

**ESTUDIO TÉCNICO DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE QUÍMICOS EN
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE GECELCA S.A ESP -
CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE LA GUAJIRA.**

KELY MARGARITA ESCORCIA ROJAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2012

**ESTUDIO TÉCNICO DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE QUÍMICOS EN
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE GECELCA S.A ESP -
CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE LA GUAJIRA.**

KELY MARGARITA ESCORCIA ROJAS

**Trabajo de Grado en la Modalidad de Práctica Empresarial Para Optar el
Título de Ingeniero Químico**

Director

Dionisio Laverde Cataño

Ing. Metalúrgico PhD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Co-director

Carlos Benavides Restrepo

Gerente de producción

GECELCA S.A ESP-CENTRAL TERMOGUAJIRA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2012

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi compañía, mi apoyo y mi guía en todos los caminos de la vida.

A la hermosa familia que Dios me ha regalado que me apoya, cree en mis capacidades y está presente en todos los proyectos que emprendo. En especial a mis padres, tíos y a mis bellos hermanitos Luchi y Andrés -mis compañías de siempre-.

A los amigos que siempre han estado ahí sin importar el clima que tenga el camino.

Y finalmente, a todos aquellos que han contribuido de una u otra forma a la finalización de este proyecto en mi vida.

Inmensamente agradecida con ustedes, hoy les dedico este trabajo en respuesta a todo lo que han hecho por mí.

*Con cariño,
Kely Margarita*

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a:

El PhD. Dionisio Laverde Cataño, Director de la Escuela de Ingeniería Química, por todo el apoyo, conocimientos, ideas y consejos que me ha brindado durante el desarrollo de este proyecto y en general durante la carrera.

A todos los profesores de la escuela de ingeniería química, que han contribuido a mi formación integral como Ingeniera.

Al ingeniero Carlos A. Benavides Restrepo, Gerente de Producción en Gecelca S.A ESP-Central TEG, por las contribuciones que hicieron posible el desarrollo de este proyecto y por todo el apoyo y confianza profesional brindada, que hicieron de esta, una de las mejores experiencias en el ámbito de mi carrera.

A los ingenieros Industriales Enrique Gutiérrez y Víctor Peralta, al ingeniero de Turno Cesar Villarreal y a la Ingeniera de Sistemas TEG Diana Guerrero por todas las contribuciones durante el periodo de prácticas.

A la ingeniera Química Dora Rosales y a todo el grupo de trabajo del área química en especial a Manuel Ávila, Numas Mejía, Samuel Rosado y Alfredo Ruíz.

Al grupo de turno B Gecelca, siempre dispuesto a aportar lo que estaba a su alcance para contribuir al desarrollo de este trabajo. En especial a Darwin, Jonathan y Jorge Amaya.

CONTENIDO

pág.

0. INTRODUCCIÓN	16
1. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA	18
1.1. GENERALIDADES.....	18
1.2. COAGULACIÓN/FLOCULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA	19
1.3. DESINFECCIÓN DE AGUA CON HIPOCLORITO DE SODIO	20
2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	22
3. RESULTADOS Y ANALISIS.....	25
3.1. SISTEMA DE COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN: PRUEBAS DE JARRA	25
3.1.1. <i>Sulfato de Al tipo A</i>	25
Determinación de dosis óptima	25
Determinación de pH óptimo	26
Determinación de concentración óptima.....	27
Parámetros de floculación	28
• Pruebas de agitación estándar	28
• Pruebas de agitación mixta	29

3.1.2. <i>Análisis con otras sustancias químicas</i>	31
Determinación de dosis óptima	31
Determinación de pH óptimo	33
Determinación de concentración óptima.....	34
3.2. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO.....	37
3.2.1. <i>Estado actual del sistema de desinfección</i>	37
3.2.2. <i>Resultados de análisis microbiológicos</i>	39
3.2.3. <i>Alternativas de solución a la problemática microbiana</i>	40
Seguimiento de los parámetros químicos asociados a la dosificación	40
Mejoras de tipo operativo	40
3.2.4. <i>Propuesta</i>	41
4. CONCLUSIONES	43
5. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFIA	45
ANEXOS	46

LISTA DE TABLAS

pág.

TABLA I. MATERIALES Y EQUIPOS PARA PRUEBAS DE JARRAS	23
TABLA II. PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y EVALUACIÓN DE AGENTES	36

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1: ESQUEMA GENERAL DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO.....	18
FIGURA 2: METODOLOGÍA USADA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO	22
FIGURA 3: EFECTO DE LA DOSIS DE SULFATO DE AL TIPO A SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA.....	26
FIGURA 4: EFECTO DEL PH DE OPERACIÓN SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA USANDO SULFATO DE AL TIPO A	27
FIGURA 5: EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE SULFATO DE AL TIPO A SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA	28
FIGURA 6: EFECTO DE LA VELOCIDAD Y TIEMPO DE AGITACIÓN SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA.....	28
FIGURA 7: EFECTO DE LA VELOCIDAD Y TIEMPO DE AGITACIÓN SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA.....	29
FIGURA 8: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE AGITACIÓN COMBINADA EN EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA.....	30
FIGURA 9: EFECTO DE LOS MODELOS DE AGITACIÓN SOBRE LA TURBIEDAD RESIDUAL DEL AGUA TRATADA.....	31

FIGURA 10: EFECTO DE LA DOSIS DE COAGULANTE AGREGADO SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA.....	32
FIGURA 11: EFECTO DEL PH DE OPERACIÓN SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA PARA DIFERENTES AGENTES	33
FIGURA 12: EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN SOBRE EL % DE TURBIEDAD REMOVIDA PARA DIFERENTES AGENTES	34
FIGURA 13: CONFIGURACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE NACLO	38
FIGURA 14: EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE CONSUMO.....	39

LISTA DE ANEXOS

pág.

ANEXO A: ESQUEMA GENERAL DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO EN GECELCA S.A ESP, CENTRAL TERMOGUAJIRA.....	46
ANEXO B: PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE JARRA	47
ANEXO C: RESULTADOS DE PRUEBAS DE JARRA PARA ETAPA DE CLARIFICACIÓN	54
ANEXO D: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AGENTES CLARIFICADORES USADOS EN LAS PRUEBAS DE JARRA.....	65
ANEXO E: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE EN PUNTOS DE CONSUMO DE GECELCA S.A ESP	79
ANEXO F: DIAGRAMAS DE MEJORAS OPERATIVAS PROPUESTAS PARA EL SISTEMA DE DESINFECCIÓN CON NACLO	93
ANEXO G: RESOLUCIONES Y NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS DE INTERÉS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	95

GLOSARIO

CLARIFICACIÓN: proceso a partir del cual se remueve la materia orgánica, la turbidez y el color del agua. Comprende a su vez dos procesos conocidos como coagulación y floculación. Para su ejecución en plantas de tratamiento de agua requiere como mínimo de un agente químico que contribuya a la desestabilización del material suspendido en el.

PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE TURBIEDAD: también denominado porcentaje total de remoción, es la eficiencia de remoción de turbiedad de un agente químico; su magnitud depende de la relación entre la turbiedad final o residual y la turbiedad inicial del agua tratada.

TURBIEDAD RESIDUAL: turbiedad remanente en el agua después de realizado el proceso de clarificación. Algunas veces se denomina turbiedad final.

RESUMEN

TITULO:

ESTUDIO TÉCNICO DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE QUÍMICOS EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE GECELCA S.A ESP -CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE LA GUAJIRA*

AUTOR: Kely Margarita Escorcia Rojas**

PALABRAS CLAVES: Agua potable, Clarificación, Desinfección con NaClO, Pruebas de jarra, Sulfato de Al tipo A, agitación mixta.

DESCRIPCIÓN:

Obtener agua apta para el consumo humano, es el objetivo de la línea de tratamiento de agua potable de la Generadora y Comercializadora de Energía Eléctrica del Caribe, GECELCA-Central Termoguajira. Sin embargo, el producto que se obtiene actualmente no está cumpliendo con las características organolépticas establecidas por la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia.

Un análisis del proceso evidencia problemas operativos en los sistemas de tratamientos con químicos: clarificación con sulfato de Al tipo A y desinfección con NaClO. Los problemas operativos podrían estar asociados a parámetros de dosificación del producto químico o bien a parámetros de carácter técnico. Para identificar la(s) causa(s) de estos problemas se aborda una metodología para cada sistema de tratamiento: en el caso del sistema de clarificación se realizaron pruebas de jarras para definir parámetros de dosificación y porcentaje de remoción a diferentes agentes clarificantes (incluyendo el sulfato de Al tipo A) Además se realizaron pruebas de agitación para el sulfato de aluminio tipo A, con las cuales no solo se buscaban obtener parámetros de agitación como velocidad y tiempo óptimo, sino también evaluar la influencia del modelo de agitación en la eficiencia del proceso.

En el sistema de desinfección, las propiedades del NaClO no permiten obtener resultados confiables al aplicar las pruebas de jarras. El estudio de este sistema se realiza desarrollando un análisis de las condiciones actuales de instalación y operación del sistema de dosificación de NaClO.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se formularon alternativas de solución orientadas a garantizar un mejor funcionamiento de estas etapas y por ende agua de mejor calidad para el consumo.

* *Proyecto de grado*

** *Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Dionisio Laverde Cataño. Co-director: Carlos Benavides Restrepo.*

ABSTRACT

TITLE:

TECHNICAL STUDY OF SYSTEMS INJECTION OF CHEMICALS IN WATER TREATMENT PLANT DRINKING GECELCA SA ESP-CENTRAL THERMAL OF GUAJIRA *

AUTOR: Kely Margarita Escorcía Rojas **

KEYWORDS: Water drinking, clarification, NaClO disinfection, Jar test, Aluminum sulfate type A, combined agitation.

DESCRIPCIÓN:

Obtain water to human consumption is the objective of the drinking water treatment line in GECELCA S.A ESP-Central Thermal of Guajira. However, the product obtained is not satisfying with the organoleptic characteristics established by *Resolución 2115 de 2007 Del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia*.

An analysis about the process indicates some problems at the systems chemical treatment: clarification with Aluminum sulfate type A and NaClO disinfection. Operational problems may be related to dosing parameters or technical parameters. To detect the cause(s) about this problems, discusses a methodology for each treatment system: at the clarification system were doing jar tests to determine dosing parameters and removal percentages for different clearers agents (including Aluminum sulfate type A). Besides stirring tests were carried out for aluminum sulfate type A, which not only sought to obtain parameters such as stirring speed and time optimal, but also to evaluate the influence of stirring model of process efficiency.

At the system disinfection, NaClO proprieties do not allow reliable results when applying the jar tests. So, the study about system is done by developing an analysis of current conditions of installation and operation of NaClO dosing system.

Considering the results obtained alternatives solutions were formulated to assure a better functioning of these phase and therefore better quality water for consumption.

* *Degree Project*

** *Physicalchemical Engineering Faculty. Chemical Engineering Department. Director: Dionisio Laverde Cataño. Co-director: Carlos Benavides Restrepo.*

0. INTRODUCCIÓN

GECELCA S.A. ESP es una empresa generadora de energía, propietaria de la Central Termoeléctrica de La Guajira, ubicada en el corregimiento de Mingueo en Dibulla (La Guajira). Esta cuenta con una planta de tratamiento de agua que se encarga de abastecer no solo a las fases del proceso en donde fuere necesario su suministro (ciclo de generación de energía), sino también la demanda de consumo de agua por parte del cuerpo de empleados (agua de servicio y potable).. Sin embargo, el agua de consumo producida no cumple con todas las características organolépticas establecidas por la ley¹. Esta situación suscita el desarrollo y formulación de estrategias de ingeniería que permitan garantizar la calidad del servicio.

En orden de identificar la etapa de proceso responsable de la baja calidad del agua, se ha analizado la operación del sistema de tratamiento de agua potable, el cual comprende distintas etapas divididas de acuerdo a su naturaleza. Los tratamientos físicos (captación, desarenado y almacenamiento) se realizan de forma habitual, por lo cual no se consideran causantes de la baja calidad del agua. Sin embargo, las etapas de tratamientos químicos (coagulación-floculación e hipocloración) han sufrido variaciones en sus condiciones de operación, hecho que pudo influir sobre las características finales del producto.

La etapa de coagulación-floculación se realiza a través de una dosificación de solución de sulfato de aluminio tipo A (20 ppm, 1.7 % de Al_2O_3). Paralela a esta dosificación se inyectaba una solución de álcali (20 ppm, 7 % de NaOH) que actuaba como controlador de pH. Desde hace algunos años la planta ha funcionado sin dicha dosificación y con la misma concentración de solución de sulfato de aluminio tipo A. Actualmente, la empresa no se encuentra en disposición de instalar nuevamente la unidad dosificadora de álcali o bien realizar

¹ Resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo- Territorio de la República de Colombia. Disponible en anexo G.

una dosificación simultanea de dos agentes químicos para la clarificación, motivo por el cual se hace necesaria la búsqueda de una solución alternativa a esta problemática.

La etapa de desinfección con solución de Hipoclorito de sodio (NaClO) también ha presentado algunos cambios en los últimos años. De un sistema de inyección operado manualmente se ha pasado a uno completamente automático que no ha dado los resultados esperados después de instalado, pues no garantiza los niveles de cloro libre mínimos para el agua de consumo.

El objetivo de este proyecto es identificar las dificultades de operación de estas etapas y establecer a través de diferentes análisis, las condiciones de operación más favorables, que permitan obtener un producto que cumpla con las condiciones establecidas por la normatividad para agua de consumo.

Objetivos

Objetivo general

Realizar un estudio técnico de los sistemas de inyección de químicos en planta de tratamiento de agua de Gecelca S.A ESP, -Central Termoguajira- para identificar estrategias y alternativas de solución que permitan garantizar la calidad del agua de consumo.

Objetivos específicos

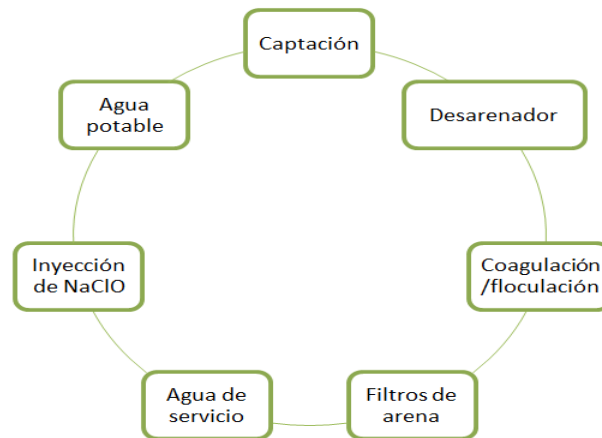
- Comparar la eficiencia de remoción del sulfato de Al tipo A con la de otros agentes coagulantes principales para garantizar que realmente sigue siendo válido su uso en planta.
- Evaluar el efecto de la agitación en dos etapas en el proceso de clarificación.
- Evaluar la capacidad de desinfección del sistema de dosificación actual de NaClO en la línea de agua potable.

1. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

1.1. GENERALIDADES

La complejidad del proceso de tratamiento del agua depende de la calidad de agua que se va a tratar y de la necesidad que se quiera satisfacer con la misma. Un esquema general de las operaciones unitarias asociadas al proceso de tratamiento de agua para consumo se muestra en la figura 1.

Figura 1: Esquema general de tratamiento de agua de consumo



- *Captación*: el agua se succiona de la fuente usando bombas que impulsan el fluido a las líneas de tubería que lo conducen hasta la unidad desarenadora.
- *Desarenado*: en esta etapa se disminuye la velocidad del agua para favorecer el decantado de sólidos fácilmente sedimentables como la arena, grava, entre otros.
- *Coagulación/ floculación*: con esta etapa se busca convertir los sólidos poco o difícilmente sedimentables en sedimentables. Para ello es necesario

realizar una inyección de agente floculante que contribuya a darle mayor peso molecular a estos sólidos y por ende puedan decantarse.

- *Filtración:* el agua pasa a través de unos filtros de arena para eliminar los sólidos más finos que no han logrado decantarse y algunos “flocs” que han quedado suspendidos.
- *Inyección de NaClO:* después de filtrada, el agua se conduce a una línea que contendrá el agua potable. Para ello, se inyecta solución de hipoclorito de sodio a esta línea de flujo, efectuando la desinfección.

El anexo A muestra el esquema general de tratamiento de agua potable que actualmente se implementa en Gecelca S.A ESP.

Dada la problemática que existe actualmente con los sistemas de inyección de químicos, el estudio se centrará en estas etapas del proceso.

1.2. COAGULACIÓN/FLOCULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA

La coagulación es el proceso de desestabilización química que se produce en el agua como respuesta a la dosificación de un agente coagulante, favoreciendo la aglomeración del material suspendido no sedimentable y partículas coloidales del agua, al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas.

Aunque es un proceso muy eficaz, una mala ejecución del mismo puede generar gastos elevados en el tratamiento, conducir a una degradación rápida del agua entre otros. Existen muchos factores que influyen en el desarrollo de este proceso, entre los más importantes se encuentran:

- pH
- Turbiedad
- Dosis de coagulante
- Mezcla

Después de la coagulación se realiza el proceso de *floculación*: un proceso de agitación más lento y largo que el realizado en el proceso de coagulación, necesario para promover la aglomeración de los flóculos que se han formado, contribuyendo al aumento de su peso y tamaño, facilitando de esta forma la sedimentación.

Cuando se requieren tratamientos de agua rigurosos, se hace necesario adicionar un agente coagulante y otro floculante, sin embargo, en algunos casos, dada la calidad del agua captada, se puede necesitar solo un agente coagulante que cumple la función de ambas sustancias.

1.3. DESINFECCIÓN DE AGUA CON HIPOCLORITO DE SODIO

Cuando el hipoclorito de sodio entra en contacto con el agua, se producen una serie de reacciones cuyos productos son el ácido hipocloroso HClO y el ion hipoclorito ClO⁻ denominados agentes activos para la desinfección. Su efectividad depende de una serie de factores, tales como:

- Tiempo de contacto
- Concentración
- Temperatura
- Número de microorganismos
- Tipo de microorganismos
- Naturaleza del líquido suspendido
- pH del líquido suspendido

Este último, es uno de los más importantes, pues es el factor determinante de las reacciones que ocurren cuando el hipoclorito entra en contacto con el

agua, produciendo derivados activos como el ácido hipocloroso (HOCl) y el ion hipoclorito (ClO⁻):

- Hidrólisis de NaClO: $NaClO + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH$
- Disociación de ácido hipocloroso : $HOCl \rightarrow OCl^- + H^+$

El ácido hipocloroso (HOCl) es un ácido débil, por lo que la reacción de disociación es afectada por la concentración de iones hidronio en el agua (pH del agua): si la concentración de iones H⁺ es baja, la reacción se favorece para formar ion hipoclorito ClO⁻. A concentraciones relativamente altas de iones H⁺, la reacción se ve favorecida en sentido inverso, inhibiendo la disociación del ácido.

Desde el marco de la desinfección, el mayor interés es obtener mayor concentración de ácido hipocloroso, por tener un poder desinfectante mayor al del ion hipoclorito.

Como el ácido hipocloroso tiene un potencial de oxidación mayor que el del ion hipocloroso, la eficiencia bactericida es mayor a bajos valores de pH, por ende a menor pH, mayor eficiencia en la desinfección.

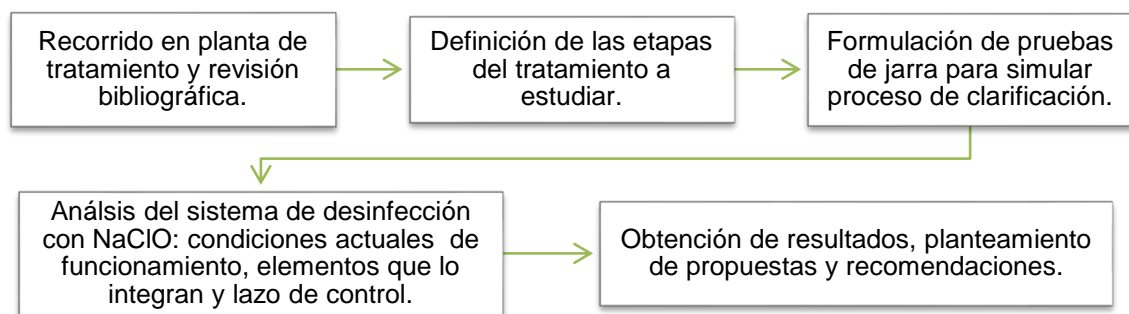
La dosificación de NaClO puede realizarse de varias formas: automática, semiautomática o completamente manual. La opción elegida para su dosificación debe garantizar como mínimo:

- Un suministro adecuado y permanente de NaClO.
- Control continuo, eficiente y exacto de la dosificación.
- Mezcla continua y completa del cloro dosificado como NaClO con el agua a tratar.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología usada para desarrollar el estudio y evaluación técnica de los sistemas de inyección de químicos en Planta de tratamiento de Agua de Gecelca S.A ESP, se muestra en la figura 2.

Figura 2: Metodología usada para el desarrollo del estudio



Inicialmente se busca conocer la metodología del proceso de tratamiento de agua de consumo en Planta. Para ello se realizaron recorridos con apoyo del personal encargado del área. Paralelo a esto, se inició una revisión bibliográfica para conocer las particularidades de cada una de las etapas y la influencia de los diferentes factores a evaluar sobre el proceso.

Teniendo en cuenta lo anterior, el estudio se enfocó a las etapas del tratamiento que involucran dosificación de sustancias químicas como son la clarificación y la desinfección, por ser etapas que presentan fallas en su operación causadas en gran medida por cambios técnicos-operativos que se han realizado en los últimos años.

La eficiencia de estas etapas está ligada a la dosificación de sustancias químicas, es por ello que se hace necesario encontrar un método que permita estudiar y

evaluar los parámetros de dosificación a escala laboratorio: en el caso de la desinfección con NaClO, realizar una simulación en laboratorio no garantiza resultados confiables por las propiedades del cloro. Sin embargo, la etapa de clarificación que comprende dos fenómenos- coagulación y floculación- permite la realización de las denominadas pruebas de jarra: simulación a escala piloto que permite evaluar parámetros como dosis (ppm), pH, % de concentración, tiempo y velocidad de agitación para obtener un mayor porcentaje de clarificación del agua del proceso. Adicionalmente se tomaban mediciones de temperatura, dureza y conductividad por ser factores importantes en la ejecución del proceso y en la calidad del agua obtenida. La metodología para el desarrollo de estas pruebas se presenta en el anexo B.

En primer lugar se realizaron las pruebas con sulfato de Al tipo A, con el objetivo de definir las condiciones de dosificación y corregir las actualmente implementadas (en el caso en que fueran diferentes). Por otra parte, se analizó el efecto del modelo de agitación sobre la eficiencia de esta parte del proceso.

Los materiales y equipos requeridos para la realización de las pruebas se especifican en la tabla I.

Tabla I. Materiales y equipos para pruebas de jarras

Tipo	Especificación	Descripción
Equipos	Aparato de pruebas de jarras, JAR TESTER, Izusu	Consta de 6 agitadores continuos y 6 jarras de 1 L
	Agitador magnético	-----
	Turbidímetro Hach 2100N	Equipo y set de calibración
	pH-metro Hach	Equipo y set de calibración
	Balanza digital	-----
	Cronómetro	-----
Reactivos (agentes, muestras y soluciones)	Sulfato de aluminio tipo A	Reactivo sólido
	Policloruro de Al PAC 15	Reactivo líquido
	Hidroxiclورو de Al ACH	Reactivo líquido
	Poliacrilamida cationica NOVA C-310	Reactivo sólido
	Poliacrilamida aniónica NOVA A-410	Reactivo sólido
	Poliacrilamida mezcla (no ionico) NOVA N-510	Reactivo sólido
	Muestras de agua cruda (Río Cañas)	Agua cruda
	Soluciones de NaOH y HCl	Concentraciones < 2%
Otros	Vasos de precipitado	600 ml, 300 ml, 50 ml
	Balones aforados	200 ml, 500 ml
	Vidrio reloj	-----
	Espátulas	-----
	Probetas	10 ml, 50 ml, 500 ml
	Pipeta graduada-con succión	Tensette Pipet model 19700-10 Hach

Además de los análisis con sulfato de aluminio, se realizaron pruebas con otros agentes químicos para evaluar a través del rendimiento la validez del uso del sulfato de Al en planta.

Las calibraciones de los equipos asociados, se realizaban de acuerdo a los protocolos manejados por la empresa. La calibración del pH-metro se realizaba todos los días antes de iniciar la jornada de análisis. En cuanto al turbidímetro Hach las calibraciones se realizaban de acuerdo a las lecturas del equipo con respecto a un set de geles de verificación con turbiedades definidas. Si las lecturas no eran las correctas o bien el equipo no lograba estabilizarse, se hacía necesario calibrar el equipo. Para ello, se preparaban soluciones de *formazin*^(*), cuyas concentraciones especificadas en el manual de operación correspondían a valores de turbiedad específicos y se pasaban por el equipo ejecutando el proceso de calibración programado en el mismo.

La siguiente fase del estudio se enfocó al sistema de inyección con NaClO. En primer lugar se debían conocer las condiciones a las cuales llegaba el agua a los diferentes puntos de consumo. Para ello, empresas asociadas a Gecelca S.A ESP realizaron análisis microbiológicos y fisicoquímicos al agua. De acuerdo a estos resultados, se inicia el estudio realizando un análisis detallado del sistema (dosificación, puntos de inyección, recorrido del agua desinfectada, modo de inyección) y de los elementos que actualmente hacen parte del mismo. Teniendo en cuenta todo lo anterior y la revisión bibliográfica realizada en la primera parte, se identificaron algunas deficiencias en el proceso y se formularon propuestas de mejora.

