

**“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LAS ÁREAS DE  
POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y  
OPERACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE EN EL MUNICIPIO DE SAN  
VICENTE DE CHUCURI”**

**ANGÉLICA MARÍA REYES DEL RISCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD FÍSICO-QUÍMICA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
BUCARAMANGA  
2010**

**“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LAS ÁREAS DE  
POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y  
OPERACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE EN EL MUNICIPIO DE SAN  
VICENTE DE CHUCURI”**

**ANGÉLICA MARÍA REYES DEL RISCO**

**Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Químico**

**Director**

**MARIO ÁLVAREZ CIFUENTES  
PH.D en Ingeniería Química**

**Codirector**

**GABRIEL AMAURI DURAN GUTIÉRREZ  
Gerente APC Manantiales de Chucuri**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD FÍSICO-QUÍMICA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
BUCARAMANGA  
2010**

## DEDICATORIA

*A Dios por darme la sabiduría para tomar buenas decisiones;*

*A mis abuelos, por el amor que siempre me brindaron, porque aun en su ausencia sigo sintiendo ese cariño que en momentos difíciles me ha dado la fuerza para seguir luchando;*

*A Raque por su apoyo incondicional,*

*A mis padres por formarme con buenos valores,*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Gabriel Amauri Duran profesional en Administración de Empresas, y Gerente de APC Manantiales de Chucuri, por su colaboración y confianza durante la práctica,*

*A APC Manantiales de Chucuri por la oportunidad que me dieron de trabajar y realizar este trabajo,*

*A mis compañeros de trabajo por sus consejos y ayuda durante mi estadía en las instalaciones de la empresa.*

## CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	13
2. MARCO TEORICO	
2.1. Proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Potable	15
2.1.1 Prueba de Jarras	16
2.1.2 Policloruro de Aluminio	16
2.1.3 Turbiedad	17
2.1.4 Color	17
2.2. Proceso de Compostaje	18
2.2.1 Compostaje de Residuos Sólidos	19
2.2.2 Etapas de compostaje	19
2.3 ¿Qué es EM?	20
2.3.1 Beneficios del abonamiento con EM-Compost	20
2.3.2 Elaboración del compost con EM	21
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL	
3.1 Planta de Tratamiento de Agua Potable-PTAP	23
3.2 Biofabrica de Residuos Orgánicos	26
4. ANALISIS DE RESULTADOS	29
5. CONCLUSIONES	33
6. RECOMENDACIONES	34
7. BIBLIOGRAFIA	35
8. ANEXOS	36

## LISTA DE FIGURAS E IMÁGENES

Figura1. Ecuación del proceso de compostaje	pág. 18
Figura2. Temperatura y fases del proceso de compostaje	pág. 20
Imagen1. Dosificación manual de PAC en mezcla rápida	pág. 23
Imagen2. Dosificación automatizada de PAC en mezcla rápida	pág. 24
Imagen 3. Diafragma inyector	pág. 25
Imagen 4. Prueba de Jarras en el Laboratorio	pág. 26
Imagen 5. Materia Orgánica preclasificada	pág. 27
Imagen 6. Flocluladores y Sedimentadores-agua floclulando	pág. 29

## LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. PAC dosificado al agua cruda	pág. 24
Gráfico 2. Descarga de PAC	pág. 25
Gráfico 3. Características del agua potable que presenta variación en la PTAP de San Vicente de Chucuri	pág. 30
Gráficos mes de marzo	pág. 30
Gráficos mes de abril y mayo	pág. 31
Gráficos mes de junio	pág. 32

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO I. Manual de Procedimientos y Emergencias del Acueducto	pág. 36
ANEXO II. Manual de Procedimiento Compostaje	pág. 79

## RESUMEN

**TITULO:** “ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LAS ÁREAS DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE EN EL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURI”\*

**AUTOR:** ANGÉLICA MÁRIA REYES DEL RISCO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Coagulación, Turbiedad, Compostaje, Microorganismos Eficientes.

En este trabajo se describen algunos procesos que se llevan a cabo en la Planta de Tratamiento de Agua y en la Planta de Compostaje que administra la empresa APC Manantiales de Chucuri.

El objetivo principal de este proyecto es la estandarización de los procesos en las áreas de potabilización de agua y operación de la planta de compostaje; para la potabilización de agua se hace un diagnóstico general de la planta; analizando la operación de cada proceso para poder optimizarlos, a su vez cumpliendo con la normatividad vigente para el agua potable y poder entregar un servicio de calidad.

Durante la práctica empresarial se planteó un plan piloto para la operación de la planta de compostaje y poder establecer los procesos necesarios para la producción de abono. Al iniciar este plan se pudo determinar la capacidad real de la planta, siendo este un inconveniente, se logró a la excelente respuesta de la comunidad en la clasificación de los residuos de cocina; materia prima para iniciar el proceso.

Teniendo en cuenta lo anterior se debe manejar y controlar los procesos de coagulación y sedimentación para la potabilización del agua. A su vez las variables como temperatura, pH y humedad del compost para poder entregar un producto de calidad.

---

\* Practica Empresarial

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Mario Álvarez Cifuentes. Codirector: Gabriel Amauri Duran Gutiérrez

## ABSTRACT

**TITLE:** "STANDARDIZATION OF PROCESSES IN THE AREAS OF WATER PURIFICATION IN THE TREATMENT PLANT AND OPERATION OF COMPOSTING PLANT IN THE MUNICIPALITY OF SAN VICENTE DE CHUCURÍ"

**AUTHOR:** ANGÉLICA MÁRIA REYES DEL RISCO\*\*

**KEYWORDS:** Coagulation, Turbidity, Composting, Efficient Microorganisms

This paper describes some processes taking place at the Water Treatment Plant and the composting plant that runs APC Manantiales de Chucuri.

The main objective of this project is the standardization of processes in the areas of water purification and operation of the composting plant, for water purification is a general diagnosis of the plant, evaluating the operation of each process in order to optimize in turn comply with current regulations for drinking water and delivering a quality service.

During the placement was made a pilot for the operation of the composting plant and to establish the necessary processes for the production of fertilizer. When you start this plan is able to determine the actual capacity of the plant, this being a disadvantage, due to the excellent response from the community in the classification of kitchen waste, raw material to start the process.

Given the above it must manage and control coagulation and sedimentation process for water purification. In turn, the variables such as temperature, pH and moisture of the compost in order to deliver a quality product.

---

\* Business Practice

\*\* Physiochemical Engineering Faculty. School of Chemical Engineering. Director: Mario Álvarez Cifuentes.  
Co-Director: Gabriel Amauri Duran Gutiérrez

## 1. INTRODUCCIÓN

APC Manantiales de Chucuri siendo la empresa responsable de los servicios públicos del municipio de San Vicente de Chucuri, teniendo sentido de pertenencia por su municipio y con la responsabilidad de cuidar el medio ambiente, está enfocado en prestar los servicios con calidad.

Para mejorar la calidad de los servicios se ha iniciado la estandarización del proceso de potabilización del agua y la operación de la planta de compostaje; creando un convenio entre APC Manantiales de Chucuri y la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander. Con este convenio se quiere crear la cultura en los usuarios de dar un uso adecuado al agua y de clasificar los residuos orgánicos e inertes.

El objetivo principal de la práctica fue dejarle a la empresa los manuales de procedimientos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y la Planta de Compostaje, a la vez optimizar la dosificación en el proceso de coagulación y dar marcha a la Biofabrica de Residuos Orgánicos iniciando con el Proceso de Compostaje.

La estandarización del proceso de potabilización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) se basa en herramientas metodológicas para obtener agua de calidad. En el desarrollo de estas herramientas se describe el procedimiento y los tiempos específicos desde que se toma la muestra de agua potable en los tanques de almacenamiento hasta su análisis físicoquímicos. También se implementa la dosificación automática de coagulante, mejorando las características del agua, en este caso la turbiedad y el color.

Para disminuir el impacto ambiental que se está generando en el relleno sanitario del municipio se puso en marcha la Biofabrica de Residuos Orgánicos. En el proceso de la Biofabrica, APC Manantiales de Chucuri ha implementado campañas educativas y de sensibilización para la comunidad sobre la clasificación de Residuos Orgánicos, con el propósito de mejorar y disminuir los niveles de basura en el relleno sanitario, aprovechando los residuos para la elaboración de abono orgánico.

Siguiendo el pensamiento de aprovechar los residuos orgánicos para disminuir la contaminación que ya se venía presentando en el municipio, a su vez para tener un abono, que sea apto para la agricultura; manejando ciertas variables e

implementando los microorganismos eficientes, para acelerar y eliminar la presencia de insectos en el proceso de producción de abono.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Proceso de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

El agua puede contener una variedad de impurezas, solubles e insolubles; entre estas últimas destacan las partículas coloidales, las sustancias húmicas y los microorganismos en general. Tales impurezas coloidales presentan una carga superficial negativa, que impide que las partículas se aproximen unas a otras y que las lleva a permanecer en un medio que favorece su estabilidad. Para que estas impurezas puedan ser removidas, es preciso alterar algunas características del agua, a través de los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

La coagulación se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

— El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.

— El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

Este proceso es muy rápido, toma desde décimas de segundo hasta cerca de 100 segundos, de acuerdo con las demás características del agua: pH, temperatura, cantidad de partículas, etcétera. Se lleva a cabo en una unidad de tratamiento denominada *mezcla rápida*. De allí en adelante, se necesitará una agitación relativamente lenta, la cual se realiza dentro del floculador. En esta unidad las partículas chocarán entre sí, se aglomerarán y formarán otras mayores denominadas *flóculos*; estas pueden ser removidas con mayor eficiencia por los procesos de sedimentación, filtración rápida.

La remoción de las partículas coloidales está relacionada estrictamente con una adecuada coagulación, pues de ella depende la eficiencia de las siguientes etapas: floculación, sedimentación y filtración.

La coagulación está fundamentalmente en función de las características del agua y de las partículas presentes, las mismas que definen el valor de los parámetros conocidos como pH, alcalinidad, color verdadero, turbiedad, temperatura, movilidad electroforética, fuerza iónica, sólidos totales disueltos, tamaño y distribución de tamaños de las partículas en estado coloidal y en suspensión, etcétera.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Coagulación. Pág. 152-154. Tratamiento de agua para consumo humano.

### **2.1.1 Prueba de Jarras**

Las pruebas de jarras tienen por objeto determinar el tipo de coagulante más adecuado para una determinada masa de agua y las dosis óptimas de coagulante mediante la simulación de tres procesos básicos que se realizan en planta: mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación.

Las pruebas de jarras son simulaciones en el laboratorio, de las operaciones de coagulación—floculación—sedimentación que se realizan en las plantas de tratamiento y purificación de aguas. Al igual que otras pruebas analíticas, este método ha sido estandarizado para facilitar la comparación y convalidación de los resultados.

El equipo para pruebas de jarras consiste de un set de agitadores mecánicos controlados por un aparato que regula su velocidad, una lámpara de iluminación, vasos precipitados y pipetas.

### **2.1.2 Policloruro de Aluminio**

El Policloruro de Aluminio (PAC) es un coagulante conocido y usado desde hace más de 30 años. Puede trabajar en un pH más alto que cuando se usa Sulfato de Aluminio. A veces puede tener comportamientos eficientes en aguas frías y en procesos lentos de formación de flóculos. El producto ha sido desarrollado con diferentes grados de basicidad. También puede usarse con un floculante (polímero) para potenciar su eficiencia. El producto no es estable, en descomposición térmica puede liberar humos de HCl y es un producto corrosivo para manejar y almacenar.<sup>2</sup>

De una manera generalizada y sin entrar en casos particulares, se puede afirmar que los coagulantes prepolimerizados tales como el Policloruro de Aluminio (PAC) ofrecen una serie de ventajas frente a los coagulantes tradicionales como sales férricas o sal, tanto en el tratamiento de aguas potables como residuales, algunas ventajas son:

- Mayor reducción de turbidez y DQO.
- Mejor separación de flóculos. Ello supone una mayor capacidad de los sedimentadores, mayores tiempos de lavado de filtros y mayor producción de agua tratada.
- Margen de pH y dosis de trabajo superiores.
- Menor sensibilidad a bajas temperaturas.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> FAISAN S.A <http://www.faisansa.com.ar/info08.php>

<sup>3</sup> Policloruro de Aluminio en el proceso de potabilización de aguas superficiales [http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/policloruro\\_aluminio.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/policloruro_aluminio.pdf)

### 2.1.3 Turbiedad

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. Es un parámetro de tipo estético y de gran utilidad en el control de los procesos.

La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos como orgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. Su eliminación, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, sedimentación y filtración.

Por último, la turbiedad es de importante consideración en el tratamiento del agua por tres razones:

Estética: cualquier turbiedad en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.

Filtrabilidad: la filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbiedad.

Desinfección: un valor alto de turbidez, es una indicación de la probable presencia de materia orgánica y microorganismos que van a aumentar la cantidad de cloro u ozono que se utiliza para la desinfección de las agua para abastecimiento de agua potable.<sup>4</sup>

### 2.1.4 Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella.

Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

- la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal;
- la descomposición de la materia;
- la materia orgánica del suelo;
- la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos; y
- una combinación de los procesos descritos.

---

<sup>4</sup> Determinación de turbidez. Educación asistida por computadora. Universidad Autónoma de Tamaulipas <http://arturobola.tripod.com/turbi.htm>

Existen muchos métodos de remoción del color. Los principales son la coagulación por compuestos químicos como el alumbre y el sulfato férrico a pH bajos y las unidades de contacto o filtración ascendente.

Debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar que la aplicación de cloro como desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno en animales.

## 2.2 Proceso de Compostaje

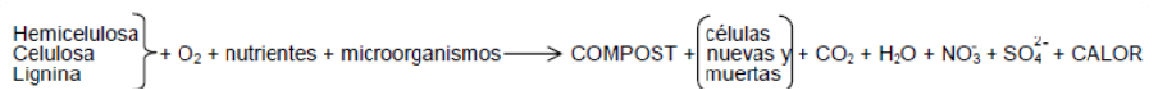
El compostaje es el proceso mediante el cual distintos materiales orgánicos en proporciones y tamaños definidos, se mezclan con el objeto de lograr una rápida transformación de la materia orgánica, en presencia de oxígeno, y con adición de microorganismos especializados.

### 2.2.1 Compostaje de Residuos Sólidos

El tratamiento biológico en fase aerobia puede ser utilizado para los siguientes fines:

- La producción de un compost de calidad;
- La producción de material compostado de calidad relativamente inferior con aplicación limitada o para la recuperación de espacios degradados;
- La reducción de biodegradabilidad de material cuyo destino es la deposición en el relleno sanitario

Durante el proceso de compostaje los microorganismos transforman el residuo orgánico tal como muestra la figura 1.



**Figura 1.** Ecuación del proceso de compostaje

El proceso de degradación aeróbico en estado sólido es un sistema trifásico: sólido, líquido y gaseoso. La *fase sólida* está representada por la partícula, constituida tanto por fracción inorgánica como por fracción orgánica. La partícula interacciona con la fase acuosa que está adherida a su superficie formando una biopelícula con los microorganismos, donde tiene lugar todos los procesos biológicos. En la *fase gaseosa*, el oxígeno se difunde en la biopelícula gracias al gradiente de concentraciones creado por el consumo de oxígeno y por la producción de CO<sub>2</sub> por parte de la biomasa. Como la profundidad de penetración

del oxígeno en la partícula está limitada por su resistencia interna, en la biopelícula se pueden distinguir dos zonas: una fina superficie externa, aeróbica y una capa interna más espesa, anaeróbica. En la zona anaeróbica el material insoluble se hidroliza enzimáticamente en sustrato soluble y después se transforma anaeróticamente por medio de fermentaciones en diferentes productos como ácidos grasos, etc. Los productos resultantes de la fermentación, así como los hidrolizados, pueden ser oxidados después en la zona aeróbica. Por lo tanto, teóricamente la presencia de oxígeno en concentraciones adecuadas permitirá la completa degradación de todos los compuestos orgánicos a CO<sub>2</sub> y agua; de manera contraria, limitaciones en la disponibilidad de oxígeno harán que predominen las reacciones anaerobias.<sup>5</sup>

### **2.2.2 Etapas de compostaje**

El proceso de compostaje tiene cuatro etapas básicas en las que se conjugan las variaciones de temperatura y tipo de microorganismos:

#### *Fase mesófila*

La temperatura de la pila de compostaje sube rápidamente hasta los 40° C. Los microorganismos mesófilos se alimentan de proteínas y azúcares que son consumidos rápidamente. Predominan las bacterias. El pH baja un poco debido a la producción de ácidos orgánicos, alrededor de 5.0 a 5.5.

#### *Fase termófila*

Esta etapa se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, por encima de los 40° C. Los microorganismos termotolerantes continúan la transformación del material orgánico. Predominan los hongos termófilos y Actinomycetos. Por encima de los 65° C, las bacterias que forman esporas prep onderan y los hongos mueren. En esta fase, la celulosa y la hemicelulosa son transformadas. El PH de la pila sube a causa del consumo de los ácidos orgánicos por parte de los microorganismos, estando entre 8 y 9, mientras se da la producción de iones, como los de potasio, magnesio y calcio.

#### *Fase mesófila*

En esta etapa se da un descenso paulatino de la temperatura a 40° C y los microorganismos mesófilos se reactivan. Las bacterias y los hogos transforman otra parte de la celulosa, como la lignina y la lignoproteína y la presencia de microorganismos e invertebrados.

#### *Fase de maduración*

En esta etapa la temperatura de la pila disminuye continuamente hasta asemejarse a la del ambiente. Se produce la madurez o el enfriamiento del

---

<sup>5</sup> Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. [http://www.tesisenxarxa.net/TESIS\\_UAB/AVAILABLE/TDX-0223107-152959/rbg1de1.pdf](http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UAB/AVAILABLE/TDX-0223107-152959/rbg1de1.pdf)

composta. Hay una disminución de las poblaciones de microorganismos. El pH del composta terminado puede oscilar entre 7 y 8.



Figura 2. Temperatura y fases del proceso de compostaje

### 2.3 ¿Qué es EM?

EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), EM es una combinación de varios microorganismos benéficos. La tecnología EM, fue desarrollada por Teruo Higa, Ph. D., profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. A comienzos de los años sesenta, el profesor Higa comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y pesticidas sintéticos, popularizados después de la segunda guerra mundial para la producción de alimentos en el mundo entero. Inicialmente el EM fue utilizado como un acondicionador de suelos. Hoy en día EM es usado no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fabricas de papel, mataderos y municipalidades entre otros. El EM es usado en los 5 continentes, cubre más de 120 países.

