

*Universidad Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”
Faculta de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Ingeniería Industrial*



Trabajo de Diploma

*“Aplicación de agente coagulante
para ser más efectivo el proceso de
potabilización del agua en la
Planta Damují”.*

Autor: Pedro Jaime Toledo Amat

Tutore: Ing. Barbará Alcione Solar Sauri

*Cienfuegos, 2010
“Año 52 de la Revolución”*

Resumen

En la planta Potabilizadora Damují se realizó un estudio profundo sobre las causas y motivos que provocan los olores y sabores del agua así como sus altos niveles de consumo de agua. Todo esto conlleva a ofrecer al cliente un producto que no tiene la calidad requerida y eleva los costos de operación y bombeo. Para el mismo se utilizaron diferentes métodos de cálculos, análisis estadísticos de datos, tomados de diferentes períodos de años de trabajo, cálculos de pérdidas de agua diarias, se aplicaron técnicas de ingeniería industrial para la determinación de las causas que provocan los problemas, revisión de métodos de trabajo del personal técnico y el administrativo sobre la utilización y el aprovechamiento correcto del recurso agua, su calidad necesaria y sobre la disciplina tecnológica.

Del análisis del estudio realizado se derivó que uno de los problemas fundamentales de esta planta potabilizadora para ofrecer un agua de calidad, radica en que no cuenta con el tratamiento adecuado para cambiar las características del agua del embalse.

Por esta razón se recomienda la aplicación de un producto químico para resolver los problemas de floculación que afectan el proceso de potabilización del agua en la planta...

Además es imprescindible para lograr los objetivos trazados realizar las mejoras necesarias en el área de filtración para que esta parte del proceso cumpla su misión correctamente entregando un producto que cumpla las normas establecidas.

-----Tabla de contenidos

Contenido	Página
Resumen	-
Introducción	1
Capítulo 1: ESTADO ACTUAL DEL AGUA EN EL MUNDO Y PLANTAS POTABILIZADORAS.	4
1.1 Situación Mundial del Agua.	4
1.2 Situación de Cuba con respecto al Agua	8
1.3 Proceso de potabilización del agua.	11
1.4 Tipos de plantas potabilizadoras en el mundo.	11
1.5 Generalidades	15
1.6 Clasificación de los Procesos.	21
1.7 Conclusiones Parciales	24
Capítulo 2: CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA POTABILIZADORA DAMUJÍ.	25
2.1 Análisis para la determinación de los puntos críticos en el proceso	25
2.2 Situación actual.	26
2.3. Etapas en el proceso de tratamiento del agua en la planta potabilizadora Damují	29
2.4 Características del tratamiento por etapas	29
2.5 Determinación de los puntos críticos en el proceso de tratamiento del agua	36
2.6 Conclusiones Parciales	47
Capítulo 3 APLICACION DE UN COAGULANTE PARA EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DAMUJÍ. PROCEDIMIENTO PARA SU APLICACIÓN Y MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DE LOS FILTROS	48
3.1 Construcción del procedimiento.	48
3.2 Sistema de control para la aplicación del coagulante en el proceso).	51
3.3 Aplicación del coagulante en el proceso.	52
Conclusiones	63
Recomendaciones	64
Bibliografía	65

INTRODUCCIÓN

El proceso de potabilización del agua para consumo humano es muy importante, los hombres han buscado siempre que el agua para beber sea lo más segura posible. Esta preferencia por las características del agua que se consume comprendió en sus inicios principalmente el aspecto olor, sabor, temperatura, color por lo que era captada y almacenada de forma que conservase las condiciones deseadas.

El agua es una sustancia química que tiene propiedades muy peculiares, una de ellas es su gran poder de disolver, es denominado **"El Solvente Universal"**, es por ello que casi nunca encontramos un agua "Pura". El agua tal y como se encuentra en la naturaleza usualmente no se puede utilizar en forma directa para consumo humano o la industria, por no encontrarse suficientemente pura. A su paso por el suelo, subsuelo o por el aire, el agua recoge materias en suspensión o solución como arcillas, organismos vivos como plantas, bacterias y virus; sales disueltas, materias orgánicas y gases. La presencia de todas estas sustancias obliga a efectuar el tratamiento de las aguas antes de su empleo por los seres humanos.

La creación de sistemas centralizados de suministro de agua, extendidos desde mediados del siglo XIX para asegurar las demandas de agua en los asentamientos cada vez mayores de población, implicó el empleo de capacidades considerables de entrega de las fuentes. Esto ha significado no solamente el uso mas frecuente de ríos y depósitos naturales de agua, sino la explotación de áreas mayores de agua subterránea, la regulación de ríos y la demanda cada vez mayor de mas agua, mas fuentes. Triplicándose la población y creciendo en seis veces su demanda de agua.

Nuestro Comandante señala:

... y hasta sería bueno que nuestra población tuviera una mayor conciencia de la..., de la importancia del agua, el cuidado del agua, la preservación del agua, Fidel Granma, 28 de julio de 1993.

En la actualidad, el costo real del agua es mayor de lo que cuesta el servicio ya que implica un conjunto de factores que normalmente no se consideran. El desarrollo sostenible, según se ha definido, implica pagar los costos reales de los servicios y del recurso.

Se ha estimado que no menos del 80 % de todas las enfermedades en el mundo se asocian con el agua no potable o de mala calidad. Para evitar todos estos riesgos y garantizar la potabilidad de la misma es de gran importancia su tratamiento el cual por lo general se lleva a cabo en una Planta Potabilizadora.

Este trabajo se realizó en la planta potabilizadora Damují que se encuentra situada en la finca el Estero, Entronque del CAI 14 DE Julio, municipio de Rodas, que abastece de agua potable a la zona industrial de Cienfuegos y parte de su población.

Nuestro trabajo consiste en la aplicación de un agente coagulante para ser más efectivo el proceso de potabilización del agua en la Planta Damují y con ello elevar la calidad del agua y reducir al máximo las quejas de los clientes con respecto al mal olor y sabor del agua a comercializar.

Situación problema

Las aguas del embalse de Abreus presentan olores y sabores fuertes que implican un proceso de potabilización más complejo para convertirlas en potable.

Problema científico:

Debido a la concentración de las algas, así como el número de ellas, las aguas del embalse de Abreus presentan olores fuertes y desagradables, principalmente terroso y a marisco afectando el proceso de potabilización del agua en la planta potabilizadora Damují.

Hipótesis:

La aplicación de un producto químico como coagulante en el proceso de potabilización del agua, para la eliminación de olores y sabores en la misma logrará una mayor calidad del agua potable.

Objetivo general:

Elaborar un procedimiento para la aplicación de un producto químico al agua que garantice la reducción de los olores y sabores desagradables en el agua potabilizada.

Objetivos específicos:

1. Conocer las características de la fuente de abasto que es la materia prima de la Planta de Damují.
2. Proponer las medidas necesarias para reducir el índice del volumen del agua gastada en el lavado de los filtros.
3. Proponer un procedimiento para la utilización de un coagulante que sea capaz de mejorar la calidad del agua a la salida de la planta sobre todo desde el punto de vista organoléptico.

CAPITULO 1: ESTADO ACTUAL DEL AGUA EN EL MUNDO Y PLANTAS POTABILIZADORAS.

1.1 Situación Mundial del Agua.

El agua es el recurso que dio origen a la vida, es una sustancia tan valiosa como el oro y el petróleo. Solo el 2,5 por ciento de los recursos hídricos mundiales son agua dulce y mayor parte del líquido que nos rodea, el mar y los océanos, son salados. Según un informe del programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los seres humanos solo contamos con menos del uno por ciento del agua dulce para nuestro consumo. El uso del agua de mar para en los sectores de servicios e industriales y regadíos es casi nulo y los procesos de eliminación del contenido de impurezas del agua de mar son muy costosos.

El agua es uno de los elementos estratégicos del mundo, ya que según informes de la ONU, se plantea que uno de cada cinco habitantes del planeta no tiene acceso al agua potable, demanda que aumentará para la mitad del siglo, considerando que para el 2030 las dos terceras partes del planeta vivirá en ciudades y metrópolis con el aumento de la demanda de agua en las zonas urbanas.

Conocer el ciclo hídrico permite valorar las acciones para aprovechar las oportunidades para el control y uso del agua, así como tomar las medidas preventivas para mantener este equilibrio natural de la Biosfera, de forma que los impactos que el hombre produce sobre los recursos hídricos puedan ser minimizados o evitados con la correcta gestión de los procesos donde interviene este recurso.

La gestión del agua implica conocer sus propiedades y sus impurezas para evaluar los tratamientos y usos a que se destina en los procesos tanto productivos, como de servicio y de abasto a la población, pero también establecer las regulaciones, normativas de control y el tratamiento de los efluentes producidos.

El planeta, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a más de 6.000 millones de seres humanos, se enfrenta en este comienzo del Siglo XXI con una grave situación, la crisis del agua.

Todas las señales indican que la crisis se esta empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva en la gestión de los recursos hídricos, esencialmente inadecuados actualmente.

La verdadera tragedia de esta , sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos, luchando por conseguir una educación para sus hijos, por ganarse la vida y por solventar sus necesidades básicas de alimentación.

La crisis pesa asimismo sobre el entorno natural, que cruje bajo la montaña de desechos que se vierten a diario y con aparente desinterés por las consecuencias y para las generaciones venideras.

En realidad, se trata fundamentalmente de un problema de actitud y de comportamiento, problemas en su mayoría identificables y localizables. Actualmente se poseen los conocimientos y la pericia necesaria para abordarlos y se han elaborado excelentes herramientas conceptuales, tales como la equidad y la noción de sustentabilidad. Sin embargo, la inercia de los líderes y la ausencia de una conciencia sobre la magnitud del problema por parte de la población mundial, resultan en un vacío de medidas correctivas oportunas y necesarias y en una incapacidad para infundir a los conceptos de trabajo una resonancia más concreta.

Al mismo tiempo, una mejor gestión permitirá hacer frente a la creciente escasez de agua per cápita en muchas partes del mundo en desarrollo. Resolver la crisis del agua es, sin embargo, sólo uno de los diversos desafíos con los que la humanidad se enfrenta en este tercer milenio.

Aún así, de todas las crisis, ya sean de orden social o relativo a los recursos naturales con las que se enfrentan los seres humanos, la crisis del agua es la que se encuentra en el corazón mismo de la supervivencia del planeta.

El ser humano extrae un 8% del total anual de agua dulce renovable y se apropia del 26% de la evapotranspiración anual y del 54% de las aguas de escorrentía accesibles. El control que la humanidad ejerce sobre las aguas de escorrentía es ahora global y el hombre desempeña actualmente un papel importante en el ciclo hidrológico.

El efecto preciso que el cambio climático produce sobre los recursos hídricos es incierto. La precipitación aumentará probablemente desde las latitudes 30Nº y 30ºS, pero muchas regiones tropicales y subtropicales recibirán posiblemente una cantidad de lluvia inferior y más irregular.

Con una tendencia perceptible hacia condiciones meteorológicas extremas más frecuentes, es probable que las inundaciones, sequías, avalanchas de lodo, tifones y ciclones aumenten. Es posible que disminuyan los caudales de los ríos en períodos de flujo escaso y la calidad del agua empeorará, sin duda, debido al aumento de las cargas contaminantes y de la temperatura del agua.

El Segundo Informe sobre Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo del 2006 alerta que la carencia de este servicio básico está vinculado a la mala gestión del agua, a la corrupción, a la poca creación de capacidades humanas y la escasez de las infraestructuras físicas.

En los últimos años el consumo de agua ha aumentado a razón de 1 a 1,5% por año, fundamentalmente, en los países desarrollados. A pesar de que el 71 por ciento de la superficie del planeta está cubierto por mares y océanos, la cantidad de agua dulce disponible para usos industriales, agrícolas, domésticos y de algún otro tipo es limitada, ya que tan sólo alcanza al 0,003 por ciento.

En los países subdesarrollados el consumo de agua puede alcanzar cifras muy inferiores, un estudio realizado por el Banco Mundial para las áreas rurales de los países en vías de desarrollo y distribuidos por zonas geográficas muestra las siguientes cifras:

Tabla No. 1 Distribución del consumo mundial de agua por persona.

Región	Consumo mínimo por persona l/d	Consumo máximo por persona l/d
África	15	35
Sudeste Asiático	30	70
Pacífico Occidental	30	95
Mediterráneo	40	85
Latino América	70	190
Intervalo normal	35	90

Los pueblos antiguos no necesitaban obras de ingeniería para el aprovisionamiento de agua. Cazadores y nómadas acampaban cerca de las fuentes naturales de agua fresca, las poblaciones estaban tan dispersas que la contaminación del agua no constituía un serio problema. Cuando se desarrolló la vida en comunidad y las aldeas agrícolas se transformaron en centros urbanos, el suministro de agua se convirtió en un problema para los habitantes de las ciudades y para el riego de los campos circundantes. El primer pueblo en tener en cuenta la sanidad del suministro de agua fue el pueblo romano, que construyó una extensa red de acueductos para traer las aguas limpias de los montes Apeninos hasta la ciudad, intercalando estanques y filtros a lo largo del recorrido del agua para asegurar su claridad. La construcción de estos sistemas de suministro de agua decayó con la desintegración del Imperio romano, y durante varios siglos, las fuentes de suministro de agua para fines domésticos e industriales fueron las fuentes y manantiales locales.