Al final, se plantearon algunas recomendaciones para procurar un mejor funcionamiento de estas etapas en el proceso tratamiento de agua de Gecelca-Termoguajira.

^(*)Reactivo usado como estándar de calibración para Turbidímetro 2100N Hach

3. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1. SISTEMA DE COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN: PRUEBAS DE JARRA

La sensibilidad del proceso de clarificación a diferentes variables no permite establecer patrones de comportamiento. Para establecerlos, se requieren realizar pruebas a intervalos más pequeños en cada caso estudiado, con las cuales se pueda obtener un registro estadístico más exacto para este proceso. Por ende, en este estudio no resulta apropiado asociar los resultados por líneas de tendencia.

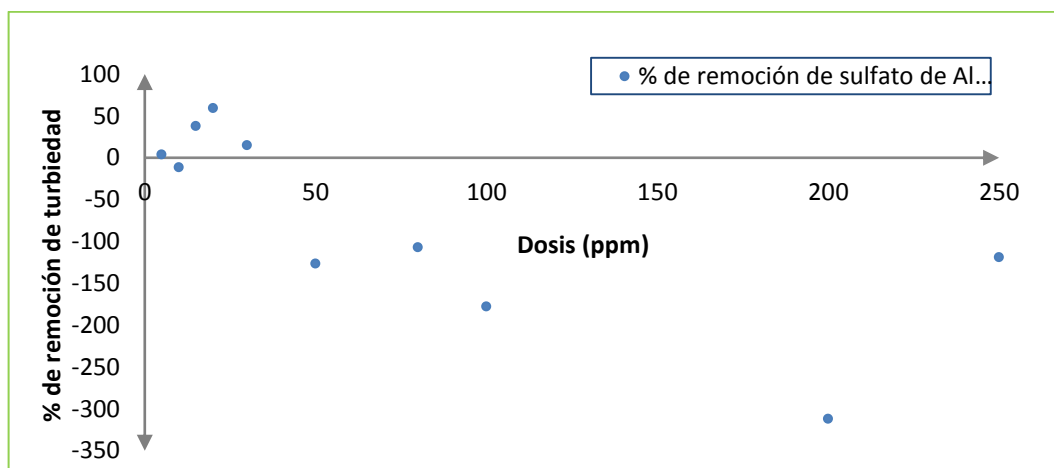
Los valores numéricos que soportan los resultados que se muestran a continuación, se encuentran disponibles en el anexo C.

3.1.1. *Sulfato de Al tipo A*

Determinación de dosis óptima

Inicialmente se realizaron ensayos en un amplio rango, para conocer en forma general las dosificaciones más favorables. Los resultados obtenidos durante la experimentación se representan en la figura 3. De acuerdo con estos, las dosificaciones más bajas de sulfato de Al resultaron más favorables para remover la turbiedad del agua. A medida que se aumenta la dosificación, el agente coagulante empieza a ejercer el efecto contrario a la función para la cual fue adicionado al proceso: cuando se agregan cantidades superiores a las requeridas, el agente se queda suspendido en el agua, aumentando su turbiedad; si la turbiedad final es mayor que la inicial el porcentaje de turbiedad removida es negativo, lo que en términos prácticos se traduce en un proceso de clarificación deficiente.

Figura 3: Efecto de la dosis de Sulfato de Al tipo A sobre el % de turbiedad removida



Los ensayos finales realizados a dosificaciones más pequeñas^(*) permiten concluir que la dosis más favorable para el caso del sulfato de Al es 20 ppm. El % de remoción de dureza por su parte, se mantuvo constante a bajas dosificaciones.

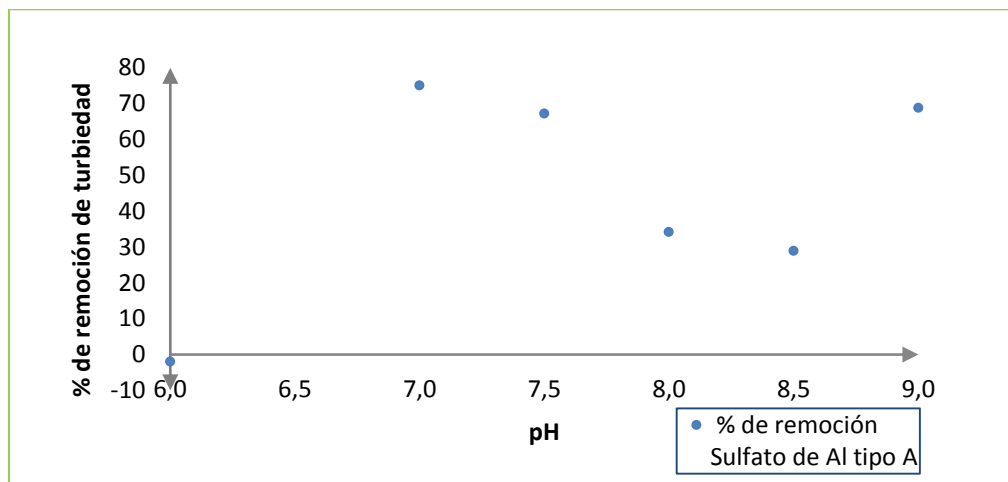
Determinación de pH óptimo

De acuerdo a los resultados que se muestran en la figura 4, la clarificación se ve favorecida a pH superiores a 7.0; no obstante pH entre 8.0-8.5 no se consideran puntos favorables de operación, pues produjeron turbiedades residuales mayores, reflejadas en bajos % de remoción. Teniendo en cuenta los resultados, es evidente que el pH más favorable fue 7.0

La alcalinidad se mantuvo en 30 mg/l CaCO₃ durante toda la experimentación.

^(*) Los resultados de los análisis se encuentran en la sección C.1 del anexo C.

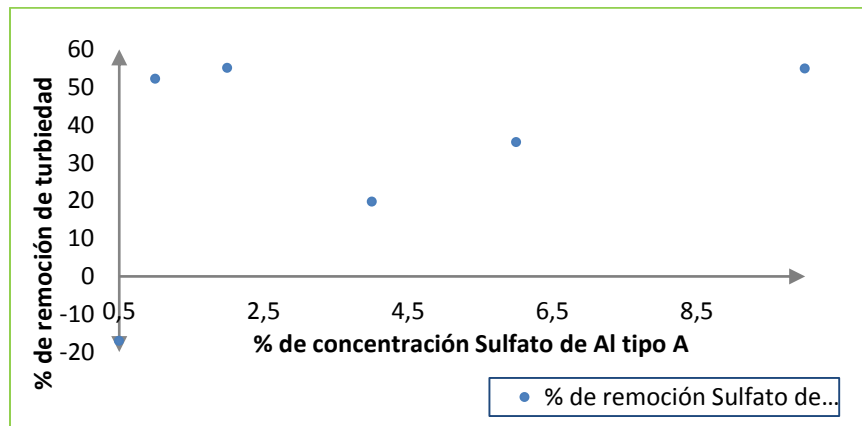
Figura 4: Efecto del pH de operación sobre el % de turbiedad removida usando Sulfato de Al tipo A



Determinación de concentración óptima

De acuerdo a los resultados (ver figura 5), se encontraron tres puntos favorables de concentración: 1%, 2% y 10%, siendo 2 % la concentración más adecuada. Sin embargo, teniendo en cuenta los costos de operación y la pequeña variación en el % de remoción obtenido a 1% y 2% de concentración, resulta más conveniente manejar una concentración de 1%.

Figura 5: Efecto de la concentración de la solución de Sulfato de Al tipo A sobre el % de turbiedad removida

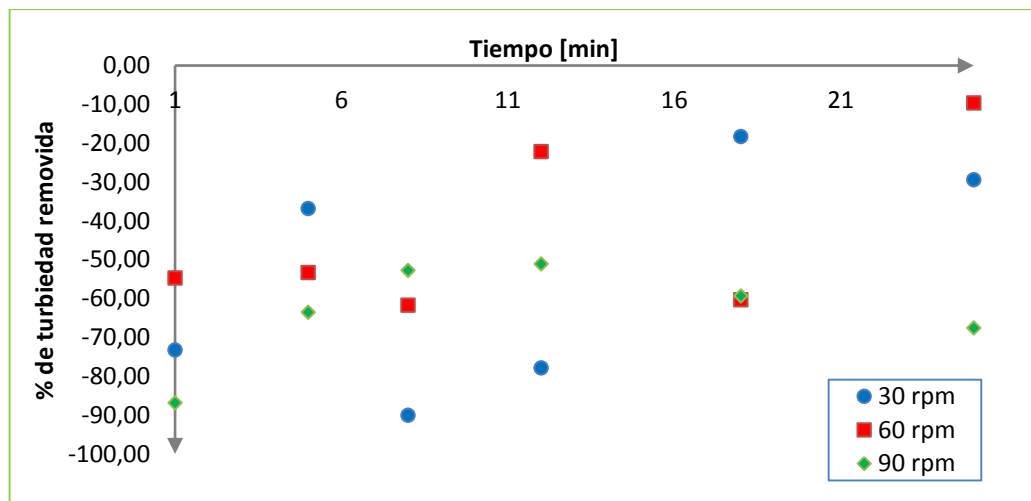


Parámetros de floculación

• Pruebas de agitación estándar

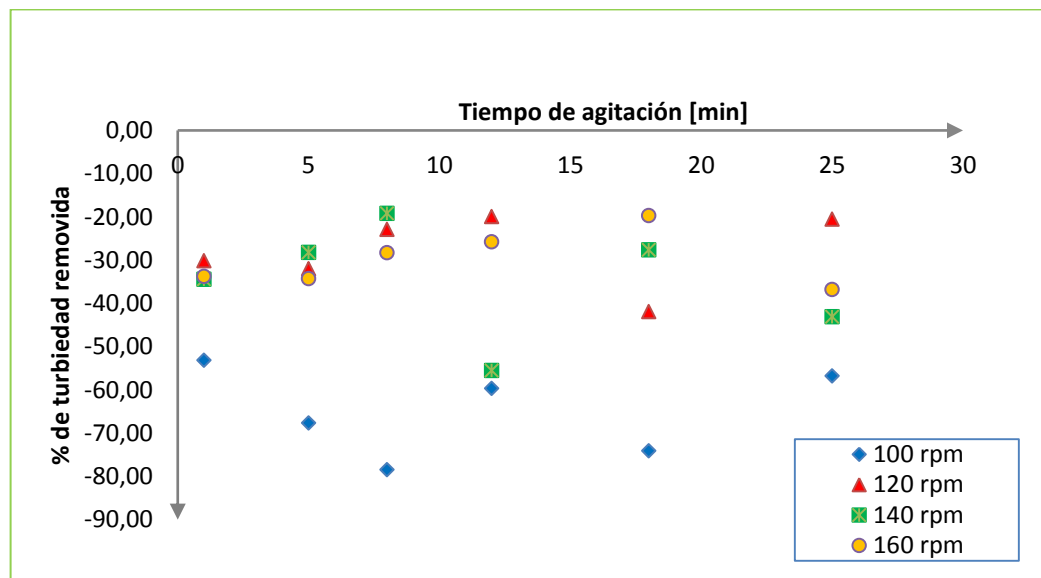
Velocidades entre 30 y 90 rpm muestra algunos puntos favorables a 30 y 60 rpm de acuerdo a lo presentado en la figura 6, pues a 90 rpm los % de remoción oscilan entre -50 y -87% aproximadamente.

Figura 6: Efecto de la velocidad y tiempo de agitación sobre el % de turbiedad removida



Al realizar ensayos a velocidades más altas se observaron resultados más favorables (ver figura 7), pero se siguen presentando % de remoción negativos. Aún así, los mejores resultados se obtuvieron para una velocidad de 120 rpm y tiempo de agitación de 12 minutos.

Figura 7: Efecto de la velocidad y tiempo de agitación sobre el % de turbiedad removida



- *Pruebas de agitación mixta*

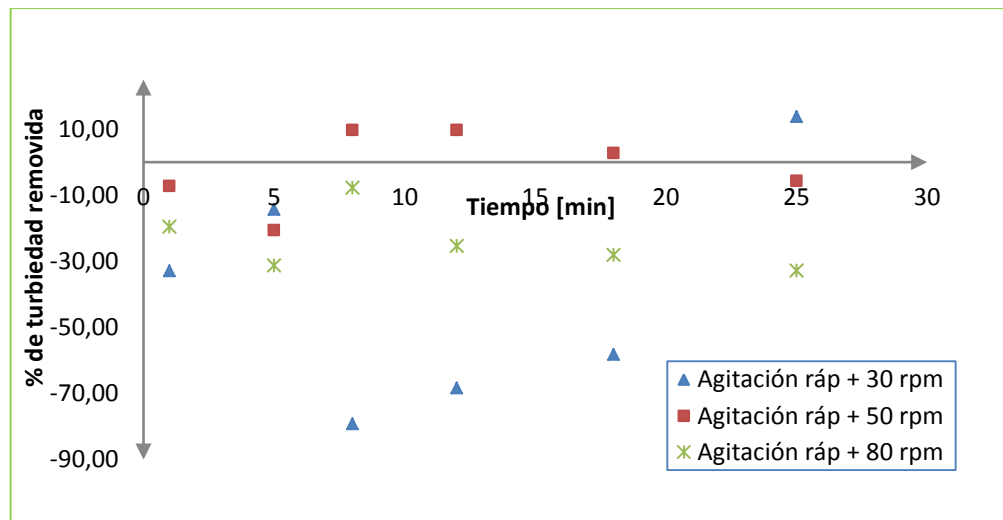
Fase 1: Agitación rápida

Teniendo en cuenta que el rango de operación del equipo de jarras va de 0 rpm a 160 rpm, se asumen como velocidades de agitación rápida el rango comprendido entre 120 rpm-160 rpm. Al analizar los resultados obtenidos en este rango (ver figura 7) el punto más favorable fue 120 rpm que deben ejecutarse por un tiempo de 12 minutos.

Fase 2: Agitación lenta

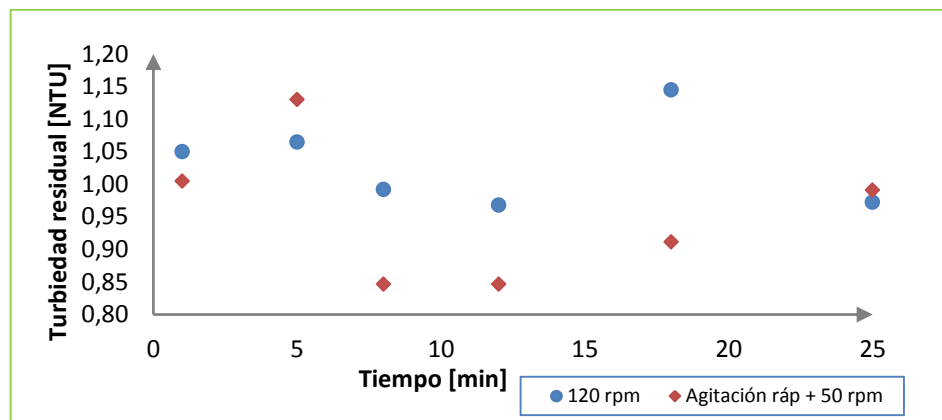
Para esta fase se realizaron los montajes de las jarras teniendo en cuenta los resultados de agitación rápida. Como era de esperarse, la eficiencia de remoción es mayor cuando se hace una agitación combinada: de acuerdo a los resultados presentados en la figura 8 los comportamientos más favorables se obtuvieron para velocidades de agitación lenta entre 50-80 rpm. Analizando los resultados obtenidos, a 50 rpm y 8 minutos de agitación se encuentra el comportamiento más apropiado, estimándose como el parámetro de agitación lenta.

Figura 8: Evaluación del efecto de agitación combinada en el % de turbiedad removida



Al comparar el mejor resultado obtenido en la prueba de agitación estándar con el de agitación mixta (figura 9) se observa claramente que los niveles de turbiedad obtenidos cuando se realiza la agitación mixta son inferiores a los de agitación estándar después de aproximadamente seis minutos de agitación. En forma general, el rendimiento de la etapa de coagulación-floculación es superior cuando se opera en agitación mixta.

Figura 9: Efecto de los modelos de agitación sobre la turbiedad residual del agua tratada



3.1.2. Análisis con otras sustancias químicas

Además de las pruebas con sulfato de Al anteriormente expuestas, se realizaron ensayos de jarras con otros agentes clarificantes como sustancias electrolíticas no iónicas (N-510), aniónicas (A-410) y catiónicas (C-310), además de Policloruro de Al (PAC-15) e Hidroxicloruro de Al (ACH). En estos ensayos solo se evaluaron parámetros químicos (dosis, pH, % concentración) pues el objetivo era determinar la viabilidad operacional de estas sustancias.

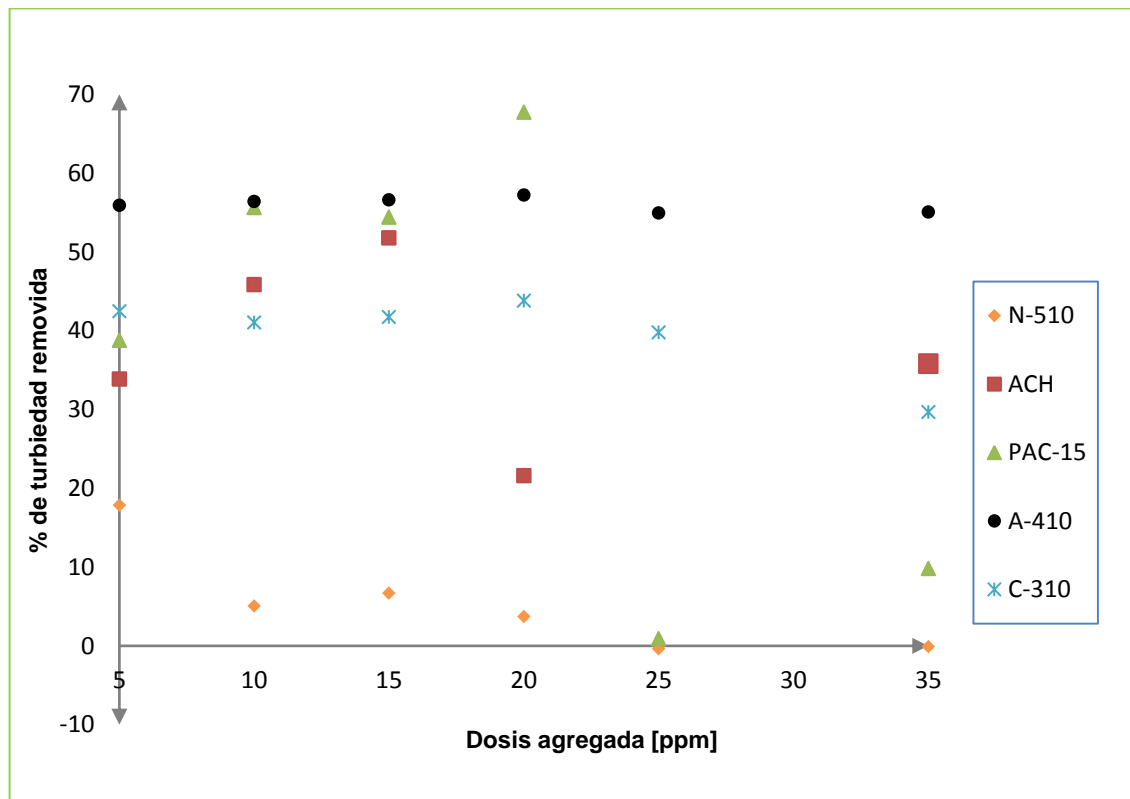
Determinación de dosis óptima

Electrolito no iónico N-510: de acuerdo a los resultados representados en la figura 10, el agente logra desestabilizar las partículas en suspensión a pequeñas dosis. Empero, si se continúa incrementando la dosificación llega un momento en el que no se produce una buena coagulación como consecuencia de la re-estabilización de los coloides. La dosis más favorable para el electrolito no iónico N-510 fue 5 ppm.

Electrolito aniónico A-410 y Electrolito catiónico C-310: los resultados de los ensayos muestran la efectividad de estos agentes al desestabilizar los coloides a dosificaciones pequeñas; cuando las dosificaciones analizadas

fueron mayores a 20 ppm, la eficiencia de la coagulación disminuyó, sobretodo para el caso del electrolito catiónico C-310. De acuerdo a lo observado, se concluye para ambos casos que 20 ppm es el punto más favorable de dosificación.

Figura 10: Efecto de la dosis de coagulante agregado sobre el % de turbiedad removida



Hidroxiclорuro de Al (ACH): según los resultados (ver figura 10) los mejores efectos de clarificación se logran a dosificaciones iguales o inferiores a 15 ppm; sin embargo, aunque 10 y 15 ppm son las más favorables, no resultan convenientes desde el punto de vista de la descalcificación del agua: el agua se logra descalcificar hasta en un 33 %. Así, resulta apropiado elegir 5 ppm como la dosificación mas apropiada al usar este agente.

Policloruro de Al (PAC-15): de acuerdo a los resultados graficados, no resulta favorable establecer dosis mayores a 25 ppm para este agente. Las remociones más favorables se evidenciaron entre 5 y 20 ppm; sin embargo, a dosificaciones de 15 y 20 ppm el agua sufre descalcificaciones de hasta el 38 % aproximadamente. Así, la dosis más favorable es 10 ppm.

Determinación de pH óptimo

Electrolito no iónico N-510: de acuerdo a los resultados obtenidos, representados en la figura 11, a pH ácidos el comportamiento es bastante homogéneo. Para lograr altas remociones se debe mantener el pH de operación entre 8.0 y 8.5: el más favorable fue aproximadamente 8.5.

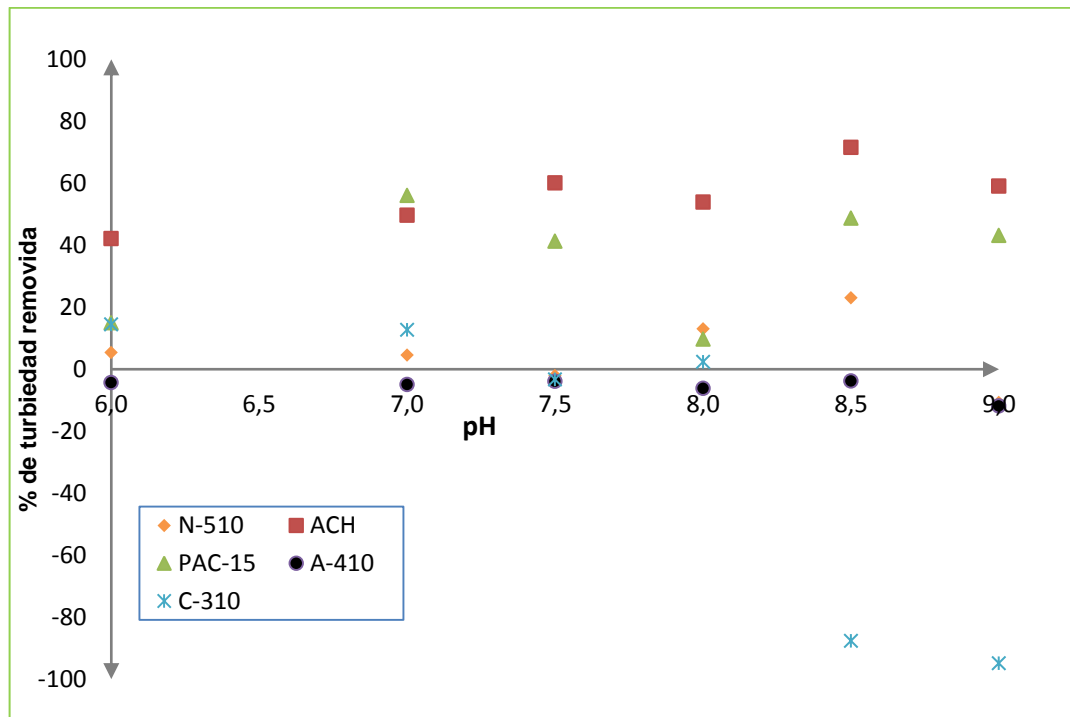
Electrolito aniónico A-410: al analizar los resultados, los % de remoción negativos son el reflejo de que a ningún nivel de pH se favoreció el proceso de clarificación, hecho que lo convierte en una opción completamente descartada para su uso en planta Termoguajira.

Electrolito catiónico C-310: su operación se ve favorecida a pH ácidos comprendidos entre 6.0 y 7.0. De acuerdo a los resultados (ver figura 11), el pH más conveniente es 6.0; sin embargo, la temperatura de operación en planta normalmente es de aproximadamente 25 °C. Teniendo en cuenta la influencia que tiene la temperatura sobre el proceso y los resultados obtenidos del control de temperatura (*), se elige como pH favorable 7.0.

Hidroxiclورو de Al: los resultados obtenidos (ver figura 11) muestran que el pH más favorable es 8.5. Las variaciones alrededor de este punto pueden considerarse poco riesgosas para la operación en planta, lo que significa que, aunque se presenten pequeñas variaciones alrededor del pH más favorable, se garantizan altos porcentajes de remoción.

(*) Los datos de temperatura y más especificaciones sobre estos análisis se encuentran en el anexo C, sección C.5.