#### 2.3.1 Beneficios del abonamiento con EM-Compost

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.<sup>6</sup>

### **2.3.2 Elaboración de compost con EM**

El procedimiento de elaboración de abono orgánico tipo compost, involucrando los factores externos, es:

- Las instalaciones mínimas recomendadas para iniciar un proceso de compostaje son:  
Techo o cubierta, evitando el exceso de agua y calor sobre el material compostado.
- Los residuos sólidos orgánicos que van a ser compostados pueden ser de origen animal o vegetal, derivados de cosecha, poscosecha, procesamiento de alimentos o cría de animales.
- Una vez determinados los desechos que van a compostarse, se debe homogenizar el tamaño de sus partículas picando los materiales, esto con el objeto de facilitar el intercambio de oxígeno al interior de la pila e incrementar la superficie de contacto de la materia con EM.
- Si las partículas son muy grandes, se disminuye la superficie de contacto y si son muy pequeñas se compacta el material impidiendo un adecuado intercambio de aire.
- Una vez caracterizados los materiales y homogenizado el tamaño de los residuos orgánicos, se inicia el armado de la pila. La humedad inicial que deben tener los residuos para iniciar el proceso de compostaje es del 80%.
- Primero se coloca una cama de una capa de material seco (aserrín, viruta, o un material similar) en la base de la pila con el objetivo de captar los lixiviados (líquidos) que se generan para involucrarlos nuevamente en la pila de compostaje. Esos lixiviados transportan los nutrientes solubilizados, sustancias bioactivas producidas y los microorganismos que están siendo inoculados.
- El tiempo de proceso dura entre 4 a 6 semanas, eso depende de materiales insumos, y si durante proceso aparecen malos olores o moscas, es una señal

---

<sup>6</sup> Manual para la producción de compost con microorganismos eficientes [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/manual\\_para\\_elaboracion\\_de\\_compost.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf)

de un proceso de putrefacción, por lo que se debe aplicar el EMA en una dilución más concentrada, puede usar 1 litro de EMA diluido en 10 litros de agua.

- El seguimiento de la temperatura permite controlar la humedad y la aireación de la pila de compostaje, todas variables importantes para que el proceso se dé en el tiempo indicado y con la calidad esperada. El manejo de la temperatura de la pila recomendable es entre 45°C y 65°C.
- El número de volteos semanales dependen de la frecuencia con que la pila alcance la temperatura de 60°C, mínimo 1 vez a la semana.
- En uno de esos volteos semanales debe realizarse una reinoculación con 2 litros de EMA diluido en 18 litros de agua, con el objetivo de homogenizar la presencia de microorganismos en toda la masa orgánica, controlar eficientemente la generación de olores e insectos nocivos y generar sustancias bioactivas y liberación de nutrientes.
- Finalmente, después del tiempo sugerido, el compost, que termina con un contenido del 30 a 40% de humedad, se cosecha para aplicarlo en los cultivos o se empaqueta para su venta.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Tecnología EM- Compostaje <http://www.tecnologiaem.com/compostaje.html>

### 3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE-PTAP

Para la estandarización del tratamiento de agua potable, se creó el manual de procedimientos, el cual va enfocado a los operarios y a toda aquella persona que quiera conocer el procedimiento de la planta. En el manual se especifica la operación, procedimiento y análisis físico-químicos que se llevan a cabo en el proceso de potabilización de agua (ver Anexo I).

Para empezar con este proceso de estandarización se realiza un diagnóstico de la PTAP, identificando el tipo de planta y las condiciones a las cuales se realizan los procesos. La planta es de tipo convencional compacta, se determina que el sistema de tratamiento de agua es rápido y en ocasiones no funciona de manera adecuada, principalmente a turbiedades altas.

El proceso de tratamiento del agua para su potabilización comprende diversas fases fundamentales que son, principalmente: la precloración, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El comportamiento del agua ante cada una de estas fases difiere según las características del agua a tratar.

El proceso de coagulación química es el método más eficiente para la remoción de impurezas del agua superficial. El propósito principal del tratamiento es la remoción de bacterias patógenas del agua cruda, lo que se lleva a cabo con una sedimentación o flotación química y con una desinfección.



Uno de los detalles más importantes en una planta de tratamiento de agua potable es el punto de dosificación del coagulante inorgánico. Para obtener la mejor eficiencia es muy importante tener una excelente mezcla en el punto de mezcla rápida donde se dosifica el coagulante. El PAC es conocido por su alta velocidad de reacción y una coagulación más rápida.

**Imagen 1.** Dosificación manual de PAC en mezcla rápida

Tradicionalmente la dosificación ha sido un proceso relativamente manual. Hoy en día existen equipos modernos de dosificación, con automatización tanto para productos sólidos como para productos líquidos. También se debe de conocer y medir las cantidades exactas y la calidad del influente, y estos datos se pueden computarizar y enviar como instrucciones directamente para el equipo de dosificación. Pero no importa que tan moderno sea el equipo de dosificación, aún

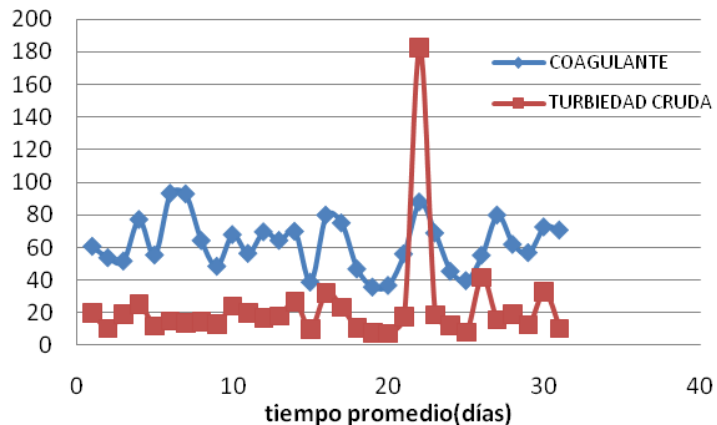
el operador siempre tiene que conocer el proceso y estar listo a actuar según las necesidades de la planta cuando la calidad del agua cambia.<sup>10</sup>



**Imagen 2.** Dosificación automatizada de PAC en mezcla rápida.

El proceso que se optimizó es el proceso de coagulación, proporcionando la dosificación adecuada de coagulante hasta el punto de mejorar la cantidad suministrada, ya que en época de lluvias el consumo de PAC aumenta. En el gráfico 1, se muestra la turbiedad de entrada o del agua cruda con relación a los litros de coagulante que se dosifican, se graficó estas variables con un lapsus de tiempo de 4 meses.

**Gráfico 1.** PAC dosificado al agua cruda

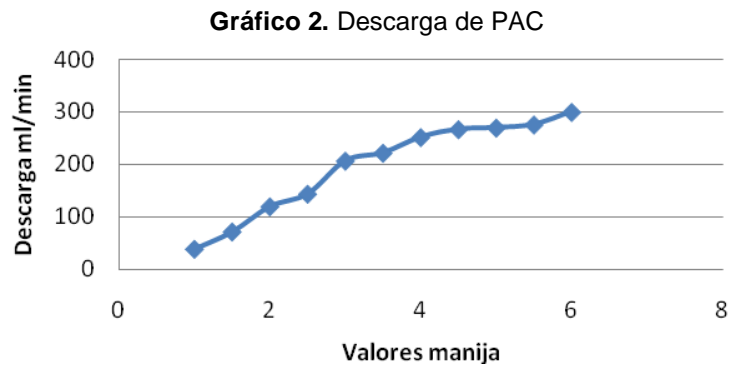


La potabilización de agua en la PTAP inicia en un tanque abierto, en este se realiza la mezcla del coagulante-floculante, el cual es preparado a una concentración de 20% p/v y es dosificado al agua que entra a la planta para seguir con el tratamiento.

El diafragma inyector consta de dos mangueras, una manija graduable y un motor el cual opera con electricidad. Las mangueras, una es para succionar el

<sup>10</sup> Potabilización con diferentes coagulantes de aluminio y hierro  
<http://moisessuarez.files.wordpress.com/2010/01/coagulacion.pdf>

coagulante del tanque de almacenamiento; la otra es para descargar el coagulante al tanque abierto, para iniciar la mezcla rápida. La manija tiene una numeración que va de 0 a 6, dependiendo de la descarga que se necesita de coagulante se gradúa la manija en uno de estos valores como se muestra en el gráfico 2.

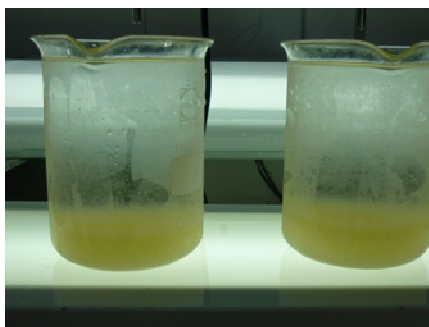


El diafragma inyector se instala con la necesidad de mejorar la descarga de coagulante, debido a que este procedimiento se hacía de manera manual, e influía en características del agua tales como turbiedad y color.



**Imagen 3.** Diafragma Inyector

La turbiedad es un parámetro muy importante, se ve alterada por el arrastre de lodos que se da desde la captación hasta la aducción del agua. En temporada de lluvias este parámetro presenta alteraciones debido al cambio climático y como la planta no cuenta con la infraestructura ni posee el tiempo de retención que necesitan los sedimentadores, al entrar turbiedades en el rango de 10 a 60 UNT, siendo este un rango manejable de turbiedad. Se procede a realizar prueba de jarras, y así determinar la dosis de coagulante necesaria. Para este caso, se aumenta la descarga del PAC, igualmente realizar el tratamiento adecuado al agua y tener un producto de calidad para el despacho a las viviendas.



**Imagen 4.** Prueba de Jarras en el laboratorio

### **3.2 BIOFABRICA DE RESIDUOS ORGÁNICOS**

El objetivo de la APC Manantiales de Chucuri es crear una Biofabrica que mediante el aprovechamiento de los residuos produzca abonos orgánicos enriquecidos para apoyar la producción de alimentos y productos orgánicos para la comunidad Chucureña. Adicionalmente, reducir el impacto ambiental que está generando la acumulación de residuos en el relleno y la contaminación por los lixiviados. La Biofabrica procesa los residuos mediante sistemas de compostaje aprovechando tanto el compost y humus sólidos.

La estandarización de la Biofabrica se inició con una campaña ambiental, la cual estaba enfocada en crear la cultura de cuidar el medio ambiente y aprovechar los residuos orgánicos en el proceso de compostaje.

Se transmitió conocimientos a los habitantes de algunos barrios sobre el manejo y la clasificación de los residuos orgánicos, con este procedimiento se obtuvo la materia prima para dar marcha al proceso de compostaje; para un mejor funcionamiento de la planta se creó un manual de procedimiento, dirigido a los operarios de la planta (Anexo II).

En este manual se especifica el proceso que se le debe hacer a los residuos orgánicos, las variables y los análisis que se deben realizar para tener un abono óptimo para la agricultura. Las variables a controlar básicamente son la temperatura, pH, humedad y se plantea unos análisis químicos del abono para determinar el contenido de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas.

Queriendo mejorar las condiciones físicas y químicas de abono, nace la idea de implementar la adición de microorganismos eficientes a la materia ya triturada y después del tiempo a la materia seca o en su etapa de maduración.

En la primera etapa en el proceso de compostaje la recolección de los residuos se realiza dos veces por semana, abarcando un 7,69% de la ruta de recolección, la cual equivale a 500 viviendas. De esta manera llegan aproximadamente 13 ton/día de residuos orgánicos, los cuales se disponen para el proceso de separación, trituración, volteos y por último de maduración.

Luego de la recolección, los residuos son llevados a la planta de compostaje y se inicia con la preclasificación de los residuos sólidos de las bolsas y se revisa que



no contenga papeles, bolsas y residuos duros. Se sigue con la clasificación de los residuos que ya han sido preclasificados los cuales se depositan en la tolva, estos son trasladados por medio de una banda transportadora, allí se eliminan los huesos que estén presentes y papeles pequeños que hayan quedado de la preclasificación.

**Imagen 5.** Materia Orgánica

preclasificada.

Una vez determinados los desechos que van a compostarse, se debe homogenizar el tamaño de sus partículas picando los materiales, esto con el objeto de facilitar el intercambio de oxígeno al interior de la pila e incrementar la superficie de contacto.

Para conseguir la humedad adecuada se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar los materiales. Los restos de comida aportan además de interesantes cantidades de nitrógeno, otros elementos como fósforo y potasio. Cantidades altas de cáscaras de huevo y restos de comida, tendremos emanaciones de amoníaco, que absorberá el nitrógeno de la pila con efectos negativos que esto conlleva. La carne, grasa, huevos enteros y productos lácteos no deberían agregarse porque pueden atraer roedores.

Una pila seca no favorece para nada la descomposición, por eso se debe humedecer periódicamente. Si falta aireación se desprende amoníaco y si el

montón emite olor desagradable, revuélvalo con más frecuencia o añada material voluminoso para que entre más oxígeno.

La compostera no debe ser muy profunda para evitar espacios sin aire. Si el montón es demasiado pequeño, construya uno más grande para que retenga mejor calor.

Para implementar el uso de los microorganismos eficientes, se realizó un procedimiento muy simple, en el cual se capturaron y activaron los microorganismos, para que cumplieran con su función de degradar esta materia orgánica y a la vez mejorara sus propiedades químicas y físicas.

#### 4. ANALISIS Y RESULTADOS

La estandarización que se realizó en la Planta de Tratamiento de Agua Potable, fue especificar y definir los procedimientos que se debía llevar a cabo en cada proceso de potabilización de agua.

El manual de procedimiento se diseño para optimizar los procesos, debido a que los operarios no cuentan con el conocimiento técnico necesario para operar la planta, se les entregó una herramienta básica para poder proceder frente a una alteración que se presentara en la planta.

Buscando así la optimización de los proceso de potabilización se estudio específicamente el proceso de coagulación, debido a que este proceso al no realizarse de manera adecuada afecta los proceso de floculación, sedimentación y filtración, como se muestra en la imagen 6.

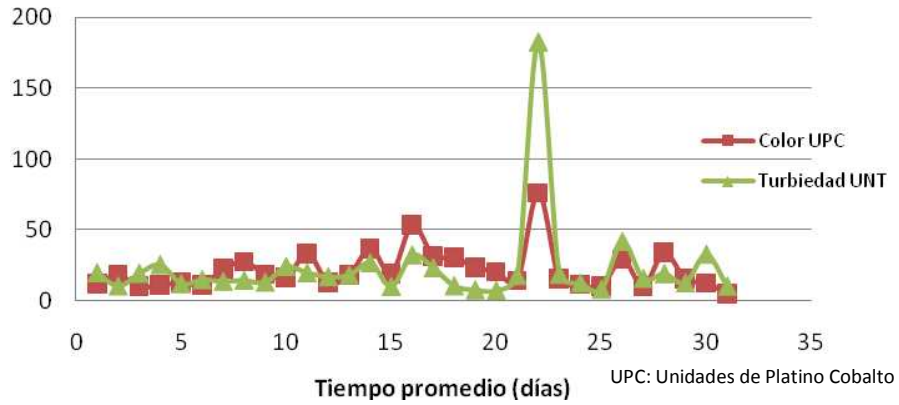


**Imagen 6.** Floculadores y Sedimentadores- agua floculando

Para optimizar el proceso de coagulación se cambio la manera en la cual se dosificaba el PAC, ya que los elementos utilizados eran los siguientes: un tanque y una manguera, los cuales no garantizaba un flujo constante. En la actualidad se utiliza un inyector el cual tiene la capacidad de dosificar la cantidad necesaria al agua, aun cuando se presentan valores altos de turbiedad los cuales aumenta la cantidad de PAC a dosificar.

Teniendo en cuenta que a través del proceso de coagulación se puede mejorar las características que afectan el agua como son la turbiedad y el color, se promediaron estas variables, de los datos obtenido en la toma de muestras de agua cruda, obteniendo como resultado una estrecha relación entre las variables, como se muestra en el gráfico 3.

**Gráfico 3.** Características del agua cruda que presenta variación en la PTAP de San Vicente de Chucuri

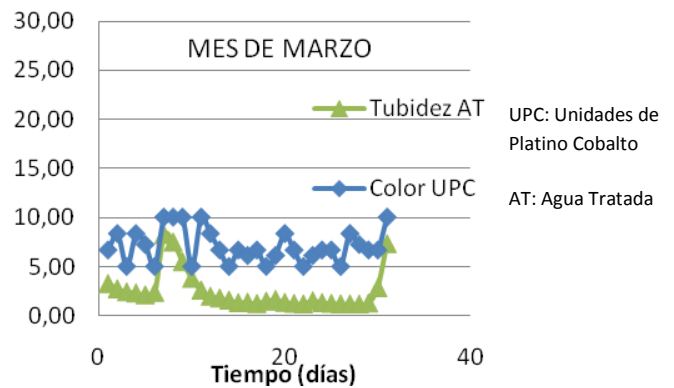
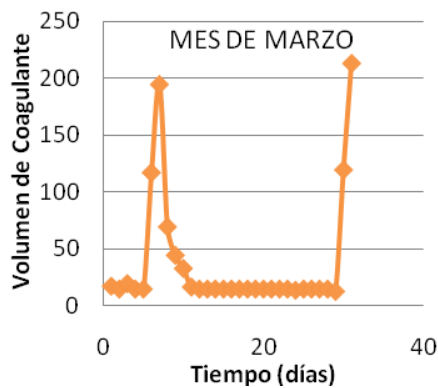


UPC: Unidades de Platino Cobalto

UNT: Unidades Nefelométrías de Turbiedad

Para poder implementar el diafragma inyector se hizo un seguimiento a las características del agua, especialmente la turbiedad y el color con relación a la cantidad de coagulante que se le suministraba al agua, así ver la viabilidad de cambiar la dosificación manual por una dosificación automática como lo sería con el inyector.

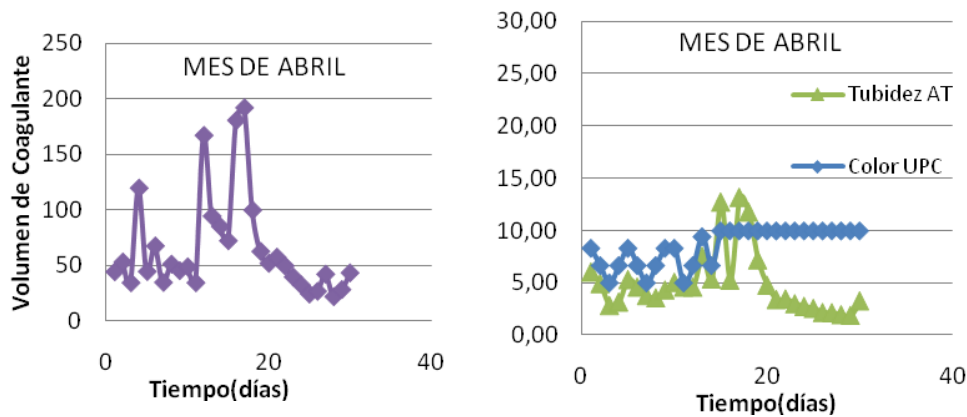
Las siguientes graficas muestran mes a mes la variación que presentaban estas características. En el mes de marzo como se puede apreciar en el gráfico tiene



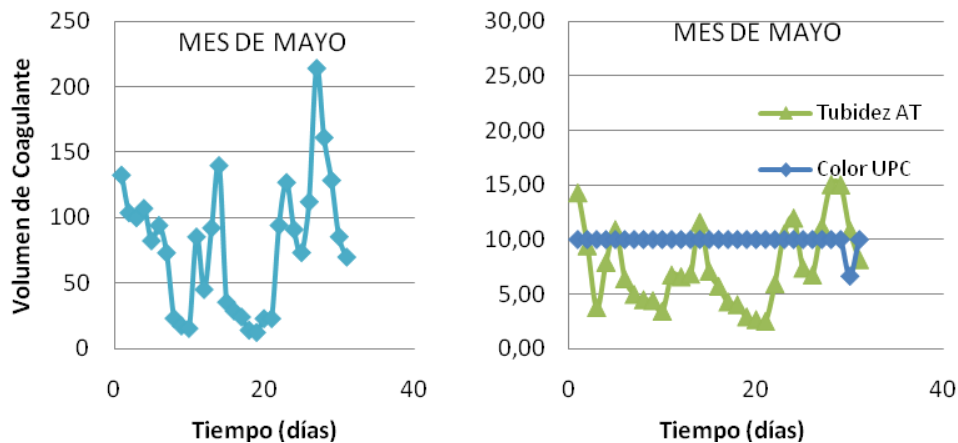
UPC: Unidades de Platino Cobalto

AT: Agua Tratada

turbiedades en el rango permitido por la resolución 2115 del 22 de Junio de 2007, esto es debido a que se estaba operando la planta en temporada de sequia.