En los últimos años ha aumentado el interés en la conversión de agua de mar en agua potable en regiones muy secas como en Oriente Próximo. Diversos procesos como destilación, electro diálisis, ósmosis inversa y evaporación por congelación directa se han desarrollado para este fin. A pesar de sus buenos resultados, estos procesos de tratamiento de agua de mar son mucho más costosos que el tratamiento

1.2 Situación de Cuba con respecto al Agua

La tragedia de tener los labios quebrados por el Sol, la garganta seca, la piel enrojecida, el Sol quemando nuestros cuerpos, mientras andamos con un cubo sobre los hombros para darle de beber a nuestros hijos no esta ubicado en el paisaje cubano; no por la geografía y el clima, ni nuestros cuidados y costumbres, sino por la estrategia hidráulica de un país que diseña todo proyecto a partir del ser humano. Dejar de contribuir con el ahorro es un acto de insensatez que nuestros hijos y nuestro país pudieran pagar con creces para la administración de las aguas terrestres, con la participación”. Desde los años sesenta del siglo pasado se inició en Cuba el desarrollo_ de las estrategias para la gestión del agua, con la creación del Instituto de Recursos Hidráulicos, el fortalecimiento de la infraestructura hidráulica, la formación de recursos humanos capacitados y la creación de las bases legales y normativas de otros organismos del estado cubano.

Los Recursos Hídricos Potenciales en Cuba alcanzan los 38.1 mil hm³, de los cuales 31.7 mil hm³ corresponden a las aguas superficiales, para un 83% y 6.4 mil hm³ (17%) a las aguas subterráneas, de este potencial total se ha evaluado al nivel de esquema como Recursos Hídricos Aprovechable 23.9 mil hm³, 17.9 mil hm³ superficiales y 6.0 mil hm³ subterráneas.

De acuerdo a las obras hidráulicas construidas y a las condiciones creadas para la explotación, los Recursos Hidráulicos Disponibles anualmente ascienden a 13533.1 hm³, siendo las aguas superficiales el 67% con un volumen de 9038.0 hm³ y a las aguas subterráneas el 33%, con un volumen de 4495.1 hm³.

Dentro de las regulaciones del Estado Cubano se destaca el Decreto -Ley 138/1993 De las aguas Terrestres y las normas cubanas de la calidad del agua, donde se explicita la voluntad de la protección de los recursos hídricos.

El Decreto-Ley No. 138 de las Aguas Terrestres establece la obligación de contar con instalaciones destinadas al tratamiento de agua y la disposición final de sustancias residuales, a fin de usar y proteger la calidad de las aguas terrestres.

El agua es un elemento común en todas las actividades de la vida diaria, puede constituir un factor limitante en el desenvolvimiento económico en el ordenamiento nacional y territorial, así como puede ser fuente de transmisión de enfermedades al hombre y a los animales.

El agua según el uso se clasifica en tres grandes grupos: aguas de población, aguas industriales y aguas de regadíos. Las aguas de población son destinadas a los servicios comunes de las localidades, tales como: uso residencial, hoteles, hospitales, comercios, etc. Y en general son desinfectadas y clarificadas. Las aguas destinadas a los procesos industriales reciben diferentes tratamientos, en dependencia a su uso. Las aguas de regadíos generalmente no llevan tratamientos. Las aguas de servicios e industriales después de ser usadas se convierten en aguas residuales, las cuales llevan su tratamiento para que entren nuevamente en el ciclo del agua o ser reutilizadas en cualquiera de los usos mencionados en cada proceso. Cada año se planifica utilizar más de 7000 hm³ en nuestro país, lo que equivale a más del 50% de los recursos disponibles para la explotación. De este volumen utilizado (año 2007) el 51,7% corresponde al riego; el 3,1% a la industria; el 23,1 al abasto a la población y servicios; el 8,4% a otros consumos; el 5,6% a los requerimientos ecológicos (gasto sanitario), y el 7,9% a las pérdidas en la explotación.

La política del estado cubano en este sentido se manifiesta en la aprobación del decreto de las aguas terrestres y se detalla en el capítulo ii del aprovechamiento y el

uso racional de las aguas terrestres, por lo que es recomendable este documento, dada la importancia que tiene en la gestión del agua en Cuba. Entre las acciones que se realizan para el aprovechamiento y el uso racional del agua en Cuba se encuentran:

- Establecer los regímenes de explotación de las fuentes de las aguas terrestres para garantizar la explotación racional de este recurso, mediante las regulaciones adoptadas por el Estado Cubano y ejecutadas por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).
- Adoptar las medidas que se requieren para la preservación y el saneamiento de las aguas terrestres cuando se realice cualquier actividad como vertimientos que puedan constituir peligro de contaminación de las fuentes, así como evitar la acumulación de escombros, residuos o sustancias de cualquier naturaleza que pueda degradar el entorno y afectar las fuentes.
- organizaciones y comunidades deben realizar una gestión eficiente del agua a partir de los volúmenes aprobado para el consumo, evitando el desperdicio por salideros, filtraciones, uso indiscriminado en los procesos y servicios, por lo que es necesario controlar los indicadores de consumo para cada actividad a partir de las normas de consumo de agua para cada proceso, así como de los requisitos de uso.
- Promover el uso de tecnologías que sean bajas consumidoras del agua tanto en las nuevas inversiones como en los proyectos de mejora, teniendo en cuenta la reutilización de los residuales en el proceso o por otras organizaciones, o su tratamiento para el vertimiento en el lugar autorizado por el INRH.
- Organizar los sistemas de regadío sobre bases científicas y capacitar a las organizaciones vinculadas a la agricultura y a los pequeños agricultores sobre las técnicas para el control y aprovechamiento del agua, si se considera que el riego agrícola es una de las actividades de mayor consumo de agua en Cuba.
- Mantener mecanismos económicos para estimular y promover el uso eficiente del agua mediante las tarifas de cobro del agua por la prestación del servicio, con tasas de recargo por el exceso de consumo de agua para usuarios, territorios y cuencas.
- Promover la cultura de la gestión eficiente y eficaz del agua en la sociedad, fundamentalmente en la población que representa el mayor consumidor de agua de

las fuentes de abasto en Cuba, mediante la sensibilización y capacitación a través de los proyectos institucionales para crear valores regulatorios que permitan preservar uno de los recursos naturales más importante para la vida humana.

- Promover el estricto cumplimiento de las regulaciones dictadas por el Estado Cubano para la protección de las aguas terrestres, fundamentalmente el Decreto-Ley de las aguas terrestres, y que se complementa con la regulación de las contravenciones en el Decreto No. 199/1995 Contravenciones de las regulaciones para la protección y el uso racional de los recursos hidráulicos.

1.3 Proceso de potabilización del agua.

La potabilización del agua es el proceso consistente en la eliminación de los sólidos suspendidos ,aglomeración, decantación de los coloide y desinfección de organismos patógenos mediante la coagulación ,el ablandamiento,la eliminación de hierro y manganeso ,la eliminación de olor y sabor ,la sedimentación ,la filtración, el control de corrosión y la desinfección , todo ello realizado en las plantas para el tratamiento de agua potable .La potabilizacion tiene como objetivo hacer el agua apta para el consumo humano.

1.4 Tipos de plantas potabilizadoras en el mundo.

Una planta de tratamiento de agua es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados para potabilizar determinada calidad de agua cruda.

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar bajo los siguientes criterios:

- Tipos de procesos involucrados
- Clase de tecnología empleada.

Por el tipo de proceso involucrado se pueden clasificar los sistemas de tratamiento de agua potables en

- Plantas de filtración rápidas.
- Plantas de filtración lentas.

Plantas de filtrado rápidos

Se denominan así, porque los filtros funcionan con velocidades altas. En el proceso de filtración rápida, el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades de 4 a 50m/h. La acción biológica es prácticamente nula.

Procesos de filtración rápidas

La filtración directa es una alternativa de la filtración rápida, cuando no se adicionan reactivos al agua a filtrar. El filtrado con coagulación sobre filtros, de un agua no decantada previamente. La filtración de un agua coagulada y decantada.

Procesos de filtración lenta.

La filtración lenta tiene como función la depuración de las aguas de superficie, sin coagulación ni decantación previa. Las encimas segregadas por las algas y microorganismos se fijan sobre la arena del lecho filtrante coagulan las materias coloidales. La filtración lenta da buenos resultados de clarificación, en tanto que el agua se mantenga poco cargada de materias en suspensión y se produce una pequeña velocidad final de filtración. La velocidad de filtración en estas unidades oscila entre los 0,1m/m/h hasta 0,3m³/m²/h y los caudales más usados son de 3 a 7m³/m²/24h por metro cuadrado de filtro. Es por ello que el área de filtración en estas unidades es mayor que en las del filtrado rápido para tratar un mismo caudal de agua.

Por el tipo de tecnología se pueden clasificar los sistemas de tratamiento de agua potables en:

- Sistemas de tecnología convencional o local.
- Sistemas de tecnologías patentadas o importadas.

Sistema de tecnología convencional o local

Sistema clásico o antiguo.

Generalmente son sistemas mixtos constituidos por unidades de funcionamiento mecánico o hidráulico.

Características.

Posen gran extensión.

Decantador rectangular de flujo horizontal.

Un retromesclador.

Floculador que puede ser hidráulico o mecánico.

Filtros con altura y nivel constante diseñados con tasas de 120m/m/d con galerías de tubos y retrolavado.

Sistema clásico nuevo.

Se comenzó 20 o 25 años atrás.

La mezcla rápida generalmente se efectúa por salto hidráulico.

El floculador puede ser de pantalla o medios porosos.

El decantador es de alta tasa 80 a 200m/m/d.

El área que ocupa es mucho menor que la que normalmente necesita un decantador rectangular de flujo horizontal.

El medio filtrante generalmente mixto de antracita y arena.

El retrolavado se efectúa por el método de lavado mutuo con el agua filtrada que producen los restantes filtros de la misma batería.

Sistemas de tecnologías patentadas o importadas

Esta tecnología es importada de países desarrollados.

Características.

Gran equipamiento y alto grado de complejidad.

Son sistemas totalmente automatizados para garantizar la calidad y cantidad requerida de personal calificado.

Alimentación constante de electricidad.

En los países de América Latina no es posible mantener este tipo de planta potabilizadora debido a sus elevados gastos económicos.

Componentes de las plantas potabilizadoras.

- Cámara de entrada de agua cruda o mezcla rápida.
- Floculadores.
- Sedimentadores.
- Filtros.
- Edificio de productos químicos y equipos dosificadores.
- Estación de bombeo.
- Laboratorio.
- Obras complementarias.

Tipos de plantas potabilizadoras en Cuba

En Cuba existen en la actualidad 59 plantas potabilizadoras de agua distribuidas por todo el país, debido al esfuerzo realizado por el gobierno revolucionario de brindar un agua potable segura a la población..

Por los procesos involucrados se clasifican en.

- Plantas de filtración rápidas.
- Plantas de filtración lentas.

Por el tipo de tecnología en.

- Sistema convencional clásico antiguo.
- Sistema convencional nuevo.

Cantidad de plantas potabilizadoras de agua existentes en Cuba por provincias y su capacidad de tratamiento.

Tabla No.2

Provincia	Cantidad de planta	Capacidad de bombeo
Pinar del Río	10	435
LA Habana	6	105
Ciudad Habana	1	600
Villa Clara	3	970
Cienfuegos	6	2250
Sentí Espíritus	4	1400
Ciego de Ávila	2	45
Camaguey	5	2570
Las Tunas	5	490
Granma	5	360
Holguín	5	1280
Santiago de Cuba	6	2770
Guantánamo	1	600
Total de plantas	59	13875

1.5. Generalidades

Basado en la situación general crítica que existe actualmente en el mundo, con respecto al consumo de agua y en particular al agua potable, el autor ha querido orientar este marco teórico, hacia el interior del proceso de tratamiento del agua, desde la óptica del mejoramiento en su proceso, para entregar un agua potable que cumpla con los parámetros establecidos.

En este capítulo pretendo abarcar, mediante un enfoque teórico la evolución de los sistemas socio – técnicos y lo necesario que resulta en la actualidad, lograr enfocar a la organización hacia el mejoramiento y a la reingeniería de procesos. Para lograr esto, es necesaria la utilización de técnicas, que dependen del tipo de proceso y de las características particulares de la planta que tomamos como objeto de estudio en este trabajo.

La naturaleza humana es tal, que una actitud correcta hacia el trabajo de análisis no se desarrolla naturalmente. En cambio, la gente tiende a presumir de sus

conocimientos de una determinada actividad. Cree que ha alcanzado su objetivo y que no necesita esforzarse más.

Esta aptitud puede ser aceptable como una forma de asegurarse el sosiego para atender los trabajos cotidianos, pero hace imposible una labor de análisis. Si el analista cree que lo conoce todo sobre un cierto asunto y que no necesita considerar nada más allá, sólo asegura que no realizará ninguna mejora sobre el tema. Para mejorar cualquier proceso u operación, el analista debe enfocarlo con el firme convencimiento de que puede mejorarse.

