equipo, días previstos de duración y tiempo de ejecución.

Recursos necesarios: Repuestos, herramientas, documentos de seguridad y mano de obra (desglosada por categorías laborales). Como facilidad adicional, el sistema debe permitir tener previamente codificadas una serie de listas estándar de repuestos y herramientas, que pueden ser adaptadas a cada caso particular.

El módulo de gestión de Ordenes de Trabajo deberá estar diseñado para un funcionamiento automático, así como para la generación manual de una orden por el usuario en casos particulares. De esta forma, se puede proveer a la planta de un sistema de gestión y control de trabajos, consiguiendo los siguientes objetivos previstos:

- Eliminar por completo la pérdida de Ordenes de Trabajo.
- Eliminar la duplicación de Ordenes de Trabajo.
- Selección instantánea de Ordenes de Trabajo.
- Supervisión de realización de Ordenes de Trabajo.
- Imputación automática de los costos a los centros de costo definidos en los presupuestos.
- Análisis de los históricos de Ordenes de Trabajo.

El funcionamiento debe ser el siguiente:

a) Apertura de las Ordenes de Trabajo:

Mediante este proceso, el departamento de planificación debe poder solicitar la emisión de órdenes de trabajo. Deben existir dos formas de abrir una orden de trabajo, dependiendo de si el trabajo ha sido programado o no. Ordenes de Trabajo para los trabajos programados: Se debe abrir una Orden de Trabajo de la tarea que previamente fue planificada. En general, se debe tratar de trabajos de tipo Preventivo o cualquier otro trabajo que haya podido ser planificado manualmente (modificaciones, ampliaciones, etc.). Ordenes de Trabajo para los trabajos no programados: Se deben abrir Ordenes de Trabajo para todas las comunicaciones de fallo o avería que se hayan producido. En general se debe tratar de intervenciones correctivas o urgentes que no pudieron programarse previamente.

b) Cumplimentación de las Ordenes de Trabajo:

Una vez entregadas las Ordenes de Trabajo al servicio ejecutor pertinente, se debe proceder a la actualización diaria de las incidencias que afecten a la misma. La información a suministrar debe ser la siguiente:

Partes de trabajo diario (mano de obra utilizada). Los datos a actualizar son:

- Fecha de Intervención.
- Empresa que realizó el trabajo.

- N° Matrícula de operario.
- N° Horas.
- Tipo de Horas (normales, extras, nocturnas o festivas).

La introducción de estos datos debe permitir :

- 1) El uso de los mismos al efectuar el análisis de costos del plan de Mantenimiento.
- 2) El ajuste de horas teóricas de ejecución del Mantenimiento Preventivo, una vez analizado el historial de actuaciones de un período largo, con el fin de afinar próximas planificaciones.

Materiales consumidos durante la intervención:

Datos de descripción de averías y reparaciones: Uno de los objetivos del control informatizado del Mantenimiento debe ser la acumulación de experiencias para analizar la historia de las fallas producidas, con el fin de reconducir las planificaciones o proceder a efectuar las modificaciones apropiadas en los sistemas y/o equipos, con el objetivo final de reducir la tasa de averías.

Considerando este procedimiento, se debe introducir después de una intervención en la red en la Base de Datos General del Sistema de Descripción de la falla, la actuación al respecto y los comentarios técnicos del servicio ejecutor que realizó la intervención.

c) Cierre de la Orden de Trabajo:

Este proceso debe permitir la comunicación al sistema de la finalización de una Orden de Trabajo. Al ejecutarse este proceso, los datos asociados a la Orden de Trabajo se deben integrar en los ficheros históricos de la Base de Datos del sistema. Asimismo, se deben actualizar los datos de actuación para el equipo implicado en la Orden de Trabajo y para la gama afectada por ésta.

Módulo para Planificación de Trabajos.

La planificación es el uso de un método sistemático y organizado de análisis del trabajo, de manera que los recursos humanos y materiales se utilicen de forma más racional.

El propósito principal de este módulo debe ser ayudar en la gestión del Mantenimiento liberando a los departamentos de dirección del peso de revisar el estado y ejecución de las múltiples tareas necesarias. Así se consigue que el funcionamiento y operación de las instalaciones se realicen en el punto óptimo de eficiencia. El módulo es capaz, gracias a su método dinámico de análisis, de recoger las posibles incidencias diarias y volver a planificar las tareas de forma continua según las necesidades del usuario, mostrando de esta forma posibles desviaciones de la curva de trabajos previstos en relación con la de medios del personal de la planta.