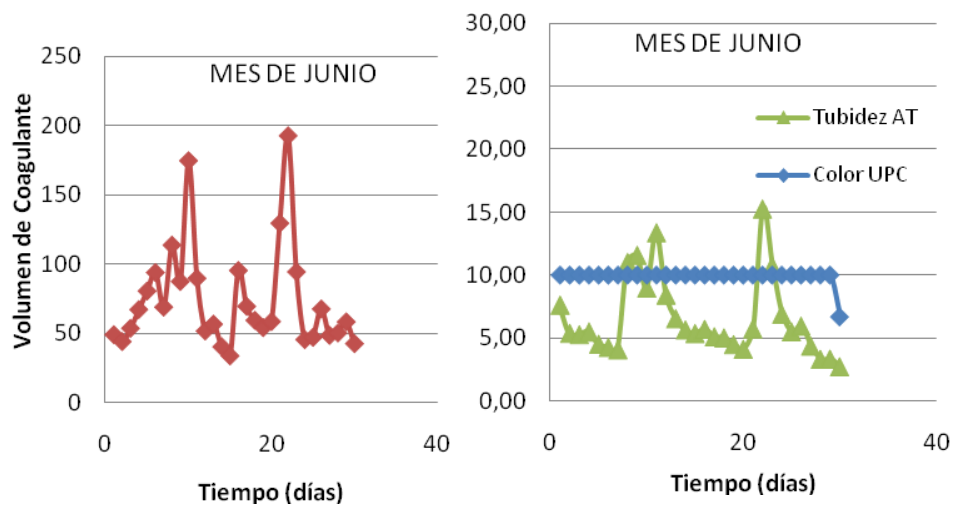


A partir de abril empezó la temporada de lluvias y como se puede observar en los gráficos, se necesitó de más coagulante para poder controlar las altas turbiedades que se estaban presentando, aun así no se lograba despachar a las casas agua con turbiedades en el rango que exige la ley.



A finales del mes de mayo se instaló en la planta el diafragma inyector, en el gráfico del mes de junio ya se presenta la disminución de coagulante utilizado para controlar la variación que presenta la turbiedad y el color, ya que en este mes se incrementaron las lluvias.

El compost que se obtiene por medio del proceso de compostaje en la biofabrica del municipio de San Vicente de Chucuri, presenta un olor muy fuerte y en la etapa de maduración es una materia bastante seca; el olor fuerte se caracteriza por la presencia de amoníaco, debido al exceso de humedad que presenta la materia orgánica por los continuos volteos que se le hacen. Estos volteos se realizan cada dos días para poder tener espacio para la materia nueva que llega a la planta.



Las variables que influyen principalmente en este proceso es la humedad, temperatura y pH; las alteraciones que se presentan en el compost es por que no se cuenta con la instrumentacion basica para determinar el valor de estas variables.

## **5. CONCLUSIONES**

Removiendo adecuadamente las partículas coloidales a través de un proceso de coagulación eficiente se optimiza los siguientes procesos: floculación, sedimentación y filtración.

Dosificando de manera adecuada el PAC se puede disminuir la turbiedad de entrada sin aumentar la dosificación de cloro al agua en el proceso de desinfección.

Para que los floculadores y sedimentadores trabajen eficientemente a altas turbiedades y bajo las condiciones en la que se encuentran diseñados se debe disminuir el flujo de entrada a la planta hasta 40 L/s.

El compost que se tiene por medio del proceso de compostaje, necesita ser monitoreado y realizársele los análisis pertinentes para tener un abono con los nutrientes esenciales.

## **6. RECOMENDACIONES**

Para optimizar el proceso de floculación y sedimentación se debe aumentar el tiempo de retención, esto se puede realizar instalando paneles que disminuya la velocidad con la que entra el agua y así poderse realizar estos proceso de manera adecuada.

En el proceso de compostaje se debe realizar la compra de un termómetro y un pHmetro, los cuales son fundamentales para controlar el ambiente que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica.

Al controlar esas variables la aplicación de los microorganismos eficientes sería de gran ayuda así no solo evitaría la presencia de moscas sino que ayudaría a la degradación de la materia teniendo un compost en menor tiempo.

Para tener un compost con un alto contenido nutricional y valor agregado se debe implementar el proceso de compostaje por medio de la lombricultura.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Barrenechea Martel. A. Coagulación: Tratamiento de agua para consumo humano. Pág. 152-154.

Rinne Tuomas. Potabilización con diferentes coagulantes de aluminio y hierro. XXII Congreso de Centroamérica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental "Superación Sanitaria y Ambiental: El Reto".

<http://moisessuarez.files.wordpress.com/2010/01/coagulacion.pdf>

Potabilización de aguas con diferentes coagulantes de Aluminio y de Hierro En: Información de Interés. FAISAN S.A <http://www.faisansa.com.ar/info08.php>

Torra A. Policloruro de Aluminio en el proceso de potabilización de aguas superficiales: Su comportamiento como coagulante dentro del ámbito de la química del aluminio. En: Tecnología del agua.

[http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/policloruro\\_aluminio.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/policloruro_aluminio.pdf) ( Junio de 1998)

Barrera Gómez Raquel. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Memoria de Tesis. En: Universidad Autónoma de Barcelona.

[http://www.tesisenxarxa.net/TESIS\\_UAB/AVAILABLE/TDX-0223107-152959/rbg1de1.pdf](http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UAB/AVAILABLE/TDX-0223107-152959/rbg1de1.pdf) (Julio de 2006)

Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú. Manual para la producción de compost con microorganismos eficientes. En: Portal Oficial de la Tecnología EM en América Latina.

[http://www.em-la.com/archivos-de\\_usuario/base\\_datos/manual\\_para\\_elaboracion\\_de\\_compost.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de_usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf) (Agosto-Diciembre de 2007)

Elaboración de compost con EM. Compostaje. En: Tecnología EM.

<http://www.tecnologiaem.com/compostaje.html>

ANEXO I



# MANUAL DE PROCEDIMIENTO Y EMERGENCIAS DEL ACUEDUCTO

## CONTENIDO

1. Presentación
2. Propósitos del manual
3. Normatividad
  - 3.1. Fundamento legal
4. Filosofía de la gerencia
  - 4.1. Misión
  - 4.2. Visión
  - 4.3. Valores
5. Objetivos de la gerencia
  - 5.1. Objetivos específicos
  - 5.2. Objetivos generales
6. Actividades de Operación
  - 6.1. Puesta en Marcha
  - 6.2. Operación Normal
  - 6.3. Operación Especial o Eventual
  - 6.4. Operación de Emergencia
7. Descripción de Procesos y Diagrama de Flujos
  - 7.1. Coagulantes
  - 7.2. Mezcla Rápida
  - 7.3. Floculación
  - 7.4. Sedimentación
  - 7.5. Filtración
  - 7.6. Desinfección
8. Diagramas de Flujos
9. Glosario
10. Catalogo de Formatos

## **1. PRESENTACIÓN**

El manual de procedimientos, es una herramienta técnica, que representa de manera gráfica y descriptiva las actividades específicas de los procedimientos, buscando la estandarización en su ejecución, teniendo como fin los objetivos fijados por las normas.

A través de esta herramienta, será posible identificar los elementos básicos de los servicios, tipos de servicios, la descripción narrativa de los procedimientos y sus correspondientes diagramas de flujo, (para que con éste apoyo, sea más fácil su comprensión y su aplicación). Identifica además, a los responsables de la ejecución de los procedimientos, en cada área, las entradas e insumos requeridos en cada paso y su resultado o servicio esperado, lo cual nos permitirá establecer y vigilar el cumplimiento de los estándares de calidad.

El valor del manual de procedimientos, como herramienta de trabajo, radica en la información contenida en ellos, por lo tanto mantenerlo actualizado permite que cumpla con su objetivo, que es proporcionar la información necesaria para el desarrollo de actividades.

## **2. PROPOSITOS DEL MANUAL**

El Manual de Procedimientos en su calidad de instrumento administrativo, tiene como propósitos fundamentales los siguientes:

Extractar en forma ordenada, secuencial y detallada las operaciones que se desarrollan dentro de un procedimiento, indicando los documentos utilizados en la realización de las actividades institucionales.

Otorgar al servidor público una visión integral de sus funciones al ofrecerle la descripción del procedimiento en su conjunto, así como las interrelaciones de este con otras unidades de trabajo para la realización de las funciones asignadas.

Implementar formalmente los métodos y técnicas de trabajo que deben seguirse para la realización de las actividades.

Determinar responsabilidades operativas para la ejecución, control y evaluación de las actividades.

Fortalecer la cultura en la organización orientada a la mejora continua.

Servir de consulta a todos los colaboradores de esta área, así como a los usuarios de los servicios que presta la misma.

Mantener el orden organizacional a través de respetar y cumplir las directrices tanto de políticas generales como en los procesos en toda la Gerencia.

### 3. NORMATIVIDAD

#### 3.1 Fundamentos Legales

**Resolución 2115 de 2007**, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

**Decreto 1575 de 2007**, por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

**Resolución 2145 de 2005**, por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos –PSMV-.

**Resolución 1447 de 2005**, por la cual se modifica la Resolución No. 1096 de Noviembre 17 de 2.000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS –.

**Decreto 475 de 1998**, por el cual se expiden normas técnicas de calidad de agua.

## 4. FILOSOFIA DE LA GERENCIA

### 4.1 MISIÓN

Prestar a nuestros usuarios los servicios públicos de manera eficiente, oportuna y continua, con racionalidad en el cobro de tarifas, cumpliendo con la función ecológica de protección a la biodiversidad y del medio ambiente, apoyados en la tecnología disponible y accesible, propiciando el mejoramiento permanente de los procesos, elevando así el índice de satisfacción del cliente tanto interno como externo.

### 4.2 VISIÓN

Ser una empresa líder en la prestación de los servicios públicos, con excelentes niveles de rentabilidad, productividad y calidad en la prestación de los servicios y atención a nuestros usuarios, orientada por políticas empresariales y fundamentadas en la gestión y desarrollo de sus colaboradores.

### 4.3 VALORES

**Respeto:** Respeto a nuestros compañeros de trabajo, a nuestras tareas, manteniendo la prudencia y Respeto a nuestro principal recurso. **El Agua**

**Calidad:** Al aplicar nuestros conocimientos en forma eficiente, oportuna, ética y responsable, con actitud, actualizándonos y comunicándonos abiertamente en las nuevas manifestaciones y procedimientos de nuestro trabajo, logrando un mejor desempeño en la **APC Administración Pública Cooperativa Manantiales de Chucuri.**

**Liderazgo:** Siendo proactivo en cada una de las funciones que desarrollamos diariamente, buscando constantemente mejorar nuestro servicio, con el único fin de satisfacer las necesidades y expectativas de nuestra región.

**Honestidad:** Porque en cada actividad que realizamos entregamos nuestro esfuerzo, compromiso y conocimientos con responsabilidad, bajo el marco legal de las normas y leyes que lo gobiernan.

## **5. OBJETIVOS DE GERENCIA**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Contar con una herramienta técnica que permita aplicar procedimientos, estrategias y criterios, para asegurar la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Garantizar la prestación eficaz, eficiente y efectiva de los servicios públicos, que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de nuestros usuarios.
- Asegurar la competencia del personal, para el cumplimiento de los objetivos y estrategias de la entidad.
- Prevenir y mitigar los impactos ambientales asociados a la prestación de los servicios públicos.
- Gestionar y verificar el cumplimiento de los planes y programas para el mejoramiento continuo de la entidad.
- Disponer de la capacidad técnica, administrativa y financiera para responder a las necesidades de nuestros usuarios.
- Promover la participación comunitaria.
- Desarrollar una cultura organizacional enfocada a la disminución de peligros para la mitigación de incidentes.
- Crear una cultura de autocuidado y autocontrol.

## **6. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN**

### **6.1 PUESTA EN MARCHA**

Las principales actividades que comprende la puesta en marcha de una planta son:

- Inspección preliminar
- Operaciones iniciales
- Llenado de la planta

#### **Inspección preliminar**

Tiene por objetivo evaluar el estado de las obras. Se debe poner énfasis en los siguientes aspectos:

- Presencia visual de daños
- Funcionamiento de válvulas, compuertas y equipos
- Existencia de reactivos, materiales y personal para la operación del sistema

#### **Operaciones iniciales**

Antes del llenado de la planta, deben efectuarse las siguientes tareas, que pueden variar de acuerdo con el tipo de planta:

- Limpieza general de las estructuras. La planta debe quedar libre de polvo, residuos de construcción y cualquier otra impureza que signifique peligro de contaminación.
- Revisión y calibración de todos los equipos de dosificación
- Preparación de las soluciones de las sustancias químicas, según procedimientos que se describen posteriormente
- Medición de los parámetros básicos para el control de los procesos: pH, turbiedad, color, alcalinidad y caudal de operación
- Determinación de parámetros de dosificación: dosis, concentración y pH óptimo
- Colocar válvulas en posición de llenado: ingresos y salidas abiertas, desagües cerrados

#### **Llenado de la planta**

Esta operación depende de los procesos que componen la planta. Asumiendo que la planta está compuesta por los procesos básicos de la mezcla rápida, floculación, decantación y filtros, el procedimiento es el siguiente:

- a) Abrir lentamente de la válvula de ingreso de agua cruda a la planta
- b) Llenar los floculadores y una vez que el agua llegue al nivel máximo, establecer la dosificación
- c) Simultáneamente al proceso de llenado, debe aplicarse una dosis inicial de desinfectante que usualmente varía entre 4 y 10 mg/l, por un lapso de 1 a 2 horas
- d) Esperar a que se complete el llenado de los decantadores y suspender el flujo por 15 minutos antes de pasar a los filtros
- e) Llenar los filtros e iniciar la operación eliminando la producción al desagüe hasta que se obtenga la calidad de agua deseada
- f) Efectuar lavados sucesivos de los filtros
- g) Controlar la calidad del agua. Normalmente se requiere suministrar el agua a la población en el menor tiempo posible, después de haber comprobado que la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua es aceptable. En caso de emergencia, se recomienda controlar los siguientes parámetros:
  - Turbiedad menor de 2 UNT
  - Color aparente menor que 15 UPC
  - pH entre 6,5 y 8,5
  - cloro residual a la salida de la planta no menor de 0,1 mg/l

## **6.2 OPERACIÓN NORMAL**

Una vez concluidas las operaciones de puesta en marcha, la planta entra en la etapa denominada de operación normal. Se considera que el sistema de tratamiento se encuentra en operación normal cuando está produciendo el caudal para el cual fue proyectado con la calidad de agua requerida.

La operación normal incluye una serie de actividades de tipo rutinario. A continuación se indican las actividades de operación normal:

- medición del caudal
- medición de parámetros de agua cruda: turbiedad, color, pH y alcalinidad
- preparación de las soluciones de los productos químicos
- ajuste de los dosificadores
- lavado de los filtros
- medición de cloro residual en el agua tratada y otros parámetros básicos
- limpieza de las obras complementarias y mantenimiento de zonas verdes
- control de calidad

En general, la operación normal incluye cualquier actividad que no provoque la suspensión parcial o temporal de la planta.

### **6.3 OPERACIÓN ESPECIAL O EVENTUAL**

Este tipo de operación se produce como consecuencia de actividades de mantenimiento, daños menores, fallas de energía de corta duración y otras causas que impliquen una salida de operación total o parcial de la planta, sin que se presenten daños graves.

#### **Parada o suspensión de la operación de la planta**

Normalmente una parada de la planta se programa para vaciar las unidades y ejecutar reparaciones que deben hacerse en seco.

Con frecuencia las paradas se programan durante la noche o en días festivos, para evitar incomodidades a los usuarios. En todo caso, es conveniente avisarles con anticipación la fecha y tiempo de suspensión para que se provean de agua y disminuyan los reclamos de servicio.

La secuencia de acciones para efectuar la parada es la siguiente:

- a) Programación de la actividad
  - El supervisor de la planta prepara el programa de actividades que se van a desarrollar durante la parada, indicando el tiempo para cada tarea
  - Se prepara una lista de personal que intervendrá y de los materiales, herramientas y equipos, señalando la hora de inicio de las labores. El personal deberá ser distinto de aquel que continuará con la operación normal de la planta
  - El supervisor de la planta estará a cargo de todo el personal y será quien dará las ordenes
- b) Lavar filtros y llenar el tanque de distribución
- c) Parada de la planta
  - Cerrar la entrada de agua cruda
  - Suspender la filtración
  - Suspender la dosificación
  - Cerrar la válvula de salida
  - Para la zona de floculación
  - Drenar la zona de trabajo
  - Ejecución de los trabajos

#### **Limpieza de un floculador**

Un floculador convencional sin barrelodos deberá lavarse como máximo cada tres meses.

Cuando existen varios decantadores en paralelo, se seguirá la siguiente secuencia de acciones:

- El supervisor de la planta debe programar las actividades que se van a realizar, el tiempo y personal necesario; este último dependerá del área superficial interior de la unidad que comprende paredes y piso. El personal que se emplee en esta actividad debe ser diferente de aquel que ejecuta la operación normal. Definir la hora en la que deberá disminuirse el caudal que entra a la planta o suspenderse el tratamiento. Pasar copia del programa a los operadores de turno.
- Suministrar y revisar el estado de los materiales necesarios para ejecutar esta operación: rastrillos, escobas, mangueras y llaves para conectarlas, si el lavado se hace a presión.
- Disminuir el caudal de entrada a la planta en una cantidad similar a la que trata al unidad que se va a aislar. En el caso en que las unidades en paralelo tengan capacidad para asumir la sobrecarga, se omitirá esta operación.
- Aislar la unidad cerrando la válvula de entrada.
- Abrir el drenaje. El operador de turno deberá tener la unidad vacía a la hora en que el personal debe efectuar la tarea.
- Efectuar la limpieza. Normalmente el piso se limpia con chorros de agua a presión, empujando el material con rastrillos hacia el desagüe. Las paredes se limpian con chorros de agua y cepillos metálicos.
- Las placas se limpian con chorros de agua a presión y cepillo para remover el lodo y algas adheridas. Deberá instruirse al personal de operación que ejecuta esta tarea para que no se pare sobre las pantallas mientras realiza la limpieza.
- Si se presenta crecimiento de algas, puede usarse un equipo de fumigación para aplicar a las paredes una solución de sulfato de cobre (disolver un kilogramo de sulfato de cobre en 50 litros de agua). La concentración final no debe ser mayor de 1 mg/l.
- Si se identifican fugas en las uniones entre paredes o con accesorios, estas deben repararse utilizando productos bituminosos.
- Se debe aprovechar la paralización de la unidad para efectuar el reemplazo de pantallas rotas.
- Llenado de la unidad. Debe seguirse el mismo procedimiento indicado en la puesta en marcha. Colocar el caudal de proyecto.