Figura 11: Efecto del pH de operación sobre el % de turbiedad removida para diferentes agentes

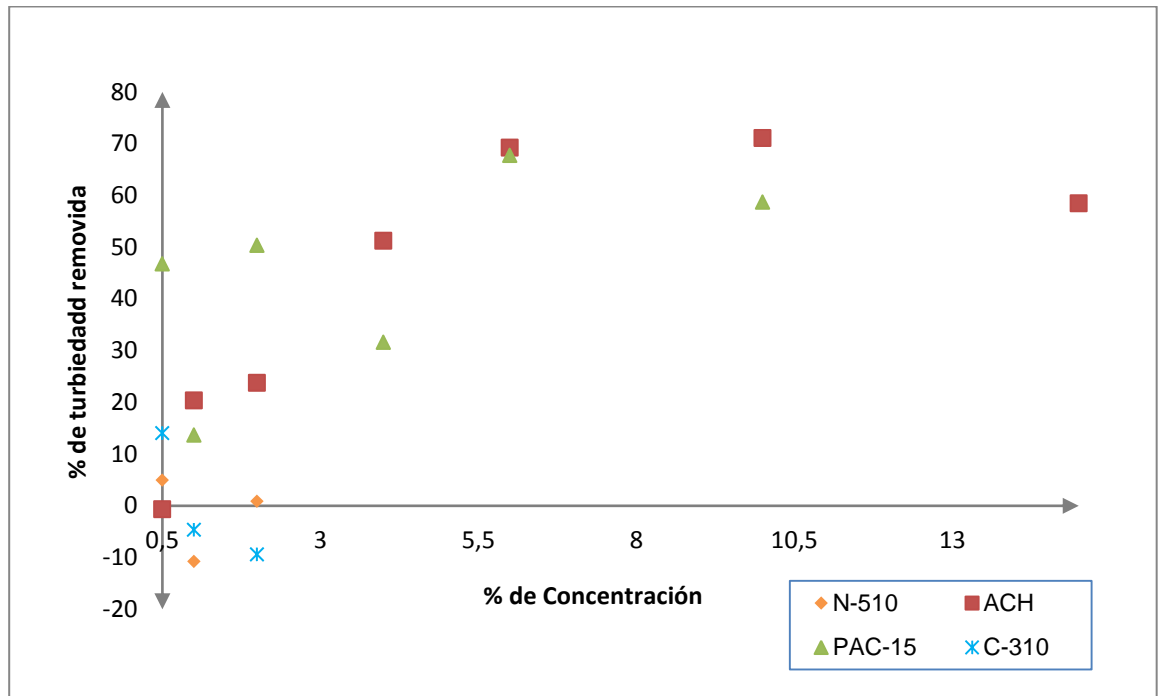


Policloruro de Al: este agente puede operar a pH comprendidos entre 6.5 y 7.5 y a pH básicos comprendidos entre 8.5 y 9.0. Sin embargo, para el caso del agua tratada y de acuerdo a las condiciones de operación, resulta más conveniente el primer rango. Los mejores resultados de remoción se obtuvieron a pH 7.0 (ver figura 11).

Determinación de concentración óptima

Electrolito no iónico N-510: los resultados representados en la figura 12 muestran que en este caso, es mejor trabajar a bajas concentraciones de agente coagulante. De acuerdo a los resultados, la concentración más favorable es 0,5 %.

Figura 12: Efecto de la concentración de la solución sobre el % de turbiedad removida para diferentes agentes



Electrolito aniónico A-410: dada la viscosidad que maneja este polielectrolito en solución (aun a 1%) se hace imposible la preparación de soluciones a concentraciones superiores y la manipulación de la solución al 1% para preparar una con una concentración menor. Teniendo en cuenta esto y los resultados obtenidos en las anteriores pruebas (poco favorables), no se realizó el análisis de concentración para esta sustancia.

Electrolito catiónico C-310: según lo observado en la figura 12, el agente muestra un comportamiento satisfactorio a concentraciones inferiores a 0,8 % aproximadamente. Así, el % de concentración más favorable es 0,5 %.

Hidroxiclورو de Al: las mejores concentraciones de operación se encuentran entre el rango de 6 al 10 %: los resultados obtenidos muestran que la concentración más conveniente es de 10 %. Dicho valor es bueno teniendo en

cuenta el comportamiento que tiene el agente a concentraciones próximas: el agente maneja un rango de turbiedad residual poco variable entre 5 y 15 %.

Policloruro de Al: al observar el comportamiento de este agente (figura 12) es evidente el comportamiento altamente variable a medida que se aumenta la concentración. No obstante, es evidente que los mejores % de remoción se presentan a concentraciones superiores a 4 %. Siendo 6 % el % de concentración más conveniente.

Una síntesis de los resultados obtenidos se muestra en la tabla II. De acuerdo a las condiciones de operación es evidente que los mejores resultados se obtuvieron para el Hidroxicloruro y Policloruro de aluminio, no obstante, los costos operativos del agua a tratar se triplican con respecto a los generados al usar Sulfato de Al tipo A.

Tabla II. Parámetros de operación y evaluación de agentes

Agente coagulante	Parámetros de operación				Evaluación de costos				Adicional
	Dosis [ppm]	pH	% de concentración	% de remoción	Kg requerido por jarra	Costo unitario (\$/kg + IVA)	Kg requerido en operación real	Costo operación a volumen real	
Sulfato de Al tipo A	20	7,0	1,0	52,2*	2,0E-05	945	1,2	1134	si
Hidroxicloruro de Al	5	7,5	10,0	71,0	5,0E-05	1270	3,0	3810	si
Policloruro de Al	10	7,0	6,0	67,7	6,0E-05	1200	3,6	4320	si
polielectrolito A-410	20	ND	ND	ND	1,0E-05	13500	0,6	8100	ND
polielectrolito C-310	10	ND	0,5	14,0	5,0E-06	15500	0,3	4650	ND
polielectrolito N-510	5	8,5	0,5	5,0	2,5E-05	16800	1,5	25200	si**

ND: no se logra definir

Volumen de clarificador 70 m3
 Flujo de agua a clarificador 60 m3/h
 Flujo bomba dosificadora de sln alumbre 240 ml/min

*maximo 55 si se trabaja al 2%

** la adición requerida es mucho mayor

En este estudio es importante tener en cuenta el nivel de lodos generados durante el proceso para poder evaluar completamente los costos operativos: entre mayor sea el porcentaje de alúmina mayor será la cantidad de lodo obtenido. Sin embargo, este costo a nivel de pruebas de jarra no se puede evaluar dadas las características del agua.

Teniendo en cuenta las características especificadas por el proveedor (ver anexo D) y los resultados obtenidos en las pruebas de jarras, el Hidroxicloruro y Policloruro de Al garantizan mayor estabilidad en el pH gracias a su alta relación de basicidad, hecho que se convierte en una ventaja operativa de estos agentes frente al sulfato de Al que maneja mayor inestabilidad en el pH.

3.2. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO

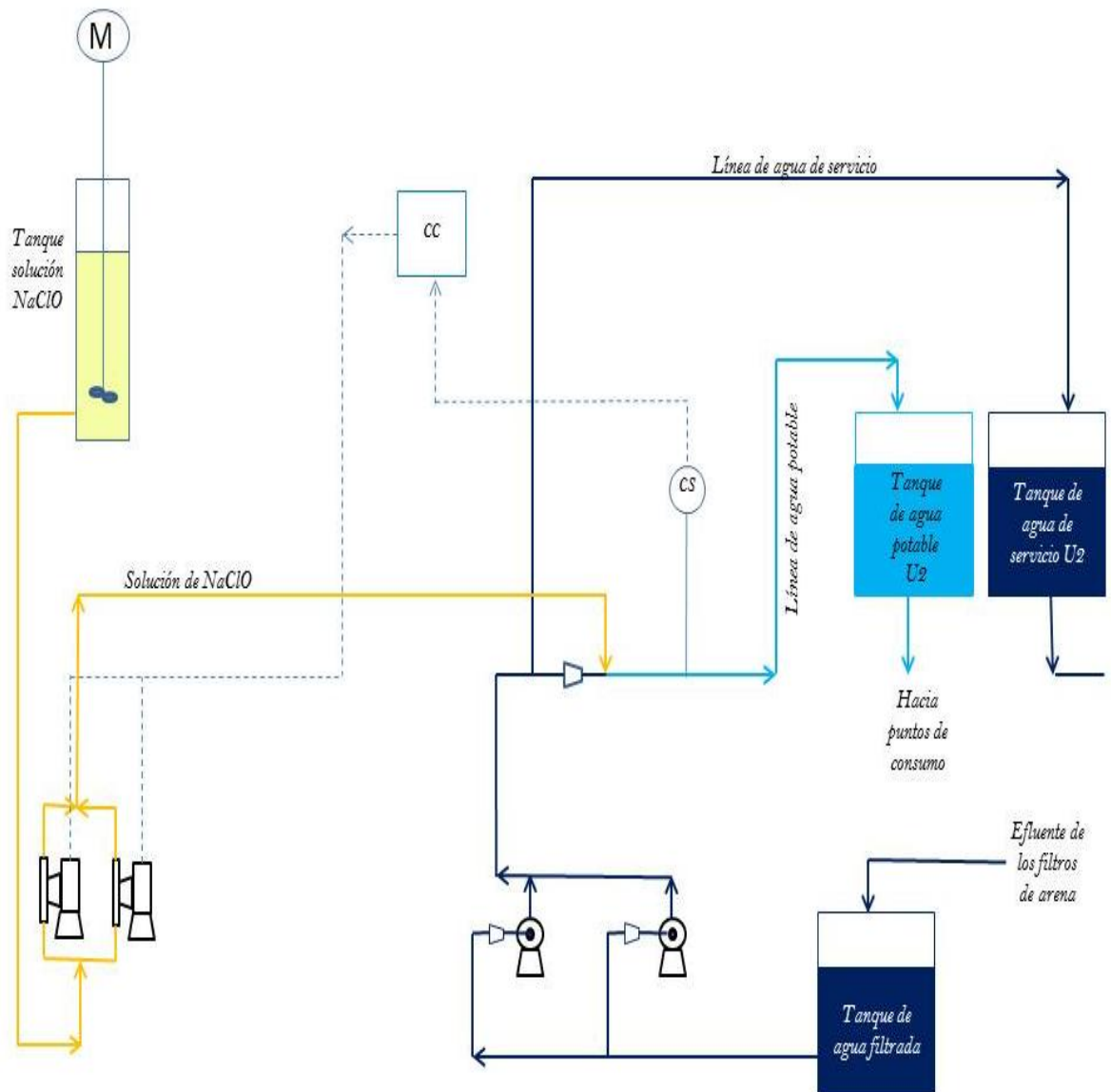
3.2.1. Estado actual del sistema de desinfección

El sistema de desinfección con NaClO que actualmente funciona en Planta Termoguajira se muestra en la figura 13: el proceso parte de un tanque de almacenamiento donde se prepara la solución de NaClO, que se impulsa hasta el punto de inyección. El agua en circulación recibe la inyección y a 12 metros de ese punto se toma una muestra de agua y se conduce hacia la estación de cloro total donde se evalúa el cloro libre. El sensor- transmisor envía la señal al controlador y este envía la decisión a las bombas dosificadoras para ajustar la concentración de cloro libre. Posteriormente, el agua potable circula por un prolongado tramo de tubería para llegar a almacenarse al tanque de agua potable U2 y luego ser distribuida a los diferentes puntos de consumo.

Después de esta etapa de tratamiento se espera obtener agua de buena calidad. Sin embargo, el cuerpo de empleados normalmente emite quejas sobre el sabor y apariencia del agua además de las molestias presentadas a

nivel de la salud. De acuerdo con esto, se hizo necesario realizar análisis fisicoquímicos-microbianos al agua de consumo suministrada por la planta para comprobar la existencia de contenido microbiano y al mismo tiempo conocer las condiciones y el nivel de riesgo del agua.

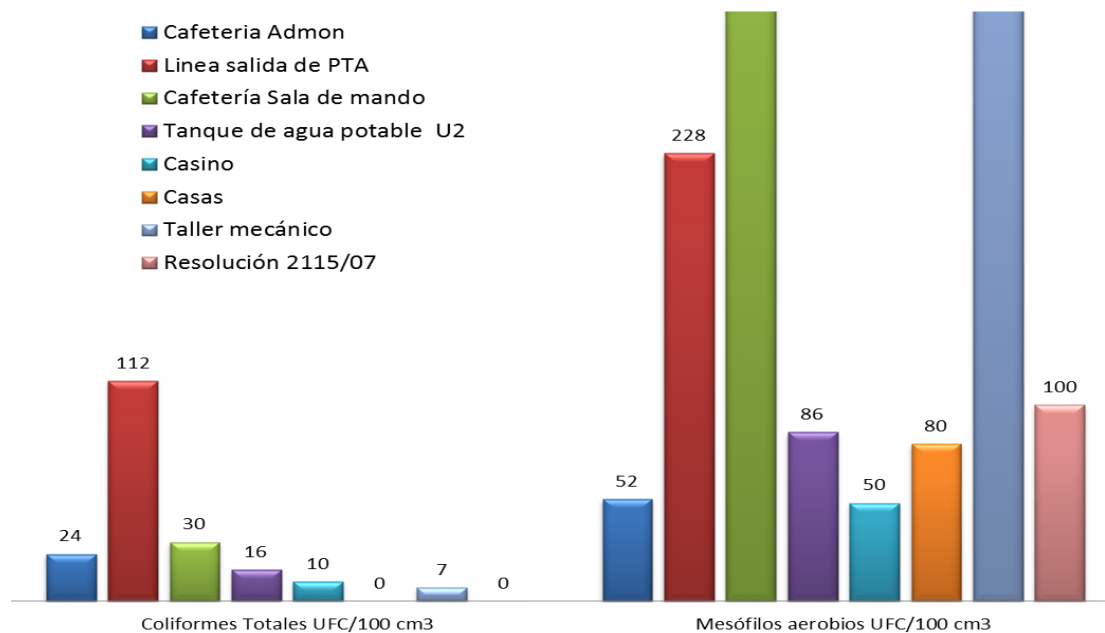
Figura 13: Configuración actual del sistema de dosificación de NaClO



3.2.2. Resultados de análisis microbiológicos

Los resultados de los análisis a los puntos de consumo de agua en Gecelca S.A ESP realizados por Proambiente y Asinal Ltda se presentan en el anexo E: los niveles de vida microbiana encontrados en cada uno de los puntos de consumo (ver figura 14) ponen en evidencia la baja calidad del agua que actualmente oferta la planta.

Figura 14: Evaluación microbiológica del agua en los diferentes puntos de consumo



De acuerdo a estos análisis y la resolución 2115 de 2007, el agua se encuentra en un factor de riesgo que oscila entre el 32.97 % y el 53 %, ubicándose en los niveles de riesgo medio y alto, considerándose *agua no apta para el consumo humano*, lo que indica que el funcionamiento actual del sistema de dosificación no está garantizando la desinfección efectiva del agua.

3.2.3. Alternativas de solución a la problemática microbiana

Algunas de las alternativas que podrían aplicarse al sistema de tratamiento de agua instalado en Planta Termoguajira, que garantizarían la potabilidad del agua desde el punto de vista microbiano son:

Seguimiento de los parámetros químicos asociados a la dosificación

Es posible que el lazo de control sea apropiado para el proceso y la falla se encuentre en los parámetros de dosificación actuales. En ese caso habría que realizar una serie de análisis que permitan determinar la dosificación apropiada para atender la demanda de desinfección requerida por el agua y así poder obtener la calidad microbiológica y nivel de cloro residual deseado en el efluente.

Los ensayos deben realizarse sobre el sistema real^(*) tomando como referencia el procedimiento de jarras (ver anexo B).

Mejoras de tipo operativo

Hacer cambios en el lazo de control actual incluyendo nuevas unidades y elementos de control podría ser una solución que lleve a obtener concentraciones de cloro residual más estables con la correspondiente calidad de agua deseada. Teniendo en cuenta la forma como opera el sistema y las unidades que están asociadas y/o que dependen del lazo, se hace apropiado integrar al control el tanque de almacenamiento de agua potable U2 a través de un sensor de concentración de cloro libre, pues asegurar la concentración deseada en este punto garantizaría la calidad del agua. (Ver figura en anexo F).

^(*) La simulación con el equipo de jarras no arrojaría resultados favorables para este sistema por el carácter fotosensible, sectorizable y reactivo del cloro.

Actualmente el lazo de control que se implementa solamente cubre los doce primeros metros de recorrido del agua después de la dosificación; sin embargo, el movimiento del fluido, la residencia y el recorrido en los siguientes metros de tubería, permiten que el cloro siga reaccionando y al llegar al tanque de agua potable la población microbiana sea menor pero no la deseada. La idea de integrar esta unidad al lazo es hacer dosificaciones correctivas para mantener el cloro residual en el nivel deseado en este punto.

Otra opción operativa sería dejar el lazo de control como está configurado actualmente e incluir *otra etapa de cloración*. Teniendo en cuenta los factores que influyen sobre el proceso de desinfección, la etapa de clarificación es la parte del proceso ideal para realizar al mismo tiempo la nueva etapa de cloración: cuando se agrega el agente coagulante se obtienen pH ácidos que favorecen la desinfección. (Ver figura en anexo F).

3.2.4. Propuesta

Al tomar como referencia los niveles de microorganismos presentes en el tanque de almacenamiento de agua potable (ver figura 14) y compararlo con los niveles en los demás puntos de consumo es evidente que en la mayoría de los casos el contenido microbiano en estos últimos es mayor, lo que quiere decir que el agua se infecta durante el recorrido en tubería.

En primer lugar se propone realizar un proceso de desinfección de tubería. Ejecutar esta acción es importante porque permite controlar el efecto infeccioso durante el recorrido del fluido y por otro lado solo se dosificaría al sistema el NaClO requerido por el cuerpo de agua y no el requerido por la acción conjunta del cuerpo de agua y el contenido infeccioso de la tubería.

Posteriormente, es necesario definir mediante pruebas sobre el sistema real una dosificación de NaClO que asegure los niveles de cloro libre requeridos y por ende la potabilidad del agua en los diferentes puntos de consumo de planta Termoguajira.

Finalmente, para que el sistema pueda ejercer acciones correctivas más efectivas sobre las variaciones en la concentración de cloro libre, se propone reforzar el lazo de control existente integrando el tanque de almacenamiento de agua potable U2 al lazo (ver figura en anexo F) mediante la adición de un sensor de concentración. Este tanque es un punto estratégico para el control pues de el parte el agua a los diferentes puntos de consumo.

Teniendo en cuenta el funcionamiento del sistema, la opción de reforzar el lazo de control es la más viable, pues incorporar una nueva etapa de cloración que funcione de forma conjunta al sistema de clarificación, no sería una solución apropiada para abordar la problemática: con esta alternativa mantendría un control de cloro libre en aproximadamente el 10 % del recorrido de tubería, mientras que el lazo de control tiene una mayor cobertura pues al integrar el tanque de agua potable tendría un control del cloro libre en aproximadamente el 60 % de la tubería, hecho que otorga mayor garantía para mantener los niveles de cloro libre requeridos.

4. CONCLUSIONES

- La realización de un proceso de agitación en dos etapas durante la clarificación aumenta el porcentaje de remoción del material suspendido en el agua, haciéndose viable un cambio en el modelo de operación y no un cambio de agente coagulante.
- Teniendo en cuenta la calidad del agua tratada en Gecelca S.A ESP, las sales de Al resultan más viables para clarificar que los polielectrolitos: son más económicos y a nivel operativo los pH óptimos obtenidos durante la experimentación (entre 7.0 y 7.5), garantizan la poca demanda de NaOH. Se pueden lograr remociones de hasta de un 71 %.
- El sulfato de Al tipo A sigue siendo el agente clarificante más viable desde el punto de vista económico. Sin embargo, es evidente que no presenta el mejor rendimiento de operación: la máxima remoción obtenida fue del 52 %, remoción que es inferior a la que se puede obtener con las demás sales metálicas analizadas, no obstante, un cambio en el modelo de agitación aumentaría su % de remoción.
- Los bajos niveles de cloro residual y la presencia de microorganismos en cada uno de los puntos de consumo son la clara evidencia de un proceso de desinfección deficiente: la demanda de NaClO que tiene el cuerpo de agua es mayor a la que actualmente se suministra.

5. RECOMENDACIONES

Sistema de clarificación

Si Gecelca S.A ESP desea seguir usando sulfato de Aluminio Tipo A, en el proceso de clarificación, se recomienda adquirir un regulador-variador de velocidad para obtener una mejor eficiencia. Si por el contrario, decide cambiar el agente químico dosificado en la etapa, se recomienda hacer un estudio detallado de los costos de operación para el Hidroxicloruro y Policloruro de Al: en ambos casos se necesita adicionar soda cáustica para mantener el pH de operación, lo que implica un costo mayor.

Sistema de desinfección con NaClO

Se recomienda estructurar un cronograma para realizar la desinfección periódica de las tuberías que permiten la circulación y distribución del agua de consumo: la limpieza periódica de las tuberías garantizaría mayor estabilidad en la calidad del agua.

La frecuencia con que se realice la desinfección depende del sistema y de la disponibilidad de la planta para ejecutarlo.

BIBLIOGRAFIA

ANDÍA CARDENAS YOLANDA. Tratamiento de agua: coagulación y floculación. En: SEDAPAL: Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico [en línea]. [Lima, Perú]: Abril, 2000. Consultado [23 de Octubre de 2011]. Disponible en internet: <URL:<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>>.

BOLTO, Brian y GREGORY, John. Organic Polyelectrolytes in Water Treatment. En: Water Research: marzo-abril, 2007, Vol 41. p. 2301-2324.

FAIR, Gordon Maskew; GEYER, John Charles y OKUN, Daniel Alexander. Desinfección. En: Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, Tomo II. México D.F., Editorial Limusa Noriega Editores, 2005. p. 403-435.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Procedimiento para el ensayo de coagulación- floculación en un recipiente con agua o método de jarras. NTC 3903. Bogotá D.C.: El Instituto, 2010. 10 p.

MORENO ROJAS, Jaime Alberto. Acupurificación: Diseño de sistemas de purificación de aguas. Floculación. 2 ed. Santa Fe de Bogotá., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1997. p. 73-76

-----,----- . Sedimentación. p. 109-135

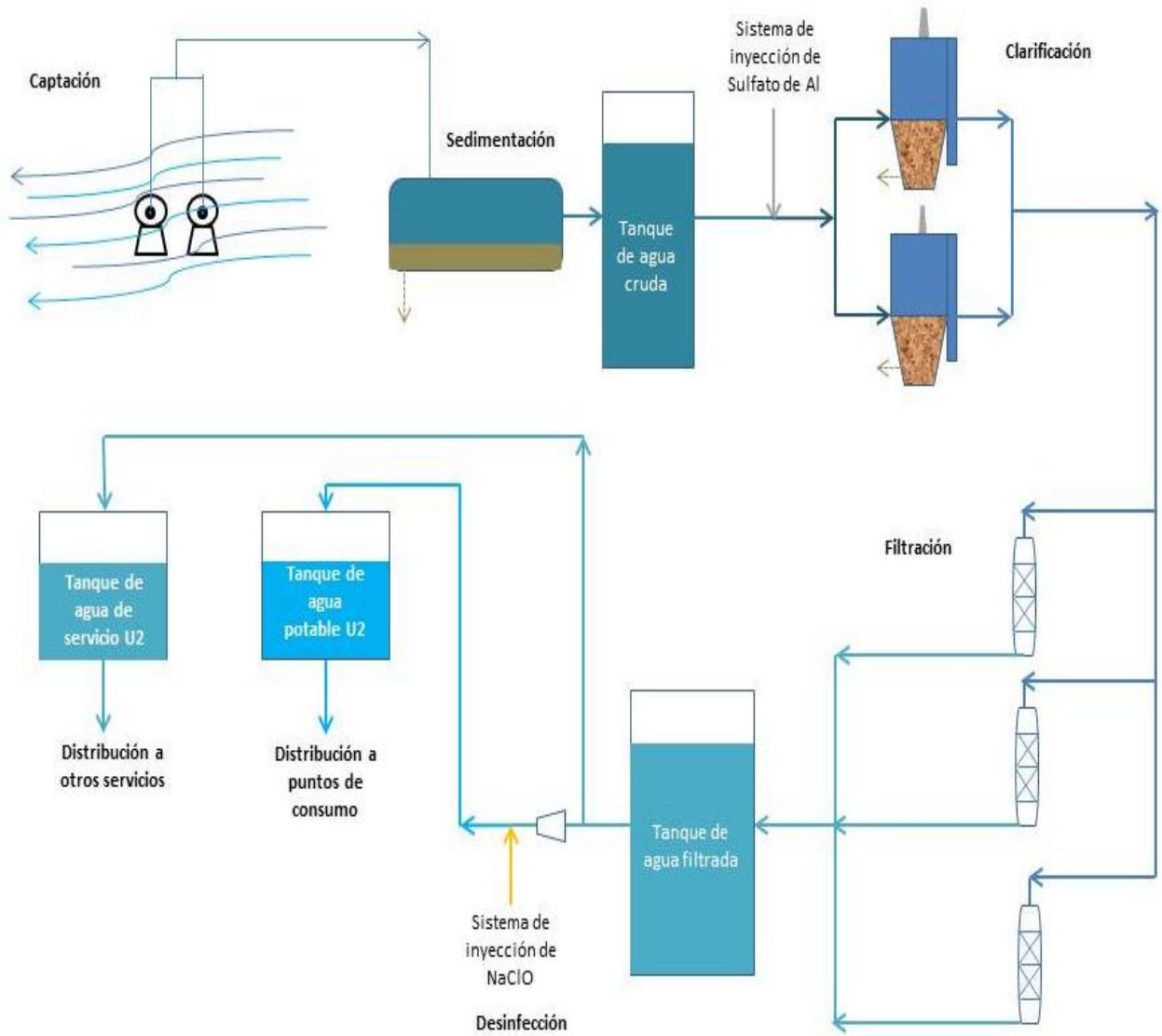
-----,----- . Cloración. p. 227-232

----- . Calidad del agua. Coagulación química del agua. 2 ed. Bogotá., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p. 231-254

-----,----- . Desinfección. 2 ed. Bogotá., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. . p. 269-293

ANEXO A

ESQUEMA GENERAL DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO EN GECELCA S.A ESP, CENTRAL TERMOGUAJIRA.



PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE JARRA

DESCRIPCIÓN

El test de jarras es un procedimiento que nos permite simular las condiciones de coagulación-floculación a escala laboratorio, para determinar parámetros tanto físicos (carácter mecánico) como químicos óptimos, que permitan reducir el material disuelto, en suspensión, coloidal y de difícil sedimentación presentes en el agua cruda.

Así mismo, permite evaluar la eficiencia en la remoción del color, turbiedad y reducción de dureza de los agentes floculantes usados en el proceso.

El presente procedimiento se estructura teniendo en cuenta la norma ISO 3903. Inicialmente se realizan las pruebas bajo las especificaciones de agitación establecidas en esta norma sin embargo, dadas las características del agua cruda proveniente del río Cañas y limitaciones del equipo, los valores estándar que recomienda la norma no dan resultado durante la experimentación. Se modifica la velocidad de agitación rápida a 140 rpm a un tiempo de 5 min y la agitación lenta a 50 rpm a un tiempo de 15 min. El tiempo de decantación se extiende a 1 hora, pues para este tiempo no se evidencia movimiento de partículas en las jarras.

OBJETIVO

- Determinar mediante la experimentación los parámetros tanto físicos (mecánicos) como químicos necesarios para lograr la mayor floculación y decantación de partículas sólidas en el agua de muestra.
- Reconocer cuales son las mayores interferencias en el proceso de floculación-decantación.

INTERFERENCIAS

- Cambio de temperatura durante el ensayo

Se pueden presentar corrientes térmicas o de convección que impidan la apropiada sedimentación de las partículas coaguladas, la variación en al menos un grado, afecta notablemente el proceso: el aumento de temperatura conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la

coagulación se hace mas lenta, así en la medida en que aumenta la temperatura la coagulación se desfavorece.

Por otro lado, una disminución de la temperatura conlleva a un aumento en la viscosidad, lo que explica las dificultades de sedimentación de los flocs. Para evitar estas situaciones, se recomienda controlar la temperatura durante el procedimiento.

- Liberación de gas durante el ensayo

El agitador mecánico, un incremento de temperatura o bien, la reacción química pueden causar la formación de burbujas de gas que favorecen la flotación de los flóculos coagulados; impidiendo la decantación de los mismos.

- Periodo de ensayo

Se debe estipular un tiempo mínimo de ejecución del ensayo, pues la actividad biológica u otros factores, pueden alterar las características de coagulación del agua en el depósito prolongado. Registre este tiempo.

PROCEDIMIENTO:

Criterios a obtener:

- Dosis optima
- Ph óptimo
- Concentración optima de coagulante
- Parámetros de floculación.
- Parámetros de decantación

Al empezar cada uno de los procedimientos requeridos para obtener los criterios anteriormente especificados, debe determinar las propiedades iniciales de la muestra: temperatura, turbiedad, Ph y dureza del agua cruda o agua muestra, (para tener parámetros iniciales).

Dosis Óptima

1. Tomar volúmenes inferiores a un litro en cada uno de los vasos de precipitado. Ubicar cada uno de los vasos de forma tal que el agitador no quede en el centro del mismo, sino más bien cercano a una de las paredes del vaso (pero no en contacto con ella. Aproximadamente a 6,4 mm separadas de la pared del vaso).
2. Prepare una solución de sulfato de aluminio al 1%. Agregue cantidades ascendentes de esta solución a las jarras para obtener una dosis final de 1, 5, 10, 15, 20 y 25 ppm respectivamente.

3. Realice la dosificación a cada una de las jarras. Luego, asegúrese de que todas las jarras tengan volúmenes de 1 L. Complete los volúmenes con agua de muestra.
4. Accione el agitador múltiple a una velocidad de 120 rpm (velocidad de mezcla instantánea) durante 5 minutos.
5. Disminuya la velocidad hasta 50 rpm para mantener las suspensiones uniformes. Mezcle a esta velocidad durante 15 minutos. Registre:
 - Tiempo transcurrido para la primera formación de flóculos.
 - Cada 5 minutos, durante el tiempo de mezcla lenta, detalle apreciaciones de los flóculos (tamaño, descripción de los mismos). No olvide registrar la velocidad (rpm).
6. Suspenda la agitación, retire los agitadores y deje sedimentar durante diez minutos. Registre el tiempo requerido para que el volumen de las partículas se sedimente.
7. Mida la temperatura a cada una de las muestras.
8. Tomar con una pipeta de succión o con una jeringa una muestra de cada jarra y mida la turbiedad. *Se recomienda no tomar la muestra de la parte superior, tómela de la zona que comprende la mitad del volumen de la solución. (consultar norma ASTM D 1889 Y D 1923). Recuerde que se debe tener una jeringa por cada jarra.*
9. Grafique los resultados y seleccione como dosis óptima aquella para la cual se obtiene la menor turbiedad residual. Dosis vs. turbiedad residual.

Resultado obtenido: Dosis óptima.

Ph óptimo

Teniendo en cuenta la prueba anterior, se realizará la siguiente.

1. Tomar volúmenes inferiores a un litro en cada uno de los vasos de precipitado.
2. Mida el volumen de solución al 1% que sea necesario para obtener la dosis óptima (ppm) del análisis anterior. Luego, complete los volúmenes con agua de muestra.
3. Ajuste el pH a cada uno de los vasos, en el siguiente orden: 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5 y 9.

4. Ubicar cada uno de los vasos de forma tal que el agitador no quede en el centro del mismo, sino más bien cercano a una de las paredes del vaso (pero no en contacto con ella. Aproximadamente a 6,4 mm separadas de la pared del vaso).
5. Accione el agitador múltiple a una velocidad de 120 rpm (velocidad de mezcla instantánea) durante 5 *minutos*.
6. Disminuya la velocidad hasta 50 rpm para mantener las suspensiones uniformes. Mezcle a esta velocidad durante 15 minutos. Registre:
 - a. Tiempo transcurrido para la primera formación de flóculos.
 - b. Cada 5 minutos, durante el tiempo de mezcla lenta, detalle apreciaciones de los flóculos (tamaño, descripción de los mismos). No olvide registrar la velocidad (rpm).
7. Tomar con una pipeta de succión o con una jeringa una muestra de cada jarra y mida la turbiedad. *Recuerde: tomar la muestra de la zona que comprende la mitad del volumen de la solución y tener una jeringa para cada jarra.*
8. Finalmente, grafique los resultados y seleccione como Ph óptimo aquel para el cual se obtiene la menor turbiedad residual. Ph vs. turbiedad residual.

Resultado obtenido: Ph óptimo.

Concentración óptima de coagulante

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, se realizará la siguiente.

1. Tomar volúmenes inferiores a un litro en cada uno de los vasos de precipitado.
2. Mida la cantidad de coagulante necesario para obtener la dosis óptima (ppm) a diferentes concentraciones de sulfato de aluminio tipo A: 0.5, 1, 2, 3, 4 y 5 %. Para ello, prepare cada una de las soluciones a diferente concentración y agregue de cada una de ellas la cantidad necesaria para asegurar la dosis óptima en cada jarra.
3. Complete a 1L el volumen de cada jarra con agua de muestra y ajuste al pH óptimo, el pH de cada una de las jarras.
4. Accione el agitador múltiple a una velocidad de 120 rpm (velocidad de mezcla instantánea) durante 5 *minutos*.

5. Disminuya la velocidad hasta 50 rpm para mantener las suspensiones uniformes. Mezcle a esta velocidad durante 15 minutos. Registre:
 - a. Tiempo transcurrido para la primera formación de flóculos.
 - b. Cada 5 minutos, durante el tiempo de mezcla lenta, detalle apreciaciones de los flóculos (tamaño, descripción de los mismos). No olvide registrar la velocidad (rpm).
9. Tomar con una pipeta de succión o con una jeringa una muestra de cada jarra y mida la turbiedad. *Recuerde: tomar la muestra de la zona que comprende la mitad del volumen de la solución y tener una jeringa para cada jarra.*
6. Finalmente, grafique los resultados y seleccione como *Concentración óptima de coagulante* aquella para la cual se obtiene la menor turbiedad residual. Concentración vs. Turbiedad residual.

Resultado obtenido: Concentración óptima de coagulante.

Parámetros de floculación: agitación en una etapa o estándar

Esta prueba comprende una sola etapa de velocidad. El objetivo, poder evaluar y analizar el comportamiento del sistema a una sola etapa de agitación.

Realice la prueba de forma habitual ajustando a cada una de las jarras la concentración, pH y dosis óptima obtenidos en los anteriores análisis.

1. Realice la mezcla rápida durante 25 minutos a 30 rpm.
2. Retire el agitador de la primera jarra cuando haya transcurrido el primer minuto de agitación. Deje decantar durante 10 minutos y mida la turbiedad. Continúe retirando la 2, 3, 4, 5 y 6 jarra a los tiempos de 5, 8, 12, 18 y 25 minutos respectivamente. Igualmente, mida la turbiedad a los 10 minutos de decantación. Nota: los 10 min de decantación se cuentan desde el momento en que se retira el agitador de la jarra.
3. Realice el mismo procedimiento a velocidades de 60, 90, 120, 140 y 160 rpm.
4. Escoja como tiempo de agitación estándar y velocidad de agitación óptima aquella para la cual se registre menos turbiedad.

Resultado obtenido: tiempo de agitación estándar y velocidad de agitación óptimas.

Parámetros de floculación: agitación en dos etapas

Esta prueba consta de dos etapas: en primer lugar una etapa de agitación rápida, con el fin de poder determinar el tiempo y la velocidad de agitación rápida que debe aplicarse al proceso y luego, habiendo determinado estos parámetros se procede a evaluar la agitación lenta. De acuerdo al rango manejado por el equipo se considera rango de agitación rápida 100 rpm-160 rpm y agitación lenta de 30 rpm-80 rpm.

Etapas 1: Agitación rápida.

Realice la prueba de forma habitual ajustando a cada una de las jarras la concentración, pH y dosis óptima obtenidos en los anteriores análisis.

5. Realice la mezcla rápida durante 25 minutos a 90 rpm.
6. Retire el agitador de la primera jarra cuando haya transcurrido el primer minuto de agitación. Deje decantar durante 10 minutos y mida la turbiedad.

Continúe retirando la 2, 3, 4, 5 y 6 jarra a los tiempos de 5, 8, 12, 18 y 25 minutos respectivamente. Igualmente, mida la turbiedad a los 10 minutos de decantación.

Nota: los 10 min de decantación se cuentan desde el momento en que se retira el agitador de la jarra.

7. Realice el mismo procedimiento a velocidades de 120, 140 y 160 rpm.
8. Escoja como tiempo de agitación rápida y velocidad de agitación óptima aquella para la cual se registre menos turbiedad.

Resultado obtenido: tiempo de agitación rápida y velocidad de agitación óptimas.

Etapas 2: Agitación lenta

Realice la prueba de forma habitual ajustando a cada una de las jarras la concentración, pH y dosis óptima obtenidos en los anteriores análisis.

1. Realice la mezcla rápida a la velocidad y tiempo óptimo (parámetros que fueron obtenidos en el anterior análisis).
- 2.
3. Realice la mezcla rápida durante 25 minutos a 30 rpm

4. Retire el agitador de la primera jarra cuando haya transcurrido el primer minuto de agitación. Deje decantar durante 10 minutos y mida la turbiedad.

Continúe retirando la 2, 3, 4, 5 y 6 jarra a los tiempos de 5, 8, 12, 18 y 25 minutos respectivamente. Igualmente, mida la turbiedad a los 10 minutos de decantación. Nota: los 10 min de decantación se cuentan desde el momento en que se retira el agitador de la jarra.

9. Realice el mismo procedimiento a velocidades de 50, 60, 70 y 80 rpm.
10. Escoja como tiempo de agitación lenta y velocidad de agitación óptima aquella para la cual se registre menos turbiedad.

Resultado obtenido: tiempo de agitación lenta y velocidad de agitación óptimas.

Al terminar todos estos análisis se habrán obtenido los parámetros tanto físicos como químicos que permiten una mejor coagulación-floculación del agua a tratar.

ANEXO C

RESULTADOS DE PRUEBAS DE JARRA PARA ETAPA DE CLARIFICACIÓN

C.1 SULFATO DE ALUMINIO TIPO A, SÓLIDO

Prueba de dosis óptima

Jarra	DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE SULFATO DE AL TIPO A											
	AGUA CRUDA					DOSIFICACIÓN (Sl _n al 1 %)	AGUA SEDIMENTADA					
	pH	T (°C)	cond (µS/cm)	Turb (NTU)	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm		SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h			
						Coagulante dosificado (ppm)	pH	T (°C)	cond (µS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad	Alcalinidad residual (mg/l CaCO ₃)
1	7,00	25,3	61,4	1,37	60	30	6,64	25,2	66,0	1,166	14,866	33
2	7,00	25,3	61,4	1,37	60	50	5,53	25,2	74,4	3,103	-126,521	42
3	7,00	25,3	61,4	1,37	60	80	4,03	25,0	99,1	2,840	-107,299	36
4	7,00	25,3	61,4	1,37	60	100	3,94	25,0	112,1	3,807	-177,859	39
5	7,00	25,3	61,4	1,37	60	200	3,81	25,0	184,3	5,647	-312,165	57
6	7,00	25,3	61,4	1,37	60	250	3,82	24,8	218,0	3,000	-118,978	57
7	6,96	23,0	63,1	1,13	36	5	6,82	23,6	62,4	1,090	3,540	30
8	6,96	23,0	63,1	1,13	36	10	6,86	23,5	63,8	1,260	-11,504	30
9	6,96	23,0	63,1	1,13	36	15	6,79	23,4	64,7	0,702	37,876	30
10	6,96	23,0	63,1	1,13	36	20	6,68	23,4	67,1	0,463	59,027	30
11	7,11	24,4	64,9	1,35	30	15	6,82	25,0	66,8	0,836	38,074	30
12	7,11	24,4	64,9	1,35	30	20	6,48	25,0	68,8	0,659	51,185	30

Prueba de pH óptimo

DETERMINACIÓN DE pH ÓPTIMO (SULFATO DE AL TIPO A)

Propiedades del agua cruda :							
pH: 7,06 cond: 64,4 µS/cm T: 25 °C Turb: 0,858 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO ₃							
Jarras (1 L)	DOSIFICACIÓN (Sl _n al 1 %)	AGUA SEDIMENTADA					
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm			SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h		
	Coagulante dosificado (ppm)	pH Requerido	PH ajustado a la jarra	T (°C)	cond (µS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	20	6,0	6,05	25,4	78,2	0,875	-1,981
2	20	7,0	7,12	25,8	80,0	0,215	75,000
3	20	7,5	7,50	25,2	82,9	0,282	67,133
4	20	8,0	8,04	25,0	87,4	0,565	34,149
5	20	8,5	8,48	25,0	93,1	0,610	28,904
6	20	9,0	8,98	25,0	99,9	0,268	68,765

Prueba de concentración óptima

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA (SULFATO DE AL TIPO A)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>					
<i>pH: 7,66 cond: 62,7 μS/cm T: 22,6 °C Turb: 0,826 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO₃</i>					

Jarras (1 L)	CARACTERISTICAS JARRAS		AGUA SEDIMENTADA		
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm		FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm	SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h	
	Coagulante dosificado (ppm)	pH ajustado a las jarras	% [] de sulfato de Al tipo A	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	20	7,12	0,5	0,967	-17,070
2	20	7,12	1,0	0,395	52,179
3	20	7,12	2,0	0,371	55,085
4	20	7,12	4,0	0,663	19,734
5	20	7,12	6,0	0,533	35,472
6	20	7,12	10,0	0,373	54,843

Pruebas de agitación

Agitación estándar: agitación en una sola etapa

Condiciones Iniciales del agua para cada montaje

RPM	Ph	Conductividad (microS/cm)	Temperatura (°C)	Turbiedad (NTU)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
30	7,06	63,7	25,6	0,655	30
60	7,06	63,7	25,6	0,711	30
90	7,19	62,9	25,2	0,6235	30
120	7,16	62,9	25,3	0,807	30
140	7,16	62,9	25,3	0,807	30
160	7,16	62,9	25,4	0,994	30

Turbiedad residual a diferentes tiempos de agitación

RPM	G (s ⁻¹)	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)					
		1	5	8	12	18	25
30	22,4	1,14	0,90	1,25	1,17	0,78	0,85
60	52,5	1,10	1,09	1,15	0,87	1,14	0,78
90	85,4	1,17	1,02	0,95	0,94	0,99	1,05
120	119,0	1,05	1,07	0,99	0,97	1,15	0,97
140	148,8	1,09	1,04	0,96	1,26	1,03	1,16
160	175,0	1,33	1,34	1,28	1,25	1,19	1,36

% de turbiedad removida a diferentes tiempos de agitación

RPM	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)					
	1	5	8	12	18	25
30	-73,28	-36,87	-90,08	-77,86	-18,32	-29,47
60	-54,71	-53,31	-61,74	-22,17	-60,34	-9,63
90	-86,85	-63,59	-52,77	-51,08	-59,34	-67,60
120	-30,11	-31,97	-22,92	-19,95	-41,88	-20,51
140	-34,45	-28,25	-19,21	-55,51	-27,63	-43,12
160	-33,80	-34,31	-28,27	-25,75	-19,72	-36,82

Agitación en dos etapas: primera etapa- agitación rápida

Condiciones Iniciales del agua para cada montaje

RPM	Ph	Conductividad	Temperatura (° C)	Turbiedad (NTU)	Dureza (mg/l CaCO ₃)
100	7,19	63,1	26	0,692	30
120	7,16	62,9	25,3	0,807	30
140	7,16	62,9	25,3	0,807	30
160	7,16	62,9	25,4	0,994	30

Turbiedad residual a diferentes tiempos de agitación

RPM	G (S ⁻¹)	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)					
		1	5	8	12	18	25
100	70,5	1,06	1,16	1,24	1,11	1,21	1,09
120	119,0	1,05	1,07	0,99	0,97	1,15	0,97
140	148,8	1,09	1,04	0,96	1,26	1,03	1,16
160	175,0	1,33	1,34	1,28	1,25	1,19	1,36

% de turbiedad removida a diferentes tiempos de agitación

RPM	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)					
	1	5	8	12	18	25
100	-53,18	-67,63	-78,47	-59,68	-74,13	-56,79
120	-30,11	-31,97	-22,92	-19,95	-41,88	-20,51
140	-34,45	-28,25	-19,21	-55,51	-27,63	-43,12
160	-33,80	-34,31	-28,27	-25,75	-19,72	-36,82

Agitación en dos etapas: segunda etapa- agitación lenta

% de turbiedad removida a diferentes tiempos de agitación

RPM	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)					
	1	5	8	12	18	25
30	-32,95	-14,38	-79,19	-68,35	-58,24	13,73
50	-7,26	-20,60	9,66	9,66	2,72	-5,76
80	-19,53	-31,27	-7,79	-25,40	-28,07	-32,87

Turbiedad residual a diferentes tiempos de agitación

RPM	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)					
	1	5	8	12	18	25
30	0,92	0,79	1,24	1,17	1,10	0,60
50	1,01	1,13	0,85	0,85	0,91	0,99
80	1,12	1,23	1,01	1,18	1,20	1,25

% de turbiedad removida a diferentes tiempos de agitación

RPM	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)					
	1	5	8	12	18	25
30	-32,95	-14,38	-79,19	-68,35	-58,24	13,73
50	-7,26	-20,60	9,66	9,66	2,72	-5,76
80	-19,53	-31,27	-7,79	-25,40	-28,07	-32,87

C.2 HIDROXICLORURO DE AI (ACH)

Prueba de dosis óptima

Jarra (1L)	DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE HIDROXICLORURO DE AI (ACH)											
	AGUA CRUDA					DOSIFICACIÓN (Sin al 1	AGUA SEDIMENTADA					
	pH	T (°C)	cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turb (NTU)	Alcalinidad (mg/l CaCO_3)	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm		SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h			
Coagulante dosificado (ppm)						pH	T (°C)	cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turb residual (NTU)	% de turb removida	Alcalinidad residual (mg/l CaCO_3)	
1	6,87	23,6	61,8	1,30	30	5	7,11	25,3	60,8	0,860	33,846	30
2	6,87	23,6	61,8	1,30	30	10	7,02	25,3	61,1	0,704	45,846	27
3	6,87	23,6	61,8	1,30	30	15	7,05	25,0	62,0	0,627	51,769	24
4	6,96	23,0	63,1	1,13	36	20	7,02	23,0	61,0	0,886	21,593	24
5	6,96	23,0	63,1	1,13	36	50	6,95	22,8	61,1	0,596	47,257	24
6	6,82	23,0	60,5	1,16	30	80	7,26	24,2	61,9	0,894	22,931	30
7	6,83	24,2	65,0	0,80	30	5	7,04	24,4	63,6	0,491	38,625	30
8	6,83	24,2	65,0	0,80	30	10	6,97	24,6	67,4	0,660	17,500	30

Prueba de pH óptimo

DETERMINACIÓN DE pH ÓPTIMO (HIDROXICLORURO DE AI- ACH)

<p><i>Propiedades del agua cruda :</i> <i>pH: 7,21 cond: 78,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ T: 23,8 °C Turb: 1,35 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO_3</i></p>

Jarras (1 L)	DOSIFICACIÓN (Sin al 1 %)	AGUA SEDIMENTADA					
	Coagulante dosificado (ppm)	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm			SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h		
		pH Requerido	pH ajustado a la jarra	T (°C)	cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	5	6,0	6,14	24,9	99,2	0,7810	42,148
2	5	7,0	7,02	25,3	68,9	0,6800	49,630
3	5	7,5	7,44	24,5	64,1	0,5390	60,074
4	5	8,0	8,17	24,6	87,0	0,6230	53,852
5	5	8,5	8,47	24,2	71,0	0,3845	71,519
6	5	9,0	9,02	23,9	81,9	0,5530	59,037

Prueba de concentración óptima

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA (HIDROXICLORURO DE Al-ACh)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>					
pH: 7,31 cond: 69,6 μ S/cm T: 24,2 °C Turb: 0,687 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO ₃					

Jarras (1 L)	CARACTERÍSTICAS JARRAS		AGUA SEDIMENTADA			
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm		FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm		SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h	
	Coagulante dosificado (ppm)	pH ajustado a las jarras	% [] de ACh		Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
	1	5	7,5	0,5		0,692
2	5	7,5	1,0		0,547	20,378
3	5	7,5	2,0		0,524	23,726
4	5	7,5	4,0		0,335	51,237
5	5	7,5	6,0		0,212	69,214
6	5	7,5	10,0		0,199	71,033
7	5	7,5	15,0		0,286	58,443
8	5	7,5	20,0		0,264	61,572

C.3 POLICLORURO DE Al (PAC-15)

Prueba de dosis óptima

Jarra (1 L)	DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE POLICLORURO DE Al-(PAC 15)											
	AGUA CRUDA					DOSIFICACIÓN (Sin al 1%)	AGUA SEDIMENTADA					
	pH	T (°C)	cond (μ S/cm)	Turb (NTU)	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm		SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h			
						Coagulante dosificado (ppm)	pH	T (°C)	cond (μ S/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad	Alcalinidad residual (mg/l CaCO ₃)
1	6,87	23,6	61,8	1,300	30	5	7,07	25,0	62,3	0,796	38,769	28
2	6,87	23,6	61,8	1,300	30	10	6,96	25,0	62,0	0,577	55,615	30
3	6,87	23,6	61,8	1,300	30	15	6,83	25,5	64,1	0,593	54,385	21
4	6,92	24,7	61,7	0,868	24	20	6,69	26,1	67,1	0,280	67,742	15
5	6,92	24,7	61,7	0,868	24	25	6,81	25,8	66,5	0,860	0,922	24
6	6,92	24,7	61,7	0,868	24	35	6,89	25,8	66,9	0,783	9,793	18
7	6,92	24,7	61,7	0,868	24	45	6,83	25,7	69,0	1,460	-68,203	18
8	6,83	24,2	65,0	0,800	30	5	7,15	24,4	63,5	0,778	2,75	30
9	6,83	24,2	65,0	0,800	30	10	7,18	24,4	64,4	0,174	78,25	30

Prueba de pH óptimo

DETERMINACIÓN DE pH ÓPTIMO (POLICLORURO DE Al-PAC 15)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>	
<i>pH: 7,45 cond: 68,1 μS/cm T: 24,2 °C Turb: 0,78 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO₃</i>	

Jarras (1 L)	DOSIFICACIÓN (Sin al 1 %)		AGUA SEDIMENTADA					
	Mezcla rápida: 5 min rpm	Tiempo: Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN			SEDIMENTACIÓN		
			Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm			Tiempo de sedimentación: 1 h		
Coagulante dosificado (ppm)	pH Requerido	PH ajustado a la jarra	T (°C)	cond (μS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad		
1	10	6,0	6,13	24,7	91,0	0,663	15,000	
2	10	7,0	7,12	25,3	65,5	0,343	56,026	
3	10	7,5	7,49	24,6	88,3	0,458	41,282	
4	10	8,0	8,07	25,1	70,3	0,704	9,744	
5	10	8,5	8,54	24,8	76,6	0,400	48,718	
6	10	9,0	9,17	24,6	108,8	0,443	43,205	