Los informes y exposición de los análisis del módulo deben ser diseñados para facilitar al máximo la comunicación entre los Departamentos correspondientes, e incrementar de esta forma el control de gestión por medio de las posibilidades siguientes:

- Planificación dinámica y automática de las tareas de Mantenimiento Preventivo.

- Análisis de los puntos críticos de la planificación.
- Planificación de las tareas de Mantenimiento Correctivo, o de cualquier otro tipo, cuando la urgencia lo permita.
- Preparación automática de las órdenes de trabajo para el personal de Mantenimiento.
- Preparación de informes de gestión.
- Informes de evolución.
- Gráficos de análisis de gestión.

5.5. MÓDULO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este módulo debe estar concebido para gestionar la gran cantidad de medidas que genera el servicio de Mantenimiento Predictivo para Análisis de Vibraciones de equipos electromecánicos, así como facilitar el estudio de su variación en el tiempo, estando preparado para el tratamiento de los parámetros elegidos (velocidad, aceleración o desplazamiento) por el usuario.

Debe constar de una ficha de equipo que recoja todos aquellos datos que precisa el analista para efectuar un diagnóstico, tales como:

- Características técnicas del equipo y de los componentes del mismo:
- Potencia.
- Velocidad de giro.
- Tipo de transmisión entre la máquina conducida y la conductora.
- Grupo de normas de "Análisis de Vibraciones" en que se encuadra el equipo (configurable por el usuario).
- Indicación de los niveles de vibraciones tolerable (zona de análisis) y excesivo según la norma elegida.
- Indicación de vibraciones máxima y mínima obtenida históricamente en el equipo en cuestión.
- Croquis del equipo con la identificación de los puntos a medir.

Debe presentar una gestión que permite identificar los puntos a controlar de cada equipo y una gestión de rutas que facilita la agrupación de los equipos a los que hay que efectuar mediciones, de forma que proporcione una carga de trabajo adecuada. Es la gestión donde se debe decir además la prioridad, frecuencia de control y centro de costo de la intervención y donde se hace una previsión de las horas necesarias para su ejecución.

Las Ordenes de Trabajo deben llevar el control de los costos a ellas imputados, ya sea en forma de horas, materiales o partidas alzadas consultables en el transcurso del trabajo

con ellas. Asimismo, permite hacer algún comentario sobre la ejecución de los trabajos que parezca interesante para trabajos similares sucesivos.

Una vez introducidas las mediciones obtenidas en campo, el sistema debe reproducirlo de forma automática en gráficos, tanto de evolución de los niveles de vibración por punto y dirección (radial y axial, siendo en radial las mediciones en horizontal y vertical) como en curvas de tendencia o severidad con indicación de la fecha y del punto y la dirección en que se ha obtenido la medición más elevada.

En cada uno de los equipos se debe conservar un registro histórico de las mediciones obtenidas en cada punto y dirección, así como otro de diagnóstico.

El módulo de resultados debe poder trabajar con éste, de forma particular o integrado en el conjunto de las actividades de Mantenimiento.

5.6. MÓDULO DE LUBRICACIÓN

El programa debe estar concebido para facilitar la optimización de las variables de un programa de engrase, (operación, frecuencia, lubricante, n° de operarios, etc.), así como la gestión de los datos que su aplicación genera.

El programa debe constar de una ficha por equipo a engrasar, que recoge los datos de:

- Código y descripción del equipo.
- Ubicación en planta del equipo.
- Horas de funcionamiento por semana (se utiliza para definir la cadencia del engrase)
- Croquis de los puntos de engrase (a realizar por el usuario en forma sencilla).
- Puntos a lubricar con indicación de su descripción, operación a efectuar (comprobar niveles, engrasar, tomar muestras de aceite, etc.), frecuencia, lubricante a emplear, tiempo estimado para ejecutarla, fecha de última operación, fecha real de engrase, n° de operarios necesarios para efectuarla, y situación del equipo para la realización de la operación (marcha, parada, descarga, etc.).

El conjunto de fichas deben constituir un banco de datos de consulta rápida. También se pueden imprimir todos los datos en ellas referidos a aspectos parciales (croquis, descripción de puntos, etc.), con el objetivo de clasificar un informe o ser adjuntadas al programa de trabajo si, por ejemplo, se inicia a un nuevo operario todavía no familiarizado con las tareas a ejecutar.