### **Lavado de canales y tanques de distribución**

Esta operación requiere de una operación de parada de planta. La frecuencia depende del resultado de las inspecciones efectuadas por la persona encargada de la supervisión.

Para lavar los canales que conducen el agua cruda y coagulada, se recomienda emplear un eyector. Si esto fuera posible, el material habrá de sacarse con baldes o carretillas, dependiendo del ancho de los canales.

El tanque de distribución se lavara con chorros de agua a presión. Las botas de caucho que usa el personal deberán desinfectar con una solución de hipoclorito de calcio o de sodio. El personal utilizado será el máximo posible, de manera que la suspensión del servicio sea muy corta y se afecte lo menos posible a los usuarios.

El personal estará de abrigo de caucho, botas y casco. Si fuera necesario, dentro del tanque portará también una mascarilla para protegerlo de los vapores de cloro.

La secuencia de acciones es la siguiente:

- Suspender tratamiento y filtración
- Aislar floculadores y tanques de distribución
- Drenar canales y tanques
- Efectuar la limpieza
- Fumigar piso y paredes con una solución al 1% de hipoclorito de calcio o de sodio
- Poner en marcha la planta

#### **6.4 OPERACIÓN DE EMERGENCIA**

La operación de emergencia ocurre por fuerza mayor y se presenta en forma imprevista a causa de fallas graves o desastres. A continuación se indican los casos más comunes.

##### **Falla de estructura y equipos esenciales**

El operador debe dar aviso al supervisor apenas se produzca la falla.

Si se produce una falla en la tubería de llegada, por ejemplo, se suspende el servicio desde la bocatoma o se suspende el bombeo según el caso. La planta debe salir de operación obligatoriamente. Si la falla se ubica en el tramo que alimenta el embalse o el presedimentador, se aislara este tramo y la planta continuara operando con el embalse, mientras la capacidad de este lo permita.

Si el daño se presenta en una estructura, se aislara para proceder a drenarla y repararla. Una vez solucionados los daños, la planta se pondrá en marcha de acuerdo con el procedimiento indicado.

##### **Terremotos**

En lugares de alto riesgo sísmico, las estructuras de la planta deben ser antisísmicas. De acuerdo con la intensidad de un sismo, puede producirse falla de energía o daño en tuberías. Pasado el movimiento sísmico, se evaluarán los daños y se programarán las reparaciones.

### **Incendios**

Se presentan con frecuencia en los motores y arrancadores. Es necesario tener disponibles extinguidores de CO<sub>2</sub> debidamente cargados y personal capacitado para usarlos.

### **Inundaciones**

Se presentan con frecuencia por rotura de tuberías, rebose de un tanque o desborde de ríos. Se debe aislar la tubería o disminuir el caudal de tratamiento. En el caso de inundaciones mayores (desborde de ríos), el personal encargado deberá evaluar los daños mediante una inspección sanitaria y tomar las medidas del caso.

### **Cambios bruscos de calidad del agua cruda**

El cambio que más afecta la operación de la planta es el aumento de turbiedad. En este caso, se mide la turbiedad y se revisa el caudal, se ajusta la dosis con la información de la curva de dosificación y el funcionamiento de la planta en general. Luego se efectúa la prueba de jarras y se afina el ajuste del dosificador.

Si el cambio es tan brusco que la calidad del agua supera los límites de tratabilidad (caso típico producido por derrumbes), se suspende la operación de la planta hasta que la fuente vuelva a la normalidad.

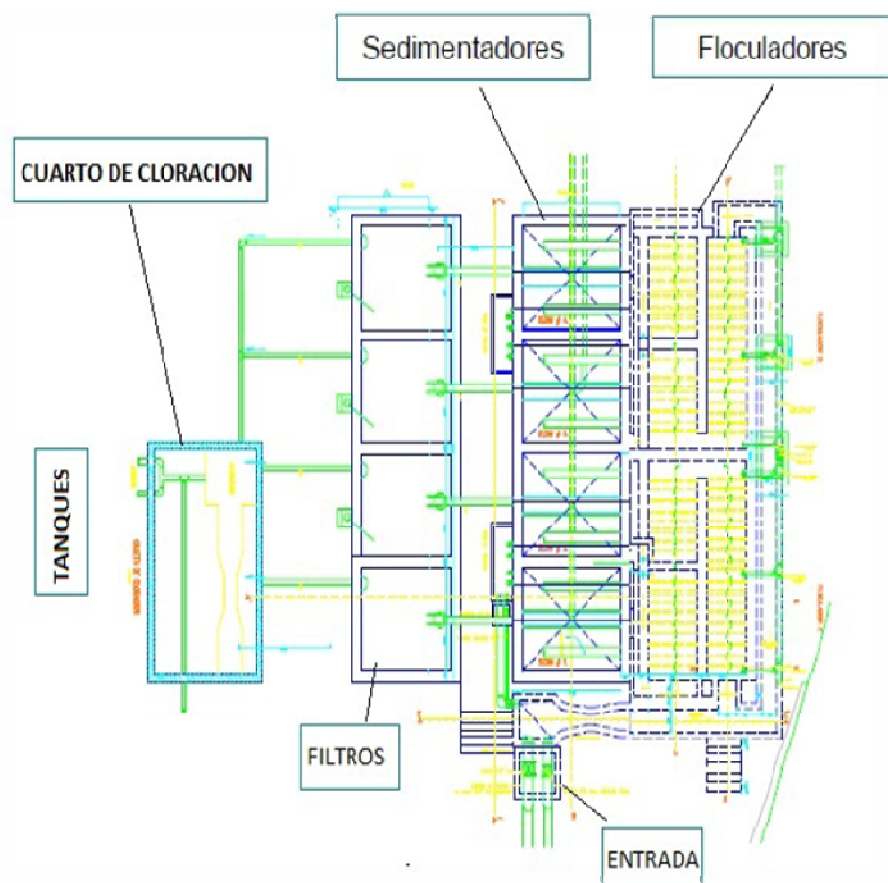
El operador debe tomar en cuenta que las plantas tienen límites de tratabilidad y que por causas naturales o antropológicas el agua cruda puede superar la capacidad de tratamiento de la planta y, por lo tanto, producir agua de mala calidad. En estos casos puede ser necesario detener el funcionamiento de la planta hasta volver a condiciones normales.

### **Escapes de cloro o de químicos peligrosos**

Cuando se presenta este tipo de emergencia, el operador debe emplear la máscara protectora, que debe estar guardada en un armario fuera de la sala de dosificación o de la

caseta de cloración. Con el auxilio del amoniaco se ubica la fuga. Si esta se produce en un clorador, se cambia al otro; si se ubica en una batería de cilindros, se cambia y se aísla el sitio cerrando las válvulas correspondientes. Si el daño implica parar la planta, se procede de acuerdo con lo indicado en el ítem relativo a fallas de energía. En el caso de fugas grandes se debe llamar de inmediato al supervisor de la planta y contactar especialistas en el manejo de sustancias peligrosas.

### DIAGRAMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURI



### 7. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

## 7.1 COAGULANTES

Los coagulantes que pueden emplearse son los coagulantes metálicos y los polímeros orgánicos e inorgánicos.

*Coagulantes metálicos:* Pueden ser de tres tipos: sales de aluminio, sales de hierro y compuestos varios, como el carbonato de magnesio. Los coagulantes con sales de aluminio son el sulfato de aluminio, sulfato de aluminio amoniacal y aluminato de sodio. Para la dosificación en la coagulación por adsorción-neutralización debe tenerse en cuenta la relación estequiométrica entre la dosis del coagulante y la concentración de los coloides. Para agua con bajo nivel de alcalinidad, se recomienda aumentar el pH añadiendo hidróxido de calcio.

*Polímeros inorgánicos:* Se pueden emplear los polímeros de hierro y aluminio como coagulantes. Se recomienda el uso de policloruro de aluminio para el tratamiento de aguas blandas y turbias. En la operación, la velocidad de agitación debe ser menor, ya que las altas velocidades pueden llegar a romper las largas cadenas poliméricas; por tanto debe mantenerse una mezcla uniforme y se debe evitar la ruptura de los puentes formados entre polímeros y coloides.

*Polímeros orgánicos:* Se pueden emplear los derivados del almidón y la celulosa, materiales proteicos.

En la selección del coagulante, debe tenerse en cuenta su facilidad de adquisición, almacenamiento, manejo, seguridad y dosificación.

Dentro de la alta gama de coagulantes, debe escogerse aquel que no vaya a tener efectos nocivos sobre la calidad física, química o biológica del agua tratada y que represente un efecto favorable sobre el tamaño del floculo y sobre la velocidad de asentamiento.

Deben realizarse ensayos de laboratorio para determinar cuál es el coagulante o cuáles son los coagulantes más apropiados para el tratamiento. (Como se hace en la planta)

## 7.2 MEZCLA RAPIDA

Las siguientes condiciones deben tenerse en cuenta para la operación de los mezcladores hidráulicos como la canaleta Parshall.

1. Debe verificarse que la estructura de control de entrada permita el acceso del agua a la canaleta Parshall.
2. Debe verificarse que la dosificación del coagulante esté realizándose el tubo perforado.
3. Debe constatar que la solución esté aplicándose uniformemente en el punto de máxima turbulencia.

4. Debe determinarse el gradiente de velocidad por medio de la evaluación de la pérdida de carga en la canaleta Parshall.
5. La velocidad con la cual los coagulantes deben dispersarse en toda la masa de agua depende de la velocidad de reacción de los coagulantes con la alcalinidad y con los otros constituyentes del agua. Una vez obtenido, este gradiente óptimo debe verificarse y corregirse cuando sea necesario.
6. Para facilitar la determinación es recomendable aforar las dos reglas fijas, localizadas en los puntos de medición, recordando que el gradiente medio óptimo se produce para valores mayores de 1000 s-1.
7. Debe evitarse que se produzcan grandes turbulencias, caídas y restricciones luego del punto de aplicación de la sustancia química.
8. Debe tenerse en cuenta que la concentración de iones hidrógeno de la mezcla final de agua y el coagulante es de fundamental importancia en la formación del flóculo, por tanto debe medirse el pH antes y después de la coagulación.
9. Debe determinarse el tiempo óptimo de reacción, para lo cual debe tenerse en cuenta el pH de la solución y la alcalinidad del agua. El tiempo seleccionado debe permitir que el coagulante entre en contacto con toda la masa de agua.

### 7.3 FLOCULACIÓN

Para la agitación de la masa líquida, los floculadores hidráulicos derivan su energía de la carga de velocidad que el flujo adquiere al escurrir por un conducto. Una correcta operación en un floculador hidráulico requiere las siguientes condiciones:

1. Debe verificarse que la dosificación y la mezcla rápida estén operando satisfactoriamente.
2. Es necesario constatar que el nivel del agua en las cámaras, no varíe más del 10% por arriba o por abajo del nivel de diseño.
3. Debe mantenerse el gradiente medio óptimo de velocidad en el floculador por medio de la diferencia de nivel entre la entrada y la salida; para efectuar esta operación es conveniente tener reglas fijas niveladas en la entrada y salida del floculador. En caso de no ser así, debe ajustarse a los óptimos obtenidos en la prueba de jarras.
4. Debe garantizarse que el tiempo de contacto en la unidad sea el suficiente, para permitir que los flóculos alcancen el tamaño y peso adecuado, lo cual es función de la dosis, el gradiente de velocidad y el tiempo que se mantenga la agitación en concordancia con la prueba de jarras.
5. Debe observarse en la salida del floculador el tamaño del flóculo y determinarse la turbiedad residual después de decantada y compararla con la obtenida bajo los mismos parámetros en la prueba de jarras.

Después de realizada los distintos análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, se debe espaciar las pantallas de acuerdo a los resultado de las pruebas de jarras, con unos valores de gradiente reales. Las pantallas se deben anclar mediante un sistema de fácil movimiento.

6. La limpieza debe ser periódica, esta se realiza vaciando la unidad (floculador 1 ó 2), esta debe ser simultánea a la limpieza de los sedimentadores.

7. Comprobar en qué parte de la unidad se está empezando a formar el floculo. Lo deseable es que se forme en el primer tercio de la unidad. Si en los primeros compartimientos se está formando una espuma amarillenta sobre la superficie del agua, se requiere revisar la dosis del coagulante que se está aplicando o el ajuste o calibración del dosificador porque esto indica que la dosis de coagulante es excesiva.
8. Verificar la existencia de zonas muertas, de donde se pueden depositar los flóculos. Este material depositado se fermenta fácilmente y puede producir sabor y olor en el efluente de la PTAP.
9. Verificar si por el exceso de velocidad de las aguas, los flóculos no se rompen en la entrada de los sedimentadores. Si esto sucede, se debe disminuir el caudal.
10. Revisar si faltan pantallas, porque esto distorsiona el flujo dentro de la unidad, lo cual crea zonas muertas y pasos directos del agua que anulan el recorrido entre el conjunto de pantallas. Esto disminuye el tiempo de permanencia del agua en la unidad y afecta la formación del flóculo.
11. Revisar la disposición de las pantallas después de una actividad de mantenimiento en que estas hayan sido removidas y comprobar que no se haya alterado el espaciamiento entre ellas y la amplitud de las vueltas. Cuando el espaciamiento entre las pantallas se modifica debe ser sustentada mediante un cálculo y tomando como base estudio de calidad de agua. Cuando este espaciamiento se modifica, afectan la formación del flóculo.

#### **7.4 SEDIMENTACIÓN**

La unidad de sedimentación debe llenarse con agua hasta el nivel de operación y dejarse en reposo como mínimo 30 minutos antes de la operación normal. Luego debe darse paso al agua de entrada al sedimentador para que la unidad entre en operación. Debe determinarse la turbiedad y/o color del agua sedimentada con la frecuencia establecida en cada planta de tratamiento de acuerdo a los diferentes niveles de confiabilidad del servicio.

Deben realizarse las siguientes actividades de operación:

1. Comprobar si por el efluente hay salida de flóculos.
2. Retirar el material flotante en el decantador por medio de una espumadera.
3. Verificar si existe desprendimiento de burbujas de aire, originadas por fermentación de lodos.
4. Drenar varias veces por día, accionando la válvula de lavado.
5. Cuando se realice una parada de periodo largo (mayor a 24 horas) debe mantenerse un residual de cloro por lo menos de 5 ppm o vaciar la unidad para evitar la fermentación de los lodos.

##### *Lavado de los sedimentadores*

Se realiza por dos motivos:

- Cuando la tolva de almacenamiento de lodo se llena. Esta ocurre cuando el agua presenta alta turbidez y se produce gran cantidad de lodo.

- Cuando comienza la fermentación del lodo almacenado. Se produce cuando el tratamiento es discontinuo o el agua cruda está clara y se forma poco lodo. En este caso, la fermentación se inicia antes de que el lodo llegue a llenar las tolvas.

En la zona de turbulencia, se sabe que hay fermentación cuando aparecen unas pequeñas burbujas de gas en su superficie. Si el operador no observa este fenómeno y la fermentación continúa, no solo se va a producir sabor y olor desagradables sino que, además van a aparecer grandes placas de lodo en la zona de sedimentación.

Estos sedimentadores de placas están provistos de un sistema hidráulico de extracción de lodo y no es necesario ingresar a la unidad para efectuar la limpieza manual. En época de lluvias, pueden operar sin interrupciones y efectuar descargas de lodo con frecuencia.

Algunas veces, en las paredes del sedimentador y en los canales, se forman incrustaciones de lagas y de lodo, cuando esto sucede, se debe realizar una limpieza para retirarlos. Cuando la flora es relativamente grande (algas), se recomienda pintar las paredes de los sedimentadores con caldo bordelés.

Operación: Lave bien las paredes con cepillo. Deje secar y pinte con el caldo. No llenar el sedimentador hasta que la pintura esté bien seca.

Preparación de caldo bordelés:

- a. Disuelva un kilo de sulfato de cobre en 50 litros de agua;
- b. Añada 500 gramos de cal a otros 50 litros de agua;
- c. Añada gotas del indicador fenolftaleína a una muestra de la mezcla (a+b). Debe dar la cloración característica de alta alcalinidad; de no ser así agregue más preparado (b).

Se debe considerar que la cantidad de caldo que se necesita debe ser tal que al llenar el sedimentador, considerando que toda la pintura esté disuelta, la dosis de sulfato de cobre en el agua no sea superior a un miligramo por litro (un gramo de CuSO<sub>4</sub> por metro cúbico de agua).

*Control del proceso de sedimentación.*

Para ahorrar agua en el lavado de los filtros, es importante que el agua sedimentada que ingrese a estas unidades sea de la mayor calidad posible, para que las carreras de operación de los filtros sean largas. En ese caso, se debe considerar lo siguiente:

- El agua sedimentada debe tener un color bajo, de 5 a 10 UC como máximo.
- La turbidez debe ser baja; idealmente, no mayor de 2 UNT. El sedimentador debe remover por lo menos 90% de la turbidez del agua cruda.

$$\frac{(\text{turbidez del agua cruda} - \text{turbidez del agua sedimentada}) * 100}{\text{turbidez del agua coagulada}} = 90\%$$

Una turbidez o color elevado puede significar que:

- Dosis de coagulante inadecuada
- pH óptimo de coagulación erróneo.
- Problemas de mantenimiento del floculador.
- Sedimentadores sucios.

La determinación de oxígeno consumido también es un óptimo proceso de control de la eficiencia de la sedimentación, que se puede comparar con la del agua cruda. El porcentaje de reducción debe ser el siguiente:

$$\frac{(O_2 \text{ consumido del agua cruda} - O_2 \text{ consumido del agua sedimentada}) * 100}{O_2 \text{ consumido del agua cruda}} > 50\%$$

## 7.5 FILTRACIÓN

- Medio filtrante

El medio filtrante es de especial cuidado, por lo cual debe mantenerse apto para la operación del sistema, por medio de lavados continuos y cambios del lecho filtrante cuando sea necesario. El operador debe tener especial cuidado con la operación de lavado de filtros a fin de obtener una limpieza efectiva del medio filtrante y evitar los problemas de: formación de bolas de barro, consolidación del lecho filtrante, entrapamiento de aire o pérdidas de medio filtrante.

