



**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA
COSTA CARIBE NICARAGUENSE URACCAN, NUEVA
GUINEA, 2018.**

DOSSIER DE INGENIERIA SANITARIA II.

SEMESTRE ACADÉMICO: IX SEMESTRE.

AÑO LECTIVO: 2018.

CARRERA: ING. CIVIL.

ÁREA ACADÉMICA: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

DOCENTE DE LA ASIGNATURA: MARIO JAVIER LIMAS.

COORDINADOR: MSC. LUIS ANTONIO LÓPEZ MAIRENA.

**El temor del SEÑOR es instrucción de sabiduría, y antes de la gloria está la
humildad. Proverbios 15:33.**

Unidad I: Tratamiento de agua para consumo humano.

Generalidades de la ingeniería sanitaria.

1.1. Caracterización del agua. Normas de calidad. Plantas de tratamiento de agua.

1.1.2 Características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

1.1.3 Normas de calidad. Procesos unitarios.

La ingeniería sanitaria es la rama de la ingeniería dedicada básicamente al saneamiento de los ámbitos en que se desarrolla la actividad humana. Se vale para ello de los conocimientos que se imparten en disciplinas como la hidráulica, la ingeniería química, la biología (particularmente la microbiología), la física, la matemática, la mecánica, electromagnetismo, la electromecánica, la Termodinámica, entre otras. Su campo se complementa y se comparte en los últimos años con las tareas que afronta la ingeniería ambiental, que extiende su actividad a los ambientes aéreos y edáficos.

El hombre posee la necesidad de vivir en sociedad. Esto trae como consecuencia la formación de aglomeraciones humanas, las cuales traen muchos problemas que se agudizan cuando la población se forma sin un plan previo de ordenamiento. Entre los muchos problemas que traen las aglomeraciones urbanas, las que más interesan a la Ingeniería Sanitaria, son la aparición de enfermedades, en mayor cantidad, cuando no se cumplen los requisitos fundamentales de la higiene. Los problemas higiénicos producidos por las grandes urbanizaciones, que muchas veces se agudizan por la presencia de los animales que nos rodean, se traducen en definitiva en el deterioro del medio ambiente circundante, es decir, se produce lo que comúnmente llamaríamos contaminación.

Los elementos del medio ambiente susceptibles de contaminación son, el aire y el agua (y el suelo); que junto con los alimentos, la luz y el calor son los que se han dado a llamar los cinco elementos esenciales para la vida. Surge en consecuencia la necesidad de adoptar a través del vector que maneja la salubridad, todas las medidas que conciernen al mejoramiento de las condiciones de vida de la población y al cuidado de la salud colectiva.

Posiblemente el mayor logro de la ingeniería sanitaria fue la drástica disminución de las enfermedades de origen hídrico, como disentería, tifoidea, diarreas infantiles y otras. Tal logro fue alcanzado mediante el tratamiento de agua para consumo humano, clarificándola, filtrándola y desinfectándola. Estas prácticas comenzaron a hacerse en la edad contemporánea desde mediados del siglo XIX, y surge allí especialmente el nombre del médico inglés John Snow, que aunó en su estudio métodos de epidemiología y de ingeniería.

La Ingeniería Sanitaria se orienta a la gestión, planeación, análisis, diseño, desarrollo e implementación de tecnologías apropiadas que buscan ofrecer alternativas de solución a los diversos problemas de la comunidad y su entorno, haciendo uso de las tecnologías de punta en los diversos campos de las ciencias

y del quehacer humano. Constituye, entonces, parte fundamental en la solución a los problemas de salud y medio-ambientales, una actividad que mediante la elaboración de modelos aplicados a la condición ambiental, busca conservar, mejorar y garantizar la salud pública y el bienestar de la comunidad.

Importancia de la Ingeniería Sanitaria en la Actualidad.

La ingeniería sanitaria, por su importancia, es considerada en muchos países como una carrera separada, en otros países es considerada una especialización de la ingeniería hidráulica. Se ocupa de diseñar, construir y operar:

Sistemas de abastecimiento de agua potable, en todos sus componentes, destinados a la captación, del agua desde ríos o lagos, relacionándose aquí con la ingeniería fluvial, hasta la distribución del agua potabilizada a los usuarios.

Sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento de aguas servidas, incluyendo las estructuras destinadas a la devolución del agua ya tratada adecuadamente al ambiente.

Sistemas de gestión integral de residuos sólidos.

El Ingeniero sanitario tiene sólidos conocimientos de hidráulica, y además domina los procesos físico químicos y bacteriológicos relacionados con el tratamiento del agua, tanto para su potabilización, como para su descontaminación antes de ser devuelta al ambiente.

La Ingeniería Sanitaria En El Contexto Histórico.

La Ingeniería Sanitaria surgió por la problemática aparente que la salud y el bienestar de una población están estrechamente relacionados con la calidad de su medio ambiente, las personas han aplicado ciertos principios para intentar mejorar esta última. Los romanos construyeron acueductos para prevenir sequías y proveer a la ciudad de Roma una fuente de agua limpia y saludable.

La ingeniería Sanitaria actual tuvo sus primeras apariciones leves en Londres a mediados del siglo XIX, cuando se estableció que una red de alcantarillado adecuada podría reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua como el cólera. La introducción desde ese entonces de la purificación de agua y del tratamiento de aguas residuales ha transformado a las enfermedades transmitidas por el agua de principales causas de muerte a rarezas en los países industrializados.

La denominación Ingeniería Sanitaria, proviene de la práctica anglosajona y su origen se remonta a comienzos del siglo XX cuando algunas de las universidades de los Estados Unidos, elaboraron y pusieron en práctica un nuevo concepto de Salud Pública, donde se prestaba gran atención al papel que desempeña el saneamiento básico, en promover la salud de las poblaciones. Estas ideas, recogidas y ampliadas por la Organización Mundial de la Salud, mantienen su vigencia y han permitido establecer como elemento básico en la estimación de la calidad de la vida de los ciudadanos, la disponibilidad de un adecuado suministro de agua potable y de disposición de las aguas residuales. Estas

fueron las consideraciones fundamentales en la definición del Ingeniero, adoptada en 1970 por la Organización Internacional del Trabajo y cuya parte esencial se expresa así:

"Proyecta la construcción de obras e instalaciones de ingeniería destinadas a asegurar la higiene y salud públicas, como sistemas de aprovisionamiento de agua y evacuación de desechos y planea, organiza y vigila su construcción, funcionamiento, conservación y reparación; desempeña tareas similares a las que realiza el Ingeniero Civil, en general, pero está especializado en el proyecto, construcción, funcionamiento, conservación y reparación de instalaciones de filtración y distribución de agua potable, sistemas de evacuación de aguas residuales."

Con estos antecedentes, se entiende la dependencia de la Ingeniería Sanitaria de la carrera que le dio su origen, situación que persiste en los programas de formación universitaria, en mayor o menor grado. Cabe a las autoridades académicas examinar si es pertinente modificar la definición anterior, para dar paso a las exigencias de la técnica moderna y a lo que se clasifica como la "nueva dimensión ambiental" de estos conocimientos; esta nueva visión de la carrera se ha concretado en la siguiente definición adoptada por la Universidad del Valle: "Se entiende como Ingeniería Sanitaria a la profesión en la cual mediante la aplicación del método científico a la interpretación de los fenómenos naturales y sociales, se elaboran modelos aplicables a las condiciones del ser humano, en busca del mejoramiento de la salud del mismo"

Enfoque de la Ingeniería Sanitaria.

El enfoque bajo el cual se orientan los objetivos de formación y el desarrollo curricular de Ingeniería Sanitaria obedece a un proceso de reflexión en el cual se analiza el contexto internacional, las metas del milenio planteadas por las Naciones Unidas y las dinámicas en el contexto nacional y regional de acuerdo con los avances en ingeniería y las necesidades locales, de acuerdo con lo anterior su busca direccionar un proceso formativo que presente:

Bases de la Ingeniería Civil en relación con el diseño de estructuras y en el conocimiento de materiales de ingeniería.

Bases conceptuales y fortaleza en mecánica de fluidos e Hidráulica.

Fortalezas en Procesos biológicos, ambientales y unitarios.

Fundamentación en Termodinámica, Física, Matemática y biología, microbiología.

Fundamentos de Química y Química Ambiental.

Enfoque del suelo en cuanto a la capacidad portante y fundamentación en geología.

Elementos conceptuales que permitan exploración, explotación, tratamiento y distribución de aguas subterráneas.

Disponibilidad de agua subterránea. Hidráulica de acuíferos.

Formación en hidrogeología.

Enfoque hacia la hidrología de ecosistemas estratégicos con base en la disponibilidad de agua en los acuíferos y el diseño de sistemas de abasto y recolección de aguas.

Diseño de distritos de Riego, apoyo al campo (presas, distribución, manejo de caudales)

Enfoque en desarrollo sostenible hacia procesos constructivos con participación comunitaria.

Saneamiento básico rural y urbano.

Fortaleza en solución de problemas asociados con el recurso hídrico y gestión integral de residuos sólidos.

Nuevas tecnologías, modelación del recurso hídrico y automatización de proyectos.

Elementos propios del perfil de todo Ingeniero Sanitario en el contexto nacional e internacional.

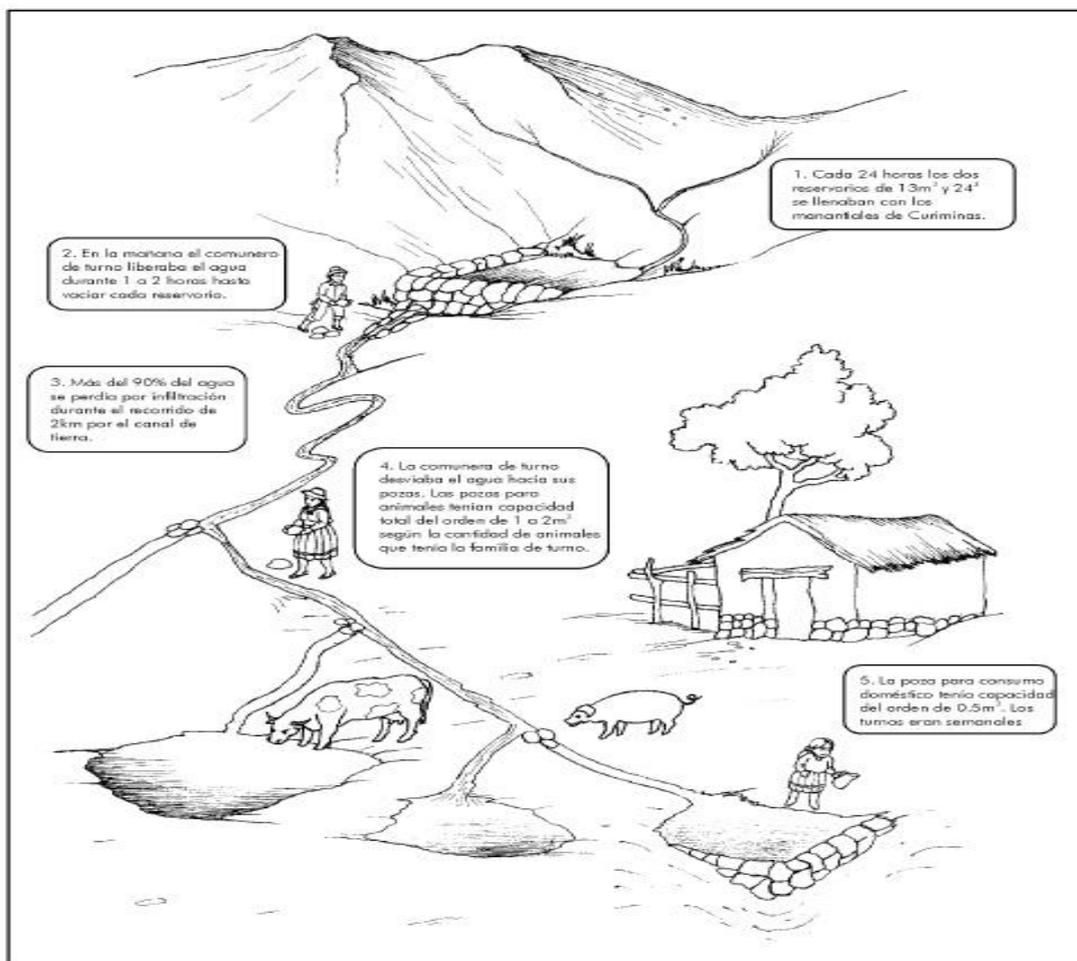
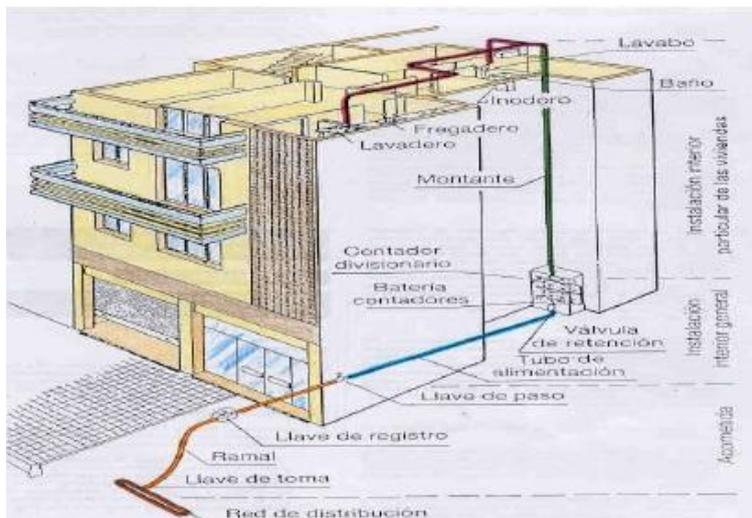


Fig.3 - Sistema de abastecimiento de agua tradicional del centro poblado de Chacchani

Perfil Profesional.

El profesional de Ingeniería Sanitaria, presenta competencias propias de la disciplina y una sólida formación integral orientada hacia el compromiso social, que le permite incursionar en el mercado laboral como gestor, diseñador, operador, Constructor, administrador, coordinador o evaluador de proyectos de índole sanitario en el marco del desarrollo sostenible, generando alternativas de solución frente a los problemas de abastecimiento de agua para diversos usos, contaminación atmosférica, recolección, tratamiento, reutilización y disposición final de residuos líquidos y sólidos que afectan a las comunidades rurales y urbanas en el orden local, regional, nacional e internacional.



Capacidades del Ingeniero Sanitario.

Desarrollar sus actividades profesionales con alto grado de sensibilidad y compromiso social.

Combinar los conceptos de las ciencias básicas con áreas aplicadas orientadas hacia los procesos que se llevan a cabo en el ámbito de la Ingeniería Sanitaria.

Innovar, analizar y desarrollar actividades, labores y proyectos con creatividad.

Mostrar iniciativa hacia la permanente actualización en avances científicos y tecnológicos.

Generar alternativas técnicas y sociales para la recuperación y preservación del ambiente.

Poseer una visión integral para identificar, interpretar y proponer alternativas de solución a problemas sanitarios y ambientales.

Demostrar interés hacia el desarrollo de propuestas y tecnologías innovadoras, apropiadas y de fácil acceso a la comunidad que se transformen en soluciones concretas ante la problemática ambiental abordada

Perfil Ocupacional.