Prueba de concentración óptima

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA (POLICLORURO DE Al-PAC 15)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>	
<i>pH: 7,31 cond: 63,9 μS/cm T: 24,5 °C Turb: 0,762 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO₃</i>	

Jarras (1 L)	CARACTERÍSTICAS JARRAS		AGUA SEDIMENTADA		
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	pH ajustado a las jarras	FLOCULACIÓN		SEDIMENTACIÓN
			Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm		Tiempo de sedimentación: 1 h
Coagulante dosificado (ppm)		% [] de PAC-15	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad	
1	20	7	0,5	0,406	46,728
2	20	7	1,0	0,657	13,679
3	20	7	2,0	0,378	50,317
4	20	7	4,0	0,521	31,582
5	20	7	6,0	0,246	67,695
6	20	7	10,0	0,314	58,722

C.4 POLIELECTROLITO A-410

Prueba de dosis óptima

Jarra (1 L)	DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE POLIELECTROLITO A-410											
	AGUA CRUDA					DOSIFICACIÓN (Sin al 1%)		AGUA SEDIMENTADA				
	pH	T (°C)	cond (μS/cm)	Turb (NTU)	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm	SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h				
					Coagulante dosificado (ppm)	pH	T (°C)	cond (μS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad	Alcalinidad residual (mg/l CaCO ₃)	
1	6,84	25,5	64,5	1,45	24	5	6,74	24,5	63,4	0,640	55,897	33
2	6,84	25,5	64,5	1,45	24	10	6,97	24,2	62,9	0,632	56,414	30
3	6,84	25,5	64,5	1,45	24	15	7,05	24,2	63,9	0,630	56,586	24
4	6,84	25,5	64,5	1,45	24	20	7,10	24,0	63,5	0,621	57,207	21
5	6,84	25,5	64,5	1,45	24	25	7,04	23,7	63,8	0,654	54,931	30
6	6,84	25,5	64,5	1,45	24	35	7,09	23,7	64,5	0,652	55,034	30
7	6,83	242	65,0	0,80	30	15	6,96	26,6	63,2	0,754	5,750	30
8	6,83	242	65,0	0,80	30	20	7,14	25,2	63,8	0,670	16,250	30
9	6,83	242	65,0	0,80	30	25	7,34	25,2	64,3	0,673	15,875	24

Prueba de pH óptimo

<p><i>Propiedades del agua cruda :</i> <i>pH: 7,45 cond: 68,1 μS/cm T: 24,2 °C Turb: 0,78 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO₃</i></p>
--

Jarras (1 L)	DOSIFICACIÓN (Sin al 1%)		AGUA SEDIMENTADA				
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm		FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm			SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h	
	Coagulante dosificado (ppm)	pH Requerido	pH ajustado a la jarra	T (°C)	cond (μS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	20	6,0	6,05	24,0	111,5	0,814	-4,359
2	20	7,0	7,00	24,0	96,0	0,819	-5,000
3	20	7,5	7,48	23,8	64,4	0,811	-3,974
4	20	8,0	8,01	23,8	97,3	0,828	-6,154
5	20	8,5	8,50	23,5	71,8	0,810	-3,846
6	20	9,0	9,10	23,2	88,5	0,873	-11,923

C.5 POLIELECTROLITO C-310

Prueba de dosis óptima

Jarra (1 L)	DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE POLIELECTROLITO C-310												
	AGUA CRUDA					DOSIFICACIÓN (Sin al 1)	AGUA SEDIMENTADA						
	pH	T (°C)	cond (µS/cm)	Turb (NTU)	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm		SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h				
Coagulante dosificado (ppm)						pH	T (°C)	cond (µS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad	Alcalinidad residual (mg/l CaCO ₃)		
1	6,84	25,5	64,5	1,45	24	5	6,91	24,7	63,7	0,834	42,483	21	
2	6,84	25,5	64,5	1,45	24	10	7,04	24,8	64,1	0,855	41,034	24	
3	6,84	25,5	64,5	1,45	24	15	7,19	25,0	64,8	0,845	41,724	18	
4	6,84	25,5	64,5	1,45	24	20	7,28	25,0	66,2	0,815	43,793	24	
5	6,84	25,5	64,5	1,45	24	25	7,33	24,8	66,5	0,873	39,793	24	
6	6,84	25,5	64,5	1,45	24	35	7,25	24,4	70,8	1,020	29,655	18	

Prueba de pH óptimo

DETERMINACIÓN DE pH ÓPTIMO (POLIELECTROLITO C-310)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>
<i>pH : 7,66 cond : 62,7 µS/cm T : 22,6 °C Turb : 0,826 NTU Alcalinidad : 30 mg/l CaCO₃</i>

Jarras (1 L)	DOSIFICACIÓN (Sin al 1 %)	AGUA SEDIMENTADA					
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm			SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h		
	Coagulante dosificado (ppm)	pH Requerido	pH ajustado a la jarra	T (°C)	cond (µS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	10	6,0	6,07	22,5	86,6	0,707	14,407
2	10	7,0	7,06	24,7	64,5	0,721	12,712
3	10	7,5	7,45	22,6	67,0	0,853	-3,269
4	10	8,0	8,18	22,6	90,9	0,806	2,421
5	10	8,5	8,68	22,5	78,4	1,55	-87,651
6	10	9,0	9,09	22,6	96,3	1,61	-94,915

Prueba de concentración óptima

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA (POLIELECTROLITO C-310)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>					
pH: 7,31 cond: 63,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ T: 24,5 °C Turb: 0,762 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO_3					

Jarras (1 L)	CARACTERISTICAS JARRAS		AGUA SEDIMENTADA		
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm		FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm	SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h	
	Coagulante dosificado (ppm)	pH ajustado a las jarras	% [] de Polielectrolito C-310	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	10	7	0,5	0,655	14,029
2	10	7	1,0	0,797	-4,618
3	10	7	2,0	0,833	-9,389

C.6 POLIELECTROLITO N-510

Prueba de dosis óptima

Jarra (1 L)	DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMA DE COAGULANTE POLIELECTROLITO N-510											
	AGUA CRUDA					DOSIFICACIÓN (Sin al 1%)	AGUA SEDIMENTADA					
	pH	T (°C)	cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turb (NTU)	Alcalinidad (mg/l CaCO_3)	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm		SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h			
					Coagulante dosificado (ppm)	pH	T (°C)	cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad	Alcalinidad residual (mg/l CaCO_3)	
1	7,09	24,6	64,7	0,75	30	5	7,15	23,5	65,3	0,616	17,867	30
2	7,09	24,6	64,7	0,75	30	10	7,25	23,7	65,9	0,712	5,067	30
3	7,09	24,6	64,7	0,75	30	15	7,42	23,6	66,9	0,700	6,667	30
4	7,09	24,6	64,7	0,75	30	20	7,46	23,4	67,6	0,722	3,733	30
5	7,09	24,6	64,7	0,75	30	25	7,50	23,2	69,8	0,753	-0,400	30
6	7,09	24,6	64,7	0,75	30	35	7,53	23,0	72,0	0,759	-1,200	30

Prueba de pH óptimo

DETERMINACIÓN DE pH ÓPTIMO (POLIELECTROLITO N-510)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>							
<i>pH: 7,48 cond: 64,5 μS/cm T: 22,4 °C Turb: 0,766 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO₃</i>							

Jarras (1 L)	DOSIFICACIÓN (Sin al 1 %)	AGUA SEDIMENTADA					
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm	FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm			SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h		
	Coagulante dosificado (ppm)	pH Requerido	pH ajustado a las jarras	T (°C)	cond (μS/cm)	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	5	6,0	6,02	22,3	95,3	0,725	5,352
2	5	7,0	7,00	24,4	65,8	0,731	4,569
3	5	7,5	7,51	22,6	65,2	0,782	-2,089
4	5	8,0	8,02	22,7	70,8	0,666	13,055
5	5	8,5	8,61	22,6	75,2	0,590	22,977
6	5	9,0	9,08	22,4	95,4	0,848	-10,705

Prueba de concentración óptima

DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA (POLIELECTROLITO N-510)

<i>Propiedades del agua cruda :</i>					
<i>pH: 7,28 cond: 62,5 μS/cm T: 26,1 °C Turb: 0,735 NTU Alcalinidad: 30 mg/l CaCO₃</i>					

Jarras (1 L)	CARACTERISTICAS JARRAS		AGUA SEDIMENTADA		
	Mezcla rápida: Tiempo: 5 min Velocidad: 140 rpm		FLOCULACIÓN Tiempo de floc: 15 min Velocidad: 50 rpm	SEDIMENTACIÓN Tiempo de sedimentación: 1 h	
	Coagulante dosificado (ppm)	pH ajustado a las jarras	% [] de polielectrolito N-510	Turb residual (NTU)	% de remoción de turbiedad
1	5	8,5	0,5	0,699	4,966
2	5	8,5	1,0	0,814	-10,748
3	5	8,5	2,0	0,729	0,884

ANEXO D

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS AGENTES CLARIFICADORES USADOS EN LAS PRUEBAS DE JARRA

D.1 FICHAS Y HOJAS DE SEGURIDAD



Hidroxicloriguro de Aluminio, ACH
Ficha Técnica del Producto



Propiedades Químicas (AWWA B408-03)

Fórmula Química	$Al(OH)_m Cl_{3-m}$
Densidad a 25 °C, g/ml	1.36 ± 0.02
% Al_2O_3	23 ± 1
Relación de Basicidad	78 ± 5

*Vida útil posterior a su fabricación: 3 meses

Indicaciones

El hidroxicloriguro de aluminio (ACH) es una sal de alta basicidad con base en anión cloriguro. Se diferencia del policloriguro de aluminio (PAC) porque no presenta especies polinucleares del metal lo que le permite alcanzar una alta concentración de alúmina.

El resultado de lo anterior es lograr un desempeño eficiente en costos en casos de aguas sin dificultades especiales de formación de floc, sin causar depresión en el pH.

Condiciones de Manejo

El producto debe ser almacenado en tanques de fibra de vidrio, polietileno o acero recubierto en caucho y conducido empleando fibra de vidrio, PVC o cualquier otro material termoplástico. También es compatible con EPDM, caucho natural y vitón. El producto no debe estar en contacto con hierro, acero al carbón, acero inoxidable y bronce.

Es deseable que el ACH sea dosificado tal como se recibe del proveedor.

Para la dosificación exacta y uniforme, debe ser usada una bomba de desplazamiento positivo. El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas.

Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Evite el contacto con metales que puedan sufrir corrosión tales como hierro, cobre, bronce, aluminio y acero inoxidable. Se recomienda el uso de guantes y gafas protectoras.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.

El producto no emite gases y por lo tanto no causa efectos nocivos al ser inhalado.



Oficina Principal y Producción

Medellín: Calle 55 No 46-85 Itagüí, Antioquia; Tel: (574)370 1170; Fax: (574)277 5676; sulfosa@sulfoquimica.com

Producción

- Barbosa: Vía Girardota - El Hatillo km. 4 (Vereda Plantano), Barbosa, Antioquia. Tel. (574)289 2480, Fax: (574)289 1234; sobarbosa@sulfoquimica.com
- Barranquilla: Vía Malambo - Sabanagrande, km. 3; Parque Industrial PIMSA; Malambo, Atlántico. Tel (575)347 8350; Fax: (575)3478353; sobarbquilla@sulfoquimica.com
- Caloto: Vía Caloto - Santander de Quilichao, km. 7, Caloto, Cauca. Tel (572)550 4344; Fax: (572)550 4343; socaloto@sulfoquimica.com

Policloruro de Aluminio 15, PAC15
Ficha Técnica del Producto
Propiedades Químicas (AWWA B408-03)

Fórmula Química	$[Al(OH)_m Cl_{3-m}]_n$
Densidad a 25 °C, g/ml	1.27 ± 0.03
pH a 25 °C	2.5 ± 0.3
% Al ₂ O ₃	15 ± 0.5
Relación de Basicidad	70% mín.

Indicaciones

El policloruro de aluminio 15 (PAC15) es una sal de alta basicidad con base en anión cloruro. Presenta especies polinucleares del metal convirtiéndolo en un coagulante de alto desempeño, con excelentes propiedades para el tratamiento de aguas con dificultades especiales y generando bajo volumen de lodos, pues trabaja bien con poco suministro de alumina.

Condiciones de Manejo

El producto debe ser almacenado en tanques de fibra de vidrio, polietileno o acero recubierto en caucho y conducido empleando fibra de vidrio, PVC o cualquier otro material termoplástico. También es compatible con EPDM, Caucho Natural y Vitón. El producto no debe estar en contacto con hierro, acero al carbón, acero inoxidable y bronce.

Es deseable que el Policloruro de Aluminio Líquido sea dosificado tal como se recibe del proveedor.

Para la dosificación exacta y uniforme, debe ser usada una bomba de desplazamiento positivo. El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas. Su vida útil es de 3 meses.

Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero, por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Evite el contacto con metales que puedan sufrir corrosión tales como hierro, cobre, bronce, aluminio y acero inoxidable. Se recomienda el uso de guantes y gafas protectoras.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.

El producto no emite gases y por lo tanto no causa efectos nocivos al ser inhalado.


Oficina Principal y Producción

Medellín: Calle 55 No 46-85 Itagüí, Antioquia; Tel: (574)370 1170; Fax: (574)277 5676; sulfosa@sulfoquimica.com

Producción

- Barbosa: Via Girardota - El Hatillo km. 4 (Vereda Platanillo), Barbosa, Antioquia. Tel. (574)289 2480, Fax. (574)289 1234; sobarbosa@sulfoquimica.com
- Barranquilla: Via Malambo - Sabanagrande, km. 3; Parque Industrial PIMSA; Malambo, Atlántico. Tel (575)347 8350; Fax: (575)3478353; sobarranquilla@sulfoquimica.com
- Caloto: Via Caloto - Santander de Quilichao, km. 7, Caloto, Cauca. Tel (572)550 4344; Fax: (572)550 4343; socaloto@sulfoquimica.com

Sulfato de Aluminio Tipo A libre de hierro Sólido
Ficha Técnica del Producto
Propiedades Químicas (NTC 531 5ª Revisión)

Parámetro	Libre de Hierro	Libre de Hierro Impalpable
Fórmula Química	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14.3H_2O$	
Alúmina	17.00% Al_2O_3 mín.	
Hierro	0.008% Fe_2O_3 máx.	
Insolubles	0.1% máx.	
Basicidad	0.05% Al_2O_3 mín.	
Granulometría (US Std.)		
Pasa 4	100%	NA
Pasa 10	90% mín.	NA
Pasa 100	10% máx.	90% mín.

*Vida útil posterior a su fabricación: 6 - 12 meses

1 Este producto satisface las condiciones del sulfato de aluminio grado papel.

Condiciones de Manejo

El producto, empaçado en sacos de polipropileno de 25kg y 50kg para los productos grado B), debe ser almacenado en un área seca, protegido de la intemperie.

Por ser moderadamente higroscópico, el Sulfato de Aluminio Tipo A Libre de Hierro Sólido debe ser protegido de la humedad mientras se está utilizando con el fin de evitar empastamientos que dificultan su manejo.

El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas.

Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero, por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Se recomienda el uso de guantes, gafas protectoras y mascarillas para evitar inhalar el material fino.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.


Oficina Principal y Producción

Medellín: Calle 55 No 46-95 Itagüí, Antioquia; Tel: (574)370 1170; Fax: (574)277 5676; sulfosa@sulfoquimica.com

Producción

• Barbosa: Vía Girardota - El Hatillo km. 4 (Vereda Platano), Barbosa, Antioquia. Tel. (574)289 2480, Fax. (574)289 1234;

sobarbosa@sulfoquimica.com

• Barranquilla: Vía Malambo - Sabanagrande, km. 3; Parque Industrial PIMSA; Malambo, Atlántico. Tel (575)347 8350; Fax (575)3478353;

sobarraquilla@sulfoquimica.com

• Caloto: Vía Caloto - Santander de Quilichao, km. 7, Caloto, Cauca. Tel (572)650 4344; Fax: (572)650 4343;

socaloto@sulfoquimica.com

**NOVAQUIMICA
COLOMBIA S.A.**

NOVA A-410

**HOJA DE SEGURIDAD
PHC-02 Versión 03
Página 1 de 3
Fecha Actualización :23/07/2010**

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPANIA

Nombre Comercial: NOVA A-410

Formula Química: Mezcla

Sinónimos: Poliacrilamida Anionica

Fabricante: NOVAQUIMICA COLOMBIA S.A. Circular 4 No. 71-64 Medellín Teléfono: 416 26 22

Teléfono de emergencia en Colombia: 018000916012 Las 24 horas (CISPROQUIM)

2. COMPOSICION, INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Los componentes de esta mezcla no se consideran peligrosos.

3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

Visión general sobre Emergencias:

Material granular blanco, no peligroso

El material en contacto con agua, torna la superficie resbaladiza.

Efectos Potenciales Para La Salud:

No se esperan efectos adversos para la salud.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:

• No requiere medidas especiales.

Ojos:

• Quite los lentes de contacto. Enjuague suavemente los ojos y áreas cercanas con agua durante 15 minutos.

• Obtenga asistencia médica.

Piel:

• No requiere medidas especiales, en caso de irritación, obtenga asistencia médica

Ingestión:

Si la persona está completamente consciente: Déle a beber de 1 a 3 vasos de agua y obtenga asistencia médica.

Si la persona está inconsciente:

• Quite de la boca del paciente cualquier evidencia o residuos de la sustancia.

• Nunca administre nada a una persona inconsciente por la boca, obtenga asistencia médica.

Tratamiento médico: No requiere medidas especiales, el producto no es considerado tóxico.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Punto De Inflamación: N/A

Límites De Inflamabilidad En Aire, % Vol: N/A **INF:** N/A **SUP:** N/A

Temperatura De Autoignición: N/A

Métodos Comunes De Extinción:

En caso de incendio en el entorno, están permitidos todos los medios de extinción.

Procedimientos contra incendios:

• Lleve puesto un aparato respiratorio autónomo aprobado.

• Utilice rociadores de agua para mantener los envases fríos y contener los humos.

Otras precauciones: Ninguna.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Contención:

• Recoja en seco los residuos del producto

• No vierta en el drenaje.

• No permita que el producto entre en el desagüe y alcantarillado.

Procedimientos De Limpieza:

• Recoja el producto no contaminado y recíclalo en el proceso.

• Coloque el producto contaminado en un contenedor cerrado, etiquetado y compatible con el producto.

7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO**Manejo:**

- Evite el contacto prolongado o repetido con la piel o los ojos.
- Al manejar este producto, no use lentes de contacto sin protección ocular apropiada.
- Inmediatamente después de tener contacto con la piel como resultado de trabajar con este producto, lave cuidadosamente las áreas expuestas y antes de comer, beber o hacer uso de los servicios sanitarios.
- Evite la respiración prolongada o repetida de polvos.

Almacenamiento:

- Guárdelo en un recipiente cerrado, correctamente etiquetado en un área seca.
- Proteja de daños físicos.

8. CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL**Controles De Ingeniería:**

Maneje en lugares ventilados preferiblemente.

Equipo de protección personal**Protección respiratoria**

Utilizar un aparato de respiración aprobado para material particulado.

Protección de las manos:

- Guantes adecuados para el manejo rutinario del producto seco.

Protección de los ojos:

- Utilice gafas protectoras contra productos químicos.

Protección de la piel

- Lleve botas, delantal, manga larga, así como ropa que brinde la protección adecuada para prevenir el contacto con la piel.

Otras precauciones:

- Una ducha de emergencia y lavavojos deben estar cercanas y listas para su uso.

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia : Polvo Granular Blanco

Olor : N/E

Estado físico : Sólido

pH : N/E

Presión de vapor : N/E

Densidad del vapor: N/E

Punto de ebullición: N/E

Punto de congelación o fusión: N/E

Solubilidad en agua: N/E

Densidad g/ml : N/E

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**Estabilidad Química:**

- Estable a temperatura ambiente y presión atmosférica.

Condiciones a evitar:

- Altas temperaturas.
- Humedad

Incompatibilidad con otros Materiales:

- Agentes oxidantes.

Productos de descomposición peligrosos:

Descomposición térmica produce óxido de nitrógeno (NOx), óxido de carbono (COx).

Polimerización peligrosa: No ocurrirá

**NOVAQUIMICA
COLOMBIA S.A.**

NOVA A-410

**HOJA DE SEGURIDAD
PHC-02 Versión 03
Página 3 de 3
Fecha Actualización :23/07/2010**

11. INFORMACION TOXICOLOGICA

Toxicidad Aguda
Inhalación: N/A.
Oral: LD50 rata >5000 mg/kg.
Dérmica: N/A.
Irritación: N/A
Sensibilización: N/A.

Toxicidad crónica NE.
Estudios especiales: N/A.

12. INFORMACIONES ECOLOGICAS

Ecotoxicidad
Aguda y a largo plazo: LC50/Danio rerio/ 96 horas> 100mg/l.
Destrucción ambiental
Degradación y persistencia: N/A.
Bioacumulación: No se espera que ocurra.
Movilidad en el suelo: N/A.
Físico/químico: NE.

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION

Tratamiento de desechos:
• No es un desecho peligroso
• No vierta desechos en el alcantarillado local, elimine residuos y empaques en un establecimiento de eliminación de residuos aprobada y conforme a las leyes y regulaciones a nivel local, estatal y nacional.

14. INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE

Transporte Terrestre
Nombre y Descripción: N/R
Clase y División: N/R
Grupo de embalaje/ envase: N/R
Numero UN: N/R

15. INFORMACION REGLAMENTARIA

N/A.

16. OTRAS INFORMACIONES

**NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION -
Asociación Nacional para Protección Contra Incendios)**
Salud = 0 Inflamabilidad = 1 Reactividad = 0 Especial = ningún.

Las clasificaciones están basadas en directrices de Novaquímica Colombia S.A., y están previstas para uso interno. La aplicación de métodos de manejo, almacenamiento, transporte, uso y disposición del producto están fuera de nuestro control, por lo tanto, la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdidas, daños u otra situación que esté relacionada con el manejo, almacenamiento, uso o disposición del producto.

La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material aún siguiendo procedimientos razonables de seguridad.

N/A: No Aplica

NE: No Establecido

N/R: No Regulado

Elaboro: Directora de Calidad

Reviso: Analista de Laboratorio

Aprobó: Gerente

**NOVAQUIMICA
COLOMBIA S.A.**

NOVA C-310

**HOJA DE SEGURIDAD
PHC-07 Versión 03
Página 1 de 3
Fecha Actualización : 23/07/2010**

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA

Nombre Comercial: NOVA C-310

Formula Química: Mezcla

Sinónimos: Poliacrilamida Cationica

Fabricante: NOVAQUIMICA COLOMBIA S.A. Circular 4 No. 71-64 Medellín Teléfono: 416 26 22

Teléfono de emergencia en Colombia: 018000916012 Las 24 horas (CISPROQUIM)

2. COMPOSICIÓN, INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Los componentes de esta mezcla no se consideran peligrosos.

3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

Visión general sobre Emergencias:

Material granular blanco, no peligroso

El material en contacto con agua, torna la superficie resbaladiza.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:

• No requiere medidas especiales.

Ojos:

• Quite los lentes de contacto. Enjuague suavemente los ojos y áreas cercanas con agua durante 15 minutos.

• Obtenga asistencia médica.

Piel:

• No requiere medidas especiales, en caso de irritación, obtenga asistencia médica

Ingestión:

Si la persona está completamente consciente: Déle a beber de 1 a 3 vasos de agua y obtenga asistencia médica.

Si la persona está inconsciente:

• Quite de la boca del paciente cualquier evidencia o residuos de la sustancia.

• Nunca administre nada a una persona inconsciente por la boca, obtenga asistencia médica.

Tratamiento médico: No requiere medidas especiales, el producto no es considerado tóxico.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Punto De Inflamación: N/A

Límites De Inflamabilidad En Aire, % Vol: N/A **INF:** N/A **SUP:** N/A

Temperatura De Autoignición: N/A

Métodos Comunes De Extinción:

En caso de incendio en el entorno, están permitidos todos los medios de extinción.

Procedimientos contra incendios:

• Lleve puesto un aparato respiratorio autónomo aprobado.

• Utilice rociadores de agua para mantener los envases fríos y contener los humos.

Otras precauciones: Ninguna.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Contención:

• Recoja en seco los residuos del producto

• No vierta en el drenaje.

• No permita que el producto entre en el desagüe y alcantarillado.

Procedimientos De Limpieza:

• Recoja el producto no contaminado y reciclelo en el proceso.

• Coloque el producto contaminado en un contenedor cerrado, etiquetado y compatible con el producto.

7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Manejo:

- Evite el contacto prolongado o repetido con la piel o los ojos.
- Al manejar este producto, no use lentes de contacto sin protección ocular apropiada.
- Inmediatamente después de tener contacto con la piel como resultado de trabajar con este producto, lave cuidadosamente las áreas expuestas y antes de comer, beber o hacer uso de los servicios sanitarios.
- Evite la respiración prolongada o repetida de polvos.

Almacenamiento:

- Guárdelo en un recipiente cerrado, correctamente etiquetado en un área seca.
- Proteja de daños físicos.

8. CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL**Controles De Ingeniería:**

Maneje en lugares ventilados preferiblemente.