Como resultado de muchas experiencias en la continua mejora de trabajos, los ingenieros industriales nunca hablan del “mejor método ideado hasta ahora”. Siguiendo con este razonamiento, podríamos decir: “Cada vez que un hombre utiliza sus manos, hay una permanente oportunidad de mejora de métodos. Esta oportunidad existe hasta que la operación es mecanizada en un grado tal que la atención humana queda totalmente eliminada y los dispositivos mecánicos utilizados son de máxima simplicidad”.

Esta sentencia hace claro y simple que la operación automática es el objetivo final de cualquier programa de mejora de métodos. El mejor método para hacer una operación, desde el punto de vista económico, es alcanzado cuando la atención humana exigida ha sido reducida a cero y todo el complicado equipo de producción ha sido eliminado o simplificado. Hasta que se alcanza este punto, ulteriores mejoras son siempre posibles.

Este principio suministra la base para un enfoque del análisis operacional con vistas a la mejora de métodos y a la automatización. Si el analista valora su lógica, tendrá una mente Abierta. Si lo acepta, no será cegado por obstáculos mentales como el “no funcionará” o el “lo intentamos antes y no pudimos”. Fracasos en mejoras o en la automatización de cualquier tarea no han de interpretarse como que significan que la tarea no puede ser mejorada. Tal suceso es sólo una indicación de que el analistas

no conoce el desarrollo que mejoraría la tarea o que el equipo disponible es todavía demasiado caro para ser económico. La aceptación del principio de continua oportunidad para la mejora combatirá cualquier tendencia a quedarse satisfecho con las cosas como son, e inspirará ataques renovados desde nuevos ángulos. Conduce al progreso.

Una mente abierta allana el camino para un trabajo analítico feliz, pero no es suficiente por sí sola. Uno puede ser de mente abierta en el sentido pasivo de ser receptivo a las sugerencias, pero este tipo de mentalidad no conducirá a ninguna realización. Para obtener resultados, el analista debe tomar la iniciativa provocando sugerencias.

En un mundo donde se dice que nada es nuevo, la mayor cantidad de originalidad (o de lo que pasa por original) viene de las personas que tienen una postura de mente interrogatorio. El hombre que constantemente pregunta y no hace concesiones, molesta a los miembros complacientes de la organización, pero origina nuevos y mejores caminos para hacer las cosas.

El progreso comienza con la duda. La mejora comienza con el análisis de lo que se está haciendo y preguntando entonces qué nuevas técnicas están disponibles para que se pueda hacer mejor.

Una vez que este punto es comprendido, el ingeniero industrial desarrollará conscientemente lo que se conoce como "actitud interrogativa". Esta actitud es un estado de la mente que previene contra cualquier actitud laxa al investigar una tarea. Pregunta y provoca respuestas en base a los hechos. Previene contra la influencia de emociones, gustos, antipatías o prejuicios.

El hombre que tiene éxito en inducir mejoras tiene, solamente, una profunda convicción: que el método puede ser mejorado. No acepta que nada sea correcto sólo porque existe. En su lugar, pregunta y clasifica respuestas. Valora las posibles

respuestas a la luz de su conocimiento y experiencia. Lo cuestiona todo. Investiga todas las fases de la tarea en la extensión que el tiempo se lo permite. Pregunta aunque las respuestas puedan parecer obvias, porque las cosas obvias frecuentemente señalan valiosas oportunidades de mejora.

Las preguntas que hace el ingeniero industrial toman la forma general de qué, por qué, cómo, quién, dónde y cuándo. ¿Qué o cuál es la operación? ¿Por qué se realiza? ¿Cómo se está haciendo? ¿Quién la hace? ¿Dónde se hace? ¿Cuándo se hace en relación con otras operaciones? Estas cuestiones, en una forma u otra, serán formuladas acerca de cada factor relacionado con la tarea o clase de trabajo que se esté analizando.

Cuando una tarea es examinada en detalle sistemáticamente y todos los factores relacionados con ella son investigados, las posibilidades de mejora son ciertamente descubiertas. La acción que se ejerza a partir de estas posibilidades dependerá de la posición de la persona que las descubre. Si tiene autoridad para emprender la acción y aprobar los gastos, indudablemente irá adelante y hará la mejora sin esperas. Si no tiene tal autoridad, debe presentar sus ideas en forma de sugerencias a la persona o personas que tienen tal autoridad.

Para el mejoramiento del presente trabajo en la planta potabilizadora Damují quisimos tener también presente por supuesto la parte del recurso humano, sus opiniones, puntos de vistas, como realizan sus operaciones, sus insatisfacciones, necesidad de equipamiento que ellos entienden son necesarios.

La revisión bibliográfica es el proceso analítico que se sigue para el ordenamiento de las ideas básicas sobre temas específicos y la literatura con fines investigativos, incluyendo todos aquellos aspectos que están relacionados con el tema a tratar y que inciden decisivamente en el ahorro de tiempo y recursos en la investigación, ya que en ella se reflejan las experiencias anteriores tanto positivas como negativas, que permiten una mejor proyección hacia sus objetivos finales.

En el presente capítulo se reflejan los criterios de diferentes autores y se realiza un análisis de la bibliografía nacional e internacional actualizada en el tema objeto de estudio, se valoran todos los aspectos relacionados con el concepto de proceso, técnicas y herramientas que fueron utilizadas.

Proceso: Un proceso es una secuencia de actividades que permite obtener un resultado ya sea para el cliente interno o para el cliente final. En la ejecución de un proceso se realizan tanto actividades materiales como informativas y financieras.

Todo proceso debe estar dotado de un conjunto de recursos (entradas) que deben ser transformadas en determinados resultados (salidas), estando los recursos en general asociados a materiales, dinero, mano de obra, información, equipos, energía. Los resultados fundamentales están dados por la obtención de un producto o la prestación de un servicio en determinada cantidad, variedad, plazo.

De manera tradicional, las organizaciones se han estructurado sobre la base de áreas funcionales, que de marchar estas de manera aislada dificultan con ello, el cumplimiento de las estrategias y la orientación hacia el cliente. Se va hacia una sociedad donde el conocimiento va a jugar un papel de competitividad de primer orden y es el enfoque de proceso y no el funcional el capaz de responder a las exigencias de hoy en un mundo cada vez más competitivo, donde requiere con ello constar con la capacidad de adaptación ante los cambios que se suceden.

Objetivo del análisis de proceso (documentos de ingeniería industrial, guía del profesor)

El enfoque de proceso en el mejoramiento de la empresa reviste enorme importancia para la misma debido a que con ello se logra enfocar la organización al cliente, racionalizando toda aquella actividad que no agrega valor al cliente final. Con ello se logra un incremento significativo de la competitividad de la organización.

Para comprender la gestión de procesos es necesario conocer que es, un conjunto de actividades empresariales que garantizan la satisfacción de las necesidades de un cliente en términos de tiempo, costo y calidad (Shroder Roger, 3^{era} edición), ¿por qué la gestión por proceso? Porque las organizaciones son tan eficientes como lo son sus procesos. La mayoría de las empresas y las organizaciones que han tomado conciencia de esto han reaccionado ante la ineficiencia que representan las Organizaciones departamentales, con su nicho de poder y su inercia excesiva ante los cambios potenciando el concepto del proceso, con un foco común y trabajando con una visión de objetivo en el cliente.

El entorno dinámico en el que se mueve actualmente cualquier organización se encuentra caracterizado fundamentalmente por lo que ha sido llamado las “Seis Ces” (6C): cambio, complejidad, clientes (peticiones de estos, aspecto prioritario a tener en cuenta por la organización), competencia (presión que esta ejerce), costes (impacto de estos e incidencias sobre la salud financiera de la organización) y condicionantes. Todas tienen un gran impacto sobre la capacidad de la organización para cumplir con sus metas y objetivos declarados.

Una organización cualquiera puede ser considerada como un sistema de procesos más o menos relacionados entre sí en los que buena parte de las entradas (Imputo) serán generadas por proveedores internos y cuyos resultados irán frecuentemente dirigidos hacia clientes también internos.

Se habla realmente de proceso si cumple las siguientes condiciones:

Se pueden describir las ENTRADAS y las SALIDAS.

El Proceso cruza uno o varios límites organizativos funcionales.

Son capaces de cruzar verticalmente y horizontalmente la organización.

Se requiere hablar de metas y fines en vez de acciones y medios. Un proceso responde a la pregunta "QUE", no al "COMO".

El proceso tiene que ser fácilmente comprendido por cualquier persona de la organización.

El nombre asignado a cada proceso debe ser sugerente de los conceptos y actividades incluidos en el mismo.

Todos los procesos tienen que tener un Responsable designado que asegure su cumplimiento y eficacia continuados.

Todos los procesos tienen que ser capaces de satisfacer el ciclo Gerencial de Deming PHVA.

Todos los procesos tienen que tener indicadores que permitan visualizar de forma gráfica la evolución de los mismos. Tienen que ser planificados en la fase P, tienen que asegurarse su cumplimiento en la fase D, tienen que servir para realizar el seguimiento en la fase C y tiene que utilizarse en la fase A para ajustar y/o establecer objetivos como.

Incrementar la eficacia.

Reducir costos.

Mejorar la calidad del proceso y con ello la calidad de sus salidas.

Acortar los tiempos y reducir, así, los plazos de producción y entrega del ser

1.6 Clasificación de los Procesos.

Harrington [1993] clasifica los procesos en dos formas:

- Proceso de producción
- Proceso de la empresa

En el primero él incluye todos los procesos que entren en contacto físico con el producto que se entregará al cliente externo, sin incluir los procesos de embarque y distribución. Y en el segundo aborda todos los procesos de servicio y los que respaldan a los de producción, es decir, un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que emplean los recursos de la organización para dar resultados definitivos en apoyo de los objetivos de la compañía.

Los procesos de la empresa según Manganelli [1994] se componen de tres tipos principales de actividades:

- Las que agregan valor (actividades importantes para los clientes).
- Actividades de traspaso (las que mueven el flujo de trabajo a través de fronteras que son principalmente funcionales, departamentales u organizacionales).
- Actividades de control (las que se crean en su mayor parte para controlar los trasposos a través de las fronteras mencionadas).

Existen diferentes TIPOS DE PROCESOS a identificar dentro de sus organizaciones. Una posible clasificación de los mismos es la que les detallamos a continuación [Alfonso Raso 2000]:

Procesos estratégicos: tienen como fin el desarrollo de la misión y visión del servicio. Establece, revisan y actualizan la política y estrategia.

Procesos operativos o clave: son los que están orientados al cliente y los que involucran un alto porcentaje de los recursos de la organización. Son la razón de ser del Servicio y definen su actividad: diseño de nuevos tratamientos, la prestación de los propios tratamientos médicos, altas y bajas, etc.

Procesos de soporte: Dan apoyo a los procesos clave. Son los relacionados con RR.HH., sistemas de información, financieros, limpieza, mantenimiento etc.

Dentro de todos ellos, periódicamente se establecen los denominados Procesos Críticos que son los que suponen un alto riesgo técnico o tecnológico, o los que pueden presentar de forma continua o esporádica, situaciones o riesgos de operar “fuera de control” o presentar resultados que no cumplen con los requerimientos del cliente. Varían en el tiempo y requieren un seguimiento exhaustivo.

Para visualizar la interrelación entre los procesos se construyen los mapas de procesos.

Los procesos tienen éxito si se tiene en cuenta.

Escuchar la voz del cliente.

Factores críticos de éxito.

Razones de competencia.

Cambios en el entorno que afectan al proceso.

Bechmarking.

Evaluación negativa del proceso.

Nuevas tecnologías.

Innovación.

Impacto en las personas.

Los procesos se pueden dividir en varios subprocesos según sea el caso. Al igual que un proceso, un subproceso tiene varios insumos y rendimientos, la única diferencia es que los rendimientos de este son los insumos del siguiente. Es posible dividir aún más un subproceso en actividades y estas a su vez en una serie de pasos [Harbour 1994].

Para mejorar un proceso es necesario en primer lugar describirlo adecuadamente.

Los elementos que van a describir adecuadamente el proceso según [Alfonso Raso] son:

Salida: Resultado del proceso

Destinatario: Persona o conjunto de personas que reciben y valoran la salida del proceso

Los intervinientes: Personas o grupos de personas que desarrollan la secuencia de actividades del proceso

Secuencia de actividades: Es la descripción de las acciones que tienen que realizar los intervinientes

Recursos: Elementos materiales o de información que el proceso consume o necesita para poder generar la salida

Indicadores: Son mediciones del funcionamiento de un proceso. Pueden ser de dos tipos:

De eficacia: Miden lo bien o mal que la salida cumple con las expectativas de los clientes.

De eficiencia. Miden el consumo de los recursos.

Estos indicadores se pueden aplicar al funcionamiento global del proceso o a una parte.