El ingeniero es un profesional que sintetiza toda una serie de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos para la solución de los problemas sociales en un campo de acción específico. El ingeniero es el puente entre las necesidades y las soluciones. La parte más importante de su formación es el desarrollo de la capacidad para manejar y aplicar modelos físico - matemáticos de la realidad. Al lado de este conocimiento debe adquirir una serie de elementos de computación, química, conocimientos económicos, legales y administrativos, junto con toda una serie de saberes empíricos como son los procesos y tratamientos para mantener y conservar el ambiente. El Ingeniero Sanitario estará en capacidad de desempeñarse profesionalmente como:

Gestor de proyectos, mediante la aplicación e interpretación de modelos matemáticos y computacionales que le apoyen en la toma de decisiones y generación de alternativas en el contexto de la problemática ambiental.

Diseñador, constructor y administrador de sistemas de tratamiento y distribución de agua para el consumo humano y otros usos, en poblaciones urbanas y rurales.

Diseñador, constructor y administrador de sistemas de recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Diseñador, constructor y administrador de sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

Diseñador y/o consultor de sistemas de control de la contaminación atmosférica.

Operador y/o administrador de empresas de servicios públicos de acueducto, alcantarillado o aseo, así como de sistemas y proyectos sanitarios que soporten u optimicen la infraestructura de estos servicios en una comunidad.

Adicionalmente, estará en capacidad de interactuar con grupos interdisciplinarios de investigación, proyección social o comunidades académicas de instancia pública o privada, que adelanten proyectos en el ámbito sanitario y ambiental.

Actividades en las que Participa la Ingeniería Sanitaria.

Las actividades de la ingeniería sanitaria tendientes a sanear el medio tienen por objeto cortar el eslabón de la cadena de transmisión de muchas enfermedades y preservar el medio para agrado y bienestar de la sociedad. Esta acción de saneamiento está ligada de modo íntimo a otras disciplinas de la salubridad como:

Epidemiología

Parasitología

Microbiología estadística

Administración sanitaria

Higiene industrial

Estas son varias de las actividades en las que participa la Ingeniería Sanitaria:

Planta de Tratamiento

Abastecimiento, tratamiento y distribución de aguas

Sistemas de alcantarillado, tratamiento y control de las aguas negras (o cloacales) y de los desechos industriales

Control de la contaminación del agua

Servicios municipales y rurales de eliminación de basura

Control de roedores e insectos

Higiene de los alimentos

Saneamiento de las escuelas, lugares públicos, lugares de veraneo, piscinas, etc.

Construcción de viviendas higiénicas

Control de las emanaciones, polvos, gases

Higiene y saneamiento industrial

Planificación y urbanización de las ciudades.



Ejemplo de Intervenciones Multidisciplinarias.

Trabajos de ingeniería civil, incluyendo las áreas de hidráulica, estructuras, topografía, geotecnia, fundaciones.

Trabajos de ingeniería química, incluyendo las áreas de procesos y operaciones.

Trabajos de ingeniería mecánica, incluyendo las áreas de diseño y operación de equipos de bombeo y de equipos para los diferentes tipos de tratamiento de aguas.

Trabajos de ingeniería eléctrica.

Trabajos de análisis de laboratorio para la determinación de parámetros físicos y químicos y de la presencia de materia orgánica.

Estudios de investigación de procesos y operaciones.

Estudios y trabajos de laboratorio para analizar aspectos bacteriológicos.

Estudios epidemiológicos y actividades de concientización a cargo de médicos especialistas en salud pública.

Estudios ambientales a cargo de especialistas en evaluación del impacto ambiental.

Análisis y estudios legales.

Estudios económicos y financieros.

Estudios de comercialización.

Estudios sociales.

Necesidad Laboral.

En el campo de las oportunidades laborales, se estima que los futuros egresados del programa de Ingeniería Sanitaria serán demandados en el sector privado y estatal a nivel local, regional, nacional e internacional. En el empleo.com se afirma que el desarrollo de la infraestructura para los sectores energético, industrial y de transporte, la demanda de servicios de profesionales en el área de la ingeniería ha incrementado. Aunque el Observatorio Laboral del Ministerio de Educación Nacional resaltó que las mejores perspectivas ocupacionales se encuentran en los núcleos básicos de conocimiento en administración, bibliotecología, economía, ingeniería administrativa, ingeniería de minas, ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería de sistemas, matemáticas y estadística, y medicina, todos estos programas se relacionan en su desarrollo con la generación de problemas de carácter sanitario y ambiental.

La Ingeniería Sanitaria es un programa de poca divulgación entre las empresas y necesita consolidarse y penetrar en el mercado independientemente de la Ingeniería Ambiental. La Ingeniería Sanitaria es una carrera del futuro, ya que todas las actividades humanas generan problemas de saneamiento que deben ser prevenidos, identificados y solucionados. Internacionalmente, en América del Norte, la mayor demanda se da en el área de las Ingenierías, entre las que se encuentran las ciencias de la tierra y se enfocan en el campo de las ciencias de la vida, entre otras (Observatorio Laboral, 2010). En Argentina, la ingeniería es una profesión con exceso de demanda laboral. El Departamento de Graduados determinó que en el 2006, entre sesenta (60) profesionales entrevistados, el 99 % se encontraba ocupado. También se afirma que tienen muchas posiciones de trabajo habilitadas y una cantidad insuficiente de profesionales o estudiantes para cubrirlas (Universia, 2007).

Un estudio de la Secretaria de Desarrollo Económico de Bogotá, 2010, señala que las actividades que tienen más demanda en la capital son las relacionadas con el transporte, tecnología y cosméticos, actividades que deben identificar y evitar las posibles causas de contaminación ambiental (El Observatorio Nacional de la Universidad Colombiana, 2010). La generación de empleo se encontrará

en los próximos tres o cuatro años, en sectores como cosméticos y productos de aseo, textiles y confecciones y agroindustria, olvidando que estas actividades necesitan el desarrollo de infraestructura sanitaria y estudios de saneamiento básico.

Características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

Agua.

Nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H₂O. Los antiguos filósofos consideraban el agua como un elemento básico que representaba a todas las sustancias líquidas. Los científicos no descartaron esta idea hasta la última mitad del siglo XVIII. En 1781 el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire. Sin embargo, los resultados de este experimento no fueron interpretados claramente hasta dos años más tarde, cuando el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto de oxígeno e hidrógeno. En un documento científico presentado en 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander von Humboldt demostraron conjuntamente que el agua consistía en dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, tal como se expresa en la fórmula actual H₂O.

Propiedades físicas.

- 1) Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- 2) Color: incolora
- 3) Sabor: insípida
- 4) Olor: inodoro
- 5) Densidad: 1 g/c.c. a 4°C
- 6) Punto de congelación: 0°C
- 7) Punto de ebullición: 100°C
- 8) Presión crítica: 217,5 atm.
- 9) Temperatura crítica: 374°C

El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente en capas de poco espesor, toma color azul cuando se mira a través de espesores de seis y ocho metros, porque absorbe las radiaciones rojas. Sus constantes físicas sirvieron para marcar los puntos de referencia de la escala termométrica Centígrada. A la presión atmosférica de 760 milímetros el agua hierve a temperatura de 100°C y el punto de ebullición se eleva a 374°, que es la temperatura crítica a que corresponde la presión de 217,5 atmósferas; en todo caso el calor de vaporización del agua asciende a 539 calorías/gramo a 100°.

Mientras que el hielo funde en cuanto se calienta por encima de su punto de fusión, el agua líquida se mantiene sin solidificarse algunos grados por debajo de la temperatura de cristalización (agua subenfriada) y puede conservarse

liquida a -20° en tubos capilares o en condiciones extraordinarias de reposo. La solidificación del agua va acompañada de desprendimiento de 79,4 calorías por cada gramo de agua que se solidifica. Cristaliza en el sistema hexagonal y adopta formas diferentes, según las condiciones de cristalización.

A consecuencia de su elevado calor específico y de la gran cantidad de calor que pone en juego cuando cambia su estado, el agua obra de excelente regulador de temperatura en la superficie de la Tierra y más en las regiones marinas.

El agua se comporta anormalmente; su presión de vapor crece con rapidez a medida que la temperatura se eleva y su volumen ofrece la particularidad de ser mínimo a la de 4° . A dicha temperatura la densidad del agua es máxima, y se ha tomado por unidad. A partir de 4° no sólo se dilata cuando la temperatura se eleva, sino también cuando se enfría hasta 0° : a esta temperatura su densidad es 0,99980 y al congelarse desciende bruscamente hacia 0,9168, que es la densidad del hielo a 0° , lo que significa que en la cristalización su volumen aumenta en un 9 por 100.

Las propiedades físicas del agua se atribuyen principalmente a los enlaces por puente de hidrógeno, los cuales se presentan en mayor número en el agua sólida, en la red cristalina cada átomo de la molécula de agua está rodeado tetraédricamente por cuatro átomos de hidrógeno de otras tantas moléculas de agua y así sucesivamente es como se conforma su estructura. Cuando el agua sólida (hielo) se funde la estructura tetraédrica se destruye y la densidad del agua líquida es mayor que la del agua sólida debido a que sus moléculas quedan más cerca entre sí, pero sigue habiendo enlaces por puente de hidrógeno entre las moléculas del agua líquida. Cuando se calienta agua sólida, que se encuentra por debajo de la temperatura de fusión, a medida que se incrementa la temperatura por encima de la temperatura de fusión se debilita el enlace por puente de hidrógeno y la densidad aumenta más hasta llegar a un valor máximo a la temperatura de 3.98°C y una presión de una atmósfera. A temperaturas mayores de 3.98°C la densidad del agua líquida disminuye con el aumento de la temperatura de la misma manera que ocurre con los otros líquidos.

Propiedades Químicas del Agua.

- 1) Reacciona con los óxidos ácidos
- 2) Reacciona con los óxidos básicos
- 3) Reacciona con los metales
- 4) Reacciona con los no metales
- 5) Se une en las sales formando hidratos

Muchas de estas reacciones que exponemos a continuación ya son existentes en la naturaleza:

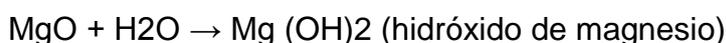
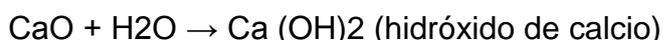
- 1) Los anhídridos u óxidos ácidos reaccionan con el agua y forman ácidos oxoácidos.

Ejemplos:



2) Los óxidos de los metales u óxidos básicos reaccionan con el agua para formar hidróxidos. Muchos óxidos no se disuelven en el agua, pero los óxidos de los metales activos se combinan con gran facilidad.

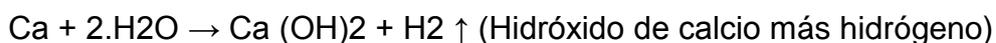
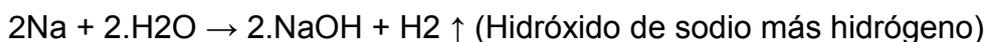
Ejemplos:



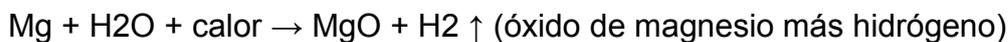
3) Algunos metales descomponen el agua en frío y otros lo hacían a temperatura elevada.

Ejemplos:

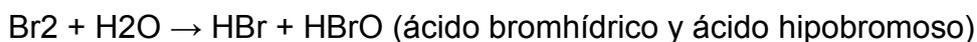
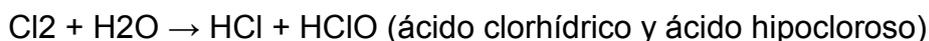
En agua fría



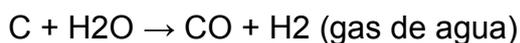
En agua a temperatura elevada



4) El agua reacciona con los no metales, sobre todo con los halógenos, dando los siguientes compuestos:



Haciendo pasar carbón al rojo sobre el agua se descompone y se forma una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno (gas de agua):



5) El agua forma combinaciones complejas con algunas sales, denominándose hidratos, como son:



En algunos casos los hidratos pierden agua de cristalización cambiando de aspecto, y se dice que son eflorescentes, como le sucede al sulfato cúprico, que cuando está hidratado es de color azul, pero por pérdida de agua se transforma en sulfato cúprico anhidro de color blanco.

Por otra parte, hay sustancias que tienden a tomar el vapor de agua de la atmósfera y se llaman hidrófilas y también higroscópicas; la sal se dice entonces que deliquesce, tal es el caso del cloruro cálcico.

Tomado de: http://www.fisicanet.com.ar/quimica/aguas/ap05_aguas.php

FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL AGUA

Como consecuencia de las propiedades inherentes a su estructura, el agua realiza funciones biológicas imprescindibles para el mantenimiento de la vida.

- • Es el disolvente de numerosas sustancias.
- • Es el medio donde se realizan las reacciones metabólicas.
- • Posee una función activa en la estructura celular.
- • Tiene función mecánica amortiguadora en el interior del organismo.
- • Participa como “vehículo” en el transporte de sustancias en el interior del organismo y en su intercambio con el medio ambiente.
- • Contribuye a la regulación de la temperatura corporal.
- • Es el hábitat de muchas especies.

¿En qué consiste cada una de estas funciones del agua?

- Principal disolvente biológico: El agua, además de disociar compuestos iónicos, puede manifestar también su acción como disolvente mediante el establecimiento de enlaces de hidrógeno con otras moléculas que contienen grupos funcionales polares, como alcoholes, aldehídos o cetonas, provocando su dispersión o disolución.
- Función metabólica: El agua constituye el medio en el que se realizan la mayoría de las reacciones bioquímicas del metabolismo; en ocasiones, además, interviene de forma activa en la reacción, como en el caso de la hidrólisis.
- Función estructural: La elevada cohesión de las moléculas permite al agua dar volumen a las células, turgencia a las plantas e incluso actuar como esqueleto hidrostático en algunos animales invertebrados. También explica las deformaciones que experimentan algunas estructuras celulares como el citoplasma.
- Función mecánica amortiguadora: El ser un líquido incompresible le permite ejercer esta función en las articulaciones de los animales vertebrados, lo que evita el contacto entre los huesos.

- **Función de transporte:** La elevada capacidad disolvente del agua permite el transporte de sustancias en el interior de los seres vivos y su intercambio con el medio externo, facilitando el aporte de sustancias nutritivas y la eliminación de productos de desecho.

La capilaridad contribuye a la ascensión de la savia bruta constituida por agua, sales minerales y algunas fitohormonas sintetizadas por la raíz, por el interior de los vasos del xilema, de forma polar, en las plantas vasculares.

- **Función termorreguladora:** El elevado calor específico del agua permite mantener constante la temperatura interna de los seres vivos. El elevado calor de vaporización explica la disminución de temperatura que experimenta un organismo cuando el agua se evapora en la superficie del cuerpo de un ser vivo, por ejemplo mediante el sudor.
- **Permite la vida acuática en climas fríos:** Su mayor densidad en estado líquido explica que al descender la temperatura, se forma una capa de hielo en la superficie, que flota y protege de los efectos térmicos del exterior al agua líquida que queda debajo; este hecho permite la supervivencia de muchas especies.

¿Sabes qué cantidad de agua debes consumir diariamente?

Actividad.

La piel de un futbolista durante el entrenamiento y las competencias suda abundantemente. Al finalizar el juego, después de unos minutos, siente la boca y las mucosas nasales reseca y cierto decaimiento que se le manifiesta con falta de fuerzas y puede llegar a sentir hasta náuseas. ¿Por qué se producen estos efectos en el organismo del futbolista después de una actividad física intensa?

Sabías que...

¿Cuál es la importancia del agua para la salud?

Incorporar al organismo los nutrientes orgánicos necesarios, es tan importante como consumir los componentes inorgánicos de la vida: agua y sales minerales en cantidades suficientes, de acuerdo a las necesidades del organismo, lo que está relacionado con la edad, el sexo y las actividades que realizamos.