Definidos los puntos de trabajo, se deben confeccionar las rutas de lubricación, cuidando de que éstas supongan una carga equilibrada y una secuencia lógica de trabajo.

El sistema no debe permitir asignar a una misma ruta operaciones que precisen para su ejecución un número distinto de operarios o una situación de operación del equipo a intervenir distinta (paro o marcha).

En el transcurso de la creación de las rutas de lubricación, el sistema, a través de un cálculo que tiene en cuenta los tiempos de intervención y las frecuencias, debe indicar los

tiempos medios de ejecución de las rutas a cada operación que se añade, con visión permanente de este dato por parte del operador.

Una vez establecidas las rutas y asignado el primer día de intervención para cada una de ellas, el Sistema debe asignar automáticamente las próximas fechas de ejecución correspondientes a la misma operación. El Sistema debe tener en cuenta tanto la frecuencia asignada, como el calendario laboral vigente. Las rutas previstas deben estar enlazadas por una secuencia lógica.

El Sistema debe realizar, de forma automática, la planificación de todas las tareas de engrase y lubricación que corresponden al período analizado, pasando al siguiente día laborable aquellas labores situadas en fecha festiva.

La planificación automática debe poder corregirse manualmente, de acuerdo con las fabricaciones previstas y con los recursos humanos que hayan variado de forma fortuita.

Conjuntamente con la Orden de Trabajo, el Sistema debe facilitar un listado de los puntos a engrasar, la operación exacta a realizar en cada uno de ellos, la fecha teórica de la intervención, las herramientas a utilizar, la ruta a la que pertenece, y una relación de los lubricantes que se van a precisar para cumplimentar el conjunto de la Orden de Trabajo, así como la mano de obra precisa.

En estas fichas de trabajo el Operario debe cumplimentar la certificación de que ha efectuado la lubricación o debe hacer constar los motivos de la no ejecución. También debe anotar todas las anomalías observadas: fugas, ruidos, temperaturas anormales, etc., el consumo real de lubricantes y las notaciones (Resumen Histórico) que le parezca oportuno hacer; así como la mano de obra real necesaria para su ejecución.

Con estos datos se debe alimentar realmente el Sistema. De forma opcional, puede existir un registro histórico donde pueden almacenarse todas aquellas incidencias que más adelante se utilizan para analizar la evolución de los equipos y para establecer nuevas cadencias de reparaciones. El acceso a este banco de datos debe ser sencillo; se debe disponer de un tratamiento de textos para cuya utilización no se precisa codificación alguna.

Una vez cumplimentados estos datos, el Sistema debe pasar a programar la fecha de la próxima intervención.

Se puede incluir un sistema de gestión de personal que admita los datos de los Operarios dedicados a estas labores, con sus costos horarios correspondientes, y que da opción a un control de costos por ruta de engrase para un período elegido.

El Sistema debe facilitar al operario la información a través de varios listados:

- Trabajos pendientes, a realizar con máquina en marcha, ya lanzados pero no ejecutados.
- Trabajos pendientes, a realizar con máquina parada, a ejecutar en la próxima parada.
- Histórico de cada uno de los equipos, reflejando todas las incidencias que se hayan anotado, con sus fechas y por orden cronológico.

- Fechas en que se ha realizado la intervención sobre un punto determinado, dentro de un ejercicio. El Usuario fija cuándo empieza y cuándo termina el ejercicio.
- Lista total de operaciones efectuadas en el período elegido por el Usuario.
- Costo por ruta, costo por período, etc. El Programa debe disponer de varias utilidades para: realización de listas master de puntos de engrase, procedimientos, etc., que pueden asignarse a equipos semejantes; consultas rápidas desde cualquier pantalla del Sistema a pantallas de datos: significativos, históricos o de control presupuestario.

5.7. MÓDULO PREVENTIVO DE PUESTA EN MARCHA

El objetivo de esta gestión es analizar todos los datos obtenidos en la inspección de una máquina durante su funcionamiento normal.

Debe constar de unas guías de Mantenimiento donde figuran unos datos fijos tales como:

- Identificación del equipo.
- Fecha de lanzamiento y fecha de devolución.
- Servicio ejecutor.
- Prioridad.
- Horas previstas.