1.7 Conclusiones parciales

- 1 Es necesario promover mecanismos financieros, internacionales que respalden los esfuerzos institucionales para dotar al sector de un sistema más eficiente y sostenible.
- 2 Continuar el proceso de reorganización y modernización del sector de Agua y Saneamiento preservando la equidad en el acceso a estos servicios de todos los seres humanos.
- 3 Es preciso tomar medidas de ahorro con respecto al consumo de agua en el mundo para evitar la erradicación del preciado liquido tan necesario para la vida humana

CAPITULO 2: CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA POTABILIZADORA DAMUJÍ.

2.1 Análisis para la determinación de los puntos críticos en el proceso

Para comenzar este capítulo, quisiera hacer una breve caracterización de esta planta potabilizadora, con el objetivo de mostrar el objeto social y algunas de sus características fundamentales antes de entrar en su análisis.

La planta potabilizadora Damují está situada en la Finca el Estero, entronque del CAI 14 DE JULIO, municipio de Rodas, provincia de Cienfuegos. La planta cuenta con una capacidad de tratamiento de 600 l/seg. de agua, dentro de la misma tenemos como área fundamental el modulo donde se realiza el tratamiento, que está integrado por la cámara de entrada de agua cruda y dosificación de productos químicos, floculadores, sedimentadores, filtros y áreas que conforman el proceso de esta planta que tienen la posibilidad de complementar el proceso como, casa de bomba, casa de cloro, laboratorio y un grupo electrógeno para garantizar la energía eléctrica en caso que esta falle.

Misión

Producir agua potable, con competitividad y sostenibilidad, que satisfaga las necesidades y exigencias del cliente y la elevación del nivel de vida de los trabajadores.

Visión

El agua es un componente imprescindible en la vida del planeta. Y respecto al hombre, se considera que es el alimento más importante. Tomando en cuenta que por definición, la calidad es la expresión de un conjunto de características de un bien o servicio para enfrentar la satisfacción de un usuario o consumidor.

A partir de un uso adecuado de la ciencia y la técnica habremos aprendido a convivir y producir con eficiencia, a pesar de los diferentes fenómenos climáticos que nos

afectan todos los años como sequías, huracanes, etc., cuyas consecuencias son imprevisibles.

La eficiente gestión de los recursos humanos y un adecuado sistema de retribución y estimulación del trabajo favorece la motivación, participación y responsabilidad de los trabajadores en el proceso productivo.

El desarrollo del capital humano como consecuencia del programa de superación que tiene lugar alcanza niveles superiores en todos los ámbitos de la organización.

Proveedor

La presa Damují es la encargada de suministrar todo el volumen de agua para el proceso de potabilización y así garantizar todo el producto final necesario.

Cliente

La misma fue concebida para tratar las aguas procedentes del río Damují una vez represado el mismo y suministrar de agua potable a la Refinería de petróleo de Cienfuegos y para las zonas industriales I y II de Cienfuegos.

Cantera

Producir un agua potable segura para el consumo humano y los diferentes procesos industriales.

2.2 Situación actual.

Después de ofrecer estos datos importantes, pasaremos a analizar la situación que presenta esta planta en la actualidad, con respecto al proceso que se le realiza al agua con el propósito de convertirla en potable libre de olores y sabores.

Comenzaremos realizando un diagrama de flujo o productivo de la planta para mejor conocimiento de su proceso.

El diagrama de circulación o de flujo es un esquema de distribución en planta de pisos y edificios, que muestra la ubicación de todas las actividades que aparecen en un diagrama de proceso. El trazado de movimientos de materiales y hombres que se

ha representado en el diagrama de proceso, se señala sobre el diagrama de circulación por medio de líneas o hilos.

Cada actividad es identificada y localizada en el diagrama de circulación por el símbolo y número correspondiente que aparece en el diagrama de proceso. La dirección del movimiento se indica colocando flechas de forma que apunten en la dirección del flujo.

Si un movimiento retrocede sobre el mismo trazado o es repetido en la misma dirección, se dibujan líneas separadas para cada movimiento para dar énfasis a este retroceso. Si se emplean hilos, pueden sujetarse alrededor de alfileres y extenderlos en varias capas para indicar los movimientos repetitivos.

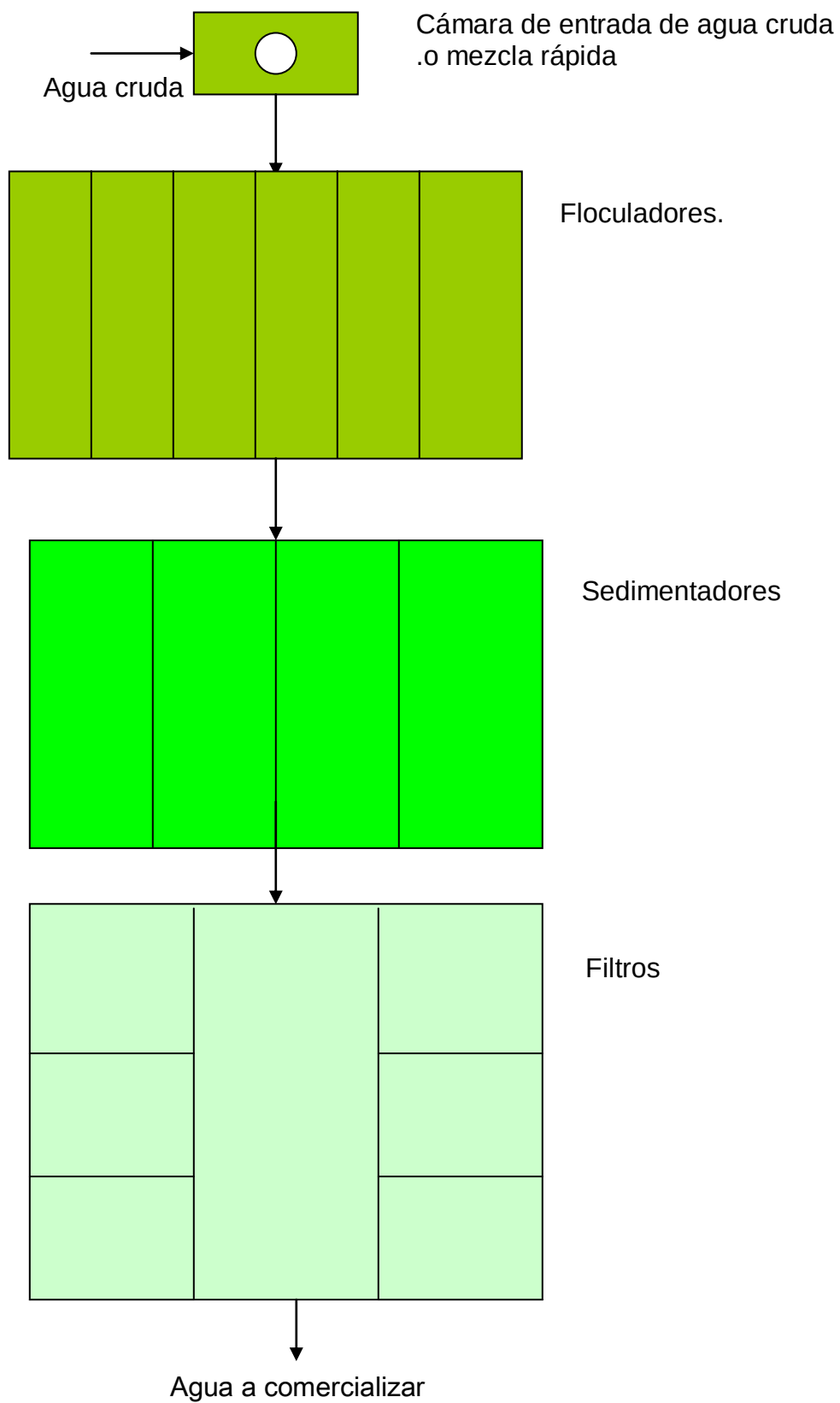
Un diagrama de flujo o productivo de la planta para mejor conocimiento de su proceso.

El diagrama de circulación o de flujo es un esquema de distribución en planta de pisos y edificios, que muestra la ubicación de todas las actividades que aparecen en un diagrama de proceso. El trazado de movimientos de materiales y hombres que se ha representado en el diagrama de proceso, se señala sobre el diagrama de circulación por medio de líneas o hilos.

Cada actividad es identificada y localizada en el diagrama de circulación por el símbolo y número correspondiente que aparece en el diagrama de proceso. La dirección del movimiento se indica colocando flechas de forma que apunten en la dirección del flujo.

Si un movimiento retrocede sobre el mismo trazado o es repetido en la misma dirección, se dibujan líneas separadas para cada movimiento para dar énfasis a este retroceso. Si se emplean hilos, pueden sujetarse alrededor de alfileres y extenderlos en varias capas para indicar los movimientos repetitivos.

Diagrama de flujo productivo



2.3 Etapas en el proceso de tratamiento del agua en la planta potabilizadora Damují

Cámara de entrada de agua cruda o mezcla rápida

Floculadores

Sedimentadores

Filtros

Lavado de los filtros

Desinfección

Estación de bombeo

Laboratorio

2.4 Características del tratamiento por etapas

Cámara de entrada de agua cruda o mezcla rápida

La cámara de entrada o mezcla rápida tiene la función de distribuir uniformemente el producto químico que se utiliza como desinfectante en la PRE cloración del agua, que es cloro gaseoso. Además se mide el volumen de agua a tratar.

Aquí comienza la sedimentación de partículas que se encuentran en suspensión en el agua, al hacer que se unan y se hagan más grandes para sedimentar por su propio peso de forma natural, sin la utilización de ningún producto químico que realice la función de coagulante.

Floculación

El proceso actual de la planta no cuenta con la floculación, por no añadirse ningún producto químico como coagulante.

Clasificación de los floculadores

Hidráulicos de flujo vertical.

Está integrado por 6 floculadores hidráulicos de flujo ascendente que utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o específica.

Mecánica del proceso.

Normalmente la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas, en la cual intervienen tres mecanismos de transporte.

1-Floculación pericinetica o Browniana debido a la energía térmica del fluido.

2-Floculación ortocinética o gradiente de velocidad, producido en la masa del fluido en movimiento.

3-Sedimentación diferencial, debido a las partículas grandes, las cuales al precipitarse colisionan con las más pequeñas que van descendiendo lentamente y las aglomeran.

Factores que influyen en la floculación

La naturaleza del agua.

Las variaciones del caudal.

La intensidad de agitación.

El tiempo de floculación.

El número de compartimentos de la unidad.

Sedimentación

Se entiende por sedimentación a la remoción, por efecto gravitacional, de las partículas en suspensión en un fluido, cuando su peso es mayor que el peso del fluido.

La sedimentación natural, es en esencia un fenómeno físico. Esta relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado.

Clasificación de los Sedimentadores

Sedimentado laminar de flujo vertical ascendente.

Está constituido por 4 sedimentadores de láminas inclinadas con un ángulo de 60 grados y su flujo es ascendente.

Factores que influyen en la velocidad de sedimentación

Tamaño de la partícula

Forma de la partícula

Densidad de la partícula

Filtración

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final que se realiza en una planta de tratamiento de agua y por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua con calidad coincidente con los patrones de potabilidad.

Tipos de filtros

Cuenta con los servicios de 8 filtros rápidos gravitacionales abiertos

Factores que influyen en la filtración

Tipo de partículas suspendidas

Tamaño de las partículas suspendidas

Densidad de las partículas suspendidas

Resistencia o dureza de las partículas suspendidas, floculó

Temperatura del agua al ser filtrada

Concentración de las partículas en el afluente

Potencial zeta de la suspensión

PH del efluente

Características del medio filtrante

Tipo de medio filtrante

Arena de 0,8 a 1,8 mm de diámetro y altura de 0,40 mm

Grava de 4 a 8 mm de diámetro y altura de 0,10 mm

Grava de 8 a 16 mm de diámetro y altura de 0,15 mm

Grava de 32 a 48 mm de diámetro y altura de 0,15mm

Cuando el filtro termina su carrera de filtración es necesario proceder a su lavado
En la siguiente tabla podemos observar los cambios que se producen en el agua con el tratamiento actual sin la utilización de productos químico

Tabla N.2.1

Determinación	Agua Cruda	Agua SIN Floculación
Demanda de cloro	11 mg/l	8 mg/l
Color	25	20
Turbiedad	11	9
Materia orgánica	3.8	3
Alcalinidad	200	182
pH	8.2	8

Lavado de filtros

El método que se utiliza es el lavado ascensional con agua

Esta agua de lavado es producida por el resto de los 7 filtros que se encuentran en operación

Un filtro no puede retener una cantidad muy grande de materias en suspensión, y en la práctica éstas sobrepasan en algunas decenas de miligramos por litro, se produce un atascamiento muy rápido que es preciso evitar, por un tratamiento previo de decantación, que es la mejor solución.