Conclusiones

- El agua es un elemento vital.
- El agua participa en importantes funciones biológicas como el transporte de sustancia, los procesos metabólicos celulares y la regulación de la temperatura.
- Sin agua no sería posible mantener un estilo de vida saludable.

Norma para la calidad del agua en Nicaragua.

Ingresar al siguiente link, nos lleva a una norma técnica que se usa por los ingenieros para el diseño y procesos de potabilización del agua.

http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/INAA/0013/13%20Norma%20TecnicaDiseno%20Ay%20P.pdf

Norma CAPRE, para países de centro américa.

http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/pdf/CAPRE_Normas_Regional.pdf

Proceso de coagulación del agua.

Para mayor información ingresar al link siguiente:

http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

Proceso de coagulación del agua.

Generalidades.

La pequeña dimensión de las partículas coloidales presentes en un agua, así como la existencia de cargas negativas repartidas en su superficie, dan lugar a una gran estabilidad de las suspensiones coloidales.

En el campo del tratamiento de aguas, la coagulación es, por definición, el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales, que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. Se llama coagulante al producto utilizado para esta neutralización.

La agrupación de las partículas descargadas, al ponerse en contacto unas con otras, constituye la floculación, que da lugar a la formación de flóculos capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento del agua. Algunos productos pueden favorecer la formación del flóculo; a éstos se les llama floculantes.

La separación sólido-líquido, del flóculo formado y del agua, puede hacerse por filtración, por decantación o flotación, seguidas o no de filtración. La coagulación y la floculación intervienen generalmente en el tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento público y en la preparación de aguas industriales de fabricación. Con estos procedimientos se consigue la neutralización de los coloides del agua y su adsorción en la superficie de los precipitados formados en el proceso de floculación. También pueden adsorberse sobre el flóculo ciertas sustancias disueltas (materia orgánica, contaminantes diversos...).

En el tratamiento de aguas residuales urbanas, con frecuencia es tal la concentración de materia en suspensión que puede conseguirse una floculación mediante simple agitación. Con el fin de favorecer la eliminación de la contaminación coloidal, puede introducirse un coagulante.

Las aguas residuales industriales presentan composiciones muy variables, según la industria considerada. En algunos casos, el agua contiene un constituyente capaz de flocular por simple agitación o que lo hace mediante la

adición de un floculante; otras veces, es necesario utilizar un coagulante que de origen a un precipitado que pueda flocularse a continuación.

La turbiedad y el color del agua son principalmente causados por partículas muy pequeñas, llamadas partículas coloidales. Estas partículas permanecen en suspensión en el agua por tiempo prolongado y pueden atravesar un medio filtrante muy fino. Por otro lado aunque su concentración es muy estable, no presentan la tendencia de aproximarse unas a otras.

Para eliminar estas partículas se recurre a los procesos de coagulación y floculación, la coagulación tiene por objeto desestabilizar las partículas en suspensión es decir facilitar su aglomeración. En la práctica este procedimiento es caracterizado por la inyección y dispersión rápida de productos químicos. La floculación tiene por objetivo favorecer con la ayuda de la mezcla lenta el contacto entre las partículas desestabilizadas. Estas partículas se aglutinan para formar un floc que pueda ser fácilmente eliminado por los procedimientos de decantación y filtración.

Es muy importante que los procedimientos de coagulación y floculación sean utilizados correctamente, ya que la producción de un floc muy pequeño o muy ligero produce una decantación insuficiente; mientras que el agua que llega a los filtros contienen una gran cantidad de partículas de floc que rápidamente ensucian los filtros y necesitan lavados frecuentes. Por otro lado cuando el floc es frágil, este se rompe en pequeñas partículas que pueden atravesar el filtro y alterar la calidad del agua producida.

Las aguas superficiales pueden contener una gran variedad de materias, el tamaño de las partículas de estas materias y su naturaleza determinan los tipos de tratamiento dentro de las plantas de agua. Las partículas de tamaño muy grande como los detritus orgánicos, algas protozoarios, grava, arena, limo, etc. los bichos en la materia en suspensión del tamaño de 10 micrómetros a 10 mm y más, pueden ser eliminados por los tratamientos de separación física que conlleva aproximadamente los siguientes:

10 a 100 mm son separados por medio de los sistemas de rejillas.

0.2 a 10 mm pueden ser separados por desarenación, sedimentación, decantación y flotación.

0.01 a 0.1 mm son separados por filtración (macro y microtamizado).

Las partículas muy finas son una parte de las materias solubles y de las materias coloidales como: proteínas, virus; moléculas y los iones pueden ser separados por adsorción o intercambio de iones.

PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN.

Las partículas en suspensión de una fuente de agua superficial provienen de la erosión de suelos, de la disolución de sustancias minerales y de la descomposición de sustancias orgánicas. A este aporte natural se debe adicionar las descargas de desagües domésticos, industriales y agrícolas. En

general la turbiedad del agua es causado por las partículas de materias inorgánicas (arcillas, partículas de lo), en tanto que el color está formado por las partículas de materias orgánicas e hidróxidos de metal (hierro por ejemplo).

Planta de Agua de La Atarjea.

La fuente de abastecimiento del agua para el tratamiento es el río Rímac; cuyas características principales de turbiedad y caudal son:

Alta Turbiedad, se presenta durante los meses de lluvia (Diciembre a Marzo), por lo tanto hay una alta concentración de partículas en suspensión como consecuencia del arrastre de los sedimentos durante el trayecto del río hacia la bocatoma de la planta. En esta época la turbiedad del río varía de valores superiores de 50 a 50000 NTU, con un valor promedio de 300 NTU (para el año 1999). Durante estos meses el caudal del río también es variable; para el presente año se encontró como caudal máximo 106 m³/s., y un caudal mínimo de 23 m³/s. La calidad fisicoquímica del agua también varía en su composición: mayor cantidad de metales disueltos (plomo, aluminio, hierro); mayor cantidad de compuestos orgánicos, etc.

Baja Turbiedad, se presenta en los meses de Abril a Noviembre, donde la cantidad de las partículas en suspensión es muy baja y los valores de turbiedad en el río varían entre 6 a 50 NTU, con valor promedio de 15 NTU. El caudal del río varía aproximadamente de 18 a 25 m³/s.

Las características de las partículas en suspensión son las siguientes:

Tamaño de las partículas en Suspensión. Las partículas se clasifican de acuerdo a su tamaño; así las partículas con diámetro inferior a 1 micrómetro que corresponden a partículas de materias orgánicas o inorgánicas, se depositan muy lentamente.

La tabla siguiente indica los tiempos de decantación de las diferentes partículas en función de: sus dimensiones; densidad y de la temperatura del agua.

Tipo de Partículas	Diámetro (mm)	Tiempo de Caída	
		Densidad 2.65	Densidad 1.1
Grava	10	0.013 s.	0.2 s.
Arena Gruesa	1.0	1.266 s.	20.9 s.
Arena fina	0.1	126.66 s.	34.83 min.
Lodo fino	0.01	3.52 h.	58 h.
Bacterias	0.001	14.65 d.	249.1 d.
Coloides	0.0001	4.12 a.	66.59 d.

Se observa fácilmente que a la misma densidad, las partículas más pequeñas tienen un tiempo de duración de caída más grande, esto imposibilita la decantación sin la adición de un factor externo.

Los Coloides son suspensiones estables, por lo que es imposible sus sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.

Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto inmensa entre la fase sólida y la fase líquida, por ejemplo 1 cubo de 1 cm³, tiene una superficie total de 6 cm²; si está dividido en pequeños cubos elementales, la superficie total de todos aquellos es mucho más grande.

Afinidad de las Partículas Coloidales por el Agua.

Las partículas coloidales se caracterizan por ser hidrofílicas (tienen afinidad por el agua) e hidrófobas (es decir que rechazan al agua), los primeros se dispersan espontáneamente dentro del agua y son rodeados de moléculas de agua que previenen todo contacto posterior entre estas partículas; las partículas hidrofóbicas no son rodeados de moléculas de agua, su dispersión dentro del agua no es espontáneo por lo que requiere de la ayuda de medios químicos y físicos.

Las partículas hidrófobas son en general partículas de materias inorgánicas mientras que las hidrofílicas son materias orgánicas; en realidad solo un poco son las partículas que son exclusivamente hidrofílicas o hidrofóbicas; se obtienen más bien partículas hidratadas a los diferentes grados. La carga eléctrica y la capa de agua que rodean las partículas hidrófilas tienden a desplazar las partículas unas de otras y, en consecuencia los estabiliza entro de la solución.

Carga Eléctrica y Doble Capa.

Dentro del Agua Superficial, las partículas coloidales, son las causantes de la turbiedad y del color por lo que el tratamiento del agua está orientado a la remoción de estas partículas; estas poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie. Estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos.

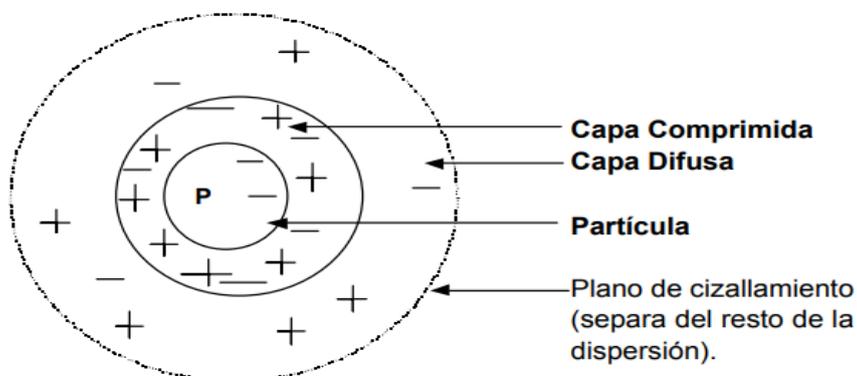


Figura 1 Doble Capa de Una Partícula coloidal.

Los iones que se adhieren fuertemente a la partícula y se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, por lo tanto hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y la solución, llamado Potencial Zeta.

Factores de Estabilidad e Inestabilidad.

Las partículas coloidales están sometidos a dos grandes de fuerzas:

Fuerzas de atracción de Van der Waals: E_a (factores de Inestabilidad); son fuerzas de atracción producidas por el movimiento continuo de las partículas.

Fuerzas de repulsión electrostáticas: E_b (columbicas– factor de estabilidad); son fuerzas que impiden la aglomeración de las partículas cuando estas se acercan unas a otras; por ejemplo 2 partículas de igual signo no se pueden aproximar, estas rechazan.

El equilibrio de una suspensión coloidal depende de la fuerza resultante entre la fuerza de atracción y la fuerza de repulsión.

$$E_r = E_a + E_b.$$

COAGULACIÓN

El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia se eliminan las materias en suspensión estables; la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

¿Qué es la Coagulación?

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

En la siguiente figura 3 se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas de la superficie del coloide permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos.

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

En esta figura se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos.

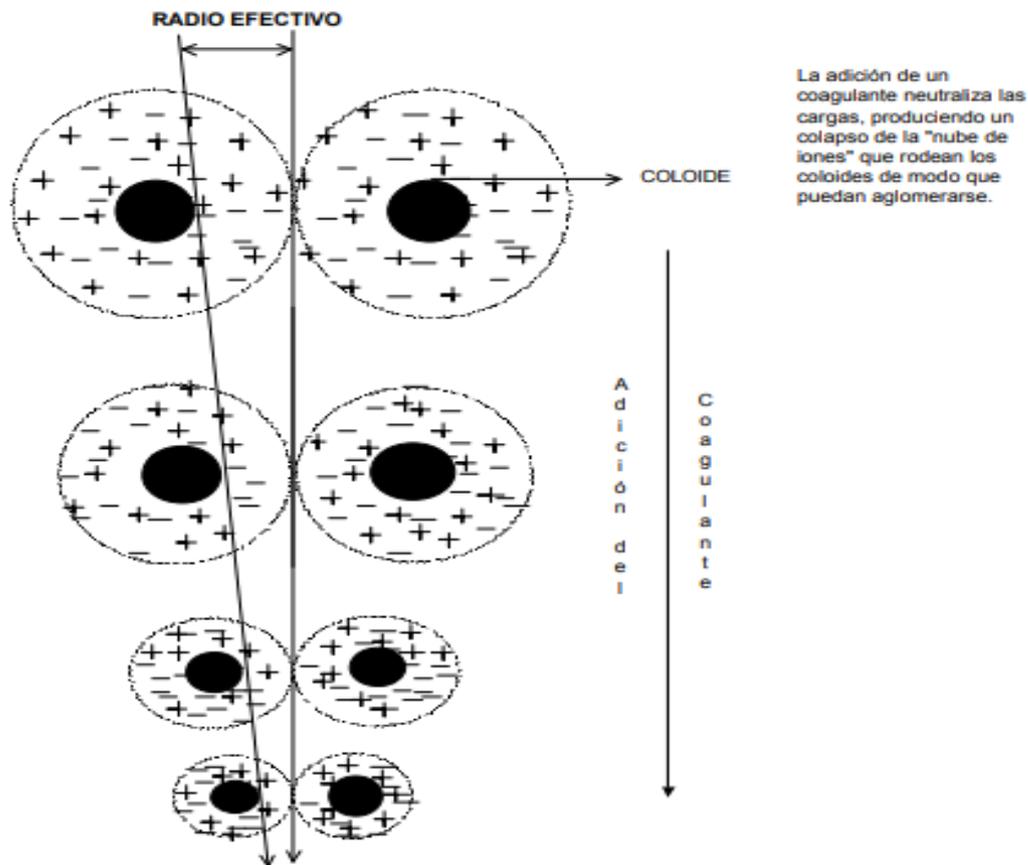


Fig. 3: Coagulación

Mecanismo de la Coagulación

La desestabilización se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes:

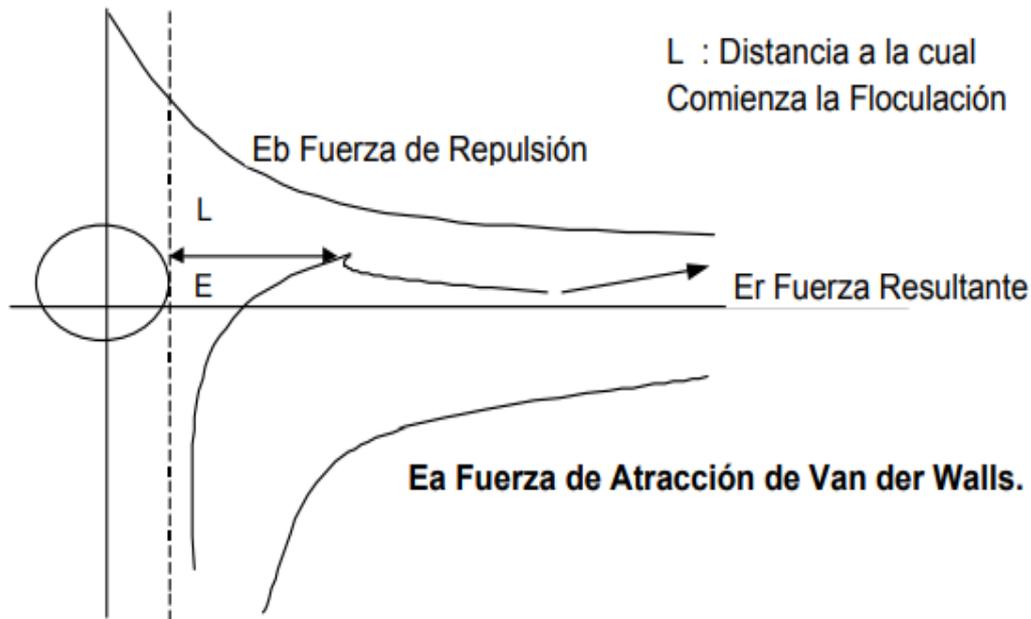
- Compresión de la doble capa.
- Adsorción y neutralización de cargas.
- Atrapamiento de partículas en un precipitado.
- Adsorción y puente.