- Operación del filtro

Las siguientes actividades deben ejecutarse para asegurar una correcta operación del filtro:

1. Evitar turbulencias indebidas y agitación de la arena en el llenado del filtro.
2. Mantener una buena coagulación del agua, ajustando la dosis óptima permanentemente para obtener el mejor filtrado.
3. Determinar la turbiedad, el color y la pérdida de carga en el efluente del filtro.
4. No producir pérdida de carga negativa en el lecho filtrante.
5. Lavar el filtro cuando éste alcance la pérdida de carga máxima permitida por el sistema o cuando la calidad del agua alcance el límite máximo permitido por las normas, utilizando las velocidades adecuadas a las características del medio filtrante, de acuerdo con las recomendaciones del diseñador y la experiencia.

- Operación de lavado del filtro

El lavado debe hacerse cada vez que la pérdida de carga es igual a la presión estática sobre el fondo del lecho, o la calidad del efluente desmejore. La mayoría de los problemas del filtro se originan en un lavado deficiente incapaz de desprender la película que recubre los granos del lecho, romper las grietas o cavidades en donde se acumula el material que trae el agua y transportar el material desde el interior del lecho hasta la válvula de lavado.

- Estado de un filtro. El estado de un filtro varía continuamente en el periodo de filtración (entre un lavado y otro) y se modifica lentamente con el paso de los años.

Las causas de las perturbaciones en el lecho filtrante pueden ser causadas por los siguientes factores:

- a. Dosis incorrectas de coagulantes, mala floculación y mala sedimentación, que hace que el filtro reciba material gelatinosos y materia orgánica que van a obstruir el lecho filtrante.
- b. Desprendimiento del aire que normalmente está disuelto en el agua, en forma de burbujas. Este fenómeno se produce debido a la pérdida excesiva (es decir, una pérdida de carga que sobrepasa el límite aconsejado) y podrá causar efectos nocivos: irregularidades en la filtración y en el lavado, arrastre de material filtrante durante el lavado, etc.
- c. Formación de bolas de lodo provenientes de material gelatinoso (organismos, hidróxido de aluminio y arena). La dosificación inadecuada, el lavado deficiente de los filtros y la excesiva pérdida de carga durante el funcionamiento producen la compresión del lecho filtrante y la consecuente compactación de las bolas de lodo.
- d. Presencia de algas y otros microorganismos que llegan a los filtros y se reproducen en ellos.

## **7.6 DESINFECCIÓN**

Los factores o parámetros que influyen en la desinfección y que deben ser controlados durante la operación son:

1. La mezcla debe ser rápida, uniforme y eficiente entre el cloro y el agua.
2. El desinfectante y el agua deben estar en contacto el tiempo estimado, para garantizar una completa desinfección del agua.
3. Debe desinfectarse el agua a un pH inferior a 7.5. Valores de pH superiores a 7.5 retardan las reacciones entre el cloro y el amoníaco.
4. Debe controlarse el nivel de turbiedad del agua, debido a que los microorganismos pueden encapsularse dentro de las partículas haciendo más lenta la acción del desinfectante. Se recomienda tener una turbiedad menor de 1 UNT para la optimización del proceso.
5. Debe garantizarse que la desinfección con cloro no produzca trihalometanos al final de la red superior a lo indicado por la norma.
6. Controlar con análisis adecuados que la contaminación patógena no esté presente en la red de distribución incluyendo las zonas de extremo de red.
7. Medir el contenido de cloro residual libre y combinado, como mínimo cada hora.
8. La cloración debe realizarse con un clorador, este debe tener un rotámetro que permita cuantificar el cloro dosificado en el efluente de la planta de tratamiento.
9. Debe vigilarse y chequearse la posición del rotámetro, cuando se utilice cloro proveniente de cilindros a presión.
10. En caso de ser necesario debe emplearse un segundo desinfectante.
11. En caso de aplicar un proceso de estabilización al agua tratada es aconsejable neutralizar después de desinfectar, para operar a condiciones óptimas de pH.
12. No debe aplicarse cal y cloro al mismo tiempo.
13. En general, la calidad del agua debe cumplir con lo establecido en el Decreto 475 de 1998.

Debe alcalinizarse el agua después de la cloración y no antes de ella. Debe tratarse de mantener un pH bajo para aumentar la eficiencia en el proceso de desinfección, es aconsejable entre 6 - 7. Se deben realizar mediciones continuas para determinar la calidad del agua tratada.

Debe estudiarse si el agua requiere precloración y postcloración o solo postcloración, esto depende de las características de la fuente, debe emplearse la precloración cuando hay excesiva producción de algas en la planta o cuando el NMP/100 mL de coliformes en el agua cruda sea superior a 5000. La postcloración debe usarse en todos los casos. Las dosis dependen de la demanda de cloro en la red, redes extensas en las que el agua tiene un largo período de detención requieren por lo común dosis iniciales mayores que redes cortas.

Para determinar la dosis óptima, deben realizarse pruebas de laboratorio agregando las cantidades crecientes de cloro al agua tratada y midiendo su concentración a través del tiempo. La dosis óptima sería la que produzca un residual de cloro libre de mínimo 0.2 ppm al extremo de la red. Si lo anterior no fuera económicamente viable porque las concentraciones iniciales resultaron muy altas, es necesario proyectar recloraciones en puntos seleccionados de la red.

## **8. DIAGRAMAS DE FLUJO**

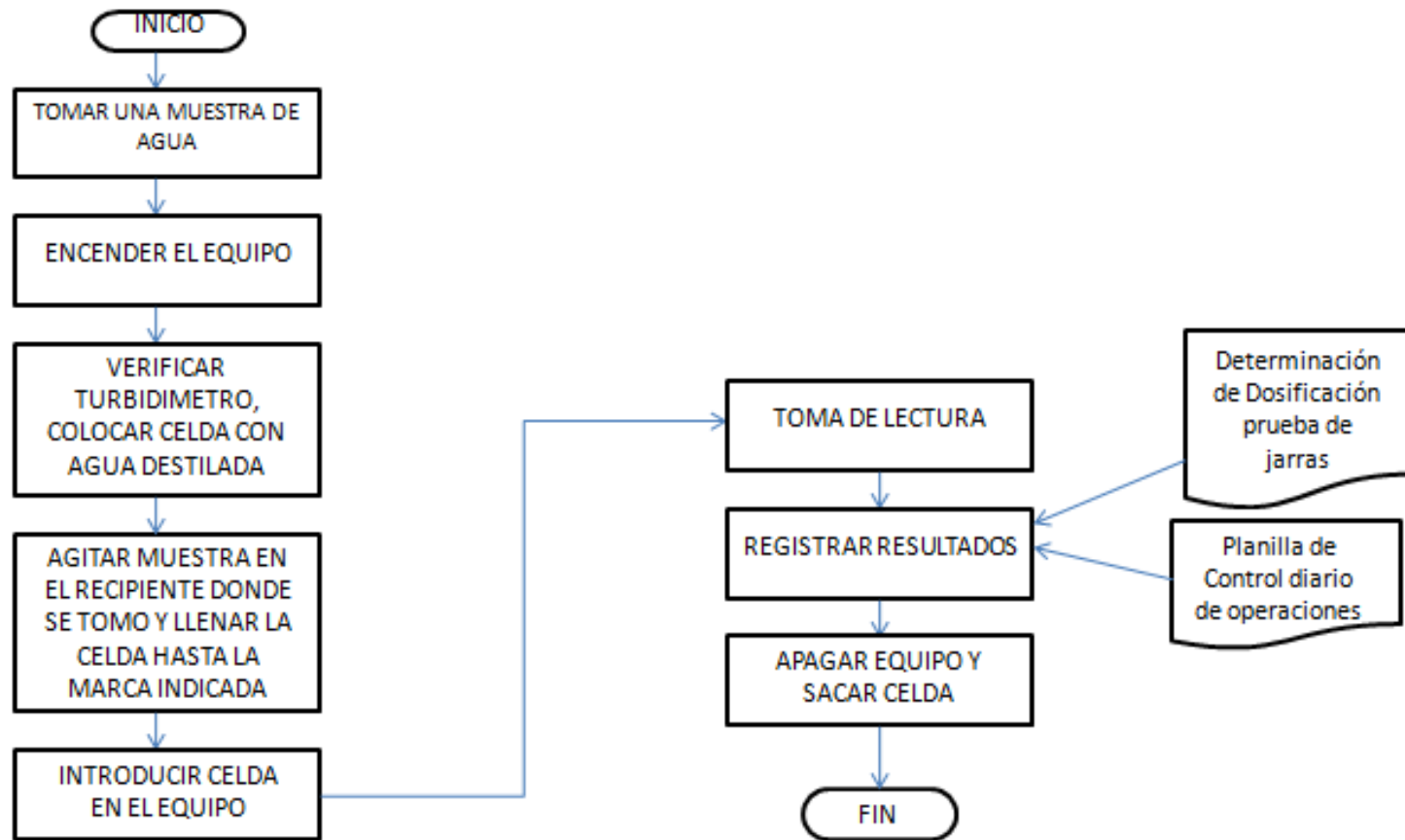
### **CONTROL CALIDAD DE AGUA POTABLE**

- ✓ Análisis de Turbiedad
- ✓ Análisis de Color Verdadero
- ✓ Análisis de pH con peachimetro
- ✓ Análisis de Cloro residual libre
- ✓ Análisis de Alcalinidad total
- ✓ Análisis de Dureza Total
- ✓ Análisis de hierro total
- ✓ Análisis de Nitritos
- ✓ Propiedades organolépticos olor y sabor





#### ANÁLISIS DE TURBIEDAD

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
				○	▽	⇒	□
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Toma de una muestra de agua	2 min	X		X	
	2	Se enciende el turbidímetro	1 min	X			
	3	Se calibra el equipo con las celdas de agua destilada	7 min	X			
	4	Se agita la muestra en el recipiente donde se tomo y y se llena la celda hasta la marca indicada	1 min	X			
	5	Introducir la celda en el equipo	1 min	X			
	6	Tomar la lectura	1 min	X			
	7	Registrar los resultados	1 min				
	8	Apagar el equipo y sacar la celda	1 min	X			

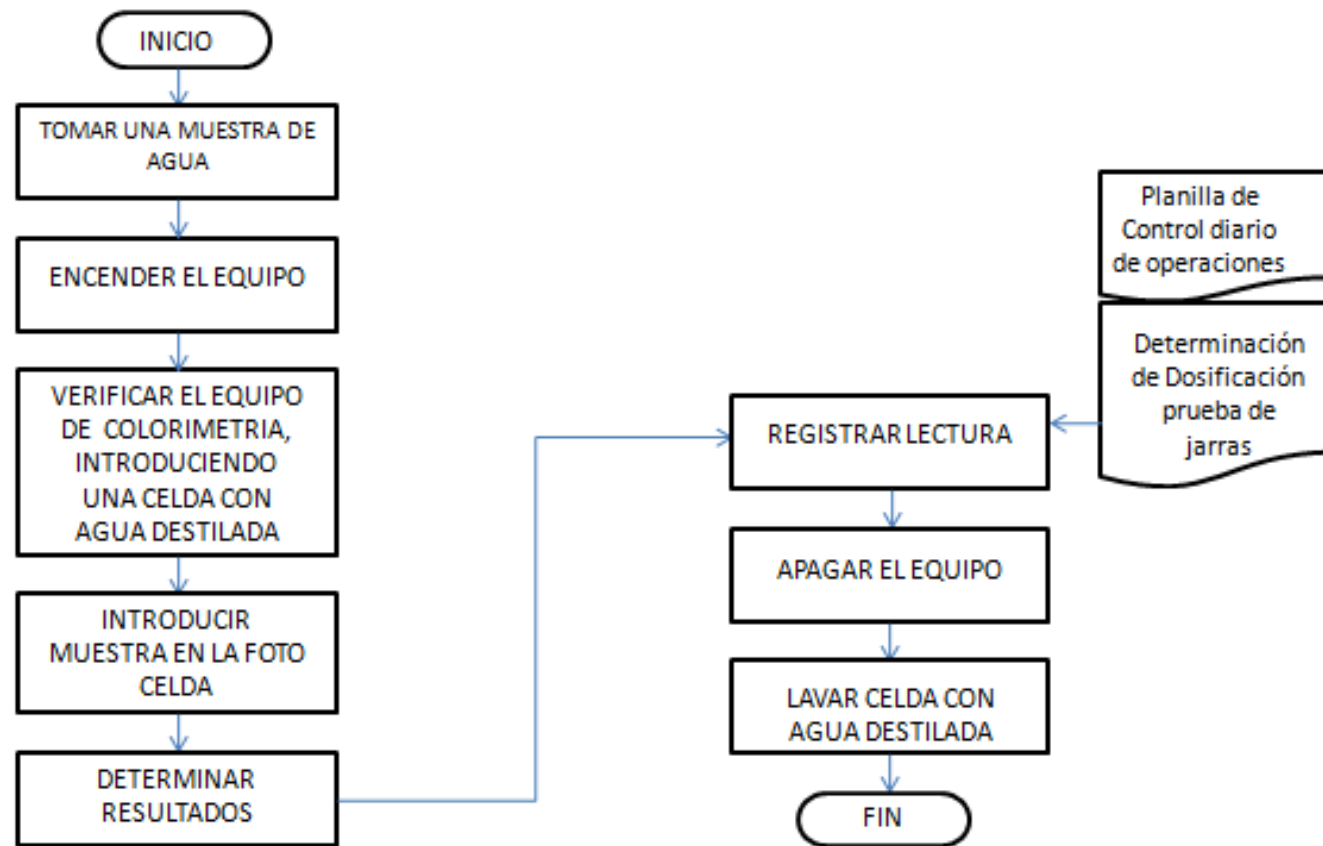
## ANALISIS DE TURBIEDAD







## ANALISIS DE COLOR VERDADERO

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
							
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Toma de una muestra de agua	2 min	X		X	
	2	Se enciende el equipo	1 min	X			
	3	Verificar el equipo de colorimetría, introduciendo una celda con agua destilada	2 min	X			
	4	Introducir muestra en la foto celda	1 min	X			
	5	Determinar los resultados	1 min	X			
	6	Registrar lectura	1 min	X			
	7	Apagar el equipo y sacar la celda	1 min				
	8	Lavar la celda con agua destilada	2 min	X			

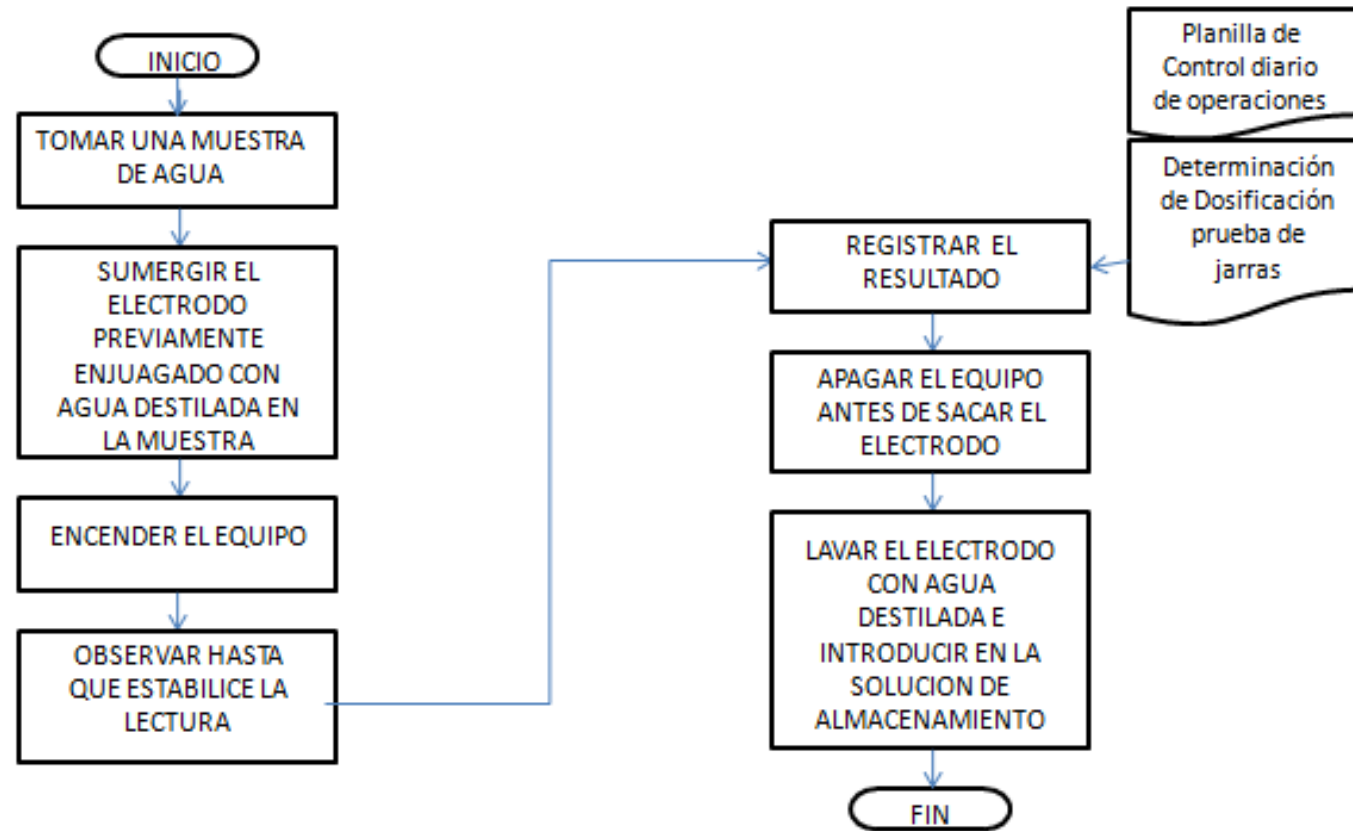
## ANALISIS DE COLOR VERDADERO







## ANALISIS DE PH CON PEACHIMETRO

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
							
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Toma de una muestra de agua	2 min	X		X	
	2	Sumergir el electrodo previamente enjuagado con agua destilada en la muestra	5 min	X			
	3	Encender el equipo	1 min	X			
	4	Observar hasta que se establezca la lectura	10 min	X			
	5	Registrar los resultados	1 min	X			
	6	Apagar el equipo antes de sacar el electrodo	1 min	X			
	7	Lavar el electrodo con agua destilada e introducir en la solución de almacenamiento	1 min				