En la planta potabilizadora Damují para realizar el lavado de los filtros es necesario paralizar el servicio de agua a los clientes por tiempo de dos horas diarias, debido a que el caudal de agua que ofrecen los restantes 7 filtros no alcanza para lavar el filtro colmatado o tupido y a la vez continuar prestando dicho servicio al mismo tiempo. Provocando grandes volúmenes de gastos de agua ya tratadas

El tiempo de lavado por filtros es de 15 minutos por cada uno

Valoración de las pérdidas en volumen y costo del agua de lavado de los filtros

En la Planta Potabilizadora como promedio, el costo de producción de un m³ de agua se calcula como promedio en 0.05 pesos, si determinamos el volumen de agua tratada que se emplea en el lavado de los filtros tendríamos que:

Volumen diario a utilizar según el proyecto: 1376 m³ (8 filtros), lo que al año representa un volumen total de 502240 m³.

En cuanto a costo en pesos representaría un valor de: \$ 25112

Ahora analizaremos los volúmenes que se han estado utilizando desde el año 2004 hasta el 2009.

(Tabla N .2.2)

Año	Vol. Utilizado (m³)	Valor en pesos
2004	769028	\$ 38451.4
2005	677527	\$ 33876.4
2006	764540	\$ 38227
2007	968310	\$ 484155
2008	912030	\$ 45601.5
2009	755332	\$ 37766.6

La desinfección del agua

La desinfección es el procedimiento en el que por medio de la aplicación de una acción física o de un producto químico desinfectante, sobre el agua que estamos tratando, elimina gérmenes o microorganismos vivos patógenos, es decir, causantes de la aparición de enfermedades infecciosas en el hombre.

La desinfección del agua se realiza con cloro gaseoso, mediante tres cloradores de marca Fischer con regulación manual de capacidad de 10 Kg. cada uno, dos destinados a la PRE cloración y uno a la post coloración que se aplica al agua filtrada destinada para el consumo. Con un volumen de 500L de agua diario debe consumirse entre 116.9 y 145.197 Ton de cloro al año, que representa un valor entre \$19113 a \$248 45 MN y \$35310 a \$ 45903 CUC.

Estación de bombeo

La estación de bombeo está encargada de suministra el agua a los clientes, está integrada por 3 bombas marca KSB de fabricación alemana, capacidad de bombeo 315l/s y una carga de 47 metros cada una Movidas por 3 motores alemanes de 192kw y 305 amperes

Laboratorio

Alcance del laboratorio

El objetivo esencial del laboratorio en la planta potabilizadora de agua es realizar las determinaciones de control del proceso según el calendario de análisis por turnos de trabajo y diarios, para garantizar que el agua potable cumpla con las normas establecidas, registran los resultados y las incidencias de operaciones durante el turno de trabajo y se informa a los organismos superiores de los partes diarios y los sucesos ocurridos en la instalación.

Análisis para el control de la calidad

La evaluación del proceso en una planta potabilizadora de agua requiere de métodos de análisis químico y técnicas estadísticas de comparación de datos que permiten obtener resultados favorables y objetivos en el proceso productivo.

Análisis para controlar el proceso

Prueba de jarra

Demanda de cloro

Color

Turbiedad

PH

Alcalinidad

Cloro residual

Los puntos de muestreo se encuentran en la entrada del agua cruda, sedimentadores, filtros y a la salida de la estación de bombeo. Analizando el resultado de estos análisis inmediatamente después de ser realizados somos

capaces de saber si el proceso está dentro de los parámetros de control establecidos o necesita alguna corrección.

Análisis de potabilidad

Cloro residual

Bacteriológicos

Estos análisis determinan si el agua tratada por la planta potabilizadora es segura para el consumo humano.

Problemas en el laboratorio

En general, los equipos de laboratorio están en malas condiciones debido a que estos equipos tienen demasiados años de uso y debe aplicarse un plan para el cambio, además de

Falta de reactivos

Personal calificado incompleto

Cristalería inadecuada

No existe equipo de cómputo

Antecedente

Debido al estado del agua en el embalse, donde la concentración de algas ha aumentado considerablemente, así como el número de ellas, las características organolépticas en el agua se han afectado notablemente presentando olores y sabores fuertes y desagradables, principalmente terroso y a mariscos, causando quejas de los clientes. Como ya se conoce las algas son las principales causantes de este fenómeno, la planta se ha visto afectada grandemente en este sentido y no es capaz de eliminar dichos olores y sabores con el tratamiento que la misma puede realizar, o sea con sedimentación natural, filtración con arena y aplicación de cloro en PRE y post,.

Producto de todo lo anterior, los filtros se atascan muy frecuentemente, y los lavados son más prolongados, por lo que el consumo de agua en este proceso se hace evidente.

2.5 Determinación de los puntos críticos en el proceso de tratamiento del agua

Analizando lo anteriormente planteado y haciendo un análisis de los problemas que afectan el proceso de potabilización del agua en la planta con respecto al olor y el sabor del agua, por no aplicar un producto químico en el proceso como coagulante y los gastos de agua elevados en la etapa de lavado de filtros así como los problemas existentes en el laboratorio, podemos afirmar que esta planta no cumple correctamente con estos indicadores y tiene elevadas pérdidas económicas.

A continuación, pasamos a examinar la situación existente, apoyándonos en una herramienta ó modelo muy importante para el planteamiento de un problema en una empresa, esta es un diagrama causa - efecto, el mismo tiene la ventaja de mencionar todas las causas (primarias y secundarias), y al considerar la relación entre la causa y el efecto, se hace muy completo.

Para la construcción de este diagrama, también se utilizó la Tormenta de ideas, la misma es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La también llamada, lluvias de ideas es una técnica de grupo, para generar ideas originales en un ambiente relajado.

Esta herramienta fue creada en el año 1941, por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente; dando oportunidad de sugerir sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes. Se utiliza cuando exista la necesidad de

- Liberar la creatividad de los equipos
- Generar un número extenso de ideas
- Involucrar oportunidades para mejorar
- Posibilidades de aplicación
- Plantear y resolver los problemas existentes

- Plantear posibles causas
- Plantear soluciones alternativas
- Desarrollar la creatividad
- Discutir conceptos nuevos
- Superar el conformismo y la monotonía

En el caso del análisis en esta planta, la tormenta de ideas sobre este tema en específico que se trata, se produjo convocando para la misma al consejo técnico asesor, el mismo está compuesto por personal calificado, de alto nivel en conocimientos, experiencia y disciplina. En la ejecución de esta se utilizó el método de rueda libre, tiende el mismo a ser, creativo, muy espontáneo, fácil para contribuir a las ideas de otros integrantes.

Consejo técnico Asesor de la Empresa Acueducto y Alcantarillado

Integrantes

Director General

Director de ingeniería

Director de Mantenimiento

Jefe de taller

Técnico Especialista en Tratamiento de agua

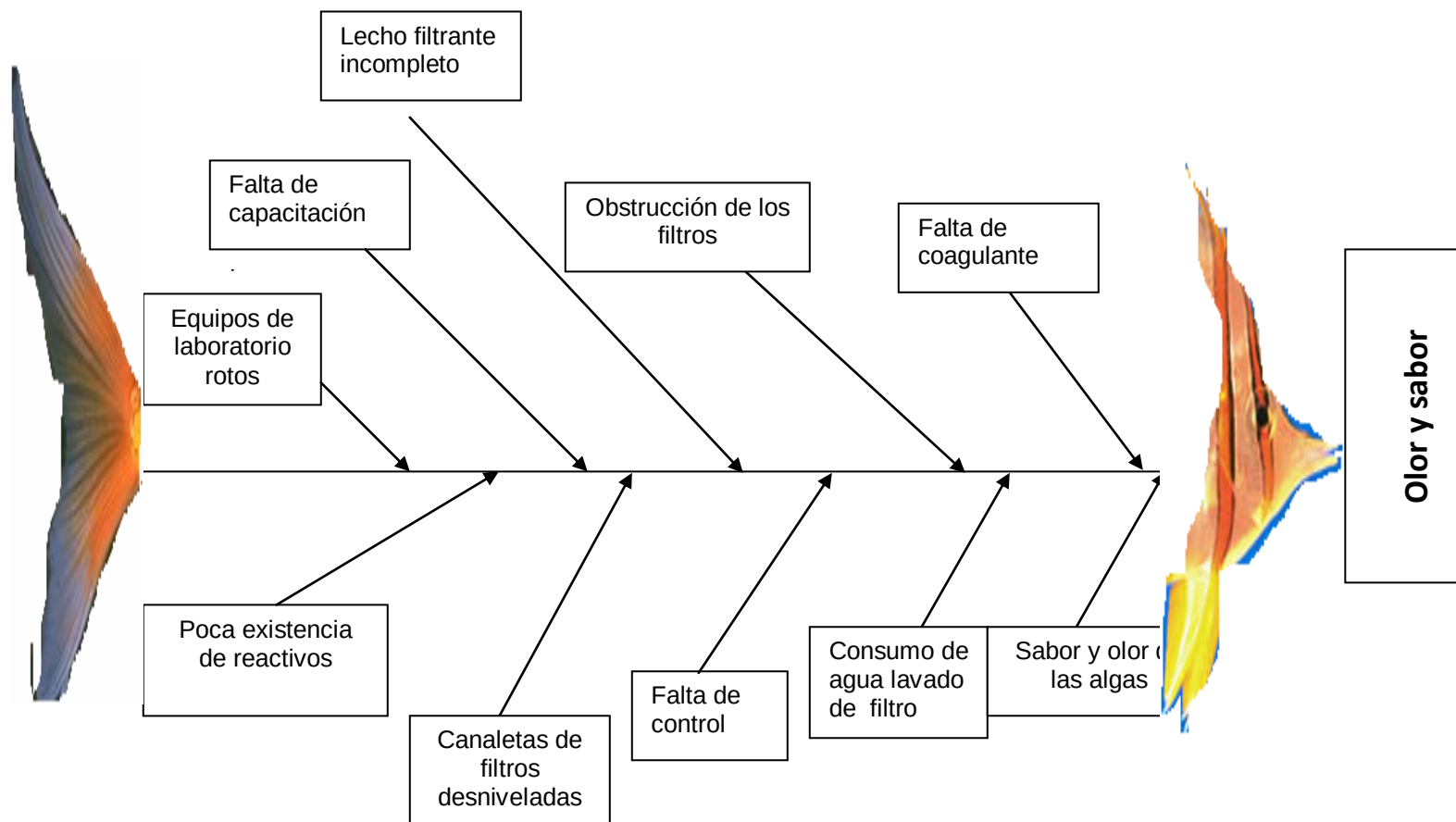
Jefe de Recursos Humanos

Especialista del CITMA

Representante de salud pública

Obreros con experiencia y calificación

Después de aplicada la misma, se llega a varias conclusiones y se procede a la construcción del diagrama causa – efecto problemática del olor y el sabor del agua en la potabilizadora Damují.



Conocer las características de la materia prima que entra a la planta es de vital importancia.

Las aguas del Embalse Abreus se han caracterizado siempre por tener altos contenidos de materia orgánica, color amarillo verdoso y cierto olor característico a peces, no presenta turbiedades altas, ni aún en período lluvioso. La composición química del agua está en correspondencia con un agua superficial, pero los valores como pH, conductividad, los nitritos y nitratos varían constantemente así como el resto de las sales disueltas, que aunque se encuentran dentro de los parámetros normales establecidos para tratamiento convencional, se conoce que todo es producto de las condiciones del embalse, como puede ser trabajos en el cultivo de la

caña, acceso de animales al cauce, cultivo intensivo de reces y hasta vertimiento de residuales y por ende crecimiento de algas.

Desde el punto de vista bacteriológico se ha manifestado con altos contenidos de coliformes totales y fecales en la mayoría de los muestreos realizados superando los 2400 nmp de Coliformes Totales y en oportunidades el mismo valor de fecales.

Desde el punto de vista lignológico, a pesar de no haberse realizado un estudio completo en el embalse, se conoce por algunas investigaciones realizadas por el centro de estudios ambientales de la academia de ciencias en Cienfuegos, que existen un considerable número de algas en dicho embalse y muchas de las cuales pertenecen a las familias de las que se hacen mención al inicio en este trabajo.

Según es referido por el Dr. Augusto Comas González, Especialista del Grupo de Gestión de los Recursos Naturales, CEAC, CITMA Cienfuegos en su informe realizado luego de haber analizado un número determinado de muestras de agua tomadas en el embalse y a diferentes profundidades, la concentración y número de algas presentes es considerable y en sus conclusiones plantea que el crecimiento masivo de microalgas y cianoprocariotas (floreamiento s.s) conjugado con factores climáticos y técnicas de explotación pueden ser responsables del efecto odorífero y sávido en el agua del Embalse Abreus el cual constituye la fuente de abasto a la Planta Potabilizadora Damují.

A continuación se ofrecen los resultados de las observaciones realizadas en esta investigación:

La muestra centrifugada presentaba alta concentración de microalgas y cianoprocariotas (cianofíceas).

Aspecto: Coloración verde amarillo, con densas partículas en suspensión.

A los 2-3 minutos de reposición del sedimento de color parduzco.