Estos datos deben complementarse con los parámetros de control del equipo en cuestión que pueden ser de dos tipos:

- Control de estado. (B/M)
- Forma de lectura de diferentes magnitudes (presión, temperatura, etc.), a los que pueden fijarse dos umbrales (máx, mín.) entre los que debe fluctuar en estado normal.

Una vez introducidas las lecturas, después de su inspección en el sistema, debe ser posible visualizar curvas de tendencia de las magnitudes anteriormente controladas en campo, lo cual posibilita tomar decisiones tras su análisis.

5.8. MÓDULO DE GESTIÓN DE ALMACÉN Y COMPRAS

Este módulo debe estar diseñado para crear el medio automático de control de la gestión del inventario de la planta, ofreciendo las siguientes funciones:

- Acceso inmediato a la ficha completa de un repuesto concreto.
- Acceso inmediato a balances económicos y de partes.
- Acceso inmediato a la situación física de partes en almacén y planta.

- Notificación inmediata y automática de necesidades de compra.
- Niveles normales y de emergencia del inventario de repuestos.
- Gestión de órdenes de compra.
- Gestión de emisión de pedidos de compra.
- Control de recepción de materiales.
- Estadísticas de Proveedores.

6. FORMULARIOS

Logotipo y nombre de la empresa	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					Hoja N°
	FICHA DE INVENTARIO					Código
	Organismo:			Localidad:		
Equipo:			Acoplado a:			
Uso:			Ubicación:			
Horas diarias de funcionamiento:		Estado Actual	Bueno:	Regular:	Malo	
PLACA DEL EQUIPO INVENTARIADO	DATOS TECNICOS ADICIONALES		EQUIPOS AUXILIARES			
			Descripción		Marca	
	Observaciones:					
Vendedor:			Año de Instalación:			
Dirección:			Telefono:			
Manuales Existentes			Operación:	Mantenimiento:		

Formulario tipo 1. Programa de mantenimiento preventivo – Ficha de inventario

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO										
ORDEN DE TRABAJO N°										
SOLICITADO POR:			FECHA		PRIORIDAD					
APROBADO POR:			CONT. DE COSTOS		<input type="checkbox"/> EMERGENCIA, SUSPENDIDO <input type="checkbox"/> CUANDO ES POSIBLE <input type="checkbox"/> PROGRAMADO, FECHA					
N° DE ACTIVO			NOMBRE DEL EQUIPO							
DESCRIPCION DEL TRABAJO										
INFORMACION ANTERIOR DEL SOLICITANTE										
ARCHIVO			ASIGNADO POR:		FECHA DE PROGRAMACION		N° DE DEBITO			
<input type="checkbox"/> PERMANENTE <input type="checkbox"/> TEMPORAL										
ACCION TOMADA	TIPO DE REPARACION	CAUSA	CLAVE DEL OFICIO	HORAS DE REPARACION	HORAS DE STANDARD	HORAS DE PARALIZACION				
PIEZAS Y MATERIAS										
CLAVE DE ALMACENES			CANTIDAD		DESCRIPCION			COSTOS		
OBSERVACIONES						HS. RELOJ		HS.		
HORAS TOTALES DE REPARACION										
INSPECCIONADO POR:			FECHA							

Formulario tipo 2. Programa de mantenimiento – Orden de trabajo n°

Logotipo y	SECCION MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
nombre de la empresa	FILTROS				Código
Tipo de Filtro:					
Capacidad Nominal:			Capacidad Actual		
Tiempo de funcionamiento:			Fecha de Construcción:		
Arias de funcionamiento:		Estado Actual	Bueno:	Regular:	Malo
Fallas presentadas:					
Accesorios:					
Observaciones:					
Constructor:			Planos	si <input type="checkbox"/>	no <input type="checkbox"/>
Intervenida por:			Fecha:		

Formulario tipo 3. Sección mantenimiento preventivo

CALENDARIO DE MANTENIMIENTO Y DE INSTALACION DE EQUIPOS						
ORGANISMO:		MES:		AÑO:		
FECHA	LOCALIDAD	Ruta	UBICACIÓN	Instalación y/o equipo	Período de Mantenimiento	Nivel Ejecutivo
MANTENIMIENTO CORRECTIVO						
OBSERVACIONES						