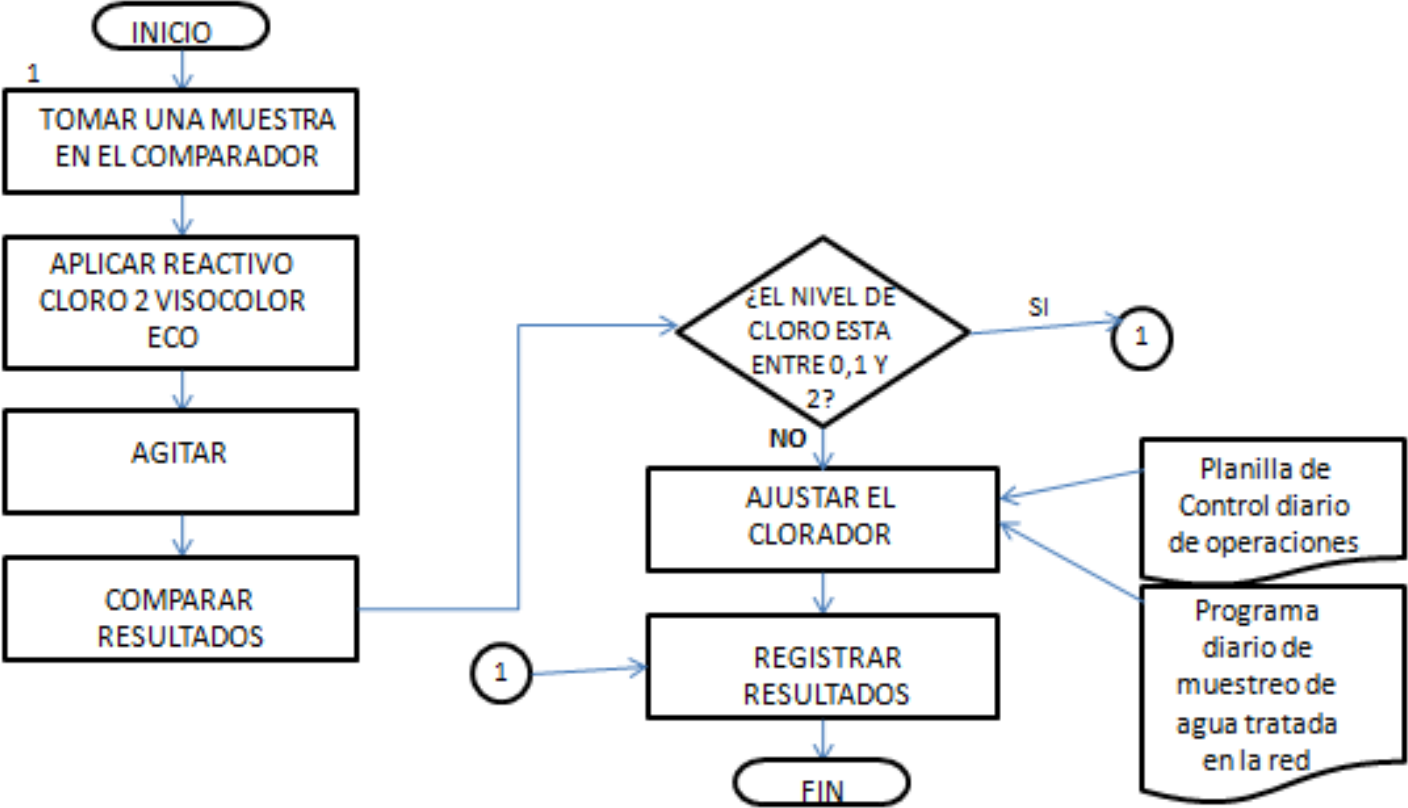
## ANALISIS DE PH CON PEACHIMETRO







## ANALISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
							
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Toma de una muestra en el comparador	2 min	X		X	
	2	Aplicar reactivo cloro 2 visocolor ECO	1 min	X			
	3	Agitar	1 min	X			
	4	Comparar resultados	3 min	X			
	5	Ajustar el clorador	1 min	X			
	6	Registrar los resultados	1 min	X			

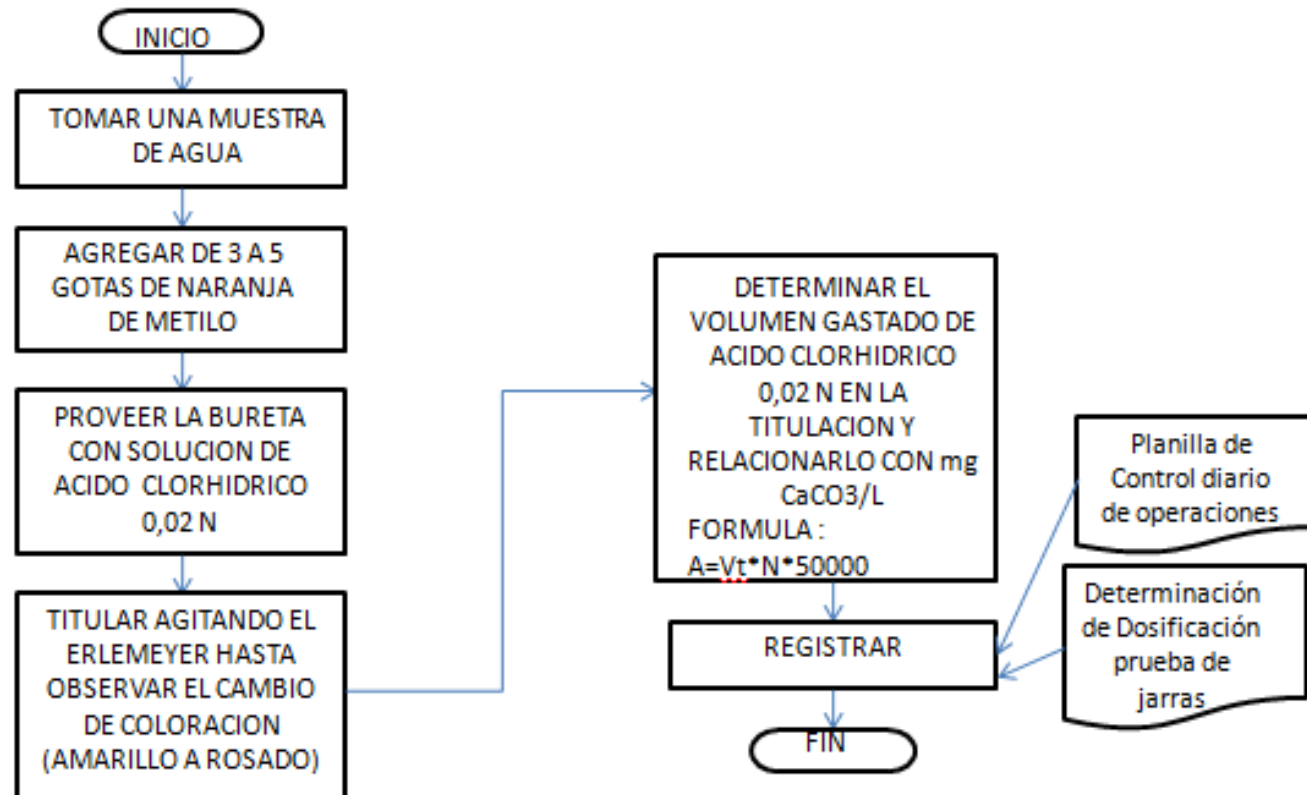
# ANALISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE







## ANALISIS DE ALCALINIDAD TOTAL

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
							
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Tomar una muestra de agua	2 min	X		X	
	2	Adicionar de 3 a 5 gotas de Naranja de metilo	1 min	X			
	3	Proveer la bureta con solución de ácido clorhídrico (HCl) 0.02N	1 min	X			
	4	Titular agitando el erlemeyer hasta observar el cambio de coloración (azul a rosado)	4 min	X			
	5	Determinar el volumen gastando de ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 0,02N en la titulación y relacionarlo con mg de CaCO <sub>3</sub> /L Formulación: $A=Vt*N*50000/Vm$	1 min	X			
	6	Registrar	1 min	X			

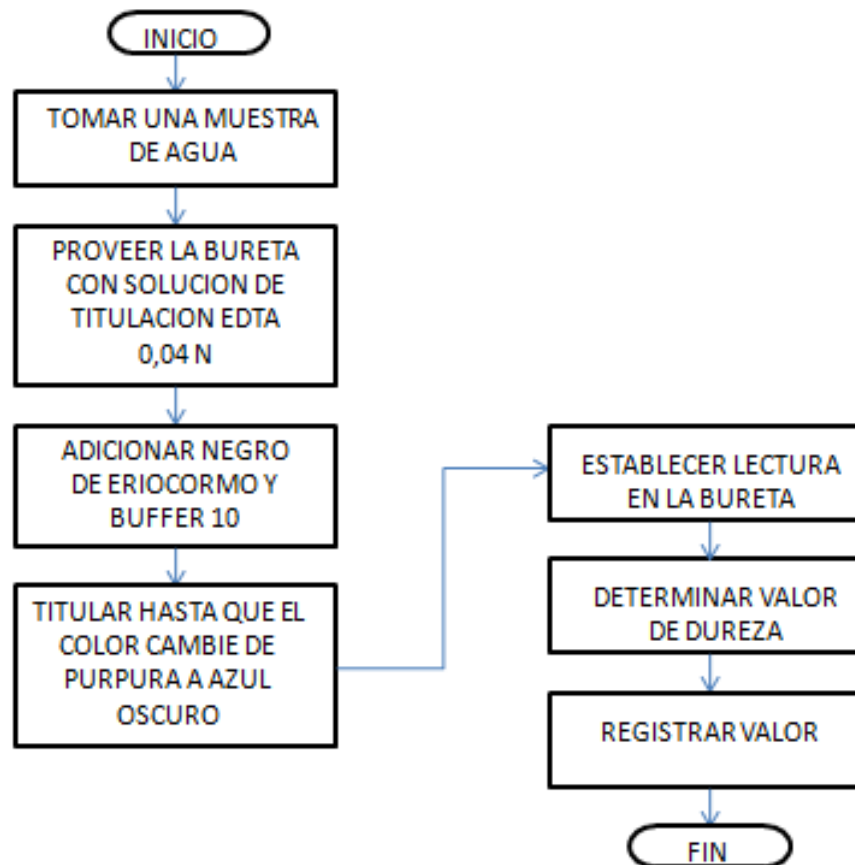
## ANALISIS DE ALCALINIDAD TOTAL







## ANALISIS DE DUREZA TOTAL

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
							
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Tomar una muestra de 50 ml	2 min	X		X	
	2	Proveer la bureta con solución de titulación EDTA 0,04 N	1 min	X			
	3	Adicionar indicador negro de eriocromo y buffer pH 10	1 min	X			
	4	Titular hasta cambio de color purpura a azul oscuro	4 min	X			
	5	Establecer lectura en la bureta	1 min	X			
	6	Determinar el valor de dureza	1 min	X			
			Registrar Valor	1 min	X		

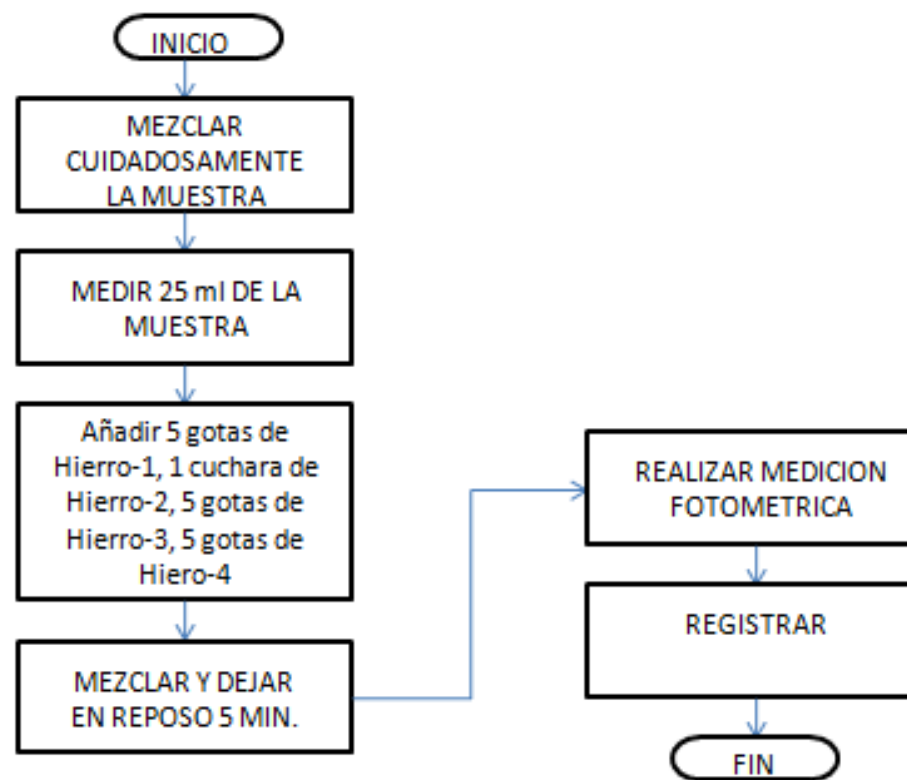
## ANALISIS DE DUREZA TOTAL



## ANALISIS DE HIERRO TOTAL

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
							
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Mezclar cuidadosamente la muestra	2 min	X		X	
	2	Medir 25 ml de la muestra	1 min	X			
	3	Añadir 5 gotas de Hierro-1, 1 cuchara de Hierro-2, 5 gotas de Hierro-3, 5 gotas de Hierro-4	2 min	X			
	4	Mezclar y dejar en reposo	5 min	X			
	5	Realizar medición fotométrica	1 min	X			
	6	Registrar resultados	1 min	X			

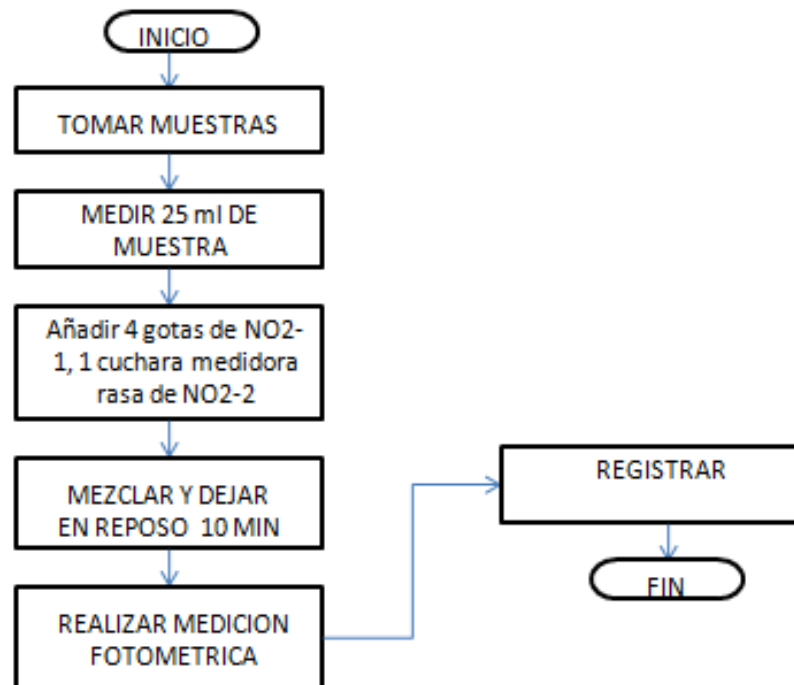
## ANALISIS DE HIERRO TOTAL




## ANALISIS DE NITRITOS

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
				○	▽	⇒	□
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Tomar la muestra	2 min	X		X	
	2	Medir 25 ml de la muestra	1 min	X			
	3	Añadir 4 gotas de NO2-1, 1 cuchara medidora rasa de NO2-2	2 min	X			
	4	Mezclar y dejar en reposo	10 min	X			
	5	Realizar medición fotométrica	1 min	X			
	6	Registrar resultados	1 min	X			

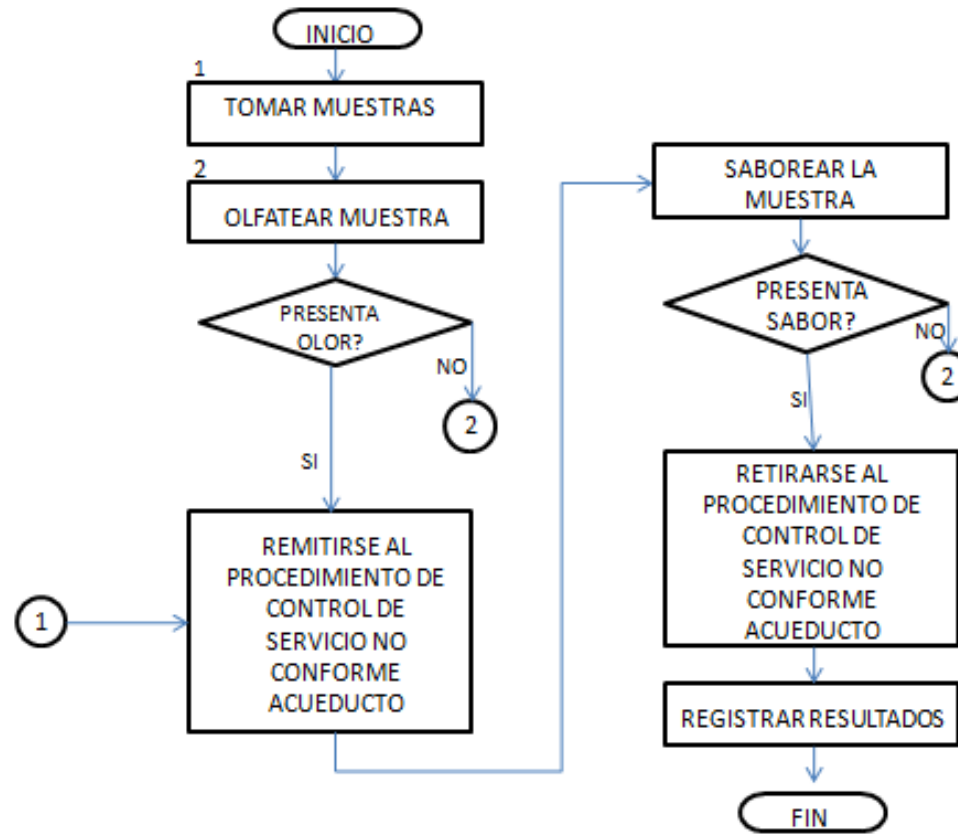
## ANALISIS DE NITRITOS



## PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS OLOR Y SABOR

Área responsable	Núm de Act.	Descripción de la Actividad	Tiempo	Símbolo			
							
				Operación	Almacenaje	Transporte	Inspección
Área Operativa	1	Tomar muestra	2 min	X		X	
	2	Olfatear muestra	1 min	X			
	3	Remitirse al procedimiento de control de servicio no conforme del acueducto	5 min	X			
	4	Saborear la muestra	1 min	X			
	5	Remitirse al procedimiento de control de servicio no conforme del acueducto	5 min	X			
	6	Registrar resultados	1 min	X			

## PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS OLOR Y SABOR



## 9. GLOSARIO

**Agua cruda** Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

**Agua potable** Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.

**Análisis Microbiológico del Agua:** Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

**Análisis básicos:** Es el procedimiento que se efectúa para determinar turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de desinfectante usado, coliformes totales y *Escherichia coli*.

**Análisis complementarios:** Es el procedimiento que se efectúa para las determinaciones físicas, químicas y microbiológicas no contempladas en el análisis básico, que se enuncian en la presente Resolución y todas aquellas que se identifiquen en el mapa de riesgo.