Se identificaron las siguientes especies (en orden de abundancia relativa):

Tabla No. 2.3

Nombre del Alga	Especie
Aphanocapsa	Cianoprocariota
Anabaena	Cianoprocariota
Aulacoseira granulada	Diatomea
Ceratiumhirundinella	Dinoflagelados
Phacotus lenticulares	Clamidomonadal
Coelomorion pusillum	Cianoprocariota
Glosterium limnéticum	Desmidiácea
Trachelomonas	Euglenoficea
Oocystis lacustris Choc	Clorococal
Nephrocystium schillen	Clorococal
Crucigenia tetrapredia	Clorococal
Mougeotia sp.	Zygnemácea
Euglenia sp.	Euglenoficea
Elakatothix sp.	Ulotriral
Restos de paredes de Pediasstrum simplex	Clorococal

Se observan además algunos fitoflagelados no identificados así como protozoos del grupo Ciliata y Ameboides. En resumen se puede constatar la formación de un florecimiento algal sensu stricto en el embalse. De acuerdo con Palmer (1962), muchas son las especies que pueden provocar olores y sabores en las fuentes de abasto. Dentro de todas las especies citadas por Palmer que provocan olores y sabores en el Embalse Abreus tenemos a 2 especies: Ceratium hirundinella y Aulacoseira granulata, aunque el resto de las especies encontradas también pueden originar estos efectos.

- ***Características de las Algas en los abastecimientos de agua***

Las Algas son habitantes comunes y normales de aguas poco profundas y se encuentran en todo suministro de agua expuesto al sol. Aunque algunas algas se encuentran en el suelo y en superficies expuestas al aire, en su gran mayoría son verdaderamente acuáticas y crecen sumergidas en el agua de estanques, lagos, depósitos, corrientes y océanos. Las algas tienen capacidad de generar olores y sabores y de taponear los filtros de arena.

Una de las principales razones que hacen importantes a las algas es su capacidad de generar grandes cantidades de materia orgánica en el agua. Se calcula, por ejemplo que afluyen al río Fox, en Wisconsin, desde el lago Winnebago, más de 60 Ton de algas por día. El volumen de algas planctónicas del río Scioto, de Ohio, ha alcanzado hasta 800 ppm y así pudiéramos citar otros ejemplos como el caso del río Blanco de Indiana donde se han obtenido cifras superiores a 100000 algas por mililitros. Algas en tan grandes cantidades causaran siempre graves dificultades en las plantas potabilizadoras.

Ciertas clases de algas pueden también ser perturbadoras aunque se encuentren en pequeño número, Tabellaria, Synedra y Melosira reducen casi invariablemente la jornada de filtración. El flagelado pardo Synura, aun en pequeño número, es un gran generador de olores y sabores. No obstante, la presencia de mayor parte de las algas en pequeña concentración suele considerarse beneficiosa, más que inconveniente en las aguas crudas. Las acumulaciones sueltas, visibles, a veces extensas de algas flotantes en la superficie o cerca de ella se llaman “manchas”.

Los organismos sueltos individualmente dispersos o en colonias, en el agua, reciben el nombre de “plancton”, bajo esta denominación se comprenden las del plancton. Cuando el suministro de agua procede de un depósito o lago y profundo, las algas planctónicas suelen tener mucha mayor importancia.

En algunas plantas purificadoras es práctica general aplicar un algicida al agua sin tratar, cuando la concentración de las algas planctónicas se acerca a 500 unidades patrón de superficie por ml⁵.

Todas las aguas poco profundas contienen sustancias disueltas y en suspensión que sirven como nutrientes y sostienen el desarrollo de las algas y otras clases de seres vivos acuáticos; cuyo número depende en gran medida de la cantidad y naturaleza de los nutrientes disponibles.

En el proceso de fotosíntesis de las algas, las mismas liberan más oxígeno (O_2) del que consumen y absorben más anhídrido carbónico (CO_2) del que liberan, la cantidad de oxígeno disuelto (O_2) y anhídrido carbónico (CO_2) dependen mayormente de la rapidez de la fotosíntesis y la respiración, realizadas colectivamente por algas, bacterias y otros organismos. Las algas hacen posibles importantes cambios químicos y metabólicos en el agua, gracias a la liberación y adquisición de oxígeno (O_2), así como la remoción continua de CO_2 durante el día donde se ven modificados los compuestos carbonatados y bicarbonatados. Las mismas alteraciones del CO_2 y la dureza del agua hacen variar el pH (aumentando de día y decreciendo durante la noche).

La acción corrosiva del agua suele aumentar asimismo como resultado del desarrollo de algas. Esta actividad tiene efectos importantes sobre los tubos del sistema de conducción y en procesos en que el agua entra en contacto con máquinas.

Las algas adheridas a las paredes metálicas de los tanques de sedimentación causan profundas erosiones en el metal, a consecuencia de la acción despolarizante del O_2 producido por ellas. De la misma forma que las algas en contacto con bloques de hormigón sumergido llagan a ocasionar la completa desintegración de los mismos.

La mayor parte de las algas de importancia en abastecimiento de agua se clasifican en 4 grandes grupos generales:

- 1 Algas verde azules
- 2 Algas verdes
- 3 Diatomeas
- 4 Flagelados pigmentados

Los problemas más perturbadores a los que han de enfrentarse las plantas potabilizadoras de agua con contenidos de estas algas son el olor, el sabor, y la obturación de filtros.

- ***Olores y sabores típicos producidos por algas***

Las algas constituyen uno de los más importantes factores que causan sabor y olor en las aguas de abastecimiento. De acuerdo con investigaciones realizadas, se llegó a la conclusión que los ácidos grasos contenidos en las células son las principales causantes de ese fenómeno. Las algas más viejas tienden a producir sabor y olor más pronunciado.

Algunas algas producen “olor aromático” como el geranio, berro u algún otro vegetal; como son los flagelados y ciertas diatomeas.

Una segunda clase de olores, el “olor a pescado”, en ocasiones son las mismas algas que en otras condiciones desprenden olores aromáticos.

Esto sucede cuando el número de algas es mayor, comparándose dichos olores con los de la almeja, aceite de hígado de bacalao y otros mariscos.

Un tercer olor, es el que se describe como “olor herbáceo”, a césped o heno. Es el olor más común producido por las algas verdes y se manifiesta cuando están en gran número.

El cuarto olor es el que suele describirse como “mohoso y terroso”, este último relacionado con actinomicetos y con algunas algas verde azules. Se le describe como olor a patatas almacenadas o mohosas. En ocasiones se combinan olores de césped y moho y reproduce olor a pantanos, ciénagas, a mar etc.

En olor “séptico o podrido” se ha encontrado frecuentemente como resultado de la presencia de grandes acumulaciones de algas verde azules y, alguna que otra vez, de las algas verdes *Hydrodictyon* y *Clodophora*.

Tal como lo sugieren estos últimos nombres, el olor se produce como resultado de la descomposición de masa de algas, cuando la falta de oxígeno permite que se formen productos intermedios malolientes a partir de las proteínas algales.

Ciertas algas verde azules son bien conocidas por impartir al agua olores muy repugnantes, a “pocilga”. Tres de dichas algas son **Anabaena, Anacystis (antes llamada Microcistis, Policistis y Clathrocystis, y Aphanizomenon.**

Todas ellas son capaces de acumularse en grandes masas suficientes para formar manchas.

Los sabores que producen las algas rara vez son independientes de los olores y, a menudo, se confunden con ellos. Dulce y amargo son los sabores que se han registrado y es muy posible que exista un sabor agrio, cuando el olor lo es, lo mismo que cuando el olor es putrefacto.

Al parecer, no se ha registrado ningún sabor salino, en compañía de olores a pescado, almejas, marismas, musgo de Irlanda o “hierva de mar”

- **Obstrucción de los filtros**

Al pasar el agua por los filtros de arena en las plantas purificadoras, los espacios que quedan entre los granos de arena se llenan de partículas coloidales y sólidas, que habían estado dispersas en el agua. Si el agua cruda o sin tratar procede de una fuente superficial, como embalse o corrientes, las algas que invariablemente se encuentran presentes aparecerán representadas en el material acumulado en el filtro de arena. A menudo son la causa primaria del taponamiento del filtro.

En la mayoría de los lugares, las algas y otras materias en partículas son lo suficientemente abundantes todo el año, para exigir que el agua sea tratada por coagulación y sedimentación, antes de filtrarla a través de arena. Sin este

tratamiento preliminar el filtro se obstruiría tan rápidamente que sería poco económico usarlos.

Una coagulación y sedimentación eficientes eliminan hasta 90 o 95 por ciento de las algas del agua. Las algas que quedan en el agua pueden bastar para producir una pérdida de presión que puede ser gradual e incluso rápida en un filtro de arena.

La jornada de filtración normal suele ser de 30 a 100 horas, antes que sea necesario lavar el filtro, mientras que la presencia de algas hace que la jornada baje a veces a menos de 10 horas. Si el obstruccionamiento se repite con tanta frecuencia que la cantidad de agua necesaria para lavar el filtro a contracorriente puede llegar a ser mayor que la cantidad de agua que llega al sistema de distribución. De esta manera, la presencia de algas puede hacer el proceso de purificación del agua lento y aumentar considerablemente los costos.

Existen ciertas algas que son más eficaces que otras en reducir la corriente de agua en el filtro, entre las que se encuentran las **Diatomeas**. Estas se encuentran durante todas las estaciones del año y son, por mucho el grupo más importante de organismos que obturan los filtros. Entre ellas están la Asturianilla, la Fragilaria, la Synedra y otras. La pared rígida de las Diatomeas está compuesta de Sílice y no se descompone, por consiguiente aún cuando mueran rápidamente en la superficie del filtro, su pared silícica subsiste y obstruye los poros de arena. Las algas verde azules como la Anacystis Rivulera, Anabaena y tres especies de Oscillatoria también son capaces de taponear los filtros. En los trópicos y zonas de clima templado, las algas verdes filamentosas suelen ser agentes obturadores de los filtros de arena.

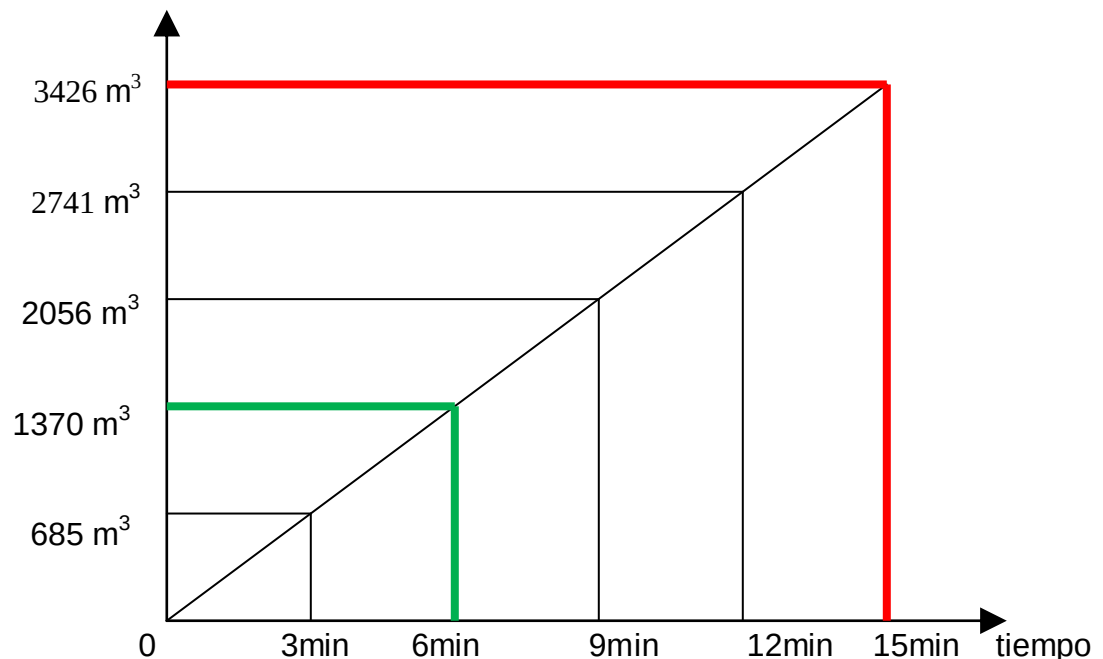
El problema de las algas y los filtros de arena incluye también el paso de ciertas algas, a través de ambas clases de filtros (lento y rápido) hasta el agua purificada. Entre las algas que han pasado los filtros rápidos reencuentran la Synedra y Oscillatoria. La facilidad con que las algas penetren en los mismos depende de los siguientes factores:

- Rapidez de la corriente
- Tamaño de las partículas de la arena y
- Clase de microorganismos

Las algas flageladas muy pequeñas entran con facilidad. Los frecuentes retrolavados, aún cuando el filtro no esté taponeado, eliminan las algas y reducen el número de las que llegan al agua filtrada

Grafica

Utilizando la siguiente gráfica, en este caso compararemos cómo se comporta el indicador relacionado con el gasto de agua en el lavado de los filtros según los datos técnicos del proyecto 6 minutos, relacionados con los que se consumen hoy actualmente en dicha operación 15 minutos .Para un día de trabajo



Pasando a la interpretación de la anterior gráfica, podemos llegar a la conclusión de que el sistema de lavado de filtro en la planta se encuentra fuera de las especificaciones establecidas.