Equipo de protección personal**Protección respiratoria**

Utilizar un aparato de respiración aprobado para material particulado.

Protección de las manos:

- Guantes adecuados para el manejo rutinario del producto seco.

Protección de los ojos:

- Utilice gafas protectoras contra productos químicos.

Protección de la piel

- Lleve botas, de lantal, manga larga, así como ropa que brinde la protección adecuada para prevenir el contacto con la piel.

Otras precauciones:

- Una ducha de emergencia y lavajos deben estar cercanas y listas para su uso.

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia : Polvo Granular Blanco

Olor : NE

Estado físico : Sólido

pH : NE

Presión de vapor : NE

Densidad del vapor: NE

Punto de ebullición: NE

Punto de congelación o fusión: NE

Solubilidad en agua: NE

Densidad g/ml : NE

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**Estabilidad Química:**

- Estable a temperatura ambiente y presión atmosférica.

Condiciones a evitar:

- Altas temperaturas.

- Humedad

Incompatibilidad con otros Materiales:

- Agentes oxidantes y bases.

Productos de descomposición peligrosos:

Descomposición térmica produce: óxido de nitrógeno (NOx), óxido de carbono (COx).

Polimerización peligrosa: No ocurrirá

11. INFORMACION TOXICOLOGICA**Toxicidad Aguda**

**NOVAQUIMICA
COLOMBIA S.A.**

NOVA C-310

**HOJA DE SEGURIDAD
PHC-07 Versión 03
Página 3 de 3
Fecha Actualización :23/07/2010**

Inhalación: N/A
Oral: N/A
Dérmica: N/A
Irritación: N/A
Sensibilización: N/A
Toxicidad crónica: N/E
Estudios especiales: N/A

12. INFORMACIONES ECOLOGICAS

Ecotoxicidad
Aguda y a largo plazo: N/A.
Destrucción ambiental
Degradación y persistencia: N/A.
Bioacumulación: No se espera que ocurra.
Movilidad en el suelo: N/A.
Físico/químico: N/E.

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION

Tratamiento de desechos:
• No es un desecho peligroso
• No vierta desechos en el alcantarillado local, elimine residuos y empaques en un establecimiento de eliminación de residuos aprobada y conforme a las leyes y regulaciones a nivel local, estatal y nacional.

14. INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE:

Transporte Terrestre
Nombre y Descripción: N/R
Clase y División: N/R
Grupo de embalaje/ envase: N/R
Número UN: N/R

15. INFORMACION REGLAMENTARIA

N/A.

16. OTRAS INFORMACIONES

**NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION -
Asociación Nacional para Protección Contra Incendios)**
Salud = 0 Inflamabilidad = 1 Reactividad = 0 Especial = ningún.

Las clasificaciones están basadas en directrices de Novaquímica Colombia S.A., y están previstas para uso interno. La aplicación de métodos de manejo, almacenamiento, transporte, uso y disposición del producto están fuera de nuestro control, por lo tanto, la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdidas, daños u otra situación que esté relacionada con el manejo, almacenamiento, uso o disposición del producto.

La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material aún siguiendo procedimientos razonables de seguridad.

N/A: No Aplica

N/E: No Establecido

N/R: No Regulado

Elaboró: Directora de Calidad

Revisó: Analista de Laboratorio

Aprobó: Gerente

**NOVAQUIMICA
COLOMBIA S.A.**

NOVA N-510

HOJA DE SEGURIDAD
PHC-14 Versión 02
Página 1 de 3
Fecha Actualización: 23/07/2010

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPANIA

Nombre Comercial: NOVA N-510

Formula Química: Mezcla

Sinónimos: Poliácrlamida

Fabricante: NOVAQUIMICA COLOMBIA S.A. Circular 4 No. 71-64 Medellín Teléfono: 416 26 22

Teléfono de emergencia en Colombia: 018000916012. Las 24 horas (CISPROQUIM)

2. COMPOSICION, INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Los componentes de esta mezcla no se consideran peligrosos.

3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

Visión general sobre Emergencias:

Material granular blanco, no peligroso

El material en contacto con agua, torna la superficie resbaladiza.

Efectos Potenciales Para La Salud:

No se esperan efectos adversos para la salud.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:

• No requiere medidas especiales.

Ojos:

• Quite los lentes de contacto. Enjuague suavemente los ojos y áreas cercanas con agua durante 15 minutos.

• Obtenga asistencia médica.

Piel:

• No requiere medidas especiales, en caso de irritación, obtenga asistencia médica

Ingestión:

Si la persona está completamente consciente: Déle a beber de 1 a 3 vasos de agua y obtenga asistencia médica.

Si la persona está inconsciente:

• Quite de la boca del paciente cualquier evidencia o residuos de la sustancia.

• Nunca administre nada a una persona inconsciente por la boca, obtenga asistencia médica.

Tratamiento médico: No requiere medidas especiales, el producto no es considerado tóxico.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Punto De Inflamación: N/A

Límites De Inflamabilidad En Aire, % Vol: N/A **INF:** N/A **SUP:** N/A

Temperatura De Autoignición: N/A

Métodos Comunes De Extinción:

En caso de incendio en el entorno, están permitidos todos los medios de extinción.

Procedimientos contra incendios:

• Lleve puesto un aparato respiratorio autónomo aprobado.

• Utilice rociadores de agua para mantener los envases fríos y contener los humos.

Otras precauciones: Ninguna.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Contención:

• Recoja en seco los residuos del producto

• No vierta en el drenaje.

• No permita que el producto entre en el desagüe y alcantarillado.

Procedimientos De Limpieza:

• Recoja el producto no contaminado y recíclalo en el proceso.

• Coloque el producto contaminado en un contenedor cerrado, etiquetado y compatible con el producto.

7. MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Manejo:

- Evite el contacto prolongado o repetido con la piel o los ojos.
- Al manejar este producto, no use lentes de contacto sin protección ocular apropiada.
- Inmediatamente después de tener contacto con la piel como resultado de trabajar con este producto, lave cuidadosamente las áreas expuestas y antes de comer, beber o hacer uso de los servicios sanitarios.
- Evite la respiración prolongada o repetida de polvos.

Almacenamiento:

- Guárdelo en un recipiente cerrado, correctamente etiquetado en un área seca.
- Proteja de daños físicos.

8. CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

Controles De Ingeniería:

Maneje en lugares ventilados preferiblemente.

Equipo de protección personal

Protección respiratoria

Utilizar un aparato de respiración aprobado para material particulado.

Protección de las manos:

- Guantes adecuados para el manejo rutinario del producto seco.

Protección de los ojos:

- Utilice gafas protectoras contra productos químicos.

Protección de la piel

- Lleve botas, delantal, manga larga, así como ropa que brinde la protección adecuada para prevenir el contacto con la piel.

Otras precauciones:

- Una ducha de emergencia y lavajos deben estar cercanas y listas para su uso.

9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia : Polvo Granular Blanco
Olor : N/E
Estado físico : Sólido
pH : N/E
Presión de vapor : N/E
Densidad del vapor: N/E
Punto de ebullición: N/E
Punto de congelación o fusión: N/E
Solubilidad en agua: N/E
Densidad g/ml : N/E

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad Química:

- Estable a temperatura ambiente y presión atmosférica.

Condiciones a evitar:

- Altas temperaturas.
- Humedad

Incompatibilidad con otros Materiales:

- Agentes oxidantes.

Productos de descomposición peligrosa:

Descomposición térmica produce óxido de nitrógeno (NOx), óxido de carbono (COx).

Polimerización peligrosa: No ocurrirá

11. INFORMACION TOXICOLOGICA**Toxicidad Aguda**

Inhalación: N/A.

Oral: N/A.

Dérmica: N/A.

Irritación: N/A

Sensibilización: N/A.

Toxicidad crónica: NE.

Estudios especiales: N/A.

12. INFORMACIONES ECOLOGICAS**Ecotoxicidad**

Aguda y a largo plazo: LC50/Danio rerio/ 96 horas> 100mg/l.

Destrucción ambiental

Degradación y persistencia: N/A.

Bioacumulación: No se espera que ocurra.

Movilidad en el suelo: N/A.

Físico/químico: NE.

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACION**Tratamiento de desechos:**

- No es un desecho peligroso
- No vierta desechos en el alcantarillado local, elimine residuos y empaques en un establecimiento de eliminación de residuos aprobada y conforme a las leyes y regulaciones a nivel local, estatal y nacional.

14. INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE**Transporte Terrestre**

Nombre y Descripción: N/R

Clase y División: N/R

Grupo de embalaje/ envase: N/R

Número UN: N/R

15. INFORMACION REGLAMENTARIA

N/A.

16. OTRAS INFORMACIONES**NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION -****Asociación Nacional para Protección Contra Incendios)**

Salud = 0 Inflamabilidad = 1 Reactividad = 0 Especial = ningún.

Las clasificaciones están basadas en directrices de Novaquímica Colombia S.A., y están previstas para uso interno. La aplicación de métodos de manejo, almacenamiento, transporte, uso y disposición del producto están fuera de nuestro control, por lo tanto, la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdidas, daños u otra situación que esté relacionada con el manejo, almacenamiento, uso o disposición del producto.

La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material aún siguiendo procedimientos razonables de seguridad.

N/A: No Aplica

NE: No Establecido

N/R: No Regulado

Elaboró: Directora de Calidad

Revisó: Analista de Laboratorio

Aprobó: Gerente

D.2 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE AGENTES QUÍMICOS

	Ventajas	Desventajas
Agente coagulante	operativas /seguridad	operativas /seguridad
Sulfato de Al tipo A	Es tan eficiente, que para aguas superficiales de alta calidad se puede usar como agente único para el tratamiento.	<p>Después del proceso, dejan residuos metálicos (Al) disueltos en el agua</p> <p>Generan mayor cantidad de lodos que los polímeros, sobretodo cuando se necesitan altas dosificaciones</p> <p>En algunos casos, dadas las adiciones realizadas es necesario agregar cal durante la operación para mejorar el pH.</p>
Hidroxiclورو de Al y policloruro de Al	<p>Facilidad y rapidez al preparar las soluciones</p> <p>Sal ligeramente ácida: no presenta altos peligros en su manejo. No presenta efectos nocivos por inhalación</p>	No puede tener ningún tipo de contacto con metales que puedan sufrir corrosión: Fe, Cu, bronce, Al y acero inoxidable.
polielectrolito A-410	Se requieren muy bajas dosificaciones por los altos pesos moleculares que maneja.	Presencia de monómeros libres de acrilamidas en el agua tratada.
polielectrolito C-310	Genera menor cantidad de lodos residuales	Aún a bajas concentraciones, las soluciones son difíciles de preparar y manipular: Se requieren altos niveles de energía mecánica.
polielectrolito N-510	No se considera peligroso al manipularlo	<p>Las soluciones preparadas para dosificar al tratamiento no duran más de 3 días.</p> <p>Al contacto con el agua tornan jabonosas las superficies.</p>

De acuerdo a los agentes usados, en forma general existen dos categorías: sales de aluminio y los polielectrolitos. Si la característica se encuentra resaltada quiere decir que aplica para todos los agentes de la misma categoría, cuando está sin resaltar es una característica que es propia del agente o agentes en el cual está especificado.

ANEXO E

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE EN PUNTOS DE CONSUMO DE GECELCA S.A ESP

Los resultados presentados a continuación son comparados con los criterios establecidos por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social.

El monitoreo de la calidad del agua en todos los puntos de consumo se realiza cada seis meses sin embargo, mensualmente se realiza un monitoreo parcial que cubre dos puntos de consumo relevantes: casino- localidad donde se preparan los alimentos- y cafetería del edificio de administración de planta Termoguajira.

E.1 CARACTERIZACIÓN DE AGUA POR PROAMBIENTE LTDA

A continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis físico-químico y microbiológico realizado a todos los puntos de consumo presentes en Gecelca S.A ESP, central Termoguajira a saber:

- Cafetería del edificio administrativo
- Línea de agua potable a la salida de planta de agua
- Cafetería de sala de mando
- Tanque de agua potable U2
- Cocina de casino
- Agua potable de las casas
- Fuente de consumo de taller mecánico

Este monitoreo es el que se realiza cada seis meses. En este caso es el monitoreo correspondiente al segundo semestre de 2011.

REPORTE DE ENSAYO

No 732-14

ODS No.	732
Código:	1110-732-14

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	Gecelca SA ESP – Termogujaira	PLAN DE MUESTREO:	PM-732-495	NIT/ C.C.	830,513,773-8
CONTACTO/CARGO:	Ing. Diovany Baquero	DIRECCIÓN:	Entrada a Mingueo corregimiento de Dibulla		
DEPARTAMENTO:	Guajira	MUNICIPIO:	Mingueo (Corregimiento de Dibulla)	TELÉFONO:	3165269642

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR					
				FECHA DE MUESTREO	Gerlin B	HORA			
1110-732-14	Agua Potable	Agua potable casas	N:11°15'42,3" WO:73°25'06,7"	2011-10-28		13:05			
				2011-10-29		08:00			
				FECHA INICIO DE ENSAYOS			2011-10-29		
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYOS			2011-11-02		
				FECHA DE REPORTE			2011-11-04		

N.A. No aplica N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS:

FISICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		1110-732-14			
pH (in situ)	U de H	6,58	6,5 – 9,0	Electrométrico	SM 4500 H ⁺ B
Temperatura (in situ)	°C	28,0	-	Electrométrico	SM 2550 B
Conductividad	µS/cm	71,9	1000	Electrométrico	SM 2510 B
Cloro Residual (in situ)	mg/L	0,18	0,3 – 2,0	Fotométrico	HACH 8021 (eq SM 4500 Cl G)
Nitritos	mg/L	< 0,03	0,1	Fotométrico	SQM 14776 (Eq SM 4500 NO2 B)
Color real	Hazen	< 5	-	Fotométrico	SM 2120 C
Dureza Total	mg/L	23,0	300	Titulométrico	SM 2340 C
Cloruros	mg/L	< 8	250	Titulométrico	SM 4500 Cl B
Hierro total	mg/L	0,05	0,3	Fotométrico	SQM 14761 (A. Iloglicídico)
Turbiedad	UNT	1,60	2	Nefelométrico	EPA 180.1
Sulfatos	mg/L	19,3	250	Nefelométrico	SM 4500 E
Sólidos Flotantes	Presen./Ausen.	Ausencia	Ausente	Cualitativo	M.I
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	0	0	Filtración por membrana	SM 9222
<i>E. coli</i>	UFC/100 cm ³	0	0	Filtración por membrana	SM 9222
Mesófilos aerobios	UFC/100 cm ³	80	100	Filtración por membrana	SM 9215
<i>Salmonella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9260 D
<i>Klebsiella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9222 F

¹ Resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia para agua potable.

LUCELLY SANTANDER B.
Gerente/Director Técnico

CAMPO ELIAS CASELLES
Jefe Lab. Fisicoquímico

VICTOR ORTEGA
Jefe Lab. Microbiología

Fin del Informe

Informe válido solo para la(s) muestras analizada(s). La reproducción total o parcial de este informe debe hacerse con autorización de Proambiente S.A.S.

Pág 1 de 1

REPORTE DE ENSAYO

No 732-15

ODS No.	732
Código:	1110-732-15

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE :	Gecelca SA ESP – Termoguajira	PLAN DE MUESTREO:	PM-732-495	NIT/ C.C.	830,513,773-8
CONTACTO/CARGO :	Ing. Divovany Baquero	DIRECCIÓN:	Entrada a Mingueo corregimiento de Dibulla		
DEPARTAMENTO:	Guajira	MUNICIPIO:	Mingueo (Corregimiento de Dibulla)	TELÉFONO:	3165269642

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		Gerlin B	
				FECHA DE MUESTREO	HORA:	FECHA DE INGRESO MUESTRA	HORA:
1110-732-15	Agua Potable	Agua potable fuente de taller mecanico	N:11°15'40,8" WO:73°24'49,5"	2011-10-28	13:45	2011-10-29	08:00
				FECHA INICIO DE ENSAYOS		2011-10-29	
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYOS		2011-11-02	
				FECHA DE REPORTE		2011-11-04	

N.A. No aplica N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS:

FISICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE	TÉCNICA	MÉTODO
		1110-732-15	REFERENCIA		
pH (in situ)	U de H	6,55	6,5 – 9,0	Electrométrico	SM 4500 H* B
Temperatura (in situ)	°C	21,0	-	Electrométrico	SM 2550 B
Conductividad	µS/cm	69,9	1000	Electrométrico	SM 2510 B
Cloro Residual (in situ)	mg/L	0,00	0,3 – 2,0	Fotométrico	HACH 8021 (eq SM 4500 Cl G)
Nitritos	mg/L	< 0,03	0,1	Fotométrico	SQM 14776 (Eq SM 4500 NO2 B)
Color real	Hazen	< 5	-	Fotométrico	SM 2120 C
Dureza Total	mg/L	24,0	300	Titulométrico	SM 2340 C
Cloruros	mg/L	< 8	250	Titulométrico	SM 4500 Cl B
Hierro total	mg/L	0,26	0,3	Fotométrico	SQM 14761 (A. tioglicólico)
Turbiedad	UNT	1,98	2	Nefelométrico	EPA 180.1
Sulfatos	mg/L	19,3	250	Nefelométrico	SM 4500 E
Sólidos Flotantes	Presen./Ausen.	Ausencia	Ausente	Cualitativo	M.I
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	7	0	Filtración por membrana	SM 9222
<i>E. coli</i>	UFC/100 cm ³	0	0	Filtración por membrana	SM 9222
Mesófilos aerobios	UFC/100 cm ³	DNPSC*	100	Filtración por membrana	SM 9215
<i>Salmonella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9260 D
<i>Klebsiella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9222 F

¹ Resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia para agua potable.

* DNPSC: Crecimiento demasiado numeroso para ser contado.

LUCELLY SANTANDER B.
Gerente/Director Técnico

CAMPO ELIAS CASELLES
Jefe Lab. Físicoquímico

VICTOR ORTEGA
Jefe Lab. Microbiología

-----Fin del Informe -----

Informe válido solo para la(s) muestras analizada(s). La reproducción total o parcial de este informe debe hacerse con autorización de Proambiente S.A.S.

REPORTE DE ENSAYO

No 732-16

ODS No.	732
Código:	1110-732-16

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE :	Gecelca SA ESP – Termogujaira	PLAN DE MUESTREO:	PM-732-495	NIT/ C.C.	830.513.773-8
CONTACTO/CARGO :	Ing. Diovany Baquero	DIRECCIÓN:	Entrada a Mingueo corregimiento de Dibulla		
DEPARTAMENTO:	Guajira	MUNICIPIO:	Mingueo (Corregimiento de Dibulla)	TELÉFONO:	3165269642

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		Gerlin B	
				FECHA DE MUESTREO	HORA:	FECHA DE INGRESO MUESTRA	HORA
1110-732-16	Agua superficial	Agua de aprovechamiento Río Cañas	N: 11°12'37,9" WO: 73°24'07,1"	2011-10-28	14:50	2011-10-29	08:00
				FECHA INICIO DE ENSAYOS		2011-10-29	
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYOS		2011-11-03	
				FECHA DE REPORTE		2011-11-04	

N.A. No aplica N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS: **FISICO-QUÍMICOS** **MICROBIOLÓGICOS**

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		1110-732-16			
pH (in situ)	U de H	7,35	-	Electrométrico	SM 4500 H ⁺ B
Temperatura (in situ)	°C	26,7	-	Electrométrico	SM 2550 B
DBO ₅	mg/L	< 4	-	ODM	SM 5210 B
DQO	mg/L	< 5	-	Fotométrico	SQM 14541 (Eq SM 5220 D)
Sólidos suspendidos totales	mg/L	< 25	-	Gravimétrico	SM 2540 D
Color real	Hazen	< 5	-	Fotométrico	SM 2120 C
Dureza Total	mg/L	29,8	-	Titulométrico	SM 2340 C
Cloruros	mg/L	< 8	-	Titulométrico	SM 4500 Cl B
Hierro total	mg/L	0,20	-	Fotométrico	SQM 14761 (A. floglicólico)
Turbiedad	UNT	5,96	-	Nefelométrico	EPA 180.1
Alcalinidad total	mg/L	27,3	-	Titulométrico	SM 2320 B
Manganeso	mg/L	< 0,057	-	Absorción Atómica	SM 3111 B
Coliformes Totales	NMP/100 ml	540	-	Fermentación de tubos múltiples	SM 9221 B
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	540	-	Fermentación de tubos múltiples	SM 9221 B y E

LUCELLY SANTANDER B.
Gerente/Director Técnico

CAMPO ELIAS CASELLES
Jefe Lab. Físicoquímico

VICTOR ORTEGA
Jefe Lab. Microbiología

-----Fin del Informe -----

Informe válido solo para la(s) muestras analizada(s). La reproducción total o parcial de este informe debe hacerse con autorización de Proambiente S.A.S.

REPORTE DE ENSAYO

No 732-13

ODS No.	732
Código:	1110-732-13

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE :	Gecelca SA ESP – Termogujira	PLAN DE MUESTREO:	PM-732-495	NIT/ C.C.	830,513,773-8
CONTACTO/CARGO :	Ing. Diovany Baquero	DIRECCIÓN:	Entrada a Mingueo corregimiento de Dibulla		
DEPARTAMENTO:	Guajira	MUNICIPIO:	Mingueo (Corregimiento de Dibulla)	TELÉFONO:	3165269642

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		
				FECHA DE MUESTREO	Gerlin B	HORA:
1110-732-13	Agua Potable	Agua potable cocina de casino	N:11°15'43,66" WO:73°25'04,02"	2011-10-28	12:15	
				2011-10-29	08:00	
				2011-10-29		
				2011-11-02		
				2011-11-04		

N.A. No aplica N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS:

FISICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		1110-732-13			
pH (in situ)	U de H	6,64	6,5 – 9,0	Electrométrico	SM 4500 H ⁺ B
Temperatura (in situ)	°C	39,0	-	Electrométrico	SM 2550 B
Conductividad	µS/cm	71,8	1000	Electrométrico	SM 2510 B
Cloro Residual (in situ)	mg/L	0,18	0,3 – 2,0	Fotométrico	HACH 8021 (eq SM 4500 Cl G)
Nitritos	mg/L	< 0,03	0,1	Fotométrico	SQM 14776 (Eq SM 4500 NO2 B)
Color real	Hazen	< 5	-	Fotométrico	SM 2120 C
Dureza Total	mg/L	23,0	300	Titulométrico	SM 2340 C
Cloruros	mg/L	< 8	250	Titulométrico	SM 4500 Cl B
Hierro total	mg/L	0,07	0,3	Fotométrico	SQM 14761 (A. litológico)
Turbiedad	UNT	1,80	2	Nefelométrico	EPA 180.1
Sulfatos	mg/L	21,8	250	Nefelométrico	SM 4500 E
Sólidos Flotantes	Presen./Ausen.	Ausencia	Ausente	Cualitativo	M.I
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	10	0	Filtración por membrana	SM 9222
<i>E. coli</i>	UFC/100 cm ³	0	0	Filtración por membrana	SM 9222
Mesófilos aerobios	UFC/100 cm ³	50	100	Filtración por membrana	SM 9215
<i>Salmonella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9260 D
<i>Klebsiella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9222 F

¹ Resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia para agua potable.

LUCELLY SANTANDER B.
Gerente/Director Técnico

CAMPO ELIAS CASELLES
Jefe Lab. Físicoquímico

VICTOR ORTEGA
Jefe Lab. Microbiología

-----Fin del Informe -----

Informe válido solo para la(s) muestras analizada(s). La reproducción total o parcial de este informe debe hacerse con autorización de Proambiente S.A.S.

REPORTE DE ENSAYO

No 732-12

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

ODS No.	732
Código:	1110-732-12

CLIENTE :	Gecelca SA ESP – Tergojuajira	PLAN DE MUESTREO:	PM-732-495	NIT/ C.C.	830,513,773-8
CONTACTO/CARGO :	Ing. Diovany Baquero	DIRECCIÓN:	Entrada a Mingueo corregimiento de Dibulla		
DEPARTAMENTO:	Guajira	MUNICIPIO:	Mingueo (Corregimiento de Dibulla)	TELÉFONO:	3165269642

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR					
				FECHA DE MUESTREO	HORA	Gerlin B			
1110-732-12	Agua Potable	Agua potable Tanque de asotea de caldera 2, nivel 14	N:11°15'42,07" WO:73°24'56,46"	2011-10-28	11:30				
				2011-10-29	08:00				
				FECHA INICIO DE ENSAYOS			2011-10-29		
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYOS			2011-11-02		
				FECHA DE REPORTE			2011-11-04		

N.A. No aplica N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS:

FISICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE	TÉCNICA	MÉTODO
		1110-732-12	REFERENCIA		
pH (in situ)	U de H	6,41	6,5 – 9,0	Electrométrico	SM 4500 H ⁺ B
Temperatura (in situ)	°C	31,0	-	Electrométrico	SM 2550 B
Conductividad	µS/cm	67,0	1000	Electrométrico	SM 2510 B
Cloro Residual (in situ)	mg/L	0,31	0,3 – 2,0	Fotométrico	HACH 8021 (eq SM 4500 Cl G)
Nitritos	mg/L	< 0,03	0,1	Fotométrico	SQM 14776 (Eq SM 4500 NO2 B)
Color real	Hazen	< 5	-	Fotométrico	SM 2120 C
Dureza Total	mg/L	27,8	300	Titulométrico	SM 2340 C
Cloruros	mg/L	< 8	250	Titulométrico	SM 4500 Cl B
Hierro total	mg/L	0,11	0,3	Fotométrico	SQM 14761 (A. tioglicólico)
Turbiedad	UNT	2,19	2	Nefelométrico	EPA 180.1
Sulfatos	mg/L	17,4	250	Nefelométrico	SM 4500 E
Sólidos Flotantes	Presen./Ausente	Ausencia	Ausente	Cualitativo	M.I
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	16	0	Filtración por membrana	SM 9222
<i>E. coli</i>	UFC/100 cm ³	0	0	Filtración por membrana	SM 9222
Mesófilos aerobios	UFC/100 cm ³	86	100	Filtración por membrana	SM 9215
<i>Salmonella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9260 D
<i>Klebsiella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9222 F

¹ Resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia para agua potable.