**Análisis físico y químico del agua:** Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

**Calidad del agua:** Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

**Caudal de diseño** Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

**Cloro residual** Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

**Cloro residual libre:** Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito.

**Coliformes:** Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

**Desarenador** Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.

**Desinfección** Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

**Filtro (aguas subterráneas)** Dispositivo utilizado para evitar la entrada de material fino de un acuífero a la tubería de extracción de un pozo de agua subterránea.

**Fuente de abastecimiento:** Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

**Fugas** Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios.

**Macromedición** Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.

**Medición** Sistema destinado a registrar o totalizar la cantidad de agua transportada por un conducto.

**Micromedición** Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.

**Planta de potabilización** Instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población.

**Rebosadero** Estructura hidráulica destinada a evitar que el nivel del agua sobrepase una cota determinada; permite la evacuación del agua de exceso en un embalse, tanque o cualquier estructura que almacene agua hacia un lugar conveniente.

**Sedimentación** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

**Tanque de compensación** Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es compensar las variaciones en el consumo a lo largo del día mediante almacenamiento en horas de bajo consumo y descarga en horas de consumo elevado.

**Tiempo de recuperación (aguas subterráneas)** Tiempo que tarda un acuífero en volver a tener el nivel freático anterior a una extracción de agua.

**Tiempo de contacto para el desinfectante:** Es el tiempo requerido desde la aplicación del desinfectante al agua hasta la formación como producto del residual del desinfectante, de forma que esa concentración permita la inactivación o destrucción de los microorganismos presentes en el agua.

**Tratamiento o Potabilización:** Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano.

## 10. CATALOGO DE FORMATOS

- ✓ Agua perdida en operación
- ✓ Control diario de operaciones “Caracterización Agua Cruda”
- ✓ Control diario de operaciones “Caracterización Agua Tratada”
- ✓ Control Macromedidores
- ✓ Control Temperatura Incubadora
- ✓ Control y Mantenimiento de filtros y sedimentadores
- ✓ Inventario Químicos
- ✓ Registro Gasto de Químicos

**ANEXO II**



**MANUAL DE PROCEDIMIENTO  
COMPOSTAJE**

## CONTENIDO

- 11. Presentación
- 12. Propósitos del manual
- 13. Filosofía de la gerencia
  - 13.1. Misión
  - 13.2. Visión
  - 13.3. Valores
- 14. Objetivos de la gerencia
  - 14.1. Objetivos específicos
  - 14.2. Objetivos generales
- 15. Introducción
- 16. Descripción del Proceso
  - 16.1. El proceso de compostaje
  - 16.2. Parámetros del proceso
  - 16.3. Elaboración de compost con EM
  - 16.4. La planta de clasificación y compostaje
  - 16.5. Operación de la planta de compostaje
- 17. Análisis de abono orgánico
  - 17.1. Determinación de pH
  - 17.2. Determinación de fósforo, bases y elementos menores
  - 17.3. Determinación de nitrógeno total
- 18. Anexos- Catálogo de formato

## **1. PRESENTACIÓN**

El manual de procedimientos, es una herramienta técnica, que representa de manera gráfica y descriptiva las actividades específicas de los procedimientos, buscando la estandarización en su ejecución, teniendo como fin los objetivos fijados por las normas.

A través de esta herramienta, será posible identificar los elementos básicos de los servicios, tipos de servicios, la descripción narrativa de los procedimientos y sus correspondientes diagramas de flujo, (para que con éste apoyo, sea más fácil su comprensión y su aplicación). Identifica además, a los responsables de la ejecución de los procedimientos, en cada área, las entradas e insumos requeridos en cada paso y su resultado o servicio esperado, lo cual nos permitirá establecer y vigilar el cumplimiento de los estándares de calidad.

El valor del manual de procedimientos, como herramienta de trabajo, radica en la información contenida en ellos, por lo tanto mantenerlo actualizado permite que cumpla con su objetivo, que es proporcionar la información necesaria para el desarrollo de actividades.

## 2. PROPOSITOS DEL MANUAL

El Manual de Procedimientos en su calidad de instrumento administrativo, tiene como propósitos fundamentales los siguientes:

Extractar en forma ordenada, secuencial y detallada las operaciones que se desarrollan dentro de un procedimiento, indicando los documentos utilizados en la realización de las actividades institucionales.

Otorgar al servidor público una visión integral de sus funciones al ofrecerle la descripción del procedimiento en su conjunto, así como las interrelaciones de este con otras unidades de trabajo para la realización de las funciones asignadas.

Implementar formalmente los métodos y técnicas de trabajo que deben seguirse para la realización de las actividades.

Determinar responsabilidades operativas para la ejecución, control y evaluación de las actividades.

Fortalecer la cultura en la organización orientada a la mejora continua.

Servir de consulta a todos los colaboradores de esta área, así como a los usuarios de los servicios que presta la misma.

Mantener el orden organizacional a través de respetar y cumplir las directrices tanto de políticas generales como en los procesos en toda la Gerencia.

### 3. FILOSOFIA DE LA GERENCIA

#### 3.1 MISIÓN

Prestar a nuestros usuarios los servicios públicos de manera eficiente, oportuna y continua, con racionalidad en el cobro de tarifas, cumpliendo con la función ecológica de protección a la biodiversidad y del medio ambiente, apoyados en la tecnología disponible y accesible, propiciando el mejoramiento permanente de los procesos, elevando así el índice de satisfacción del cliente tanto interno como externo.

#### 3.2 VISIÓN

Ser una empresa líder en la prestación de los servicios públicos, con excelentes niveles de rentabilidad, productividad y calidad en la prestación de los servicios y atención a nuestros usuarios, orientada por políticas empresariales y fundamentadas en la gestión y desarrollo de sus colaboradores.

#### 3.3 VALORES

**Respeto:** Respeto a nuestros compañeros de trabajo, a nuestras tareas, manteniendo la prudencia y Respeto a nuestro ambiente.

**Calidad:** Al aplicar nuestros conocimientos en forma eficiente, oportuna, ética y responsable, con actitud, actualizándonos y comunicándonos abiertamente en las nuevas manifestaciones y procedimientos de nuestro trabajo, logrando un mejor desempeño en la **APC Administración Pública Cooperativa Manantiales de Chucuri.**

**Liderazgo:** Siendo proactivo en cada una de las funciones que desarrollamos diariamente, buscando constantemente mejorar nuestro servicio, con el único fin de satisfacer las necesidades y expectativas de nuestra región.

**Honestidad:** Porque en cada actividad que realizamos entregamos nuestro esfuerzo, compromiso y conocimientos con responsabilidad, bajo el marco legal de las normas y leyes que lo gobiernan.

## **4. OBJETIVOS DE GERENCIA**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Contar con una herramienta técnica que permita aplicar procedimientos, estrategias y criterios, para asegurar la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Garantizar la prestación eficaz, eficiente y efectiva de los servicios públicos, que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de nuestros usuarios.
- Asegurar la competencia del personal, para el cumplimiento de los objetivos y estrategias de la entidad.
- Prevenir y mitigar los impactos ambientales asociados a la prestación de los servicios públicos.
- Gestionar y verificar el cumplimiento de los planes y programas para el mejoramiento continuo de la entidad.
- Disponer de la capacidad técnica, administrativa y financiera para responder a las necesidades de nuestros usuarios.
- Promover la participación comunitaria.
- Desarrollar una cultura organizacional enfocada a la disminución de peligros para la mitigación de incidentes.
- Crear una cultura de autocuidado y autocontrol.

## 5. INTRODUCCIÓN

Este manual está dirigido a los operadores y aquellas personas interesadas en conocer el manejo de la Biofabrica donde hace unos meses se inicio el proceso de compostaje. Proceso en el cual se está reutilizando aquellos desechos orgánicos que se han recogido en un sector específico del municipio de San Vicente de Chucuri.

De la mano y con un gran compromiso con el medio ambiente, se vio en la necesidad de aprovechar todos y cada unos de los residuos que de alguna u otra manera se pudiera utilizar siendo un desecho.

Siguiendo este compromiso y teniendo el conocimiento de la contaminación que se viene presentado con el relleno sanitario y la posibilidad de que en un tiempo cercano no tengamos donde depositar estos residuos ayudó a que naciera la idea de reutilizar los residuos orgánicos.

Partiendo de esta idea se inicia la campaña de sensibilización por un sector del municipio de San Vicente de Chucuri, donde se recoge solo los desechos orgánicos para llevarlos a la Biofabrica para ser reutilizados y tratados para obtener abono orgánico.

## 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Se le da el nombre de compostaje al proceso biológico de descomposición de la materia orgánica contenida en los restos animal o vegetal. El resultado final de este proceso es un producto que se puede aplicar al suelo para mejorar sus características, sin causar riesgos al medio ambiente.

### *Ventajas del compostaje*

- Economía de espacio en el relleno sanitario
- Aprovechamiento agrícola de la materia orgánica
- Reciclaje de nutrientes para el suelo
- Proceso ambientalmente seguro
- Eliminación de patógenos

### **6.1 El proceso de compostaje**

El compostaje es la descomposición de la materia orgánica, que ocurre por acción de agentes biológicos microbianos y, por lo tanto, necesita de las condiciones físicas y químicas adecuadas para llegar a la formación de un producto de buena calidad.

El proceso de compostaje puede ocurrir por dos métodos:

- Método natural: la fracción orgánica de los residuos sólidos se lleva a un patio y se coloca en pilas de forma variada. La aeración necesaria para el desarrollo del proceso de descomposición biológica se obtiene por volteos periódicos con la ayuda de un equipo apropiado. El tiempo para el proceso concluya, varía de tres a cuatro meses.
- Método acelerado: la aeración se produce a través de tuberías perforadas, sobre las cuales se colocan las pilas de residuos sólidos, o en reactores rotatorios, dentro de los cuales se colocan residuos, que avanzan en sentido contrario al de la corriente de aire, los que posteriormente se apilan, como en el método natural. El tiempo de permanencia dentro del reactor es de unos cuatro días, y el tiempo total del compostaje acelerado es de dos a tres meses.

El grado de descomposición o degradación del material sometido al proceso de compostaje es un indicador del estado de maduración del compost orgánico. El aspecto del material –color, olor, humedad- da las indicaciones. Así, el color final de la masa es casi negro; el olor inicialmente rancio, pasa a ser el de tierra mojada agradable; la humedad se reduce.

Para fines prácticos, son dos los principales grados de descomposición del material sometido al proceso de compostaje: *semicurado o técnicamente bioestabilizado*, y *curado*

o *humificado*. El primero indica que el compost ya puede ser utilizado. La evolución de este proceso de *curado* puede apreciarse en la figura 1.

En la bioestabilización encontramos dos fases importantes para la descomposición de materia, la fase mesófila y la fase termófila.

La *fase mesófila* la temperatura de la pila de compostaje sube rápidamente hasta los 40°C. Los microorganismos mesófilos se alimentan de proteínas y azúcares que son consumidos rápidamente. El pH baja un poco debido a la producción de ácidos orgánicos, alrededor de 5.0 a 5.5.

La *fase termófila* esta fase se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, por encima de los 40°C. Los microorganismos termotolerantes continúan la transformación del material orgánico. Predominan los hongos termófilos y Actinomycetos.

Por encima de los 65°C, las bacterias que forman esporas preponderan y los hongos mueren. El pH de la pila sube a causa del consumo de los ácidos orgánicos por parte de los microorganismos, estando entre 8 y 9, mientras se da la producción de iones, como los de potasio, magnesio y calcio.

En la humificación se encuentra la fase mesófila y de maduración. La *fase mesófila* en esta fase se da un descenso paulatino de la temperatura a 40°C y los microorganismos mesófilos se reactivan.

La *fase de maduración* en esta fase la temperatura de la pila disminuye continuamente hasta asemejarse a la del ambiente. Se produce la madurez o el enfriamiento del composta. Hay una disminución de las poblaciones de microorganismos. El pH del composta terminado puede oscilar entre 7 y 8.

Al comienzo de la descomposición del material orgánico, se desarrollan microorganismos que producen una fermentación ácida, y el pH se vuelve más bajo, lo cual es favorable para la retención de amoníaco.

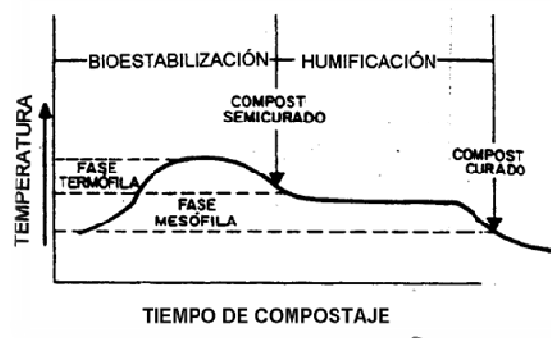


Figura 1. Evolución del proceso de curado del compost orgánico

En la fase siguiente, los ácidos son consumidos por otros agentes biológicos, lo cual eleva el pH. El compost orgánico debe tener un pH mínimo de 6,0. Generalmente, el compost curado humificado presenta valores entre 7,0 y 8,0.

El tiempo necesario para el compostaje de los residuos orgánicos está asociado a varios factores que influyen en el proceso, al método empleado y a las técnicas operacionales. El compostaje natural emplea de 60 a 90 días para alcanzar la bioestabilización, y de 90 a 120 días para la humificación. El compostaje acelerado tarda de 45 a 60 días para el semicurado, y de 60 a 90 días para el curado completo o humificación. Esta diferencia se debe básicamente a la duración de la fase termófila en el proceso de acelerado, que algunas semanas, pasa a ser sólo de dos a cuatro días.

El curado puede también ser determinado en el campo mediante el *test de la mano*. En este caso, la calidad del compost se aprecia frotando un poco del mismo entre las palmas de las manos: el compost de buena calidad debe dejarlas sucias y desprenderse fácilmente.



**Figura 2.** Test de la mano

## **6.2 Parámetros del proceso**

**Temperatura** la temperatura es consecuencia del tipo de proceso y por tanto un indicador de su funcionamiento. El incremento de la actividad biológica genera calor, que es retenido al considerarse el residuo una masa autoaislante, lo que provoca un incremento general en la temperatura. El incremento de la temperatura en la primera parte del compostaje indica la presencia de materiales muy degradables y unas condiciones de trabajo adecuadas, mostrando el desarrollo correcto del proceso.

Las moléculas orgánicas contienen energía almacenada en sus enlaces que se libera cuando la molécula se degrada y se transforma en otras más sencillas. Los cambios de temperatura durante la evolución del proceso proporcionan información directa del funcionamiento del mismo.

El mantenimiento de temperaturas elevadas asegura la higienización del material, pero se pueden presentar problemas de inhibición de la actividad de la mayoría de microorganismos si éstas son muy altas. Por lo tanto, es necesario conseguir un equilibrio entre la máxima higienización y la biodegradación. Se considera que la mayor diversidad

microbiana se consigue entre 35 y 40°C, la máxima biodegradación entre 45 y 55°C, la higienización cuando se superan los 55°C.

La temperatura que se alcanza en cada etapa depende de la energía desprendida, de las pérdidas (convección, radiación, conducción) y de la capacidad de almacenar calor (muy relacionada con calor específico y la conductividad térmica del material), que afecta sobre todo cuando el desprendimiento de energía es bajo. El contenido de humedad y la cantidad de materia mineral intervienen en el mantenimiento de la temperatura en las últimas fases del proceso gracias a su elevada capacidad de almacenar calor.

**Aireación** la aireación es imprescindible si el proceso tiene que ser aerobio. El contenido en oxígeno del aire en la matriz del residuo no debe situarse nunca por debajo del 5 o 7%. Los microorganismos consumen oxígeno durante la degradación del material, que tiene que ser repuesto, ya que es fundamental para mantener las condiciones aerobias.

Las funciones básicas de la aireación son las siguientes:

- Suministrar el oxígeno necesario para permitir la actividad de los microorganismos aerobios,
- Favorecer la regulación del exceso de humedad por evaporación,
- Mantener la temperatura adecuada.

La aireación está muy relacionada con la temperatura, ya que interviene en la generación y en la pérdida de calor de diferentes maneras:

- Incrementa la actividad de los microorganismos, lo que genera un desprendimiento de energía y como consecuencia, un incremento en la temperatura,
- Favorecer el enfriamiento al renovar el aire caliente por frío,
- Puede provocar una pérdida excesiva de humedad y frenar el proceso provocando una bajada de la temperatura.

El suministro de oxígeno al material en descomposición se realiza mediante los sistemas de aireación y/o volteo de cada tecnología. La aeración también puede producirse de forma natural por ventilación pasiva cuando la mezcla tiene una porosidad y una estructura que favorece el intercambio de gases por fenómenos físicos: difusión, evaporación, diferencias de temperatura. En el caso del compostaje en pilas, el llamado *efecto chimenea* juega un papel importante tanto en la reducción del contenido en agua de la pila como en la renovación de aire dentro de ésta. El aire en el interior de la pila se calienta y se satura en agua, desplazándose hacia arriba por efecto de su menor densidad y provocando un ligero vacío que produce la entrada de aire fresco al exterior.

Aunque se disponga de un buen sistema de aireación forzada, el volteo no se ha de eliminar, ya que tiene otros beneficios muy importantes como son la homogenización del material y la redistribución de los microorganismos, la humedad y los nutrientes, a la vez que reduce el tamaño de las partículas y expone nuevas superficies al ataque de los microorganismos. Se ha de tener en cuenta que si se voltea mucho se favorece el enfriamiento de la pila, pero también la pérdida de humedad y las emisiones de nitrógeno en forma de amoníaco.

**Humedad y Porosidad** el contenido de agua del material es muy importante ya que los microorganismos sólo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua. Además, el agua favorece la migración y la colonización microbiana.

Si la humedad es baja, el proceso de compostaje reduce su velocidad llegando incluso a detenerse. La actividad biológica empieza a disminuir a niveles de humedad del 40%; por debajo del 20% no existe prácticamente la actividad. Por el contrario, una humedad alta acompañada de una inadecuada porosidad origina la disminución de la transferencia de oxígeno, siendo éste insuficiente para la demanda metabólica y reduciéndose, por tanto, la actividad microbiana aeróbica. Este hecho puede provocar la aparición de malos olores, la generación de lixiviados y la pérdida de nutrientes. El rango óptimo de humedad se encuentra entre 40-60%, aunque este rango puede variar en función de la naturaleza del material.

En general, el contenido en agua del material en compostaje disminuye a lo largo del proceso a causa del calor generado por el propio proceso. La evolución de este parámetro se utiliza como indicador del funcionamiento del proceso. Aunque durante el proceso se ha de mantener una humedad adecuada para la supervivencia de los microorganismos, al final del proceso se tiene que conseguir que la humedad haya disminuido lo suficiente para que el producto se pueda manejar con facilidad.

La porosidad de un material sólido es la fracción de volumen vacío respecto al volumen total, y se entiende como espacio vacío el volumen que no está ocupado por la fracción sólida del residuo. Si el residuo carece de porosidad debe ser acondicionado con material estructurante ya que es importante operar en unas condiciones de trabajo que faciliten la existencia de poros (con diferentes tamaños) y que estos estén ocupados equilibradamente por aire y agua.