Compresión de la Doble Capa

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante. (Ver Fig. 2).

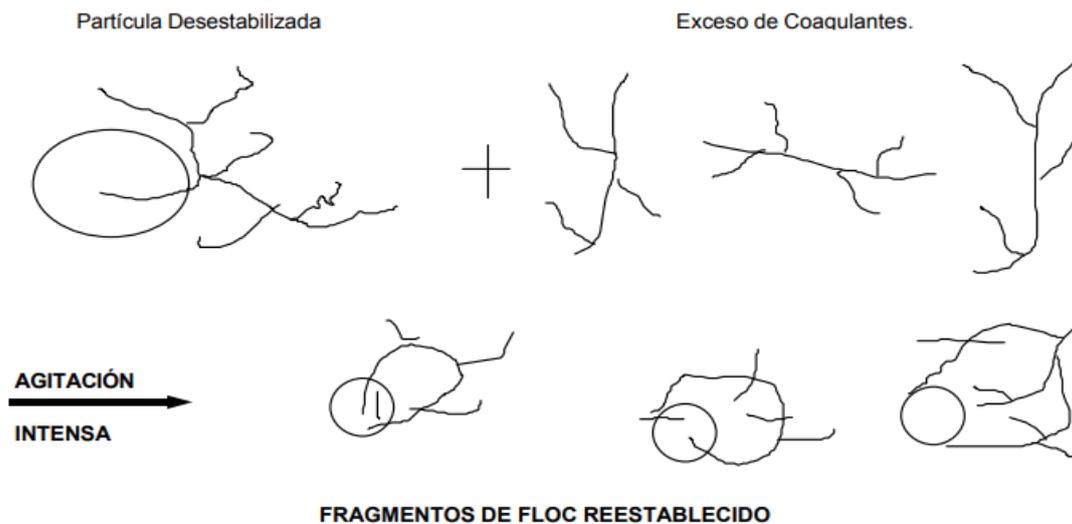
Existe por otro lado un potencial de atracción o fuerzas de atracción E_a , entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Walls, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Contrariamente a las

Fig. 2 Fuerzas de Atracción y Repulsión.



Si la distancia que separa a las partículas es superior a "L", entonces las partículas, no se atraen. E es la energía que los mantiene separados.

Fig. 4 Reestabilización de Partículas.



Fuerzas de repulsión, las fuerzas de Van der Walls no son afectados por las características de la solución. Ver fig. 2.

Absorción y Neutralización de Cargas

Las partículas coloidales poseen carga negativa en sus superficies, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide.

El potencial en la superficie del plano de cizallamiento es el potencial electrocinético-potencial ZETA, este potencial rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua.

Después de la teoría de la doble capa la coagulación es la considerada como la anulación del potencial obtenido por adición de productos de coagulación-floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriéndose una energía complementaria necesaria; por ejemplo realizar la agitación mecánica o hidráulica.

Cuando se adiciona un exceso de coagulante al agua a tratar, se produce a la reestabilización de la carga de la partícula; esto se puede explicar debido a que el exceso de coagulante son absorbidos en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original. (Ver Fig. 4.)

Atrapamiento de Partículas dentro de un Precipitado.

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floc, cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalentes como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, o Cloruro Férrico $FeCl_3$, el floc está formado de moléculas de $Al(OH)_3$ o de $Fe(OH)_3$. La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales aceleran la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la cantidad de coagulante requerida. En otras palabras, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante.

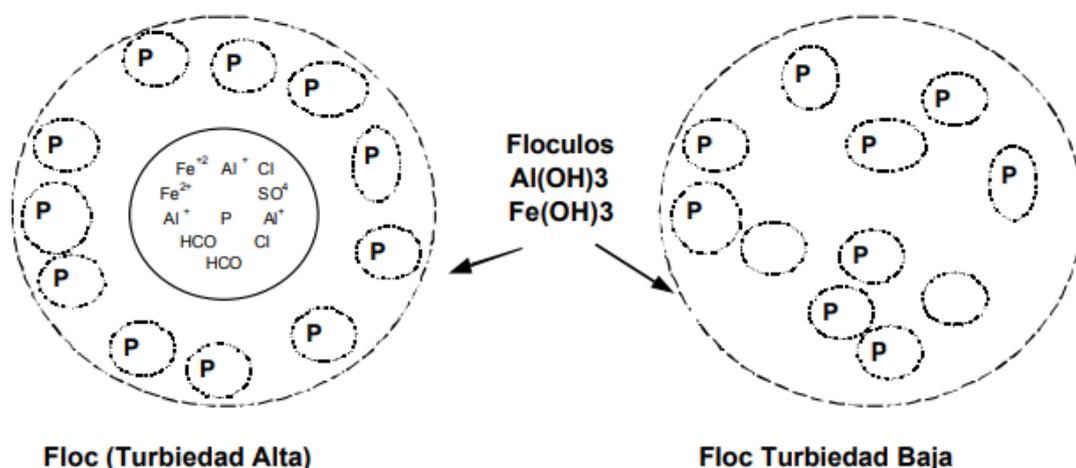
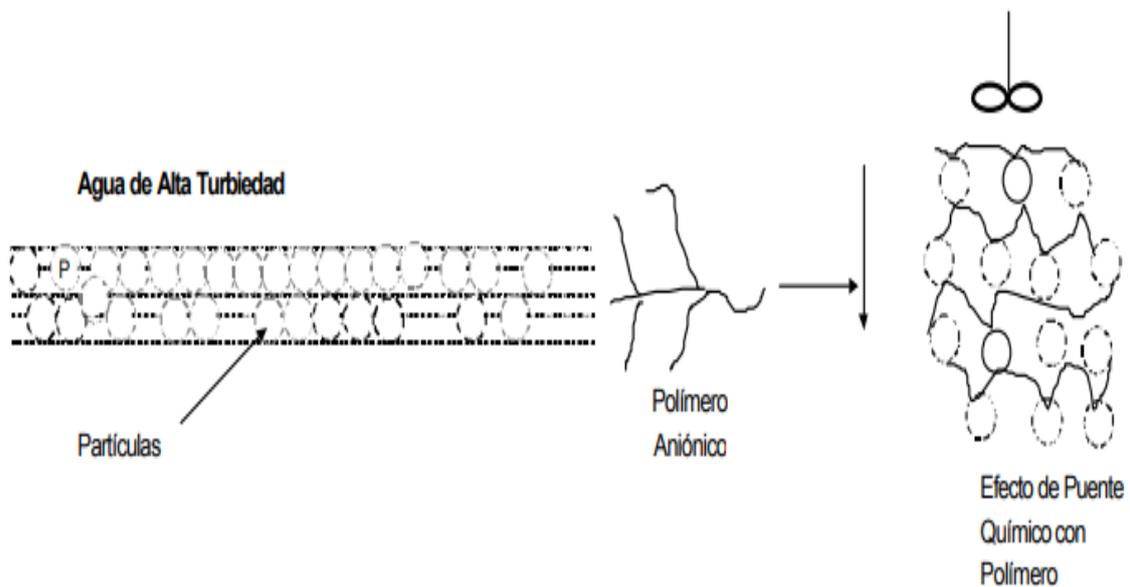


Fig. 5 Atrapamiento de las Partículas en un Floc.

Adsorción y Puente.

En cualquier caso, se obtiene el tratamiento más económico utilizando un polímero aniónico, cuando las partículas están cargadas negativamente. Este fenómeno es explicado por la teoría del “puente”. Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el “puente” entre las partículas coloidales. Esto puede tener una restabilización de la suspensión, por una excesiva carga de polímeros.

Fig. 6 Efecto de Puente de las Partículas en Suspensión



Coagulantes Utilizados.

Los componentes son productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando.

Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son:

- Sulfato de Aluminio.
- Aluminato de Sodio.
- Cloruro de Aluminio.
- Cloruro Férrico.
- Sulfato Férrico.

f) Sulfato Ferroso.

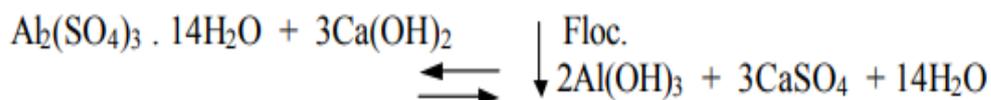
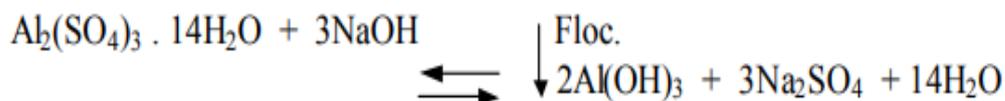
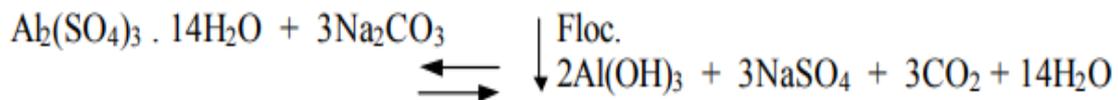
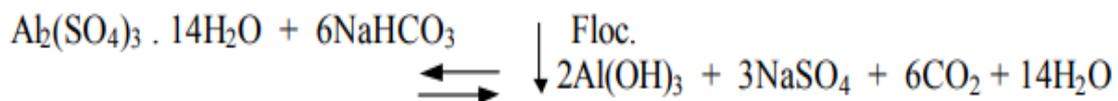
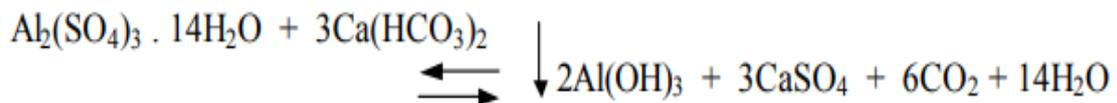
g) Polielectrolitos (Como ayudantes de floculación).

Siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados.

Alcalinidad.

Es un método de análisis, con el que se determina el contenido de bicarbonatos (HCO_3^-); carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos de un agua natural o tratada. La alcalinidad tiene relación con el pH del agua.

Las principales reacciones de sulfato de aluminio con la alcalinidad del agua son:



Planta de Agua de la Atarjea.

Los siguientes productos químicos con utilizados como coagulantes:

?? Sulfato de Aluminio en Solución al 8% (Sal de Aluminio).

- Fórmula Química	:	$Al_2(SO_4)_3$
- Color	:	Pardo Amarillento.
- Concentración de Oxido de Aluminio	:	7.9 a 8.3 como % Al_2O_3 .
- Basicidad (% Al_2O_3 libre)	:	No mayor de 0.2
- Acidez (% Al_2O_3 libre)	:	No mayor de 0.2
- Fierro Total (% Fe_2O_3)	:	No mayor de 0.35
- Residuo Insoluble (%)	:	No mayor de 1%
- Densidad	:	1.3 a 1.35 g/cc.

Se abastece a la planta en tanques cisternas de 30 toneladas de capacidad.

?? Sulfato de Aluminio Granulado Tipo B. (Sal de Aluminio).

- Fórmula Química	:	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
- Color	:	Pardo Amarillento.
- Concentración de Oxido de Aluminio	:	15.6 a 17 como % Al_2O_3 .
- Basicidad (% Al_2O_3 libre)	:	No mayor de 0.5
- Acidez (% Al_2O_3 libre)	:	No mayor de 0.3
- Fierro Total (% Fe_2O_3)	:	No mayor de 0.75
- Residuo Insoluble (%)	:	No mayor de 2%

Tamaño:

No menor del 95% pase por la malla 10 Standard.

El 100% pase la malla de 4 hilos/pulg.

No más del 25% pase la malla de 35 hilos/pulg.

Se recepciona en bolsas multipliego de 50 kg. De peso.

?? Cloruro Férrico al 40% (Sal de Hierro).

- Fórmula Química	:	$FeCl_3$
- Color	:	Pardo Oscuro.
- Concentración de Cloruro Férrico	:	38 a 45% como % $FeCl_3$.
- Concentración de Cloruro Ferroso	:	No mayor de 0.5% como $FeCl_2$
- Acidez Libre (% HCl)	:	No mayor de 0.5
- Contenido de Metales Totales	:	No mayor de 0.01%
- Residuo Insoluble (%)	:	No mayor de 0.5%
- Densidad	:	1.4 a 1.45 g/cc.

Factores que Influyen en la Coagulación.

Es necesario tener en cuenta los siguientes factores con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación:

El pH.

La Turbiedad.

Las Sales disueltas.

La Temperatura del agua.

El Tipo de coagulante utilizado.

Las Condiciones de Mezcla.

Los Sistemas de aplicación de los coagulantes.

Los Tipos de mezcla y el color.

La interrelación entre cada uno de ellos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a adicionar al agua.

Influencia del pH. El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno en una solución, y es igual a:

$$Ph = -\log \{H^+\}$$

El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua.

El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta.

Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5 unidades.

Caso Río Rímac. El pH del río varía entre 7.5 a 8.2 unidades y el agua de entrada a las plantas tiene un pH promedio 7.3 a 7.8 unidades.

Influencia de las Sales Disueltas.

Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- Modificación del rango de pH óptimo.
- Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.
- Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente.

Influencia de la Temperatura del Agua

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc.

Influencia de la Dosis del Coagulante

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:

1. Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada.
2. Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.
3. La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas de jarra.

La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre:

- La buena o mala calidad del agua clarificada.
- El buen o mal funcionamiento de los decantadores.

Por ejemplo: en el siguiente cuadro se observa para Turbiedad inicial de $T_0 = 20$ NTU, los valores de dosis de coagulantes son diferentes para los diferentes valores de pH y alcalinidad.

PH: Unidades	Alcalinidad	Dosis Op. FeCl3 Soluc.	Dosis Op. Al2(SO4)3 Soluc.
7.46	91 p.p.m CaCO3	14 p.p.m	26 p.p.m.
7.29	85 p.p.m CaCO3	16 p.p.m	30 p.p.m.

Influencia de Mezcla.

El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en

toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecho y que se haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente.

En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60 seg., máx.) llamado mezcla rápida; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar, y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microflóculos.

La mezcla rápida se efectúa para la inyección de productos químicos dentro de la zona de fuerte turbulencia, una inadecuada mezcla rápida conlleva a un incremento de productos químicos.

Tipos de Mezcla

Las unidades para producir la mezcla pueden ser:

1. Mezcladores Mecánicos: Retromezcladores (agitadores).
2. Mezcladores Hidráulicos: Resalto Hidráulico: Canaleta Parshall y

Vertedero Rectangular, En línea: Difusores (tuberías y canales), Inyectores, etc.

Planta de Agua de La Atarjea.

En la planta de La Atarjea se utilizan como mezcladores los del tipo hidráulico tipo vertedero:

Planta 1: Hay 6 vertederos horizontales de 2.68m., de longitud cada uno

Planta 2: 24 vertederos de 1 m., de longitud cada uno.

Ventajas y Desventajas de los Mezcladores Hidráulicos y Mecánicos

El gradiente de velocidad en un mezclador mecánico no varía con el caudal, tiene la ventaja adicional de controlar el grado de agitación, haciendo variar la velocidad de rotación del impulsor; sin embargo tiene la limitante de depender de la energía externa que una falla hace que el proceso de mezcla se perjudique.