LUCELLY SANTANDER B.
Gerente/Director Técnico

CAMPO ELIAS CASELLES
Jefe Lab. Fisicoquímico

VICTOR ORTEGA
Jefe Lab. Microbiología

-----Fin del Informe -----

Informe válido solo para la(s) muestras analizada(s). La reproducción total o parcial de este informe debe hacerse con autorización de Proambiente S.A.S.

REPORTE DE ENSAYO

No 732-11

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

ODS No.	732
Código:	1110-732-11

CLIENTE:	Geclca SA ESP – Termogujira	PLAN DE MUESTREO:	PM-732-495	NIT/ C.C.	830,513,773-8
CONTACTO/CARGO:	Ing. Diovany Baquero	DIRECCIÓN:	Entrada a Mingueo corregimiento de Dibulla		
DEPARTAMENTO:	Guajira	MUNICIPIO:	Mingueo (Corregimiento de Dibulla)	TELÉFONO:	3165269642

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR			
				FECHA DE MUESTREO	Gerlin B	HORA:	
1110-732-11	Agua Potable	Agua potable cafeteria de sala de mando	N:11°15'40,70" WO:73°24'56,31"	2011-10-28		11:13	
				2011-10-29		08:00	
						2011-10-29	
						2011-11-02	
						2011-11-04	

N.A. No aplica N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS:

FISICO-QUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA	TÉCNICA	MÉTODO
		1110-732-11			
pH (in situ)	U de H	6,40	6,5 – 9,0	Electrométrico	SM 4500 H ⁺ B
Temperatura (in situ)	°C	32,0	-	Electrométrico	SM 2550 B
Conductividad	µS/cm	72,3	1000	Electrométrico	SM 2510 B
Cloro Residual (in situ)	mg/L	0,02	0,3 – 2,0	Fotométrico	HACH 8021 (eq SM 4500 Cl G)
Nitritos	mg/L	< 0,03	0,1	Fotométrico	SQM 14776 (Eq SM 4500 NO2 B)
Color real	Hazen	< 5	-	Fotométrico	SM 2120 C
Dureza Total	mg/L	23,0	300	Titulométrico	SM 2340 C
Cloruros	mg/L	< 8	250	Titulométrico	SM 4500 Cl B
Hierro total	mg/L	0,39	0,3	Fotométrico	SQM 14761 (A. litológico)
Turbiedad	UNT	3,40	2	Nefelométrico	EPA 180.1
Sulfatos	mg/L	18,9	250	Nefelométrico	SM 4500 E
Solidos Flotantes	Presen./Ausen.	Ausencia	Ausente	Cualitativo	M.I
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	30	0	Filtración por membrana	SM 9222
<i>E. coli</i>	UFC/100 cm ³	0	0	Filtración por membrana	SM 9222
Mesófilos aerobios	UFC/100 cm ³	421	100	Filtración por membrana	SM 9215
<i>Salmonella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9260 D
<i>Klebsiella sp</i>	UFC/100 cm ³	0	-	Filtración por membrana	SM 9222 F

¹ Resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia para agua potable.

LUCELLY SANTANDER B.
Gerente/Director Técnico

CAMPO ELIAS CASELLES
Jefe Lab. Físicoquímico

VICTOR ORTEGA
Jefe Lab. Microbiología

-----Fin del Informe -----

Informe válido solo para la(s) muestras analizada(s). La reproducción total o parcial de este informe debe hacerse con autorización de Proambiente S.A.S.

REPORTE DE ENSAYO

No 732-10

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

ODS No.	732
Código:	1110-732-10

CLIENTE :	Gecelca SA ESP – Termoguajira	PLAN DE MUESTREO:	PM-732-495	NIT/ C.C.	830,513,773-8
CONTACTO/CARGO :	Ing. Diovany Baquero	DIRECCIÓN:	Entrada a Mingueo corregimiento de Dibulla		
DEPARTAMENTO:	Guajira	MUNICIPIO:	Mingueo (Corregimiento de Dibulla)	TELÉFONO:	3165269642

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		
				FECHA DE MUESTREO	HORA	Gerlin B
1110-732-10	Agua Potable	Agua potable planta de tratamiento de agua – antes del tanque de almacenamiento	N:11°15'38,01" WO:73°24'53.34"	FECHA DE MUESTREO	2011-10-28	10:45
				FECHA DE INGRESO MUESTRA	2011-10-29	08:00
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2011-10-29	
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYOS	2011-11-02	
				FECHA DE REPORTE	2011-11-04	

N.A. No aplica N.I: Información no suministrada

III. RESULTADOS:

FISICO-QUÍMICOS



MICROBIOLÓGICOS



ENSAYOS	UNIDADES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	VALORES DE	TÉCNICA	MÉTODO
		1110-732-10	REFERENCIA		
pH (in situ)	U de H	6,56	6,5 – 9,0	Electrométrico	SM 4500 H ⁺ B
Temperatura (in situ)	°C	27,0	-	Electrométrico	SM 2550 B
Conductividad	µS/cm	56,8	1000	Electrométrico	SM 2510 B
Cloro Residual (in situ)	mg/L	0,00	0,3 – 2,0	Fotométrico	HACH 8021 (eq SM 4500 Cl G)
Nitritos	mg/L	< 0,03	0,1	Fotométrico	SQM 14776 (Eq SM 4500 NO2 B)
Color real	Hazen	< 5	-	Fotométrico	SM 2120 C
Dureza Total	mg/L	29,8	300	Titulométrico	SM 2340 C
Cloruros	mg/L	< 8	250	Titulométrico	SM 4500 Cl B
Hierro total	mg/L	0,05	0,3	Fotométrico	SQM 14761 (A. floglicólico)
Turbiedad	UNT	1,62	2	Nefelométrico	EPA 180.1
Sulfatos	mg/L	16,9	250	Nefelométrico	SM 4500 E
Sólidos Flotantes	Presen./Ausent.	Ausencia	Ausente	Cualitativo	M.I
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	112	0	Filtración por membrana	SM 9222
<i>E. coli</i>	UFC/100 cm ³	0	0	Filtración por membrana	SM 9222
Mesófilos aerobios	UFC/100 cm ³	228	100	Filtración por membrana	SM 9215
<i>Salmonella sp</i>	UFC/100 cm ³	Pendiente	-	Filtración por membrana	SM 9260 D
<i>Klebsiella sp</i>	UFC/100 cm ³	Pendiente	-	Filtración por membrana	SM 9222 F

¹ Resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia para agua potable.

LUCELLY SANTANDER B.
Gerente/Director Técnico

CAMPO ELIAS CASELLES
Jefe Lab. Fisicoquímico

VICTOR ORTEGA
Jefe Lab. Microbiología

-----Fin del Informe -----

Informe válido solo para la(s) muestras analizada(s). La reproducción total o parcial de este informe debe hacerse con autorización de Proambiente S.A.S.

Un resumen general de los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de consumo se muestra en la siguiente tabla:

ANÁLISIS FISIQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN GECELCA S.A ESP, Termoguajira OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 2011									
Propiedades	VALOR MEDIDO							VALORES DE REFERENCIA ¹	UNIDADES
	Cafería de edificio administrativo	Línea de A. potable a la salida de PTA	Cafería sala de mando	Tanque de agua potable	Cocina de casino	Agua potable casas	Fuente taller mecanico		
pH (in situ)	6,18	6,56	6,40	6,41	6,64	6,58	6,55	6,5 – 9,0	U de H
Temperatura (in situ)	32,0	27,0	32,0	31,0	39,0	28,0	21,0	-	°C
Conductividad	118,5	56,8	72,3	67,0	71,8	71,9	69,9	1000,0	µS/cm
Cloro Residual (in situ)	0,02	0,00	0,02	0,31	0,18	0,18	0,00	0,3 – 2,0	mg/L
Nitritos	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,1	mg/L
Color real	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	-	Hazen
Dureza Total	30,7	29,8	23,0	27,8	23,0	23,0	24,0	300,0	mg/L
Cloruros	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	250,0	mg/L
Hierro total	0,36	0,05	0,39	0,11	0,07	0,05	0,26	0,30	mg/L
Turbiedad	2,63	1,62	3,40	2,19	1,80	1,60	1,98	2,00	UNT
Coliformes Totales UFC/100 cm ³	24	112	30	16	10	0	7	0	UFC/100 cm ³
Mesófilos aerobios UFC/100 cm ³	52	228	421	86	50	80	DNPSC	100	UFC/100 cm ³

Los valores de referencia se toman de la resolución No 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorio de la República de Colombia para agua potable.
DNPSC: Crecimiento demasiado numeroso para ser contado.

E.2 CARACTERIZACIÓN DE AGUA POR ASINAL LABORATORIOS LTDA, ENERO-FEBRERO DE 2012

AGUA POTABLE DE CASINO

Parámetro	Unidades	Método	Resultado enero	Resultado febrero	Resolución 2115/07	Cumplimiento Resolución
Hierro total	mg/L Fe	Absorción atómica	< 0,1	< 0,1	Max 0,3	Cumple
Cloro residual libre	mg/L Cl ₂	SM 21st Edition 4500-Cl ₂ G	2,2	2,2	Min 0,3 Max 2,0	No Cumple
Cloruros	mg/L Cl ⁻	S.M. 21st Edition 4500 Cl ⁻	15	15	Max 250	Cumple
Color	Platino/Cobalto	SM 21st Edition 2120 B Comparación visual	5	5	Max 15	Cumple
Conductividad	µs/cm	SM 21st Edition 2310	94	93	N.A	N.A
Dureza total	mg/L CaCO ₃	SM 21st Edition 2340 C	10	10	Max 300	Cumple
Olor	N/A	SM 21st Edition 2150 B	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Cumple
pH	Unidades	Potenciométrico, S.M. 21ed 4500H	7,2	7,2	Min 6.5 Max 9.0	Cumple
Sulfatos	mg/L SO ₄	S.M. 21st Edition 4500 SO ₄ -2	3	3	Max 250	Cumple
Turbiedad	NTU	S.M. 21st Edition 2130B	0,6	0,9	Max 2.0	Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 mL	Filtración por membrana	Menor de 1,8	Menor de 1,8	N.A	N.A
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	Filtración por membrana	Mayor de 20.000	Mayor de 20.000	0	No Cumple
Recuento de microorganismos aerobios mesofilos	UFC/cm ³	Plate Count, 35°C 24-48 horas	Mayor de 30.000	Mayor de 30.000	Max 100	No Cumple

AGUA POTABLE DE CAFETERIA EN ADMINISTRACIÓN

Parámetro	Unidades	Método	Resultado enero	Resultado febrero	Resolución 2115/07	Cumplimiento Resolución
Hierro total	mg/L Fe	Absorción atómica	< 0,1	< 0,1	Max 0,3	Cumple
Cloro residual libre	mg/L Cl ₂	SM 21st Edition 4500-Cl G	2,1	2,0	Min 0.3 Max 2.0	Cumple
Cloruros	mg/L Cl ⁻	S.M. 21st Edition 4500 Cl	40	40	Max 250	Cumple
Color	Platino/Cobalto	SM 21st Edition 2120 B Comparación visual	5	5	Max 15	Cumple
Conductividad	µs/cm	SM 21st Edition 2310	97	91	N.A	N.A
Dureza total	mg/L CaCO ₃	SM 21st Edition 2340 C	6	10	Max 300	Cumple
Olor	N/A	SM 21st Edition 2150 B	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Cumple
pH	Unidades	Potenciométrico, S.M. 21ed 4500H	7,2	7,2	Min 6.5 Max 9.0	Cumple
Sulfatos	mg/L SO ₄	S.M. 21st Edition 4500 SO ₄ -2	4	4	Max 250	Cumple
Turbiedad	NTU	S.M. 21st Edition 2130B	0,6	1,3	Max 2.0	Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 mL	Filtración por membrana	Menor de 1,8	Menor de 1,8	N.A	N.A
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	Filtración por membrana	20	10	0	No Cumple
Recuento de microorganismos aerobios mesofilos	UFC/cm ³	Plate Count, 35°C 24-48 horas	Mayor de 30.000	Mayor de 30.000	Max 100	No Cumple

E.3 INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA

Enero

A continuación se presenta el IRCA obtenido para los puntos monitoreados en la planta Termoguajira, calculado a partir del puntaje de riesgo asignado a cada parámetro fisicoquímico analizado en campo y en laboratorio, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 13 de la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social.

Tabla 7 Calculo del IRCA para los puntos casino y cafetería.

	Color aparente	Turbiedad	pH	Cloro residual libre	Cloruros
	UPC	UNT	Unidades	mg/L Cl2	mg/L Cl-
Valor permisible	15,0	2,0	6,5 - 9,0	0,3 - 2,0	250
Calificación Riesgo	6	15	1,5	15	1

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		Mes	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO
Nº Laboratorio	DESCRIPCIÓN											
1041476	Casino	01/2012	5	0	0,6	0	7,2	0	2,2	15	15	0
1041478	Cafetería	01/2012	5	0	0,6	0	7,2	0	2,1	15	40	0

Tabla 7 Calculo del IRCA para los puntos casino y cafetería (Continuación).

	Coliformes totales	Dureza total	Hierro total	Sulfatos
	UFC/100 cm ³	mg/L CaCO ₃	mg/L Fe	mg/L (SO ₄) ₂
Valor permisible	0	300	0,3	250
Calificación Riesgo	15	1	1,5	1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA		Mes	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	Nº Laboratorio	RIESGO POR MUESTRA	% IRCA
Nº Laboratorio	DESCRIPCIÓN												
1041476	Casino	01/2012	> 20000	15	10	0	< 0,1	0	3	0	1041476	0,53	53%
1041478	Cafetería	01/2012	20	15	6	0	< 0,1	0	4	0	1041478	0,53	53%

Para la calificación del nivel de riesgo se tienen en cuenta los rangos establecidos por el Artículo 15 de la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social que se muestran a continuación:

Tabla 8 Rangos para la calificación del nivel de riesgo respecto al IRCA

IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO	CALIFICACIÓN
80,1 - 100	Inviabile sanitariamente	Agua no apta para consumo humano
35,1 - 80	Alto	Agua no apta para consumo humano
14,1 - 35	Medio	Agua no apta para consumo humano
5,1 - 14	Bajo	Agua no apta para consumo humano
0 - 5	Sin riesgo	Agua apta para consumo humano

Tabla 9 Calificación del agua para consumo humano.

Descripción	% IRCA	Nivel de riesgo	Calificación del riesgo
Casino	53%	Alto	Agua no apta para consumo humano
Cafetería	53%	Alto	Agua no apta para consumo humano

Para dar una calificación mas certera sobre la calidad del agua potable con base en los índices de riesgo, es conveniente tener en cuenta todos los parámetros que incluye la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social para dicha calificación.

Febrero

A continuación se presenta el IRCA obtenido para los puntos monitoreados en la planta Termoguajira, calculado a partir del puntaje de riesgo asignado a cada parámetro fisicoquímico analizado en campo y en laboratorio, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 13 de la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social.

Calculo del IRCA para los puntos casino y cafetería.

	Color aparente	Turbiedad	pH	Cloro residual libre	Cloruros
	UPC	UNT	Unidades	mg/L Cl ₂	mg/L Cl ⁻
Valor permisible	15,0	2,0	6,5 - 9,0	0,3 - 2,0	250
Calificación Riesgo	6	15	1,5	15	1

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		Dia	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO
Nº Laboratorio	DESCRIPCIÓN											
1041476	Casino	28/02/2012	5	0	0,9	0	7,2	0	2,2	15	15	0
1041478	Cafetería	28/02/2012	5	0	1,3	0	7,2	0	2,0	0	40	0

Calculo del IRCA para los puntos casino y cafetería (Continuación).

	Coliformes totales	Dureza total	Hierro total	Sulfatos
	UFC/100 cm ³	mg/L CaCO ₃	mg/L Fe	mg/L (SO ₄) ₂
Valor permisible	0	300	0,3	250
Calificación Riesgo	15	1	1,5	1

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		Dia	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	VALOR OBTENIDO	RIESGO OBTENIDO	Nº Laboratorio	RIESGO POR MUESTRA	% IRCA
Nº Laboratorio	DESCRIPCIÓN												
1041476	Casino	28/02/2012	> 20000	15	10	0	< 0,1	0	3	0	1041476	0,53	53%
1041478	Cafetería	28/02/2012	10	15	10	0	< 0,1	0	4	0	1041478	0,26	26%

Para la calificación del nivel de riesgo se tienen en cuenta los rangos establecidos por el Artículo 15 de la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social que se muestran a continuación:

Rangos para la calificación del nivel de riesgo respecto al IRCA

IRCA (%)	NIVEL DE RIESGO	CALIFICACIÓN
80,1 - 100	Inviabile sanitariamente	Agua no apta para consumo humano
35,1 - 80	Alto	Agua no apta para consumo humano
14,1 - 35	Medio	Agua no apta para consumo humano
5,1 - 14	Bajo	Agua no apta para consumo humano
0 - 5	Sin riesgo	Agua apta para consumo humano

Calificación del agua para consumo humano.

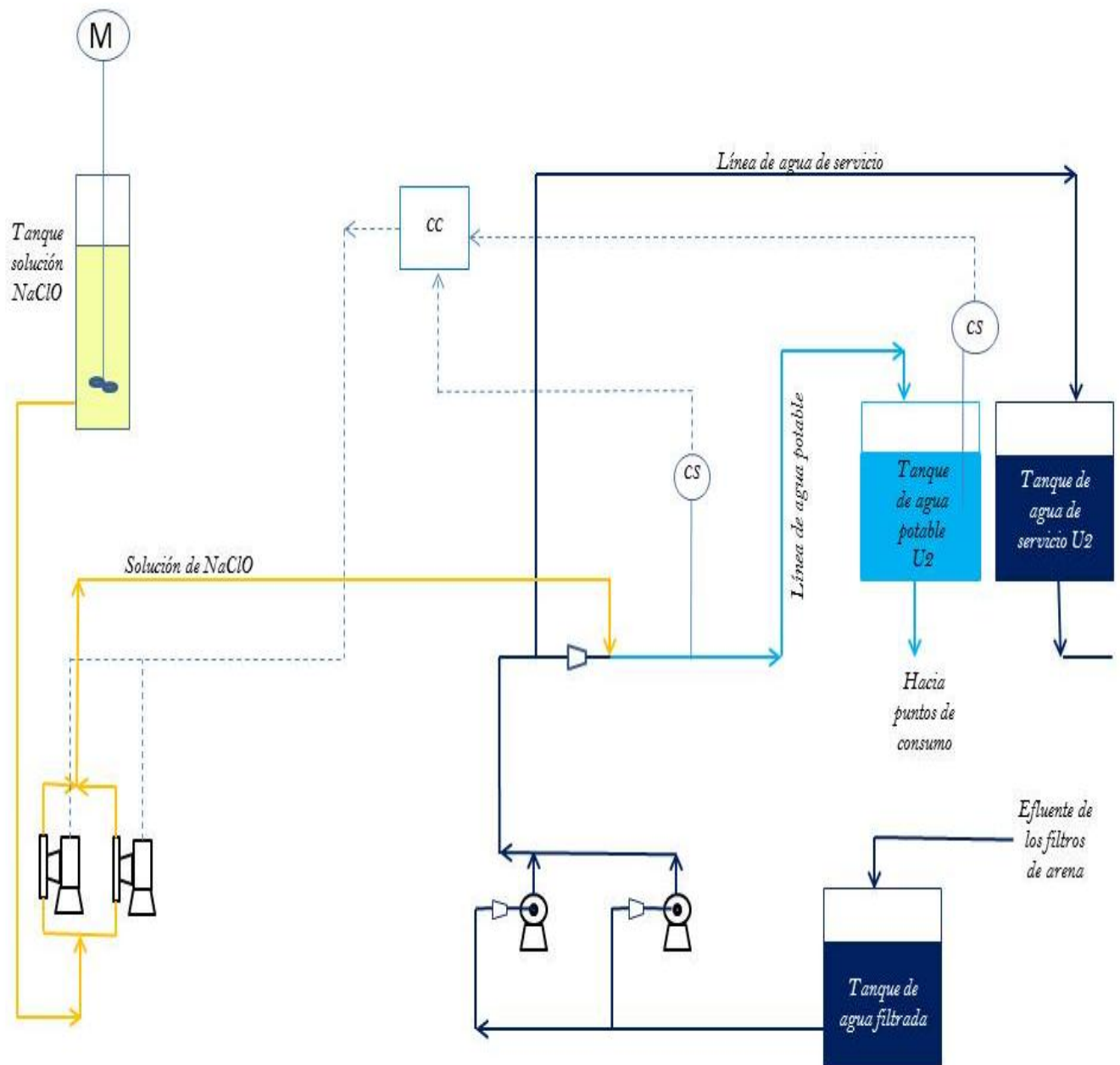
Descripción	% IRCA	Nivel de riesgo	Calificación del riesgo
Casino	53%	Alto	Agua no apta para consumo humano
Cafeteria	26%	Medio	Agua no apta para consumo humano

Para dar una calificación mas certera sobre la calidad del agua potable con base en los índices de riesgo, es conveniente tener en cuenta todos los parámetros que incluye la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social para dicha calificación.

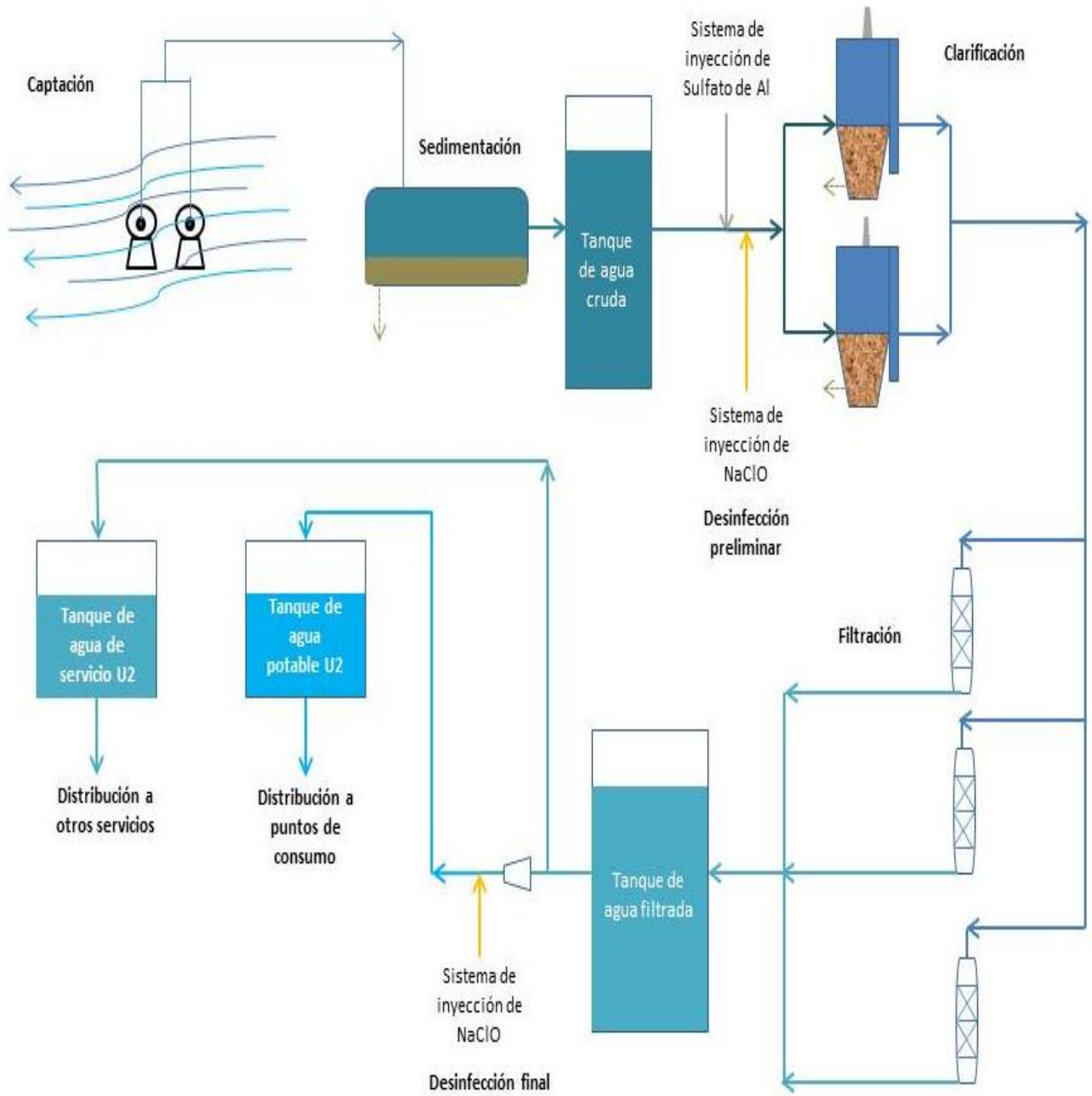
ANEXO F

DIAGRAMAS DE MEJORAS OPERATIVAS PROPUESTAS PARA EL SISTEMA DE DESINFECCIÓN CON NaClO

F.1 INTEGRACIÓN DE NUEVOS ELEMENTOS AL SISTEMA DE CONTROL



F.2 INTEGRACIÓN DE UNA NUEVA ETAPA DE CLORACIÓN



ANEXO G

RESOLUCIONES Y NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS DE INTERÉS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE



**MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL**

RESOLUCIÓN NÚMERO 2115

(22 JUN 2007)

Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano

LOS MINISTROS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

En ejercicio de las facultades legales y en especial las conferidas por los Decretos Ley 205 de 2003 y 216 de 2003, los artículos 3°, 8° parágrafo 1, 9° parágrafo 4 y 14 del Decreto 1575 de 2007

RESUELVE:

CAPÍTULO I

DEFINICIONES

ARTÍCULO 1°.- DEFINICIONES. Para los efectos de la presente Resolución, se adoptan las siguientes definiciones, además de las señaladas en el Decreto 1575 de 2007:

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

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

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

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA: Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

CARACTERÍSTICA: Término usado para identificar elementos, compuestos, sustancias y microorganismos presentes en el agua para consumo humano.