**Nutrientes. Relación C/N** para que el proceso de compostaje se desarrolle correctamente es más importante conseguir un equilibrio entre los diferentes nutrientes, especialmente entre el nitrógeno (N) y el carbono (C), que un determinado contenido de ellos.

Los microorganismos que intervienen en el compostaje necesitan nutrientes para su crecimiento. Generalmente, los residuos ya aportan suficientes nutrientes y oligoelementos, pero se ha de asegurar la presencia de aquellos que se necesitan en mas cantidad, como es el caso del carbono y el nitrógeno. Estos dos elementos han de encontrarse en una proporción adecuada para evitar que el proceso sea más lento en relación C/N altas, o para evitar la pérdida de nitrógeno en el caso de C/N bajas. Se estima como relación C/N óptimo valores entre 25 y 35, pues se considera que los microorganismos utilizan de 15 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno. La relación C/N tiene importancia en las condiciones de inicio del proceso de compostaje y en su cinética, así como en el desarrollo de las fases de descomposición y maduración.

**pH** el pH es un parámetro que condiciona la presencia de microorganismos, ya que los valores extremos son perjudiciales para determinados grupos. Para conseguir que al inicio del compostaje la población microbiana sea la más variada posible hay que trabajar a pH

cercanos a 7. Un pH extremo no es un impedimento para el proceso, pero sí lo es para su cinética, dificultando la puesta en marcha, el tipo de reacciones y la velocidad, si bien con el tiempo aparece una cierta capacidad tapón del residuo causada por la formación de CO<sub>2</sub> y amoníaco.

Además de condicionar la vida microbiana, el pH es indicador de la evolución del proceso. Así, al inicio, el pH puede disminuir debido a la formación de ácidos libres, pero a lo largo del proceso aumenta por el amoníaco desprendido en la descomposición de las proteínas. Al mismo tiempo, subidas bruscas de pH pueden facilitar la liberación de nitrógeno amoniacal, ya que un pH básico extremo afecta a los equilibrios ácido-base que influyen en la conservación del nitrógeno.

Una reducción de pH e algún momento del proceso puede indicar que se han producido condiciones anaerobias. Los microorganismos en ausencia de oxígeno producen ácidos de cadena corta como producto metabólico, acidificando el medio

### **6.3 *Elaboración de compost con EM***

El procedimiento de elaboración de abono orgánico tipo compost, involucrando los factores externos, es:

- Las instalaciones mínimas recomendadas para iniciar un proceso de compostaje son: Techo o cubierta, evitando el exceso de agua y calor sobre el material compostado.
- Los residuos sólidos orgánicos que van a ser compostados pueden ser de origen animal o vegetal, derivados de cosecha, poscosecha, procesamiento de alimentos o cría de animales.
- Una vez determinados los desechos que van a compostarse, se debe homogenizar el tamaño de sus partículas picando los materiales, esto con el objeto de facilitar el intercambio de oxígeno al interior de la pila e incrementar la superficie de contacto de la materia con EM.
- Si las partículas son muy grandes, se disminuye la superficie de contacto y si son muy pequeñas se compacta el material impidiendo un adecuado intercambio de aire.
- Una vez caracterizados los materiales y homogenizado el tamaño de los residuos orgánicos, se inicia el armado de la pila. La humedad inicial que deben tener los residuos para iniciar el proceso de compostaje es del 80%.
- Primero se coloca una cama de una capa de material seco (aserrín, viruta, o un material similar) en la base de la pila con el objetivo de captar los lixiviados (líquidos) que se generan para involucrarlos nuevamente en la pila de compostaje. Esos lixiviados transportan los nutrientes solubilizados, sustancias bioactivas producidas y los microorganismos que están siendo inoculados.
- Primero se coloca una cama de una capa de material seco (aserrín, viruta, o un material similar) en la base de la pila con el objetivo de captar los lixiviados (líquidos) que

se generan para involucrarlos nuevamente en la pila de compostaje. Esos lixiviados transportan los nutrientes solubilizados, sustancias bioactivas producidas y los microorganismos que están siendo inoculados.

- El tiempo de proceso dura entre 4 al 6 semanas, eso depende de materiales insumos, y si durante proceso aparecen malos olores o moscas, eso una señal de un proceso de putrefacción, por lo que se debe aplicar el EMA en una dilución más concentrada, puede usar 1 litro de EMA diluido en 10 litros de agua.
- El seguimiento de la temperatura permite controlar la humedad y la aireación de la pila de compostaje, todas variables importantes para que el proceso se de en el tiempo indicado y con la calidad esperada. El manejo de la temperatura de la pila recomendable es entre 45°C y 65°C.
- El número de volteos semanales dependen de la frecuencia con que la pila alcance la temperatura de 60°C, mínimo 1 vez a la semana.
- En uno de esos volteos semanales debe realizarse una reinoculación con 2 litros de EMA. Diluido en 18 litros de agua, con el objetivo de homogenizar la presencia de microorganismos en toda la masa orgánica, controlar eficientemente la generación de olores e insectos nocivos y generar sustancias bioactivas y liberación de nutrientes.
- Finalmente, después del tiempo sugerido, el compost, que termina con un contenido del 30 a 40% de humedad, se cosecha para aplicarlo en los cultivos o se empaca para su venta.

#### **6.4 La planta de clasificación y compostaje**

Las instalaciones de una planta de compostaje pueden agruparse en cuatro sectores: recepción y despacho, unidad de clasificación, patio de compostaje, acondicionamiento y almacenamiento del compost. La denominación de planta de clasificación y compostaje se debe a que abarca los dos procesos.

##### **Recepción**

Este sector comprende las instalaciones y los equipos de control de los flujos de entrada (residuos, insumos, etc.) y salida (compost, materiales reciclables, desechos). Según el tamaño y las características de la instalación, puede haber los siguientes equipos para permitir el manejo inicial de los residuos sólidos, antes de la clasificación:

*Patio de recepción* - para descargar los residuos sólidos, los camiones recolectores necesitan de un patio para maniobras y descarga. Ese patio funciona también como pulmón, y recibe la descarga de los residuos sólidos en caso de interrupción temporal del funcionamiento de la planta. Reiniciado el funcionamiento, los residuos del patio serán llevados a la tolva.

*Tolva o deslizador* - en las instalaciones más simples, los residuos sólidos se puede descargar en una tolva o deslizador, pieza de madera o lámina de hierro con forma de

medio cono truncado, dispuesta en forma inclinada, de modo que los residuos sólidos se deslicen y caiga sobre el equipo siguiente. La tolva no hace una descarga perfecta, y necesita la presencia continua de un obrero, que empuje los residuos sólidos hacia adelante. El trabajo de ese obrero es útil también para retirar los objetos voluminosos indeseables, considerados como descarte.

### ***Galpón de Selección***

Este es el local donde se hace la separación de los residuos en los diversos componentes. El equipo principal es la correa de selección, de goma y con poleas en las extremidades, que se desliza sobre rodetes, desplazando los residuos sólidos desde un extremo al otro, permitiendo así el retiro de los materiales reciclables.

### ***Patio de compostaje***

Se llama patio de compostaje el área de la planta donde la fracción orgánica de los residuos sólidos sufre descomposición microbiológica para transformarse en compost. Debe estar pavimentado o cubierto con arcilla compactada, dotado de un sistema de captación de lixiviado / aguas de lluvia, y disponer de una pileta de estabilización. En la mayoría de los casos, la fracción orgánica de los residuos sólidos se dispone en pilas o hileras de geometría variable, que se voltean periódicamente hasta obtener la cura del compost.

Opcionalmente, el compostaje acelerado se puede hacer en pequeñas instalaciones, inyectando aire, o facilitando el movimiento de aire en las pilas por medio de compresores o aspiradores.

### ***Acondicionamiento y almacenamiento***

El acondicionamiento del compost curado consiste en triturarlo y tamizarlo, para darle una menor granulometría y volverlo más manejable para el agricultor. El acondicionamiento de los materiales reciclables consiste en prensarlos y disponerlos en bultos para facilitar su movilización y transporte. El almacenamiento de los productos acondicionados debe hacerse en un galpón cubierto.

### ***Economía del relleno sanitario***

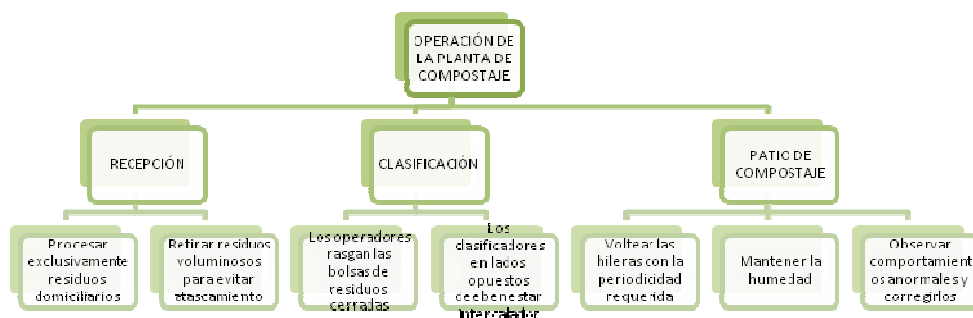
La planta de clasificación y compostaje produce, como promedio, una disminución de 70% en el tonelaje de residuos sólidos destinados al relleno sanitario; con ello se reducen los costos de operación por cantidad recolectada y aumenta la vida útil del área asignada a la disposición final.

### ***Otros equipos***

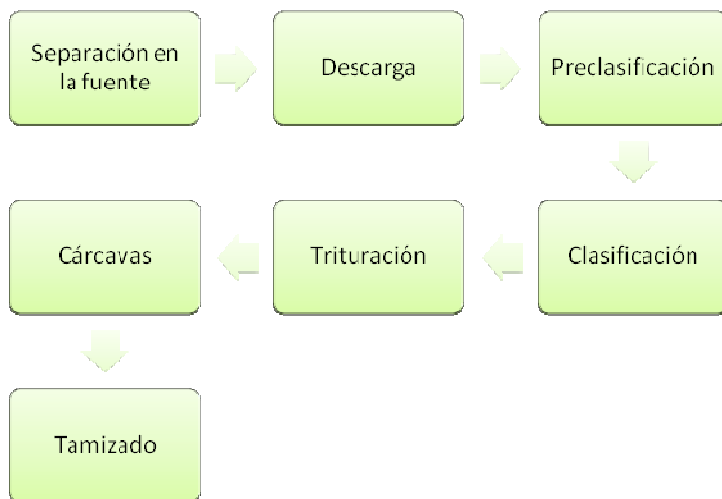
*Trituradores o molinos* - algunas plantas utilizan molinos o trituradores de cuchillas o martillos, instalados a continuación de la correa de clasificación. Esos equipos tienen la finalidad de reducir las partículas gruesas, para facilitar el compostaje. Sin embargo, en la mayor parte de las plantas esos equipos han sido desactivados por las siguientes razones: aumento de interrupciones en el funcionamiento de la clasificación, por mantenimiento correctivo; alto costo de mantenimiento; alto consumo de energía; introducción de exceso de inertes en el compost (trozos de vidrio y de porcelana); reducción excesiva de la granulometría del residuo, lo cual provoca la compactación de las hileras, generando producción de lixiviado y aglomeración del compost.

## 6.5 Operación de la planta compostaje

En el Cuadro 1 se presentan las principales recomendaciones de operación, agrupadas por sector, con miras en el buen funcionamiento de las instalaciones y la obtención de un producto de calidad.



**Cuadro 1.** Operación de la planta de compostaje



**Cuadro 2.** Procedimiento de la planta de compostaje

### Monitoreo

Según ya se expuso, los principales factores que influyen en el proceso de compostaje son: la temperatura, la humedad, el pH y la aeración. La temperatura y el pH evolucionan

en función de las otras variables sobre las cuales se puede actuar operacionalmente, como se indica a continuación.

*Aeración* - el proceso de compostaje es aeróbico, debiendo haber siempre oxígeno del aire entre las partículas de residuos sólidos. En el proceso natural no existe monitoreo del nivel de aeración, ya que esta ocurre simplemente por difusión y convección natural. En este sentido, los problemas de rutas preferenciales y zonas anaeróbicas se minimizan mediante el volteo del residuo, que se debe hacer con la frecuencia adecuada, a lo largo de todo el proceso.

En el método acelerado, en el cual existe inyección de aire, debe haber monitoreo y, de ser posible, registro continuo de la aeración para garantizar condiciones adecuadas.

*Humedad* - se debe evaluar la humedad del material en compostaje, al comienzo y semanalmente, por medio de la toma de muestras, para su determinación en laboratorio (secado en estufa). Si la humedad es elevada, se deben hacer hileras más bajas, o voltearlas con mayor frecuencia; si es baja, regarlas con agua natural o lixiviado diluido, al mismo tiempo que se procede a voltear la hilera.

*Temperatura y pH* - a pesar de ser resultantes de las otras variables, el seguimiento de la temperatura y del pH es fundamental para diagnosticar la existencia de problemas operacionales o indicar la fase (bioestabilización o humificación) en que se encuentra el proceso. La medida de la temperatura se debe hacer con un termómetro adecuado, que permita la lectura a unos 40 cm por encima de la superficie de los residuos; la del pH, con un aparato específico o utilizando papel indicador.

Tomar la temperatura es más importante en la fase termófila, cuando debe hacerse diariamente. En la fase mesófila, se sugieren por lo menos dos mediciones semanales, en cada pila. Las mediciones se deberán hacer en varios puntos de una misma hilera, para obtener una media representativa.

## 7. ANÁLISIS DE ABONO ORGÁNICO

Cuando el abono se procesa en base a peso es necesario secar la muestra para poder tomar la respectiva alícuota. Para tal efecto, la muestra se extiende sobre un papel limpio y seco en una capa delgada en una estufa de secado. Exento de clase de contaminación. Se deja secar por 72 horas. Se puede ayudar por medio de calor suave pero esto puede distorsionar los resultados analíticos.

Con el fin de homogenizar la muestra una vez seca, la muestra se muele con un rodillo de madera y luego se pasa por un tamiz de 1-2 mm de diámetro. Posteriormente se empaca en bolsas plásticas y así queda lista para el análisis fisicoquímico.

Un método muy conveniente de analizar el abono es en base volumétrica de pasta saturada. Las condiciones de pasta saturada son bastante reproducibles. Como precaución especial, a la pasta saturada se le debe medir el pH lo más pronto posible ya que este variará con el tiempo.

Para este fin se colocan 0.5 a 1 Kg de abono en el cono de saturación se le agrega agua destilada lentamente y se va amasando hasta obtener una pasta lo más homogénea posible. Se agrega tanta agua como sea necesaria para obtener una pasta saturada. Se debe eliminar el aire lo más completamente posible. Esto permitirá obtener una alícuota volumétrica de suelo lo suficientemente representativa. A partir de esta pasta es posible obtener tantas alícuotas como sea necesario a base de cilindros volumétricos. Se llenan los cilindros y luego con la ayuda de un émbolo se extrae su contenido.

### 7.1 Determinación de pH

El método de lectura, generalmente es el potenciométrico. El potenciométrico, como su nombre lo indica, mide una diferencia de potencial en milivoltios entre un electrodo de referencia, y otro electrodo de vidrio inmerso en la muestra. Generalmente se utiliza un electrodo combinado que lee directamente el pH.

#### *Reactivos*

- agua destilada
- Solución Tampón pH 7
- Solución Tampón pH 4

#### *Equipos*

- Potenciómetro
- Vasos de precipitado de 100 ml
- Varillas de vidrio o plástico

### 7.2 Determinación de Fósforo, Bases y Elementos Menores

Un método muy conveniente de analizar estos elementos en el abono es a través de la extracción simultánea de los mismos mediante un reactivo a base de Cloruro de Sodio y Acido Cítrico. Este reactivo tiene la virtud de que extrae las bases intercambiables por el

Sodio, extrae el Fósforo soluble en agua más soluble en Citrato y extrae los elementos menores quelatables por el Ácido Cítrico.

#### *Reactivos*

Solución extractora: NaCl 29.25gr, Ácido Cítrico 5gr, Benzoato de Sodio 2gr. Se disuelven y aforan a 1L con agua destilada. La función de cada reactivo es la siguiente: el Cloruro de Sodio sirve para extraer las bases intercambiables. El Ácido Cítrico sirve para extraer el Fósforo y los elementos menores (Fe, Mn, Zn y Cu). El Benzoato de Sodio sirve para conservar el reactivo evitando la presencia de Hongos y Levaduras que suelen alterar el Ácido Cítrico.

#### *Procedimiento*

Se toman 10 ml de pasta saturada de abono, se agregan 100 ml de Solución extractora y se agita durante una hora, se filtra. Del filtrado se toman 24.5 ml y se agregan 0.5 ml de solución de Oxido de Lantano al 5% P/V. En esta alícuota se leen las bases (K, Ca y Mg). En otra alícuota se leen los cationes (Fe, Mn, Cu y Zn) por Absorción Atómica directamente contra patrones preparados en el reactivo de extracción.

### **7.3 Determinación del Nitrógeno Total**

Las formas minerales del Nitrógeno en abono provienen generalmente de la descomposición de los residuos orgánicos de Nitrógeno, materiales frescos orgánicos, abonos orgánicos, humus, etc. Estas formas por lo general son Nitrógeno Amoniacal  $\text{N-NH}_4$  y Nitrógeno Nítrico  $\text{N-NO}_3$ .

Estos procesos biológicos y minerales ocurren debido a la influencia de los macro y microorganismos existentes en el suelo.

La determinación de Nitrógeno total en el suelo se realiza mediante el método Kjeldhal clásico o Kjeldhal modificado en algunas ocasiones.

#### *Principio del método*

El proceso se desarrolla en dos etapas:

1. Digestión: por medio del ácido sulfúrico se destruye la materia orgánica. Este actúa como oxidante, los gases de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que se forman a una temperatura de  $338^\circ\text{C}$  se disocian en forma de  $\text{SO}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El  $\text{SO}_3$  se descompone en  $\text{SO}_2$  y oxígeno, el oxígeno oxida el Carbono y el Hidrógeno de la materia orgánica para convertirlos en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El Nitrógeno se convierte en  $\text{NH}_3$  que con el ácido Sulfúrico forma el Sulfato de Amonio.
2. Destilación: se realiza con hidróxido de sodio mediante el cual el sulfato de Amonio se destila como amoníaco y se recibe en una solución de ácido bórico. Posteriormente el  $\text{NH}_4^+$  se titula con ácido sulfúrico.

#### *Marcha Analítica*

Se pesan 0.20gr de suelo, se llevan a un matraz de 250 ml, se agrega 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, se añade 12gr de Sulfato de Sodio anhidro y de 0.5-1 gr de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Se toma como punto final de la digestión cuando se dá un color verde esmeralda transparente, se deja enfriar. Una vez frio se añade 130 ml de agua destilada y 70 ml de NaOH al 40%+granillos de Zinc, comenzándose la destilación. Se termina la destilación

cuando el recipiente que contiene 25 ml de  $\text{H}_3\text{BO}_4$  se hán recibido 100 ml del destilado el cual valora con  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{N}_7$ .