Los mezcladores hidráulicos se caracterizan por presentar poca flexibilidad a las variaciones de caudal, no depende de una energía externa. Por lo general se utilizan como mezcladores rápidos las canaletas Parshall y vertederos.

Influencia de la Turbiedad

Turbiedad. Es una forma indirecta de medir la concentración de las partículas suspendidas en un líquido; mide el efecto de la dispersión que estas partículas presentan al paso de la luz; y es función del número, tamaño y forma de partículas.

La turbiedad del agua superficial es gran parte debido a partículas de lodos de sílice de diámetros que varían entre 0.2 a 5 μm . La coagulación de estas

partículas es muy fácil de realizar cuando el pH se mantiene dentro del rango óptimo. La variación de la concentración de las partículas permite hacer las siguientes predicciones:

- Para cada turbiedad existe una cantidad de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja, que corresponde a la dosis óptima.
- Cuando la turbiedad aumenta se debe adicionar la cantidad de coagulante no es mucho debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta.
- Cuando la turbiedad es muy alta, conviene realizar una presedimentación natural o forzada, en este caso con el empleo de un polímero aniónico. (En la Planta de la Atarjea, se realiza este último, en época de alta turbiedad).
- Es siempre más fácil coagular las aguas de baja turbiedad y aquellas contaminadas por desagües domésticos industriales, porque requieren mayor cantidad de coagulante que los no contaminados.

Sistema de Aplicación del Coagulante

Se considera que una reacción adecuada del coagulante con el agua se produce cuando:

- La dosis del coagulante que se adicione al agua es en forma constante y uniforme en la unidad de mezcla rápida, tal que el coagulante sea completamente dispersado y mezclado con el agua.
- El sistema de dosificación debe proporcionar un caudal constante y fácilmente regulable; en las siguiente fig. 7 se observan las condiciones de mezcla del coagulante con el agua; se observa que la mejor mezcla es cuando el coagulante adicionado cae en su totalidad a la masa de agua (fig. 7b). Esta condición se obtiene por medio de los equipos de dosificación tanto para los coagulantes al estado sólido y estado líquido, que deben encontrarse calibrados y comprobados en la práctica por medio de las pruebas de aforamiento.

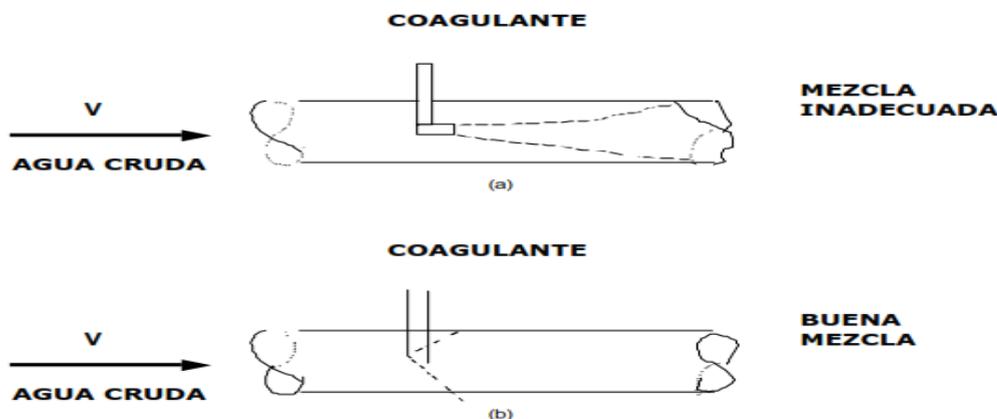


Fig 7. Condiciones de Mezcla.

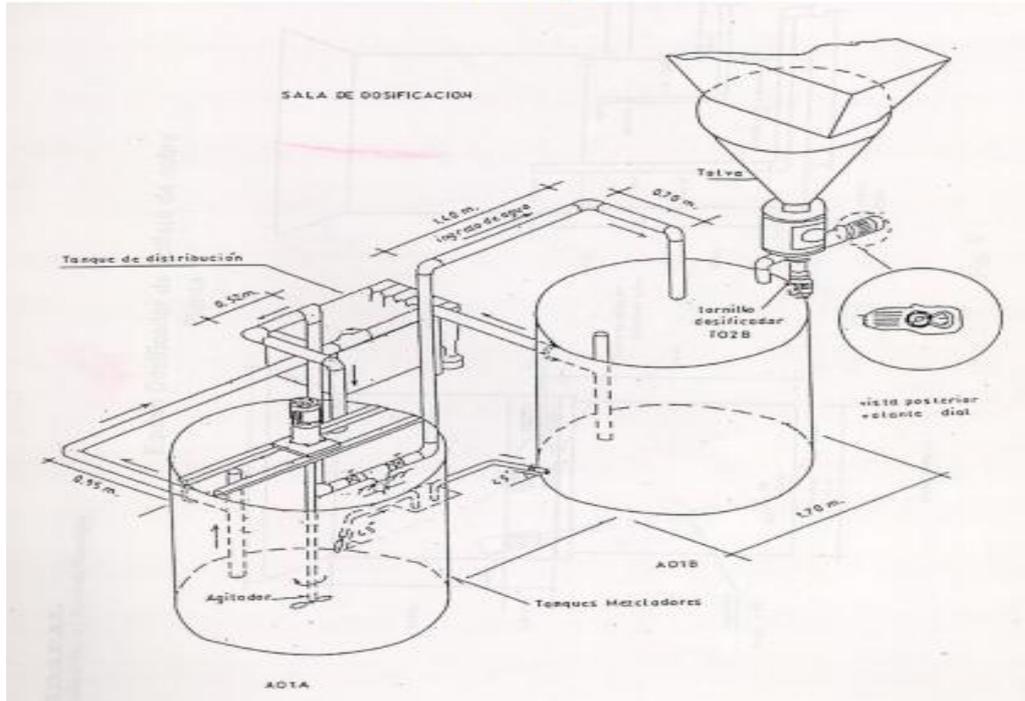
Planta de Agua de la Atarjea.

Los equipos de dosificación existentes en las Plantas de Tratamiento de la Atarjea son:

Dosificadores en Seco – Tipo Volumétrico de Tornillo Giratorio:

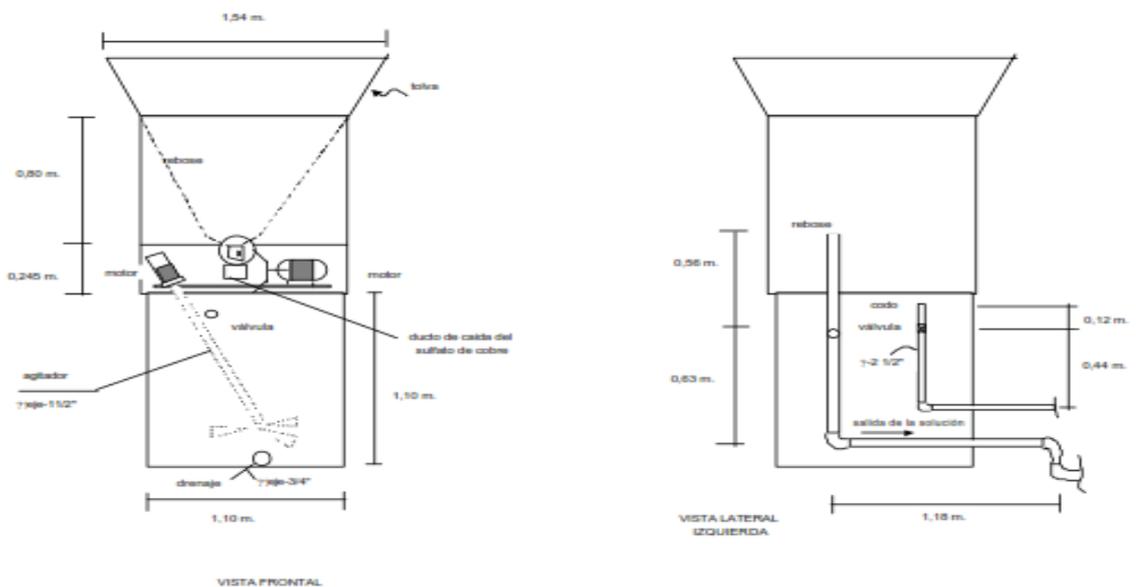
Planta 1: Dosificador de Sulfato de Aluminio Granular (Fig. 8). Dosificador de Sulfato de Cobre (Fig. 9). Planta 2: Dosificador de Cal.

Equipo Dosificador de Sulfato de Aluminio (Granular) Planta 1



Equipo dosificador de Sulfato de Cobre

Planta 1



Equipo Dosificador de alumina en solución Planta 1

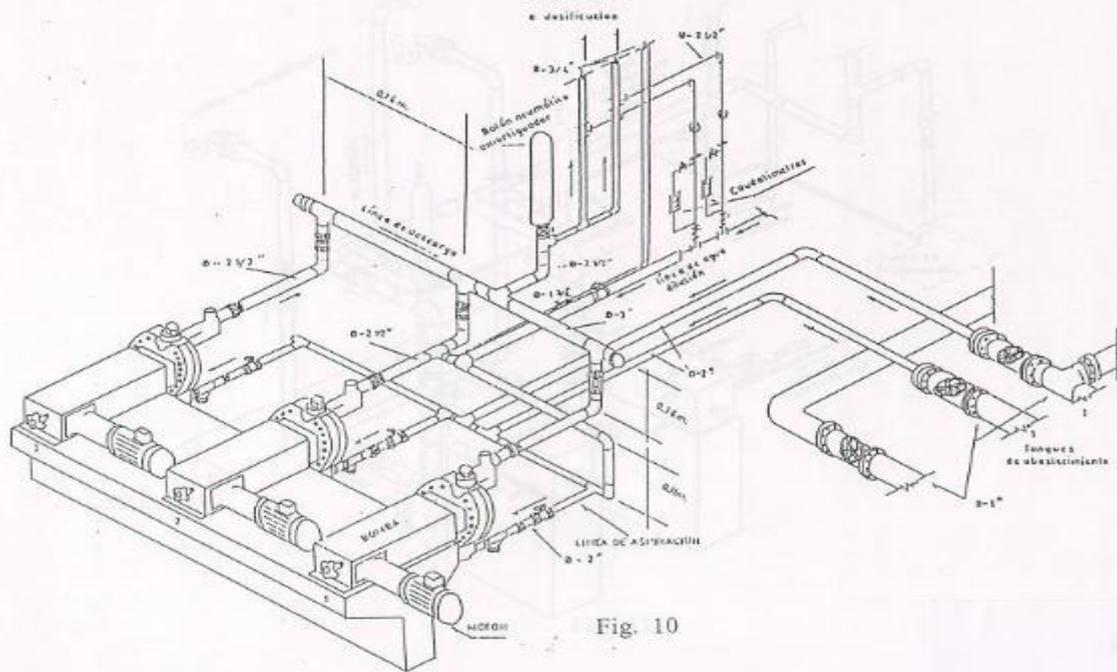


Fig. 10

Equipo Dosificador de Polimero Planta 2

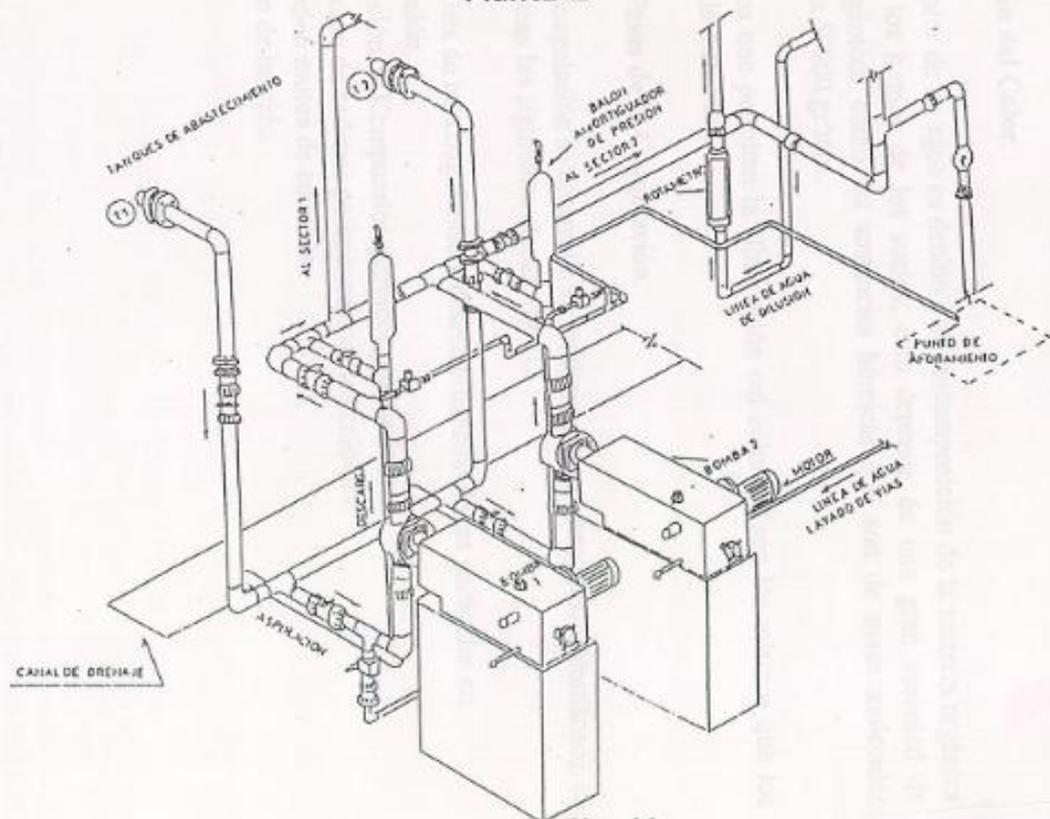


Fig. 11

Dosificadores en Solución (Figuras 10 y 11).

Sistema por Gravedad: Dosificación de Cloruro Férrico – Planta 1.

Sistema por Bombeo: En Plantas 1 y 2, para dosificación de Sulfato de Aluminio Solución. En Plantas 1 y 2 para la dosificación de Polielectrolito Catiónico y dosificación de Cloruro Férrico en Planta 2.

Coagulación del Color.

En general el color de un agua es debido a la descomposición de las materias orgánica que contienen los humos de los suelos; esto depende de una gran variedad de compuestos orgánicos como las sustancias húmicas que son de masa molecular variada de 800 a 50000 gr/mol.

Los mecanismos que permiten la eliminación del color no son los mismos que los utilizados para la turbiedad.

Etapas o Fases de la Coagulación.

El proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto (casi instantáneo), en el que se presenta las siguientes etapas. (Fig. 12)

- Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.
- Formación de Compuestos químicos poliméricos.
- Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides.
- Adsorción mutua de coloides.
- Acción de barrido.