Causa que provocan lo planteado anteriormente

Al pasar el agua por los filtros de arena en las plantas potabilizadora, los espacios que quedan entre los granos de arena se llenan de partículas coloidales y sólidas, que habían estado dispersas en el agua. Si el agua cruda o sin tratar procede de una fuente superficial, como embalse o corrientes, las algas que invariablemente se encuentran presentes aparecerán representadas en el material acumulado en el filtro de arena. A menudo son la causa primaria del taponamiento del filtro acompañado de otros factores como:

- No se suministra un coagulante en la entrada del agua cruda que permita que el agua clarificada que llega a los filtros tenga mejores características
- Lecho filtrante incompleto
- Canales recolectoras del agua de lavado desniveladas que provocan que el filtro no limpie uniformemente
- Falta de automatización en el sistema de lavado

2.6 Conclusiones parciales

1. Mediante la descripción realizada, se da a conocer las características en el proceso de potabilización del agua en la planta potabilizadora Damují
2. A través de herramientas valiosas aplicadas en este capítulo, como el diagrama Causa - efecto, se determina primeramente los problemas fundamentales sobre los que se necesita accionar los mecanismos necesarios para reducir los olores y sabores del agua, así como el índice de consumo en el agua de lavado de filtro.
3. Queda demostrado que las algas presentes en el Embalse son las principales causantes del olor y sabor del agua.
4. Conociendo las características actuales del agua cruda se requieren de un proceso de potabilización más completo donde intervengan además la floculación con agentes químicos para la eliminación de las algas y la materia orgánica, así como olor y sabor.

CAPÍTULO 3: APLICACION DE UN COAGULANTE PARA EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DAMUJÍ. PROCEDIMIENTO PARA SU APLICACIÓN Y MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DE LOS FILTROS

En este capítulo se procederá a proponer la aplicación de un procedimiento que modifique la situación actual de los puntos más críticos de la planta en cuanto a olores y sabores y pérdidas de agua, determinados anteriormente en el capítulo 2

Un procedimiento es un documento que describe clara e inconfundiblemente los pasos consecutivos para iniciar, desarrollar y concluir una actividad u operación relacionada con el proceso productivo o de suministro de servicios, los elementos técnicos a emplear, las condiciones requeridas, los alcances y limitaciones fijadas, el número y característica del personal que interviene, etc. Debe incluir, ineludiblemente, datos precisos sobre las personas que se responsabilizan de los resultados a obtener y su posible delegación. La índole de un proceso puede requerir la intervención de elementos variados cuya operatividad requiera, a su vez, de indicaciones para su utilización. Se trata de las instrucciones. Las instrucciones, aunque semejantes en la forma a los procedimientos, se diferencian de éstos en su fondo; mientras aquellos indican también responsabilidades; las instrucciones son interpersonales y se limitan a indicar la forma de operar, utilizar o realizar algo.

3.1 Construcción del procedimiento.

Para la construcción de procedimientos se debe tener en cuenta las relaciones jerárquicas y de colaboración dentro de la estructura organizativa empresarial, por ello no ha de sorprender a nadie que se apueste decididamente por la participación, en su elaboración de todos los que directamente o indirectamente tengan algo que ganar con disponer de procedimientos para obtener una mejora en un proceso determinado.

Al decir todos, se refiere a la cadena proveedor-cliente interna, pero contando con sus dos extremos externos: proveedores iniciales y clientes finales. No se debe renunciar al aporte de ninguna idea, opinión o sugerencia, que pudiese favorecer la obtención de un instrumento más eficiente y que sea, fundamentalmente, asumido como propio por un número amplio de personas que estarán más predispuestas a su aplicación.

No se puede olvidar que el sentido de propiedad, tiene mucho que ver con la sensación de paternidad que proporciona al ser humano la reflexión, y posterior puesta en práctica de sus ideas.

Por otra parte, la oportunidad de elaborar procedimientos permite educar en la sistematización, el análisis de las relaciones entre funciones, procesos, actividades y personas, y la verificación previa en una visualización (a modo de maqueta de la actividad descrita) que facilita evitar errores.

El primer paso será entonces saber, para cada actividad contemplada, qué se quiere o qué se espera obtener de ella. El segundo paso requiere el conocimiento o información acerca de cómo se realiza y, naturalmente, con qué medios.

El paso final implica definir cómo se verifica lo obtenido. Si estos tres pasos se efectúan para alcanzar los pequeños objetivos que integran los más grandes y ambiciosos, la participación amplia traerá aparejada una positiva movilización de los aspectos más positiva del grupo humano que participa.

Contenido de los procedimientos

Un procedimiento deberá proporcionar información clara, concisa y completa, expresada en forma sencilla aunque no pobre ni monótona sobre qué hacer, cómo hacerla, cuánto hacer, donde hacerla y como ya apuntamos antes quién hará y/o se responsabilizarán de lo hecho.

Estas secuencias serán acordes y compatibles con la realidad de la empresa y sus propósitos enunciados. No puede el procedimiento ser una isla aislada del resto de los integrantes humanos y técnicos de aquella.

Por su complejidad, pueden requerir dentro de su contenido la presencia de instrucciones parciales que ayuden a la cumplimentación de la secuencia descrita.

Para su utilización eficaz, el procedimiento se construye según el siguiente esquema lógico

Características constructivas y operativas

Las características del procedimiento han de posibilitar su disponibilidad y consulta fácil y directa. Esto nos conduce a considerar que aunque en principio casi cualquier soporte es apto para contenerlo, son los materiales impresos, antes que cualquiera *de los recursos magnéticos o informáticos, los que en la mayoría de los casos le sirvan de vehículos*. A este respecto es necesario tener en cuenta:

- Dónde se utilizará.
- Cuántas personas lo manipularán. El número de personas incide porque multiplica la acción de la manipulación humana y también la del medio,
- Durante cuánto tiempo.

Este documento no debe exponerse a la acción de entes agresivos naturales (sol, humedad, viento, etc.) y artificiales (cualquier tipo de emanaciones, abrasivos, líquidos, etc.), provenientes generalmente estos últimos del proceso productivo.

El análisis realizado de los principales problemas presentados por la planta potabilizadora Damují con respecto a los olores y sabores del agua y sus elevados consumo de agua en la actividad de lavado de filtros, evidenció que está presente la necesidad de un procedimiento en el proceso de tratamiento del agua que incluya la aplicación de un producto químico que actúe como coagulante y un sistema de lavado de filtros que sea eficiente, además de medidas, que proporcionen un

instrumento para la organización del proceso en esta planta, enfocado hacia el equipamiento necesario a instalarse, medidas organizativas para la operación correcta de todo el sistema, atención y verificación de la recopilación de datos estadísticos obtenidos durante todo el proceso.

3.2 Sistema de control para la aplicación del coagulante en el proceso.

En general, el **control** es la acción de hacer coincidir los resultados con los objetivos. Persigue elevar al máximo el nivel de efectividad de cualquier proceso. Para que exista la acción de control debe existir un estándar (objetivo a lograr), una medición del resultado, herramientas que permitan comparar los resultados con el estándar e identificar las causas de sus desviaciones, y variables de control, sobre las cuales actuar para acercar el resultado al estándar.

Muchas empresas realizan muchos registros de indicadores, sin embargo, su uso es mayormente informativo, ya que no han establecido un sistema de control, perdiendo una buena parte de los costos en que incurren en el sistema de información.

Necesidad de Control

El control de cualquier proceso es una necesidad real, ya que el medio en que se desarrollan los procesos es dinámico y provoca desviaciones que deben ser corregidas.

También la acción del hombre que actúa sobre el proceso es imperfecta y los equipos que componen el proceso fallan o se deterioran en el tiempo. El control permite identificar todas las desviaciones y corregir las que sean posibles, señalando cuándo se hace necesario efectuar una mejora general en el proceso.

En el caso particular de la eficiencia en el proceso de tratamiento del agua, la necesidad del control se justifica debido ha:

- Factores internos y externos al proceso que influyen en la variación de la eficiencia como, calidad de la materia prima, temperatura ambiente, etc.)
- El estado técnico de los equipos en el proceso cambia, produciendo cambios en los resultados.
- La actitud, motivación y nivel de competencia del personal que decide en el proceso y la eficiencia se modifica con el tiempo.

Sólo un sistema de control para el proceso puede mantener la atención sobre estos aspectos y lograr hacer coincidir los resultados en materia de eficiencia con los estándares o metas fijadas.

3.3 Aplicación del coagulante en el proceso.

Coagulación: Este proceso de tratamiento consiste en agregar al agua un producto químico con propiedades coagulantes, el cual actúa sobre las sustancias disueltas y coloidales contenidas en el agua, transfiriéndoles sus iones, o elementos, para que se unan formando los flóculos. Este procesamiento del agua es utilizado como anterior a la decantación y filtración.

Los factores que más influyen en el desarrollo del proceso son:

- 1 El tipo de coagulante: sulfato de aluminio.
- 2 La dosis de coagulante utilizada, está relacionada con la cantidad de turbiedad, o de color presentes en el agua.
- 3 Concentración de iones en el agua
- 4 El tiempo de mezcla rápida y floculación
- 5 Temperatura

Mecanismo de la coagulación

Montaje de dos bombas para la dosificación del coagulante.

El coagulante más usado debido a sus fáciles manipulaciones es el sulfato de aluminio.

Etapas en el proceso de coagulación

- 1 La dosificación
- 2 La mezcla rápida
- 3 La floculación

La determinación de la dosis óptima de coagulante es determinada por el laboratorio mediante un análisis que se denomina la prueba de jarra. La dosificación se realizara a través de dosificadores en mojado.

Cuando se aplica correctamente la dosis de coagulante y la mezcla rápida se efectúa con las condiciones necesarias el principal objetivo de la floculación se cumple, que es reunir a las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor tamaño y peso que sedimenten con mayor eficiencia.

Cuando se agrega el sulfato de aluminio en el tratamiento del agua se incrementa la velocidad de sedimentación del floculo; disminuye el costo de tratamiento mejora la calidad del efluente

A continuación se ofrece el resultado de una de las pruebas de jarras realizada al agua cruda que entra a la planta y tomando como dosis óptima 50 mg/l de sulfato de aluminio:

Tabla No 3.1

Determinación	Agua Cruda	Agua Floculada
Demanda de cloro	11 mg/l	4 mg/l
Color	25	2
Turbiedad	11	0
Materia orgánica	3.8	1.5
Alcalinidad	200	168
pH	8.2	7.6

Si comparamos ambos resultados nos damos cuenta de lo imprescindible que resulta la aplicación del coagulante en el proceso de tratamiento de la planta desde sus significados de eficiencia.

Como puede observarse la reducción de los parámetros de calidad es significativa, sobre todo en cuanto a color, turbiedad, materia orgánica y por supuesto la demanda de cloro.

Basado en este experimento y algunos similares a éste que hemos realizado, se compararon los gastos en cuanto al uso de cloro solamente y en combinación con sulfato de aluminio para el tratamiento del agua tomando como referencia los datos siguientes:

- La demanda de cloro oscila entre 8 y 11mg/l en el agua cruda durante el año
- El promedio de volumen a tratar es de 500 l/s

Con estas demandas y con este volumen ha de consumirse entre unas 116.69 y 145.197 Ton de cloro al año, que representa un valor entre \$19113 a \$24845 MN y \$35310 a \$ 45903 CUC. Reduciendo la demanda de cloro a 4 mg/l, con aplicación de sulfato de aluminio se consumirían 67 Ton de cloro al año que representa un gasto de \$11467 MN y \$21186 CUC, tomando en consideración el consumo de sulfato de aluminio con una dosis de 50 Mg/l .En este caso se consumiría diariamente 1530 Kg. de la alúmina que significan 558.450 Ton al año, que de acuerdo al costo de este producto al año sería un gasto de \$38153 MN y \$86884 CUC.

Con la combinación de los dos productos y considerando esa dosis máxima de 50 mg/l los 365 días del año el costo con relación a productos se elevaría a \$49620 MN y \$108070 CUC, lo cual es considerable, sin embargo esta no es la dosis definitiva , ni todos los días del año hay que utilizarla, por lo que consideramos que de acuerdo a estos resultados se hace evidente la necesidad de realizar más ensayos de este tipo, establecer la dosis óptima para la floculación y determinar cuándo es necesario utilizar el producto.

Como puede apreciarse si hubiese que utilizar la variante I, o sea 50 mg/l los 365 días al año el tratamiento resultaría demasiado costoso e insostenible, sin embargo con la aplicación de otras variantes el resultado puede ser satisfactorio y el proceso más económico y con mejores resultados.

Otro de los aspectos a tener en cuenta en el proceso de potabilización es lo referido al volumen de agua tratada que se emplea en el lavado de los filtros, por este concepto se pierden miles de m³ de agua al año, que pudieran ser incorporadas al sistema de distribución y sin embargo es necesario su utilización en el proceso por cuanto las obstrucciones en los filtros son muy severas y los lavados muy prolongados.