Formulario tipo 4. Calendario de mantenimiento y de instalación de equipos

Logotipo y nombre de la empresa	SECCION MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
	UNIDADES ESPECIALES				
Clase de Unidad:					
Uso:					
Tiempo de funcionamiento:			Fecha de Construcción:		
Horas diarias de funcionamiento:		Estado Actual	Bueno:	Regular:	Malo
Fallas presentadas:					
Accesorios:					
Datos Técnicos:					
Intervenida por:			Fecha:		

Formulario tipo 5. Sección mantenimiento preventivo – Unidades especiales

Logotipo y nombre de la empresa	SECCION MANTENIMIENTO PREVENTIVO				Hoja N°
	MEDIDORES				Código
Organismo:			Localidad:	Ruta de M.P. N°	
Tipo de Medidor:			Localización:		
Tiempo de funcionamiento:			Fecha de Construcción:		
Horas diarias de funcionamiento:		Estado Actual	Bueno:	Regular:	Malo
Fallas presentadas:					
Accesorios:					
Vendedor:			Dirección:		
Catalogos:		si	no		
Intervenida por:			Fecha:		

Formulario tipo 6. Sección mantenimiento preventivo – Medidores

Logotipo y nombre de la empresa			DIVISION DE PROGRAMAS ESPECIALES Sección de Mantenimiento Preventivo													Mes y Año		
			CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE BOMBAS													Localidad		
Elaborado por:											Agua		Cloaca		Otros			
Día	Código	UBICACIÓN	TEMPERATURA		ESTABILIDAD					Presiones de Descarga		Caudal Lts./seg. Aforado	Horas de trabajo	Paradas		Observaciones:		
			Normal	Recalen.	Normal	VIBRACIONES			Máximo	Mínimo	Tiemp. (h)			Causas Aparentes				
						Base	Anclaje	Acople							Máquina			

Formulario tipo 7. Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de bombas

Logotipo y nombre de la empresa			DIVISION DE PROGRAMAS ESPECIALES Sección de Mantenimiento Preventivo												Mes y Año				
			CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE MOTORES ELECTRICOS												Localidad				
Elaborado por:															Agua		Cloaca	Otros	
Día	Código	UBICACIÓN	Voltaje (Voltios)		Corriente (Amperios)		TEMPERATURA		Velocidad (R.P.M)	ESTABILIDAD					Horas de trabajo	Paradas		Observaciones:	
			Max.	Min.	Max.	Min.	Normal	Recalen.		VIBRACIONES						Tiemp. (h)	Causas Aparentes		
										FUERTES									
										Normal	Base	Anclaje	Acople	Máquina					

Formulario tipo 8. Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de motores eléctricos

[illegible]**Formulario tipo 9.** Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de generadores

Logotipo y nombre de la empresa		DIVISION DE PROGRAMAS ESPECIALES Sección de Mantenimiento Preventivo																				Mes y Año							
		CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE MOTORES DIESEL																				Localidad							
Elaborado por:																Agua		Cloaca	Otros										
Día	Código	UBICACIÓN	Voltaje (Voltios)		Corriente (Amperios)		TEMPERATURA		Velocidad (R.P.M)	ESTABILIDAD VIBRACIONES					RUIDOS					Humos de Escape					Paradas		Horas de trabajo		
			Max.	Min.	Max.	Min.	Normal	Recalen.		Normal	FUERTES				Detonación	Golpeteos	Chirridos	Zumbidos	Resonancia	Negro	Gris	Azul	Blanco	Tubos o conexión	Junta o Sello	Radiador		Tiemp. (h)	Causas Aparentes
											Base	Anclaje	Acople	Máquina															

Formulario tipo 10. Sección de mantenimiento preventivo – Condiciones de funcionamiento de motores diesel

7. BIBLIOGRAFIA

- Mantenimiento Industrial. Organización, Gestión y Control. Raimundo H. González. Editorial Alsina.
- Manual DTIAPA N° E-2. CEPIS. Supervisores de Plantas de Tratamiento de Agua. Ing. Lidia Canepa de Vargas. Perú 1985.
- Manual DTIAPA N° E-4. CEPIS. Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en Abastecimiento
- Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales para Localidades de hasta 30.000 habitantes (ENOHSA).
- Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de calidad de agua para consumo humano, Manual de Instrucción Ciclo Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua. Ing. Enrique Palacios.
- Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de calidad de agua para consumo humano, Manual de Instrucción Ciclo Operación de Plantas de Tratamiento de Agua. Ing. Bernardo Gomez.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Considerations for preparation of operation and maintenances Manuals. R.L. Green (Año 1974).