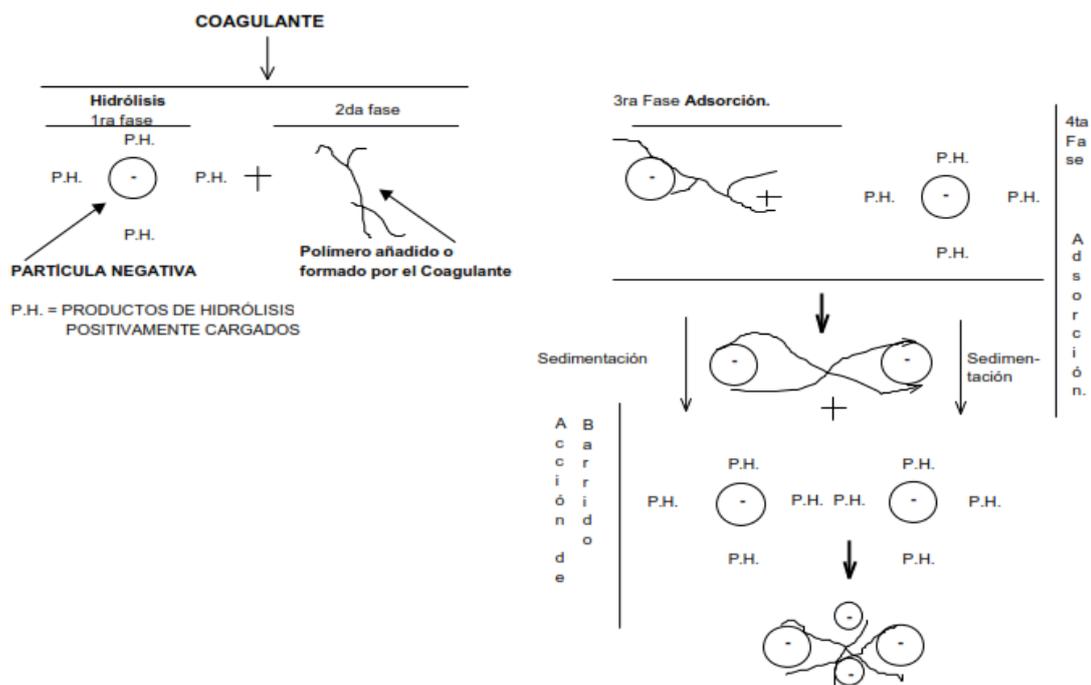


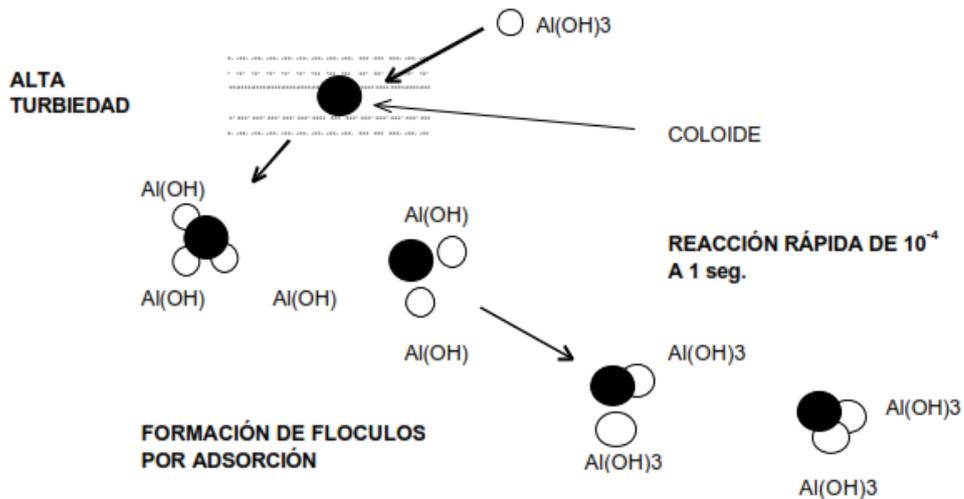
Fig. 12 Fases de la Coagulación

Tipos de Coagulación.

Se presentan dos tipos básicos de coagulación: Por Adsorción y Por Barrido.

Coagulación Por Adsorción. Se presenta cuando el agua presenta una alta concentración de partículas al estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son absorbidos por los coloides y forman los flocúlos en forma casi instantánea.

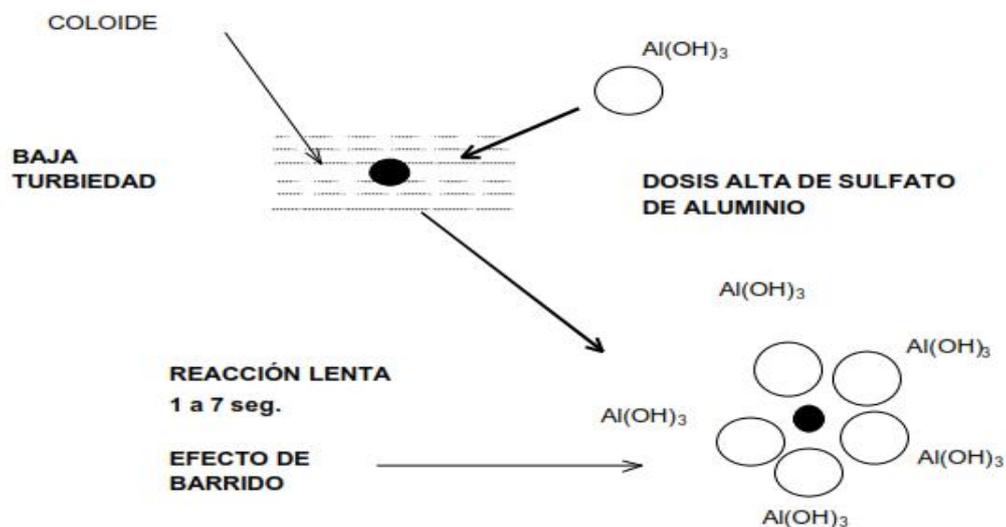
Fig. 13 Coagulación Por Adsorción.



Coagulación por Barrido.

Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y la cantidad de partículas coloides es pequeña; en este caso las partículas son entrampadas al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o cloruro férrico.

Fig. 14 Coagulación por Barrido



Planta de Agua de La Atarjea.

En las Plantas de agua de la Atarjea, durante los meses de alta turbiedad; el proceso de coagulación que se realiza, es por adsorción, debido a la alta concentración de partículas coloidales, expresados en como valores de turbiedad, que normalmente se encuentren en el rango de 200 a 600 NTU a la entrada de las plantas.

Siendo el coagulante adecuado el cloruro férrico por la alta eficiencia que tiene en la reducción de la turbiedad; la dosis empleada de este coagulante es función de la turbiedad y varían de 18 a 26 p.p.m.

Durante la época de baja turbiedad (9 meses), la turbiedad de entrada a las plantas es de 6 a 50 NTU, por lo que la coagulación que se presenta es del tipo barrido, siendo el coagulante utilizado el sulfato de aluminio solución.

Se adjuntan los gráficos de dosis óptima con respecto a la variación de la turbiedad, de estos coagulantes.

3.9. Clasificación del Agua Según su Comportamiento en la Coagulación.

Tipo de Agua.	Tipo de Coagulación.	Requerimiento.
1. Baja Concentración de Coloides, baja alcalinidad.	Formación de precipitado. Floc de barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de alcalinidad o partículas, o ambas.
2. Baja concentración de coloides, alta alcalinidad.	Formación de precipitado. Floc de Barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de partículas.
3. Alta concentración de coloides, baja alcalinidad	Adsorción de polímeros metálicos positivos, en la superficie de los coloides. (pH 4 a 7).	Dosis de coagulantes incrementa con concentración de partículas, adición de alcalinidad
4. Alta concentración de coloides, alta alcalinidad.	Adsorción de polímeros, metálicos positivos y precipitaciones de hidróxidos (pH>7)	Dosis de coagulante incrementa con concentración de partículas.

Planta de Agua de La Atarjea.

El agua de entrada a la Planta presenta estos 4 tipos de agua, que han sido identificados durante los ensayos de "Pruebas de Jarra para Determinación de la Dosis Optima"; cuyos resultados de los ensayos se puede observar en los siguientes cuadros y gráficos; llegándose a la conclusión que cuando la alcalinidad del agua es baja la cantidad de coagulante requerido es mayor que cuando la alcalinidad es alta.

En la siguiente figura 15, se pueden observar los resultados, para los 4 tipos de agua.

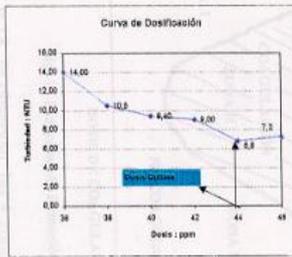
Fig. 15 CLASIFICACION DEL AGUA SEGUN SU COMPORTAMIENTO EN LA COAGULACION

COAGULANTE SULFATO DE ALUMINIO

1.- Alta Turbiedad Baja Alcalinidad : Coagulación por Adsorción.

To NTU 293,0
pH und 7,47
Alcal ppm 65
T°C 23,9

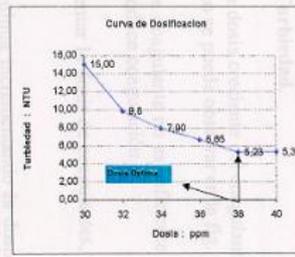
Jarra	PPM	Ti ntu	pH und
1	38	14,00	7,25
2	38	10,5	7,18
3	40	9,40	7,12
4	42	9,00	7,07
5	44	8,8	7
6	46	7,2	6,95



2.- Alta Turbiedad Baja Alta Alcalinidad : Coagulación por Adsorción.

To NTU 269,8
pH und 7,42
Alcal ppm 94
T°C 25,5

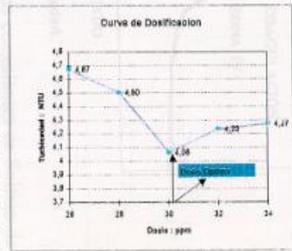
Jarra	PPM	Ti ntu	pH und
1	30	15,00	7,22
2	32	9,8	7,14
3	34	7,90	7,12
4	36	6,45	7,08
5	38	5,23	7,05
6	40	5,3	7,01



3.- Baja Turbiedad Baja Alcalinidad : Coagulación por Barrido.

To NTU 52,9
pH und 7,43
Alcal ppm 22,7
T°C 23,2

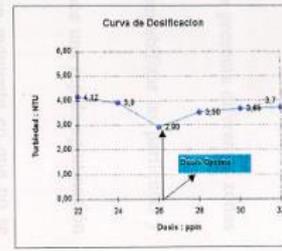
Jarra	PPM	Ti ntu	pH und
1	24	4,34	7,22
2	28	4,87	7,13
3	28	4,50	7,05
4	30	4,06	7,01
5	32	4,23	6,95
6	34	4,27	6,95



4.- Baja Turbiedad Alta Alcalinidad : Coagulación por Barrido.

To NTU 13,3
pH und 7,53
Alcal ppm 159
T°C 21,9

Jarra	PPM	Ti ntu	pH und
1	22	4,12	7,55
2	24	3,9	7,47
3	26	2,90	7,38
4	28	3,55	7,3
5	30	3,65	7,25
6	32	3,7	7,19



Remoción de Turbiedad.

La aplicación de una dosis creciente del coagulante al agua presenta diferentes zonas de coagulación, como se puede observar en la Fig. 16.

Zona 1.- La dosis de coagulante no es suficiente para desestabilizar las partículas y por lo tanto no se produce coagulación.

Zona 2.- Al incrementar la dosis de coagulantes, se produce una rápida aglutinación de los coloides.

Zona 3.- Si se continúa incrementando la dosis, llega un momento en que no se produce una buena coagulación, ya que los coloides se reestabilizan.

Zona 4.- Al aumentar aún más la dosis, hasta producir una súper saturación se produce de nuevo una rápida precipitación de los coagulantes que hace un efecto de barrido, arrastrando en su descenso las partículas que conforman la turbiedad.

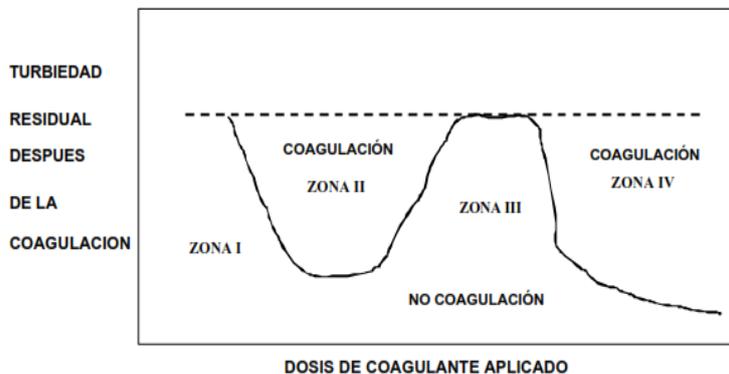


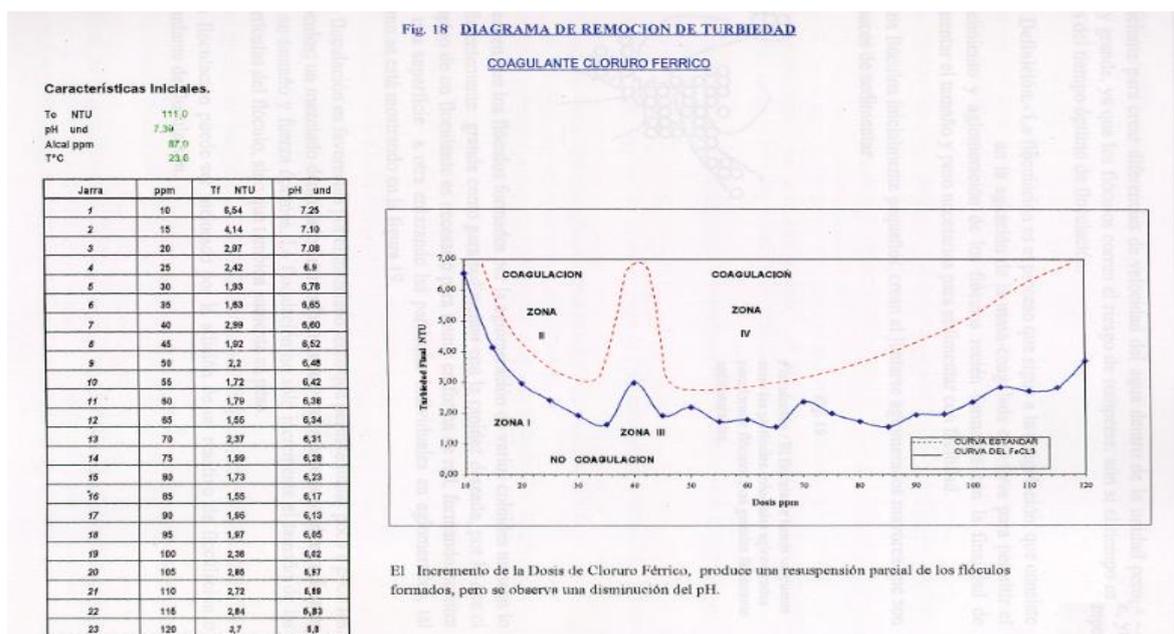
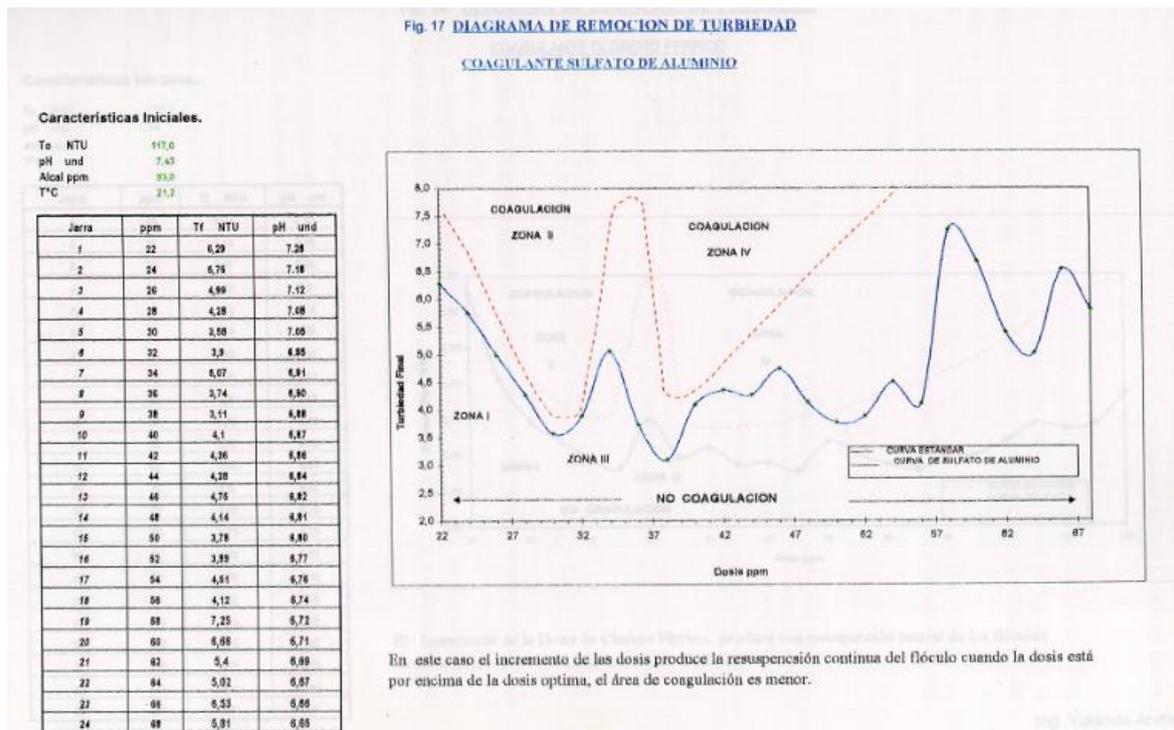
Fig. 16 Diagrama de Remoción de Turbiedad

En los gráficos 17 y 18, se observa, las 4 zonas para los coagulantes de Sulfato de Aluminio y Cloruro Férrico.