Las causas que provoca estos lavados prolongados fueron analizadas en el capítulo anterior y para erradicarlas es necesario lo siguiente:

- 1 Utilizar un producto químico como coagulante para que el agua que llega a los filtros tenga mejor calidad y así aumentar la carrera de filtración de los filtros.
- 2 Es necesario el completamiento de su lecho filtrante con una capa de antracita en la parte superior.
- 3 Nivelar las canaletas que recolectan el agua de lavado para que la limpieza se realice de forma uniforme en todo el lecho filtrante a la vez.
- 4 Es imprescindible automatizar el sistema de limpieza de los filtros para no tener que parar la planta para realizar esta actividad.
- 5 Cumplir con el tiempo de limpieza estipulado en el proyecto de 6 minutos por filtro.

Si analizamos los resultados de la planta obtenidos entre los años 2004 al 2009 después de erradicadas las deficiencias planteadas anteriores en el lavado de los filtros, la planta hubiera ahorrado lo siguiente.

Tabla No .3.2

Año	Vol. de agua (m³)	Valor en pesos
2004	266788	\$ 13339
2005	175287	\$ 8764
2006	262300	\$ 13115
2007	466070	\$ 23303
2008	409790	\$ 20489
2009	253092	\$ 12654

Luego de haber analizado los volúmenes de agua que se consumen en exceso por el lavado de los filtros y lo que esto representa en la eficiencia y economía de la planta y la Empresa, habría entonces que hacer un balance entre los miles de pesos que se pierden por el agua en demasía que se invierte en el lavado de los filtros por la colmatación que se producen en los mismos debido a la presencia de algas, y los costos en los productos químicos para mejorar la calidad del agua a la entrada de los filtros y a su vez ofrecer un agua potable a los consumidores con los parámetros de calidad e higiénicamente segura.

ETAPA 1. Capacitación General.

En la siguiente tabla se observa, como nuestro primer paso en la aplicación del procedimiento, sería establecer un plan de capacitación bien concebido que incluya todo lo necesario, y que sea asimilado por todos los niveles de calificación que intervendrán en el mismo, es decir el curso debe adaptarse a los obreros, a los integrantes del departamento técnico y al personal de dirección, cada una con sus particularidades, pero en general que cumpla con el objetivo fundamental para la organización del trabajo y la operación de la planta.

Tabla No 3.3 Planificación de Capacitación propuesta, sobre la potabilización del agua en la planta Damují.

Capacitación General sobre la potabilización del Agua 2010		
Cantidad de Participantes: 15		
Temas	Objetivos	Instructor
Conferencia # 1 Importancia de la potabilización del agua.	Que los Alumnos sean capaces de entender la importancia de la potabilización del agua.	Pedro Toledo
Conferencia # 2 Clasificación y Funcionamiento de los floculadores	Definir con los alumnos la Clasificación y tipos de floculadores y función que realizan	Pedro Toledo
Conferencia #3 La sedimentación	Principios de la sedimentación y tipos de sedimentadores	Pedro Toledo
Conferencia #4 La filtración	Tipos de filtros y la composición del lecho filtrante y objetivos	Pedro Toledo
Conferencia # 5 La desinfección con Cloro gas	Que los alumnos comprendan la importancia de la desinfección	Pedro Toledo
Conferencia # 6 Añadir un coagulante en la entrada de agua cruda	Conocer su objetivo en el proceso y como se aplica	Pedro Toledo

La anterior tabla nos muestra cómo podemos tener acceso a una preparación para enfrentar el desconocimiento en la operación, esta preparación sería el primer paso en una planificación segura, para el buen desenvolvimiento del proceso de potabilización del agua en la planta en todas las etapas del proceso...

ETAPA 2 Preparación. Compromiso de la Dirección.

En todo esfuerzo para el mejoramiento de procesos se necesita del apoyo y el liderazgo de la alta dirección, de lo contrario el proyecto fracasa. Una vez vencida esta etapa se procede entonces a la creación de equipos con especialistas y obreros con experiencia que serán los encargados de identificar y caracterizar el proceso previamente seleccionado

Creación de Equipos

Cuando se forma grupos o equipos de trabajo, estos pasan por diferentes etapas, una es la de unirse como grupo con un objetivo, pero he aquí que cada persona tiene un concepto diferente de cómo debe cumplirse el objetivo, una percepción de lo que pasará y cómo pasará. Las personas, en esta etapa, tienen cierta tensión, expectación por lo que pasará y también por el desconocimiento de los otros.

En una segunda etapa se desarrolla el conocimiento, se entabla la relación, cada persona saca una conclusión de cómo son las otras, qué personalidad, carácter o actitudes tienen y qué esperar de ellas.

Después de haber hecho una preparación en todas las temáticas de la operación del proceso del agua en la planta debemos centrar nuestra atención en la creación de un equipo de trabajo que sea el encargado de la supervisión y el control de la información, además de las posibles propuestas de mejoramiento al proceso.

Este equipo de trabajo será el encargado de controlar:

- Como se va a dosificar el producto químico
- Quien montara los equipos dosificadores
- Donde se va a dosificar el producto químico
- Quién será el responsable de la operación
- Quien realizara los trabajos en los filtros

El equipo de trabajo para el montaje del sistema de la dosificación del coagulante y las mejoras en los filtros debe estar caracterizado por:

1. Tener una meta definida.
2. Que el trabajo se distribuya en base a las habilidades personales, o bien abriendo las posibilidades del desarrollo de nuevas experiencias.
3. Cada miembro del equipo está en comunicación con los demás para asegurar resultados.
4. Existe un coordinador que enlaza los avances, comunica dificultades, muestra avances parciales a todo el equipo, el mismo puede ser el jefe técnico de la planta
5. Los logros son méritos de todo el equipo de trabajo.
6. Elevado nivel de compromiso, los miembros del equipo realizaran su mayor esfuerzo en la obtención de buenos resultados.
7. Si alguien termina una parte se busca ayudar a recolectar información o mejorarla a otros miembros del equipo, o se buscan nuevas funciones mientras el trabajo no esté terminado.
8. Las conclusiones son colectivas.
9. Todos los miembros desarrollan nuevas experiencias de aprendizaje que pueden incorporar nuevas experiencias de autoaprendizaje.
10. Existe la práctica de los valores de: honestidad, responsabilidad, liderazgo, innovación y espíritu de superación personal.
11. La auto evaluación está presente a lo largo de todo el trabajo de equipo.

RESPONSABILIDAD

Entre las responsabilidades de un equipo de mejoramiento se encuentran:

- Comunicar la necesidad del Mejoramiento de los Procesos a toda la organización
- Facilitar la documentación de apoyo necesaria.
- Identificar procesos con problemas que requieren mejoramiento.
- Nombrar responsables de los procesos.

- Realizar un seguimiento para garantizar que el mejoramiento del proceso sea una prioridad de la organización.
- Evaluar el éxito del esfuerzo de mejoramiento.

Inicialmente, los equipos deben reunirse un día fijo todas las semanas, para alcanzar con éxito el esfuerzo de mejoramiento. A medida que este esfuerzo va ganando impulso, el número de reuniones puede reducirse a una quincenal, para revisar el estado de los proyectos en marcha y hacer nuevas asignaciones. Por lo general, esta supervisión es necesaria.

Una de las tareas claves de un equipo de mejoramiento consiste en adquirir educación sobre el **Mejoramiento**, de manera que el equipo pueda liderar el concepto del Mejoramiento de los Procesos y entrenar a sus directivos y empleados. Después de pasar un periodo determinado se deben convocar talleres sobre el proceso de potabilización del agua donde se realice:

- Una explicación sobre el programa y los objetivos del taller.
- Una revisión de los principales pasos del Mejoramiento de los Procesos en la planta.
- Una revisión de los demás pasos fundamentales, proporcionando sólo la información esencial (por ejemplo, metas, métodos, desafíos y la contribución y el apoyo que se esperan en cada paso).
- Una revisión más detallada sobre la manera de emplear los conocimientos del
- Mejoramiento de este Proceso.

Durante este análisis pueden tratarse los siguientes temas

- Los puntos críticos de la planta en el proceso.
- Definición de la visión del Equipo.
- Definición de la misión del Equipo.
- Desarrollo de procedimientos para los procesos.
- Nuevas perspectivas de incorporación e introducción de equipamiento más eficiente.

Para un mejor trabajo de este equipo y del proceso que se intenta mejorar se debe utilizar un modelo de diagnostico como una herramienta más para el control y la verificación de todas las partes del proceso.

Tabla No. 3.4 Modelo de guía y diagnostico aplicado al proceso de potabilización del agua en la planta Damují.

Control del proceso de potabilización del agua en la planta Damují				
No.	Descripción	SI	NO	Observaciones
1	Existe el Técnico de agua			
2	Existe el responsable del control del agua por turnos de trabajo			
3	Se ha realizado el diagnostico del agua cruda			
4	Tiene el Diagrama de Flujo de Agua Tiene confeccionado el Expediente de Agua (ver formato)			
5	Está identificada la fuente de Abasto de agua cruda. Qué situación tiene. Se controlan analíticamente			
6	Se lleva el grafico de la variabilidad de la calidad del agua de la fuente de abasto y se opera en base a este.			
7	Existe medidor de flujo de agua cruda y agua potabilizada			
8	Está automatizado el sistema de tratamiento			
9	Existen los toma muestras por etapas de tratamiento			
10	Se cumple la frecuencia analítica establecida para el proceso			
11	Existe y se lleva el control del libro de incidencia de la planta			
12	Cuál es la concentración de la solución del coagulante que se utilizara			
13	Existen bombas dosificadores de productos químicos			
14	Existe el modelaje de control de la operación de la planta			
15	Posee el operador de la planta las normas de operación de los equipos			

16	Existe el personal necesario en el laboratorio			
17	Existe la cristalería			
18	Existen los reactivos necesarios			
19	Existen los equipos de laboratorios necesarios y están verificados			
20	Se realizan los mantenimientos a los equipos cuando les corresponde			
21	Existe en el laboratorio la norma de agua potable			
23	El agua a la salida de la planta tiene el cloro residual adecuado			

CONCLUSIONES

- 1 El amplio análisis bibliográfico realizado constituyó un material científico muy importante para llegar a cabo la investigación en el desarrollo de este trabajo y nos constato la características de las aguas del embalse la cuales requiere de un tratamiento más completo.
- 2 Con la aplicación total de las medidas propuestas para el sistema de lavado de filtro se logrará reducir el índice de consumo de agua y las pérdidas económicas.
- 3 Se elaboro un procedimiento para la aplicación de un agente coagulante en el proceso de potabilización de la Planta de Damují, el cual ayudara a mejorar la calidad del agua sobre todo desde el punto de vista organoléptico.
- 4 Dentro de este trabajo se contempla un plan de capacitación general para todos los trabajadores con el objetivo de que dominen todo el proceso y sus operaciones.

RECOMENDACIONES

1. Establecer una disciplina correcta por turno de trabajo, en cuanto al manejo del proceso y la operación diaria.
2. Realizar un estudio limnológico del Embalse y determinar con más precisión el número y clase de algas presentes en el mismo que afectan el proceso de potabilización del agua en la planta Damují.
3. Verificar las descargas que pueden existir aguas arriba del Embalse las cuales pueden ser una de las causas del florecimiento masivo de las algas.
4. Realizar frecuentemente las pruebas de jarra en la planta para verificar la efectividad del sulfato de aluminio.
5. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cienfuegos, debe acometer con interés la aplicación del coagulante, para lograr reducir el olor y el sabor del agua,
6. Llevar a cabo las medidas propuestas para reducir el índice de consumo de agua en el lavado de los filtros.

BIBLIOGRAFIA

Alfonso Raso. (2000). Norma Iso 9000 - 2000.

Cánepa de Vargas, L.; Pérez Carrión, J. (1992). *Teoría y evaluación diseño operación, mantenimiento y control.* .

Contravención de las regulaciones para la protección y regulación de los recursos hidráulicos. (1995).

Ewin García. (2009). Gestión del agua CAI Ciudad Caracas. Cienfuegos.

K Ishikawa, (1989). *Que es el control de la calidad.* . La Habana: Ciencias Sociales.

Manganelli, M.M.K. (1994). *Como hacer reingeniería.* . Colombia.

Manual de capacitación para operadores. (2002) .Lima .

Manual de trabajo de reingeniería de procesos. Manual técnico el agua. (1083).

Matías Priet . (1983). *Manual técnico el agu* .

Mc graw hill internacional.). (1993).

Mc Graw Hill Internacional.). (2002). *Sistema de gestión de la calidad principios fundamentales y vocabulario.*

Mervin Palmer. (1992). *Algas en abastecimientos de agua* . Editorial Interamericana.

Michael Hammer, James Champy. (2002). *Reingeniería.* . Michael Hammer, James Champy.

OPS/CEPIS/PUB. (2002). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. Lima.

Pérez Carrión, J. Gerardo Mendes . (1992). *El agua, calidad y tratamiento para consumo humano*. . Lima Perú.

Procesos,. (1994). Harbour.

Programa hidráulico. (1985).

Sistema de gestión de la calidad principios fundamentales y vocabulario. (2000).

Solsona. (1995). *Filtracao dinámic* . Publicación OPS/Brasil.

Wilfredo Francisco Martín, Dr. José P. Monteagudo Yáñez & Dr. Eduardo López
bastida. (1987) , *gestión y uso racional del agua*. . . Editorial UNIVERSO SUR.