FLOCULACIÓN.

Objetivo de la Floculación.

En la segunda etapa de la mezcla que corresponde a una mezcla lenta tiene por objeto permitir los contactos entre los flóculos, la turbiedad y el color, la mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad pero no muy grande, ya que los flóculos corren el riesgo de romperse; aún si el tiempo es no más del tiempo óptimo de floculación.



Definición.

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.



Fig. 19

Floculación : El floculante tiende un puente entre las partículas coloidales aglomeradas para formar flóculos mas grandes fácilmente sedimentables.

Sucedan que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo que suficientemente grande como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados, tal como se está mostrando en la Figura 19.

La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso.

La floculación puede ser mejorada por la adición de un reactivo de floculación o ayudante de floculación.

Tipos de Floculación.

Hay 2 tipos de floculación:

Floculación Pericinética.

Está producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.

Floculación Ortocinética.

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética.

Parámetros de la Floculación.

Los parámetros que se caracterizan la floculación son los siguientes:

- Floculación Ortocinética (Se da por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica).
- Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- Número de colisiones (choque entre microflóculos).
- Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).
- Densidad y tamaño de floc.
- Volumen de lodos (los flóculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación).

Floculantes.

Los floculantes son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares muy elevados moléculas orgánicas solubles en agua formadas por bloques denominados monómeros, repetidos en cadenas larga.

Estos floculantes pueden ser de naturaleza: mineral, orgánico natural y orgánico de síntesis.

a) Floculantes Minerales.- Se encuentra la sílice activada, que es el primer floculante empleado, que debe ser preparado antes de emplear, su preparación es tan delicada y presenta el riesgo de la gelatinización; produce la neutralización parcial de la alcalinidad de silicato de sodio en solución. (Caso Atarjea en los años 70 – 80, se utilizó en el tratamiento de agua).

b) Floculantes Orgánicos Naturales. Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales.

Los alginatos, cuya estructura polimérica son:

- Los ácidos manuránicos y.
- Los ácidos glucónico.

c) Floculantes Orgánicos de Síntesis.- Son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros

sintéticos con masa molecular elevada de 106 a 107 gr/mol, estos se clasifican de acuerdo a la ionicidad de los polímeros:

- Aniónicos (generalmente copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico).
- Neutros o no iónicos (poliacrilamidas).
- Catiónicos (copolímero de acrilamidas + un monómero catiónico).

Planta de Agua La Atarjea.

Desde los años 80 se vienen utilizando polímeros:

Aniónico, en la etapa de pretatamiento para la reducción de la alta turbiedad presente durante los meses de verano. La dosis que se emplea fluctúa entre 0.3 a 0.8 p.p.m, siendo la cantidad máxima a emplear igual a 1.0 p.p.m.

Catiónico, utilizado como floculante en las unidades de Decantador de Manto de Lodos en dosis de 0.15 a 0.25 p.p.m., esta dosificación se realiza con la finalidad de mejorar la separación de los flóculos.

Aplicación práctica de los coagulantes y floculantes.

Requisitos Principales.

La aplicación de los coagulantes desde el punto de vista práctico en la operación de una Planta de Tratamiento, requieren de:

- Verificación del caudal de tratamiento.
- La dosificación de los productos químicos.
- El manejo de los Equipos / Aparatos de medida y los medios de medición.

Verificación del Caudal de Tratamiento.

Se deben considerar 2 aspectos fundamentales:

- Calibración del Equipo de Medición (caudalímetro; correntómetros; etc.)
- Ajuste de las Curvas de Calibración para el Punto de Medición y verificación de las curvas de medición para cada condición de flujo.

Dosificación de Productos Químicos.

a) Estados de Presentación Productos Químicos

a.1. Productos Químicos Sólidos.- Deben ser utilizados después de haber sido puestos en solución y pueden ser aplicados de las siguientes maneras:

° En Continuo: la dosis es calibrada por medio de un dosificador en seco del tipo volumétrico, la disolución se debe realizar dentro de un tanque de nivel constante provisto de un agitador (aplicación de Sulfato de Aluminio Granular; Sulfato de Cobre y Cal, en la Planta de La Atarjea).

° Por lotes o Batch: el operador prepara puntualmente una solución o una suspensión de cierta cantidad de producto y luego realiza la dosificación (aplicación de Polielectrolito catiónico en la Planta de la Atarjea).

Productos Líquidos: son utilizados puros o diluidos por medio de equipos de bombeo o por sistemas de gravedad (aplicación de Sulfato de Aluminio Solución y Cloruro Férrico, en la Planta de La Atarjea).

Aplicación de Productos Químicos.

La aplicación de productos químicos en la planta requiere de las siguientes precauciones fundamentales:

Concentración de las soluciones, se deben tener en cuenta los límites de solubilidad y la naturaleza del agua de dilución. No realizar diluciones sin control, ya que se produce la hidrólisis antes de la aplicación además de presentar dificultad en la determinación del consumo real de los productos químicos.

La dispersión, se debe realizar por un sistema de dispersión a fin de evitar la formación de los aglomerados que son difíciles de disolverse.

Agitación necesaria, para conseguir la mezcla completa de los productos químicos, en el caso de los polielectrolitos es recomendable agitar 30 minutos más después de haber sido preparado, requerido para el desarrollo completo de la cadena polimérica.

Medida de la Concentración de una Solución o Suspensión.

La utilización de un densímetro y la curva correspondiente entre la densidad y la concentración de la solución considerada, permite conocer la concentración real en el momento de la medición; en cada recepción del Sulfato de Aluminio Solución se mide la densidad de la solución (Planta La Atarjea).

Medida de Caudal Inyectado.

Si la aplicación del coagulante es por gravedad, la variación de la altura en el tanque de almacenamiento así como las pruebas de aforamiento permiten conocer rápidamente el caudal del producto químico aplicado.

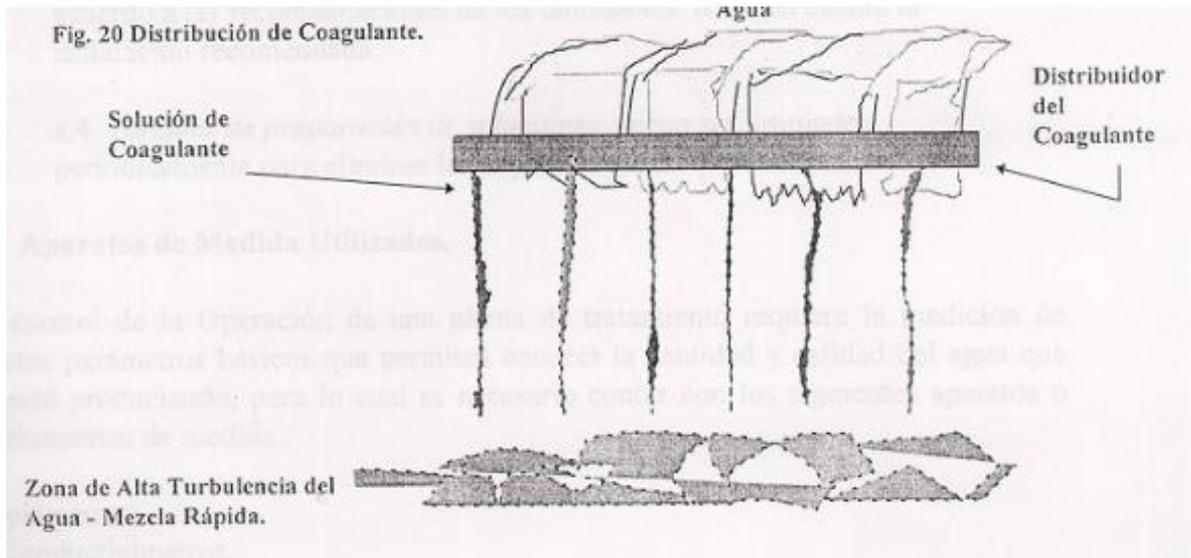
Si la aplicación es realizada por medio del sistema de bombeo, se debe verificar las curvas de calibración de las bombas, establecer dentro de las condiciones de concentración, viscosidad, presión para los cuales se pueden utilizar y deben ser verificados por las pruebas de aforamiento. Los siguientes dispositivos permiten realizar mejor el control de la dosificación:

° Un rotámetro, es utilizado para medir el volumen de agua de dilución.

° Un cronómetro y un recipiente graduado, son utilizados para las pruebas de aforamiento. La medida puede ser hecha sea en la descarga inmediata de la bomba o en el punto de aplicación.

Distribución del Coagulante en La Unidad de Mezcla Rápida.

La distribución de la solución debe ser uniforme en la mesa de agua, al mismo tiempo debe recibir igual cantidad del coagulante. (Fig. 20.)



Manejo de Equipos de Medida y Medios de Medición.

Equipos de Medida. Involucra a todos los medios de medición, patrones, materiales de referencia, aparatos auxiliares que son necesarios para realizar una medición.

Medio de Medición. Dispositivo destinado a realizar una medición, solo o en conjunto con otros dispositivos complementarios.

Equipos para la Aplicación de los Productos Químicos.

Para el buen funcionamiento de los equipos de distribución; la aplicación continua y conservación adecuada de los productos químicos, entre otros; condicionan el buen funcionamiento de la planta; su cuidado es una parte importante del trabajo del operador y de los responsables de la producción de agua; para lo cual se deben prestar atención a los siguientes puntos:

Stock de productos Químicos, La cantidad de los productos químicos disponibles deben ser, el mínimo requerido para la Operación continua de la planta, teniendo en cuenta: Importancia del producto; Procedencia: Nacional o Importación: Tiempo de Adquisición y Costos.

Todos los productos Químicos, deben ser almacenados en ambientes que tengan temperaturas requeridas para el producto considerando: naturaleza del producto sólido o líquido, vida útil, etc.

Bombas dosificadoras, se debe tener en cuenta las consignas de mantenimiento preventivo y de la limpieza periódica de las bombas, de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes tener en cuenta la instalación recomendadas.

Tanques de preparación de soluciones, deben ser limpiados periódicamente para eliminar los depósitos que se pueden formar.

Aparatos de Medida Utilizados.

El control de la Operación de una planta de tratamiento requiere la medición de ciertos parámetros básicos que permiten conocer la cantidad y calidad del agua que se está produciendo, para lo cual es necesario contar con los siguientes aparatos o instrumentos de medida:

- ° pH metros.
- ° Conductívimetros.
- ° Turbidímetros.
- ° Analizadores de Oxidantes residual (ejemplo cloro residual).
- ° Colorímetros.
- ° Caudalímetros.

La validez de la medida hechos por estos instrumentos, están en función de los siguientes factores:

- ° Condiciones de Instalación.
- ° Calibración y Verificación.
- ° Modo de Operación seguido para la medida.
- ° Estados de Mantenimiento requeridos.

Ensayos de “Pruebas de Jarra”

Las pruebas más representativas para determinar el comportamiento de los coagulantes y floculantes a escala pequeña es el Ensayo de “Prueba de Jarra”.

Definición.

Es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad deferentes.

Objetivo.

Determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como: selección del coagulante; selección del pH óptimo; gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción.

Materiales y Equipos Necesarios.

Agitador Múltiple o Floculador, equipo provisto de 6 agitadores planos; tiene como elementos adicionales vasos de 2 litros de capacidad, de forma cuadrada con una tubería de 4 mm de diámetro, para la extracción de muestra.

- ° Un Turbidímetros.

- ° Un pHmetro.
- ° Materiales necesarios para medir la alcalinidad.

Preparación de Solución de Coagulantes y Polielectrolitos para los Ensayos de Pruebas de Jarra.

El método que se describe a continuación es el que se utiliza en las Pruebas de Jarra que a diario realiza el:

Grupo de Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico; del Equipo de Operación y Mantenimiento de Plantas de la Gerencia de Producción de SEDAPAL.

Sulfato de Aluminio Solución al 10% (solución madre)

Se obtiene a partir de la muestra de Sulfato de Aluminio que se encuentra almacenado en los tanques; para la preparación se tiene en cuenta la densidad del Sulfato de Aluminio que es = 1.32 gr./c.c. Se toma 76 ml. de la muestra de Sulfato de aluminio y se coloca en una fiola de 1,000 ml. Y se procede a enrasar con agua Filtrada. Esta solución tiene una duración de 15 días; después del cual se desecha y se prepara otra nueva solución con el mismo procedimiento.

Esta solución debe ser conservada en un recipiente de color oscuro y debe tener una etiqueta en el que se indiquen: la concentración; fecha de preparación y fecha de vencimiento.

Sulfato de Aluminio Solución al 1%

Esta solución se obtendrá tomando una alícuota de 10 ml. de la solución Madre de sulfato de aluminio solución al 10 %, se coloca en una fiola de 100ml. luego se enrasa con agua filtrada, se agita y se deja reposar unos 5 minutos antes de utilizarla. Esta solución se prepara diariamente, la que es utilizada en las pruebas de jarra; la solución residual se desecha.

Sulfato de Aluminio Granular al 10 % (solución madre)

Se obtiene a partir de una muestra de Sulfato de Aluminio Granular que se encuentra en los almacenes de las Plantas; se pesa 10gr. De muestra de Sulfato de Aluminio granular, en una balanza analítica debidamente calibrada.

Se coloca en un recipiente y se procede a disolver con agua filtrada agitando vigorosamente; se coloca en una fiola de 100ml. y se enrasa con agua Filtrada. Esta solución tiene una duración de 15 días después del cuál es desechado.

Sulfato de Aluminio Granular al 1%

La Solución se obtendrá tomando una alícuota de 10ml. de la Solución Madre de Sulfato de Aluminio Granular al 10% y se coloca en una fiola de 100ml. luego se enrasa con agua filtrada, se agita y se deja reposar unos 5 minutos antes de utilizarla. Esta solución se preparará diariamente luego se desecha.

Cloruro Férrico 10 % (solución madre)

Se obtiene a partir de la muestra de Cloruro Férrico que se deposita en los tanques de almacenamiento de las plantas. Para la preparación se tendrá en cuenta la densidad del Cloruro Férrico que es =1.43 gr/cc.

Se toma 70ml. de la muestra de Cloruro Férrico y se coloca en una fiola de 1,000. Y se procede a enrasar con agua Filtrada. Esta Solución tendrá una duración de 15 días a los cuales se desecha y se prepara otra con el mismo procedimiento.

Cloruro Férrico 1%

La solución se obtendrá tomando una alícuota de 10 ml. de la Solución Madre de Cloruro Férrico al 10%; se coloca en una fiola de 100ml., luego se enrasa con agua filtrada, se agita y se deja reposar unos 5 minutos antes de utilizarla. Esta solución se prepara diariamente, que luego de ser utilizada se desecha.

Solución de Polímero Catiónico al 0.1%

La muestra se obtiene a partir de la muestra de Polímero Catiónico que se extrae de los cilindros almacenados en las Plantas. Se pesa en la Balanza Analítica 0.5 gr. De la muestra de Polímero y se coloca en un vaso con agua y se va agitando hasta obtener una solución uniforme; luego vaciar en la fiola de 500ml. y enrasar con agua Filtrada. De esta solución se toman los volúmenes a utilizar en las pruebas de jarras; el tiempo de conservación es no más de una semana.

Solución de Polímero Aniónico al 0.1 %

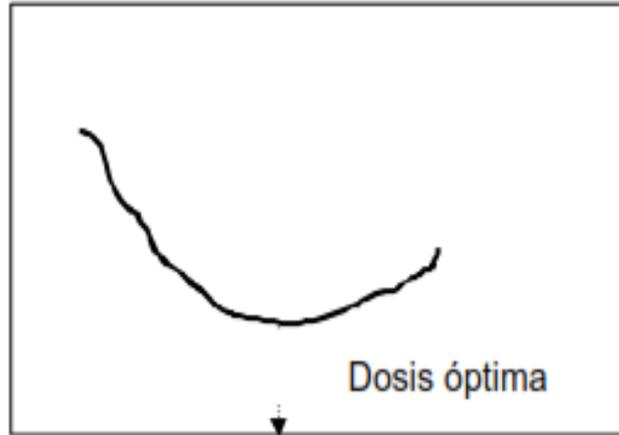
Se pesa en la Balanza Analítica 1gr. De la muestra de Polímero (extraída del punto de almacenamiento) y se coloca en un vaso con agua, se procede a disolver con agua filtrada utilizando un equipo de agitación magnética (en caso de no contar con este equipo se puede realizar manualmente) hasta que la solución se encuentre homogénea y luego se coloca en la fiola de 1000 ml., luego enrasa con agua filtrada. Esta Solución es la que se utiliza en los ensayos y tiene un tiempo de duración no mayor de 1 semana.

Obtención de Resultados.

Por lo general este ensayo se realiza para la determinación de la dosis óptima de los coagulantes y floculantes; donde los resultados de turbiedad obtenidos en las diferentes jarras para dosis variables de coagulantes son graficados; colocando los valores de turbiedad en el eje "Y" y la dosis en el eje "X".

La dosis óptima se obtiene en el punto de inflexión, que es el punto más bajo de la curva, tal como podemos observar en la siguiente Figura 21.

T R
ur e
b s
i i
e d
d u
a a
d l



NTU

DOSIS DE COAGULANTE p.p.m.

Desarrollo de las Pruebas de Jarras.

Las pruebas de jarra se realizan siguiente el procedimiento descrito en los Instructivos: GP-I-103; GP-I-105 y GP-I-106; que pueden ser empleados de acuerdo a la prueba que se desea realizar. Se encuentra en el anexo.

Estos instructivos son parte de la documentación del Sistema de Calidad del Proceso de Tratamiento de Agua de la Planta de La Atarjea ISO 9002. Se adjuntan en el anexo tanto el procedimiento, formatos y gráficos correspondientes.

Aplicación de la Dosis Óptima en la Planta

Con la dosis óptima obtenida en las pruebas de Jarra, se determina la cantidad del coagulante a aplicar en kg/hora.

Ejemplo de Aplicación Para el Cloruro Férrico.

Datos.

- Dosis de Coagulantes : 14 p.p.m. (o 14 gr./m³) de Cloruro Férrico.
- Densidad: 1.42 Kg./l.
- Caudal de Tratamiento: 8.5 m³/seg.

Cálculo.

- Cantidad requerida: Kg./hr. De Cloruro Férrico a ser utilizado en la Planta.
 $14 \text{ gr./m}^3 * 8.5 \text{ m}^3/\text{seg.} * 3600 \text{ seg./1000 gr.} = 428.4 \text{ Kg./Hr.}$
- Aforo de la Solución de Cloruro Férrico: 1/Hr.
 Densidad = Masa / Volumen.

Reemplazando los valores de densidad y masa (cantidad requerida); se obtiene el volumen de cloruro férrico a dosificador por cada hora.

$$\text{Entonces : } V_{\text{FeCl}_3} = \frac{428.4 \text{ Kg./Hr.}}{1.42 \text{ Kg./l.}} = 301.69 \text{ litros/hora}$$

$$\text{Por lo tanto: } \frac{301.69 \text{ litros}}{1 \text{ litro}} \text{ ----- } \frac{3600 \text{ seg.}}{X \text{ seg.}}$$

Aforo = 1 litro de Cloruro Férrico / 11.93
--

Con el aforo hallado se consigue aplicar la dosis de 14 p.p.m, de Cloruro Férrico, para el caudal de tratamiento de 8.5 m³/seg.

Bibliografía.

- Lyonnaise des Eaux – Dumez, “Tratamiento de Agua”, 1985.
- F. Edeline. “Tratamiento Físicoquímico del Agua”, 1990.
- Raymond Desjardins “Tratamiento del Agua”, 1992.
- Copias y Experiencias del Expositor en la Planta de Tratamiento de Agua de Lima de SEDAPAL, desde 1982 a la fecha.

Criterio de diseño para el dimensionamiento de unidades de mezcla rápida.

Los mezcladores tienen como objetivo la dispersión instantánea del coagulante ante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta dispersión debe ser lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación. La coagulación es el proceso más importante en una planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema. No importa que los demás procesos siguientes sean muy eficientes; si la coagulación es defectuosa, la eficiencia final del sistema es baja.

La eficiencia de la coagulación depende de la dosificación y de la mezcla rápida. En la unidad de mezcla la aplicación del coagulante debe ser constante y distribuirse de manera uniforme en toda la sección. Debe existir una fuerte turbulencia para que la mezcla del coagulante y la masa de agua se dé en forma instantánea.

La mezcla rápida puede realizarse aprovechando la turbulencia provocada por dispositivos hidráulicos o mecánicos.

Parámetros generales de diseño.

- La intensidad de agitación, medida a través del gradiente de velocidad, puede variar de 700 a 1.300 s⁻¹

O bien de 3.000 a 5.000 s⁻¹ según el tipo de unidad seleccionada.

- El tiempo de retención puede variar de décimas de segundos a siete segundos, dependiendo de la concentración de coloides en el agua por tratar y del tipo de unidad seleccionada. De la concentración de coloides presente en el agua dependerá el tipo de mecanismo de coagulación resultante; esto es:

Alta concentración de coloides → mecanismo de absorción o de neutralización de cargas. Baja concentración de coloides → mecanismo de barrido.

Unidades hidráulicas.

Entre los mezcladores de este tipo se pueden citar, entre los más utilizados por su simplicidad y eficiencia, los siguientes:

- Canales con cambio de pendiente o rampas.
- Canaletas Parshall.
- Vertederos rectangulares y triangulares.
- Difusores.
- Inyectores.

En los tres primeros mezcladores la turbulencia que ocasiona la mezcla es producida por la generación de un resalto hidráulico que causa un gradiente de velocidad de alrededor de 1.000 s^{-1}

Estas unidades tienen la ventaja de que, además, involucran la medición del caudal de ingreso a la planta.

Las unidades de resalto hidráulico son adecuadas para todo tipo de aguas; es decir, tanto para las que coagulan por el mecanismo de absorción o neutralización de carga como para las de barrido. Para las aguas que coagulan por el mecanismo de barrido, son adecuados todos los tipos de mezcladores, inclusive los Retromezcladores, porque en este caso, para que el mecanismo de barrido se produzca, son más importantes las condiciones químicas (dosis de coagulante) que los parámetros de mezcla.

En los difusores e inyectores se obtiene una eficiencia similar a la conseguida en las unidades de resalto hidráulico, pero con menores gradientes de velocidad; esto es, con menor disipación de energía durante el proceso. Esto se debe a que la homogeneización coagulante-masa de agua en estas unidades se consigue como consecuencia de la gran cantidad de puntos de aplicación del coagulante antes que de la agitación de la masa de agua.

Otros tipos de mezcladores de patente como las denominadas unidades de mezcla en línea requieren gradientes de velocidad mayores, normalmente entre 3.000 y 5.000 s^{-1}

La canaleta Parshall es adecuada exclusivamente para plantas de medianas a grandes ($Q \geq 500 \text{ L/s}$). El canal con cambio de pendiente se adecúa a cualquier rango de caudal, y los vertederos rectangular y triangular solo a caudales pequeños; el último, preferiblemente a caudales menores de 30 L/s .

Mezcladores de resalto hidráulico.

Estas unidades son especialmente adecuadas para aguas que la mayor parte del tiempo están coagulando mediante el mecanismo de adsorción; es decir, aguas que presentan alta concentración de coloides.

Los tipos más frecuentes tienen la ventaja de servir de unidades de medición de caudal y de unidades de mezcla rápida, por lo cual son muy populares (ver figura 2-1).

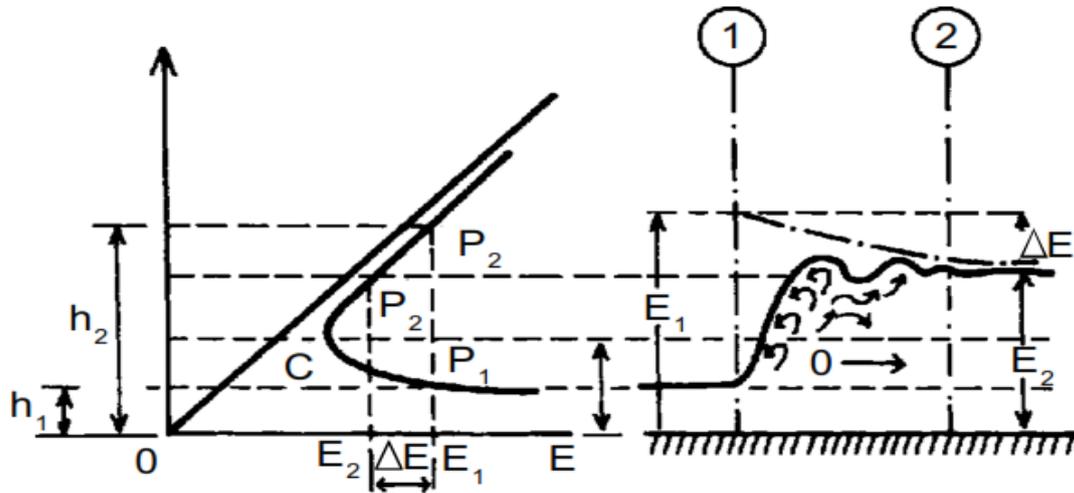


Figura 2-1. Resalto hidráulico (2)

1. Parámetros de diseño.

- 1.1. Gradientes de velocidad entre 700 y 1.300 s y tiempos de retención menores de un segundo.
- 1.2. Números de Froude (F) variables entre 4,5 y 9,0 para conseguir un salto estable, con excepción de la canaleta Parshall, que funciona mejor con números de Froude entre 2 y 3.
- 1.3. El coagulante debe aplicarse en el punto de mayor turbulencia (inicio del resalto), en forma constante y distribuido de manera uniforme en toda la masa de agua.

2. Criterios para el dimensionamiento.

- 2.1. Se supone que h_1 es igual a d_1 (figura 2-2).

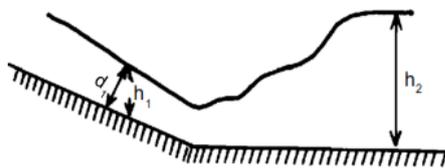


Figura 2-2. Descripción esquemática del criterio asumido (2)

- 2.2. Las alturas de agua antes (h_1) y después del resalto (h_2) deben satisfacer la siguiente ecuación:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + 8F^2} - 1 \right] \quad \text{Donde: } F = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} \quad \text{y } v_1 \text{ es la velocidad en la sección.}$$

2.3. Los tipos más frecuentes tienen la ventaja de servir como unidades de medición de caudal y como unidades de mezcla rápida.

2.4. La energía hidráulica disipada o pérdida de carga se puede calcular en la longitud (L) del resalto, mediante la fórmula de Belanger:

$$h_p = (h_2 - h_1)^3 / 4h_1h_2$$

2.5. La longitud de resalto mediante la fórmula de Smetana:

$$L = 6(h_2 - h_1)$$

2.6. Gradiente de velocidad (G) producido:

$$G = \left[\frac{\gamma Q h_p}{\mu \nabla} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ o bien } G = \left[\frac{\gamma}{\mu} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{h_p}{T} \right]^{\frac{1}{2}}$$

2.7. Tiempo de mezcla (T):

$$T = \frac{2L}{v_1 + v_2}$$

Donde:

$$\gamma = \text{peso específico del agua } \frac{kg}{m^3}$$

μ = coeficiente de viscosidad absoluta

Q = caudal m^3/s

h_p = pérdida de carga m

∇ = volumen comprendido entre las secciones 1 y 2

V_1 = velocidad del agua en la sección 1

V_2 = velocidad del agua en la sección 2

El cuadro 2-1 presenta los valores de $\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$ para diferentes temperaturas:

Cuadro 2-1. Valores de $\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$ (I)

Temperatura (°C)	$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$
0	2.336,94
4	2.501,56
10	2.736,53
15	2.920,01
20	3.114,64
25	3.266,96

3. Modelos de comprobación.

Canal rectangular con cambio de pendiente o rampa Un cambio de pendiente en un canal es uno de los medios más simples de producir un salto hidráulico con fines de mezcla. Para comprobar si se están produciendo los valores recomendados de gradiente de velocidad y tiempo de retención una vez asumida la geometría del canal, es necesario calcular las alturas y velocidades conjuga da s en las secciones (1) y (2) de la figura 2-3.

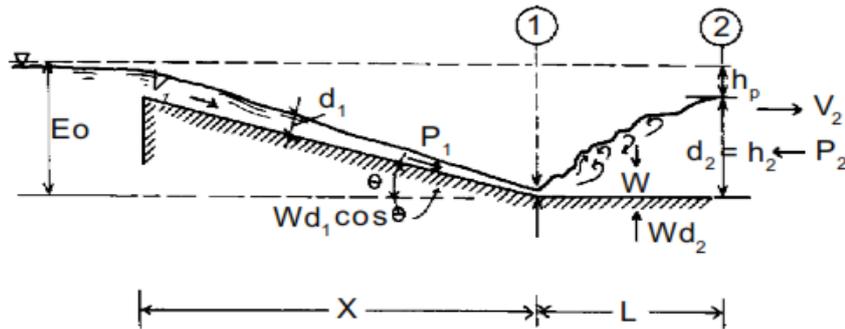


Figura 2-3. Canal rectangular con cambio de pendiente (2)