CLORO RESIDUAL LIBRE: Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito.

COLIFORMES: Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

COLOR APARENTE: Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras.

DOSIS LETAL MEDIA - DL₅₀: Estimación estadística de la dosis mínima necesaria para matar el 50% de una población de animales de laboratorio bajo condiciones controladas. Se expresa en miligramos de tóxico por kilogramo de peso del animal.

ESCHERICHIA COLI - E-coli: Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.

POBLACIÓN SERVIDA O ATENDIDA: Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

PREVALENCIA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS: Son las sustancias químicas presentes en el agua para consumo humano, que permanecen en forma periódica o continua.

SUSTRATO DEFINIDO ENZIMÁTICO: Prueba que contiene sustratos hidrolizables para la detección de las enzimas β D galactosidasa de los coliformes y de las enzimas β D galactosidasa y β glucoronidasa de la E. Coli. El nutriente indicador permite que los microorganismos objeto de la prueba, una vez incubados en un medio reactivo, produzcan color o fluorescencia, indicando y confirmando la presencia del microorganismo objeto de investigación.

TIEMPO DE CONTACTO PARA EL DESINFECTANTE: Es el tiempo requerido desde la aplicación del desinfectante al agua hasta la formación como producto del residual del desinfectante, de forma que esa concentración permita la inactivación o destrucción de los microorganismos presentes en el agua.

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

VALOR ACEPTABLE: Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

ARTÍCULO 2º.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Cuadro Nº. 1 Características Físicas

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

ARTÍCULO 3º.- CONDUCTIVIDAD. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

ARTÍCULO 4º.- POTENCIAL DE HIDRÓGENO. El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

ARTÍCULO 5º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN RECONOCIDO EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Cuadro N°. 2 Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Ploomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

PARÁGRAFO. Si los compuestos de trihalometanos totales o los de hidrocarburos policíclicos aromáticos señalados en el cuadro N°.2, exceden los valores máximos aceptables, es necesario identificarlos y evaluarlos, de acuerdo al mapa de riesgo y a lo señalado por la autoridad sanitaria.

ARTÍCULO 6º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

Cuadro N°. 3 Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitros	NO ₂	0,1
Nitros	NO ₃	10
Fluoruros	F	1,0

PARÁGRAFO. Cualquier incremento en las concentraciones habituales de Carbono Orgánico Total – COT – debe ser investigado conjuntamente por la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano y la autoridad sanitaria, con el fin de establecer el tratamiento correspondiente para su reducción.

ARTÍCULO 7°.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN CONSECUENCIAS ECONÓMICAS E INDIRECTAS SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a continuación:

Cuadro N°. 4 Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

ARTÍCULO 8°.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS RELACIONADAS CON LOS PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS. Las características químicas del agua para consumo humano deberán sujetarse a las concentraciones máximas aceptables de plaguicidas y otras sustancias químicas que se señalan a continuación. Estas concentraciones no se aplican a las características señaladas en los artículos 5°, 6° y 7° de la presente Resolución.

1. La concentración máxima aceptable presente en el agua es de 0,0001 mg/L para cada una de las siguientes características químicas:
 - a) Las características químicas reconocidas por el Ministerio de la Protección Social como cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas o las referencias reconocidas por el mencionado Ministerio. No se incluye el asbesto, pues se considera cancerígeno sólo por inhalación.
 - b) Las características químicas cuyo valor DL₅₀ oral mínimo reconocido sea menor o igual a 20 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social.
 - c) Las características cuya información reconocida por el Ministerio de la Protección Social, sean catalogadas como extremada o altamente peligrosas.
 - d) Las características químicas de origen natural o sintético sobre las que se considere necesario aplicar normas de precaución, en el sentido de que a pesar de no poseer suficiente información científica, se considere necesario adoptar medidas para prevenir daños graves o irreversibles a la salud de las personas, en razón a las condiciones de uso y manejo de las mismas.
2. La concentración máxima aceptable para las sustancias químicas no consideradas en el numeral 1 del presente artículo, cuyos valores de DL₅₀ oral más bajos

conocidos se encuentren entre 21 y 200 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social, es de 0,001 mg/L.

3. La concentración máxima aceptable para cada una de las sustancias químicas no consideradas en los numerales 1 y 2 del presente artículo, cuyos valores DL_{50} oral más bajos conocidos se encuentren entre 201 y 2.000 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social es de 0,01 mg/L.

PARÁGRAFO 1. La concentración total de plaguicidas y demás sustancias concernientes en los numerales 1, 2 y 3 del presente artículo, se ajustarán como se señala a continuación:

- a) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, cuyo valor individual máximo admisible sea de 0,0001 mg/L podrá ser de 0,001 mg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.
- b) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, cuyo valor individual máximo admisible sea de 0,001 mg/L podrá ser de 0,01 mg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.
- c) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias cuyo valor individual máximo admisible sea de 0,01 mg/L podrá ser de 0,1 mg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.

PARÁGRAFO 2 Sin perjuicio de lo dispuesto en este artículo, la suma total de las concentraciones de plaguicidas no podrá ser superior a 0,1 mg/L.

PARÁGRAFO 3. El mapa de riesgo también deberá incluir las características químicas potencialmente tóxicas consideradas en los numerales 1, 2 y 3 del presente artículo que se deben analizar en una determinada muestra.

ARTÍCULO 9°.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE OTRAS SUSTANCIAS UTILIZADAS EN LA POTABILIZACIÓN. Además de lo señalado en los artículos 5°, 6°, 7° y 8° de la presente Resolución, dentro las características químicas del agua para consumo humano se deberán tener en cuenta los siguientes valores aceptables para otras sustancias químicas utilizadas en el tratamiento del agua, así:

1. El valor máximo aceptable del residual de aluminio derivado de su uso como coagulante en el tratamiento de agua para consumo humano en su forma (Al^{3+}) será de 0,2 mg/L. Si se utiliza otro coagulante basado en sales de hierro, el valor máximo aceptable para el residual será 0,3 mg/L.

En el caso de utilizar otras sustancias químicas en el tratamiento del agua para consumo humano, el valor aceptable para el residual correspondiente u otras consideraciones al respecto, serán las reconocidas por las Guías de la Calidad de Agua vigentes de la Organización Mundial de la Salud y adoptadas por el Ministerio de la Protección Social.

2. El valor aceptable del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L. La dosis de cloro por aplicar para la desinfección del agua y asegurar el residual libre debe resultar de pruebas frecuentes de demanda de cloro.

Cuando se utilice un desinfectante diferente al cloro o cualquiera de las formulaciones o sustancias que utilicen compuestos distintos para desinfectar el agua para consumo humano, los valores aceptables para el residual correspondiente u otras consideraciones al respecto, serán los reconocidos por la Organización Mundial de la Salud y adoptados por el Ministerio de la Protección Social, quien tendrá en

cuenta el respectivo concepto toxicológico del producto para expedir el concepto técnico.

3. Las plantas de tratamiento deben garantizar mediante sistemas, estructuras o procedimientos de control, el tiempo de contacto del cloro como desinfectante, antes de enviar el agua a las redes y de poner el alcalinizante, el cual debe ser establecido de acuerdo con las tablas del artículo 115 de la Resolución 1096 de 2000 del entonces Ministerio de Desarrollo Económico, o la norma que la sustituya, modifique o adicione.
4. La cal, el sulfato de aluminio, el cloro y el hipoclorito utilizados en el tratamiento o potabilización del agua para el consumo humano, deben cumplir con la calidad determinada por la Resolución N.º 2314 de 1986 del Ministerio de Salud hoy de la Protección Social o la norma que la sustituya, modifique o adicione y con lo previsto en el capítulo C.4 –Coagulación – Mezcla rápida - de que trata el Título C del Reglamento de Agua y Saneamiento del año 2000, expedido por el entonces Ministerio de Desarrollo Económico o el que lo sustituya, modifique o adicione.

Para otros productos, materiales (polímeros) o insumos que vayan a ser utilizados en la potabilización del agua para consumo humano, el Ministerio de la Protección Social emitirá el respectivo concepto técnico, el cual incluye el concepto toxicológico.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

ARTÍCULO 10°.- TÉCNICAS PARA REALIZAR ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS. Las técnicas aceptadas para realizar los análisis microbiológicos del agua para consumo humano son las siguientes:

- a) **PARA ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES:** Filtración por membrana, Sustrato Definido, enzima sustrato y presencia - ausencia.

Se podrán adoptar otras técnicas y metodologías debidamente validadas por el Instituto Nacional de Salud - INS - o éste realizará una revalidación con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes.

- b) **PARA GIARDIA Y CRYPTOSPORIDIUM:** Las técnicas y metodologías de análisis para estos microorganismos deben ser validadas por el Instituto Nacional de Salud – INS - o revalidadas por éste con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes.

ARTÍCULO 11°.- CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra:

Cuadro N.º.5 Características microbiológicas

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

PARÁGRAFO 1. Como prueba complementaria se recomienda realizar la determinación de microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable será de 100 UFC en 100 cm³.

PARÁGRAFO 2. Ninguna muestra de agua para consumo humano debe contener E.coli en 100 cm³ de agua, independientemente del método de análisis utilizado.

PARÁGRAFO 3. El valor aceptable para Giardia es de cero (0) Quistes y para Cryptosporidium debe ser de cero (0) Ooquistes por volumen fijado según la metodología aplicada.

ARTÍCULO 12°.- OTRAS CONSIDERACIONES MICROBIOLÓGICAS. Además de las características señaladas en el artículo anterior, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) A partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución, para la implementación de la técnica de análisis de Giardia y Cryptosporidium se tendrá en cuenta el tamaño del sistema de suministro y los plazos estipulados en el cuadro N°.16 del artículo 34° de la presente Resolución.
- b) De acuerdo con el mapa de riesgo, las autoridades ambientales en cooperación con las autoridades sanitarias y las personas prestadoras de la jurisdicción, realizarán la investigación para verificar la presencia de otros microorganismos patógenos en el agua y la viabilidad de establecer otros indicadores. Si se demuestra la presencia de microorganismos patógenos, las autoridades incorporarán en el mapa de riesgo, sus hallazgos y las acciones a seguir.

CAPÍTULO IV

INSTRUMENTOS BÁSICOS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

ARTÍCULO 13°.- ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA- Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro N°.6 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente Resolución:

Cuadro N°.6 Puntaje de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1

Característica	Puntaje de riesgo
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

PARÁGRAFO. Si los resultados de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos, contemplados en los artículos 5° y 8° de la presente Resolución, exceden los valores máximos aceptables, al valor del IRCA se le asignará el puntaje máximo de 100 puntos independientemente de los otros resultados. Igualmente, se le asignará el valor de 100 puntos si hay presencia de Giardia y Cryptosporidium, teniendo en cuenta los plazos estipulados en el artículo 34° de esta Resolución.

ARTÍCULO 14°.- CÁLCULO DEL IRCA. El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA, se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

El IRCA por muestra:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

El IRCA mensual:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{de los IRCA's obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

PARÁGRAFO. Las características que deben considerarse y determinarse para el cálculo del IRCA, por parte de las personas prestadoras son las contempladas en los cuadros N°.11 y N°.12 y para la autoridad sanitaria de la jurisdicción son las contempladas en los cuadros N°.13a, N°.13b, N°.14a y N°.14b de la presente resolución.

ARTÍCULO 15°.- CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO. Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra y del IRCA mensual, se define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano por la persona prestadora y se señalan las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente:

Cuadro N°. 7 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 - 100	INVIALE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

ARTÍCULO 16°.- PROCEDIMIENTO DE REGISTRO DEL IRCA. Los cálculos de los IRCAs mensuales de control serán realizados por parte de la persona prestadora. Esta información será suministrada al Sistema Único de Información - SUI en los términos y plazos establecidos para el efecto por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD.

La autoridad sanitaria de los municipios categoría 1, 2 y 3 calculará los IRCAs provenientes de los resultados de las muestras de vigilancia y los reportará a la autoridad sanitaria departamental de su jurisdicción. Los IRCAs de los municipios categoría 4, 5 y 6 serán calculados por la autoridad sanitaria departamental. En ambos casos, la autoridad sanitaria departamental remitirá esta información al subsistema de vigilancia de la calidad del agua – SIVICAP del Instituto Nacional de Salud

La autoridad sanitaria notificará y tomará las acciones según lo establecido en el cuadro N°.7 con relación a los valores del IRCA por muestra y mensual. Una vez realizada la notificación se procederá a adoptar las medidas correspondientes.

Una vez sea suministrada la información al SUI por parte de las personas prestadoras, según lo establecido en el inciso 1 del presente artículo, el Instituto Nacional de Salud - INS resolverá las controversias presentadas entre los IRCAs mensuales que calculan las autoridades sanitarias y las personas prestadoras de conformidad con el reporte de información definido para el subsistema SIVICAP y para el sistema SUI respectivamente. El Instituto Nacional de Salud - INS informará el resultado final a la SSPD y a las partes involucradas.

ARTÍCULO 17°.- ÍNDICE DE RIESGO MUNICIPAL POR ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO - IRABAm. El valor del IRABAm oscilará entre cero (0) y cien (100) puntos. Es cero (0) cuando cumple con las condiciones aceptables para cada uno de los criterios de tratamiento, distribución y continuidad del servicio y cien (100) puntos para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

ARTÍCULO 18°.- CÁLCULO DEL IRABAm. Para el cálculo del Índice de Riesgo Municipal por Abastecimiento de Agua IRABAm se tendrán en cuenta los procesos de tratamiento, distribución y continuidad del servicio y se realizará dando aplicación a la siguiente fórmula:

$$IRABA_m = \left(\frac{\sum IRABA_{pp}}{tpp} \right) (0.6) + (IRD_m)(0.4)$$

Donde:

- m = Municipio.
 pp = Persona prestadora.
 tpp = Total de personas prestadoras en el municipio que calcularon el IRABA_{pp}.
 IRABA_{pp} = Índice de riesgo por abastecimiento de agua de la persona prestadora.
 IRD_m = Índice de riesgo por distribución en el municipio. Es un indicador que tiene por objeto determinar el riesgo en salud humana por la forma como se distribuye el agua en el municipio. El máximo puntaje equivale a 100 puntos.

Para el cálculo del índice de riesgo por abastecimiento de agua por parte de la persona prestadora (IRABA_{pp}), se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

$$IRABA_{pp} = 100 - (IT + IC)$$

Donde:

- pp = persona prestadora.
 IT = Índice de tratamiento: Es el puntaje que se asigna al evaluar los procesos de tratamiento, ensayos básicos de laboratorio en planta de tratamiento y trabajadores certificados de la persona prestadora. El máximo puntaje equivale a ochenta (80) puntos.
 IC = Índice por continuidad: Es el puntaje que se asigna a la persona prestadora, con la información de continuidad de su área de influencia. El máximo puntaje equivale a veinte (20) puntos.

Para el cálculo del índice de tratamiento - IT se sumaran los puntajes asignados teniendo en cuenta los puntajes máximos definidos en el cuadro N°.8.

Cuadro N°. 8 Puntajes para el índice de tratamiento del agua para consumo humano

Criterio de asignación de puntos		Puntaje Máximo
PROCESOS: Corresponden a la existencia y funcionamiento de los procesos necesarios de tratamiento de agua para consumo humano, incluyendo los insumos requeridos para el cumplimiento de las exigencias de la presente Resolución, de acuerdo con la calidad de agua que alimenta el sistema y teniendo en cuenta la aplicación del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico, Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico o la que lo adicione, modifique o sustituya, así como las demás normas vigentes establecidas.		50
DESCRIPCIÓN TRATAMIENTO	PUNTAJE ASIGNADO	
Si se realizan todos los procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es continuo	50	
Si se realizan todos los procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es intermitente	25	
Si se realizan algunos procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es continuo	15	
Si se realizan algunos procesos requeridos según las características del agua cruda y su tratamiento es intermitente	10	
Si sólo requiere desinfección y ésta se realiza	50	
Si sólo realiza desinfección	15	
Si no hay ningún tipo de tratamiento	0	

Criterio de asignación de puntos		Puntaje Máximo								
DOTACION BASICA DE LABORATORIO EN PLANTA DE TRATAMIENTO: La persona prestadora debe contar con los equipos mínimos necesarios para realizar los siguientes ensayos: prueba de Jarras, demanda de cloro, turbiedad, color y pH. Se le asignará 3 puntos por cada equipo utilizado en los ensayos citados.		15								
TRABAJADORES CERTIFICADOS: La persona prestadora deberá contar en la planta tratamiento con trabajadores certificados de conformidad con las Resoluciones N.ºs. 1076 de 2003 y 1570 de 2004 del MAVDT o las que las modifiquen, adicionen o sustituyan, que hacen referencia al Plan Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica para el sector de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental y sobre el plan de certificación de las competencias laborales de sus trabajadores.		15								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Criterio</th> <th>Puntaje asignado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entre el 90% y el 100% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados</td> <td>15 puntos</td> </tr> <tr> <td>Entre el 50% y menos de 90% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados</td> <td>10 puntos</td> </tr> <tr> <td>Menos del 50% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados</td> <td>0 puntos</td> </tr> </tbody> </table>			Criterio	Puntaje asignado	Entre el 90% y el 100% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados	15 puntos	Entre el 50% y menos de 90% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados	10 puntos	Menos del 50% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados	0 puntos
Criterio	Puntaje asignado									
Entre el 90% y el 100% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados	15 puntos									
Entre el 50% y menos de 90% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados	10 puntos									
Menos del 50% de los trabajadores que son operadores de planta están certificados	0 puntos									

Para el cálculo del índice de continuidad - IC se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

$$IC = \left(\frac{\sum (Nhs)_j \times (Ps)_j}{(730) \times (Pt)} \right) \times \left(\frac{24h}{\text{día}} \right)$$

Donde:

(Nhs)_j = Número de horas prestadas en un mes en el sector j

(Ps)_j = población servida del sector j

730 = Número de horas que tiene un mes

(Pt) = población total servida por la persona prestadora.

Los valores asignados de acuerdo con las horas de servicio prestado, están establecidos en el cuadro N.º 9, así:

Cuadro N.º 9 Puntaje para el índice de continuidad de la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano

Continuidad del servicio - IC	Puntaje
0- 10 HORAS/DÍA (INSUFICIENTE)	0
10.1- 18 HORAS/DÍA (NO SATISFACTORIO)	10
18.1- 23 HORAS/DÍA (SUFICIENTE)	15
23.1 - 24 HORAS/DÍA (CONTINUO)	20

Para el cálculo del índice de riesgo por distribución en el municipio – IRDm, se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

$$IRDm = 100 - [(E1 \times \%Red) + (E2 \times \%Pilas) + (E3 \times \%Carrotanque) + (E4 \times Otros) + (G * F)]$$

Los puntajes se asignarán al municipio con los siguientes criterios, donde:

% Red = Fracción porcentual del total de la población en el municipio que recibe agua para consumo humano por medio de una red de distribución.

% Pilas = Fracción porcentual del total de la población en el municipio que recibe agua para consumo humano por medio de pilas públicas.

% Carrotanques = Fracción porcentual del total de la población en el municipio que recibe agua para consumo humano por medio de carrotanques.

% Otros = Fracción porcentual del total de la población en el municipio que recoge agua para consumo humano directamente de pozos, lluvias, fuentes superficiales, garrafas, baldes, etc.
 G = Número de total de conexiones domiciliarias/ Número de viviendas
 F = Constante, valor de 10.

Puntajes asignados para calificar cada forma de distribución:

E1 = 90 puntos
 E2 = 50 puntos
 E3 = 10 puntos
 E4 = 5 puntos

ARTÍCULO 19º.- CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO POR ABASTECIMIENTO DE AGUA. Teniendo en cuenta el promedio de los IRABApp e IRABAm, se define la siguiente clasificación del nivel de riesgo a la salud humana, las acciones según el tratamiento, la continuidad por parte de las personas prestadoras y la distribución a nivel municipal:

Cuadro Nº. 10 Clasificación del nivel del riesgo en salud por IRABApp e IRABAm

CLASIFICACIÓN IRABA (%)	NIVEL DE RIESGO A LA SALUD	ACCIONES	
		IRABApp	IRABAm
70.1 -100	MUY ALTO	Requiere la formulación inmediata de un plan de cumplimiento a corto, mediano y largo plazo por parte de la persona prestadora, bajo la verificación de la SSPD.	El Alcalde con el apoyo del Gobernador, propondrá un plan de cumplimiento a corto, mediano y largo plazo para disminuir el índice de riesgo por distribución, bajo la verificación de las entidades de control y la SSPD.
40.1 -70	ALTO	Requiere la formulación e implementación de un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, bajo la verificación de la SSPD.	El Alcalde con el apoyo del Gobernador propondrá un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, para disminuir el índice de riesgo por distribución, bajo la verificación de las entidades de control y la SSPD.
25.1 – 40.0	MEDIO	La persona prestadora debe disminuir, mediante gestión directa, las deficiencias en el tratamiento y continuidad del servicio.	El Alcalde propondrá y ejecutará acciones correctivas a mediano y largo plazo, para disminuir el índice de riesgo por distribución.
10.1 – 25.0	BAJO	La persona prestadora, debe eliminar mediante gestión directa las deficiencias en el tratamiento y continuidad del servicio.	El Alcalde propondrá y ejecutará acciones correctivas para eliminar el índice de riesgo por distribución.
0 – 10.0	SIN RIESGO	La persona prestadora cumple con las disposiciones legales vigentes en materia de agua para consumo humano. Continuar con la prestación del servicio.	El municipio cumple con las disposiciones legales vigentes en materia de agua para consumo humano. Continuar con la prestación del servicio en toda el área de su jurisdicción.

ARTÍCULO 20º.- PROCEDIMIENTO DE REGISTRO DEL IRABAm. La persona prestadora, suministrará anualmente la información al SUI de los índices mensuales de continuidad – IC - requeridos para el cálculo del IRABApp.

Anualmente, las autoridades sanitarias departamentales, distrital y municipales categorías 1, 2 y 3 reportaran los datos requeridos para el cálculo del índice de tratamiento – IT - y el índice de riesgo por distribución municipal - IRDm al subsistema SIVICAP. Los datos que se recojan en dicho subsistema, serán de libre acceso para el Ministerio de la Protección Social mediante conexión directa con el INS.

Los índices mensuales de continuidad por persona prestadora y por municipio serán suministrados por la SSPD a través del SUI, al INS quien los utilizará para el cálculo de los IRABApp e IRABAm, avalados por el Ministerio de la Protección Social. Dichas entidades tendrán acceso directo al SUI mediante conexión con el subsistema SIVICAP.

CAPÍTULO V

PROCESOS BÁSICOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

ARTÍCULO 21°.- FRECUENCIAS Y NÚMERO DE MUESTRAS DE CONTROL DE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE DEBE EJERCER LA PERSONA PRESTADORA. El control de los análisis físicos y químicos debe realizarse en la red de distribución por parte de las personas prestadoras. Se sujetará como mínimo a las siguientes frecuencias y número de muestras de acuerdo con la población atendida, el mapa de riesgo y lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción.

Cuadro N°. 11 Frecuencias y número de muestras de control de la calidad física y química del agua para consumo humano que debe ejercer la persona prestadora en la red de distribución

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
Menores o igual a 2.500	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Mensual	1
	COT, Fluoruros y residual de coagulante utilizado	Anual	1
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo
2.501 - 10.000	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Mensual	3
	COT, Fluoruros y residual de coagulante utilizado	Anual	2
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo
10.001 - 20.000	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Día de por medio	1
	Residual del Coagulante utilizado, Dureza Total, Hierro Total, Cloruros.	Mensual	1
	COT, Fluoruros	Anual	2

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia		
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo		
20.001 - 100.000	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Diaria	1		
	Alcalinidad, Dureza Total, Hierro Total, Cloruros, residual del coagulante utilizado.	Quincenal	1		
	COT, Fluoruros	Anual	2		
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo		
100.001 - 500.000	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Diaria	2		
	Alcalinidad, Dureza Total, Hierro Total, Cloruros, Sulfatos, residual del coagulante utilizado, Nitratos y Nitritos.	Semanal	2		
	COT, Fluoruros	Semestral	2		
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo Diaria.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo		
500.001 - 800.000	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado y residual del coagulante utilizado.	Diaria	3		
800.001 - 1.000.000			4		
1.000.001 - 1.250.000			5		
1.250.001 - 2.000.000			6		
2.000.001 - 4.000.000			7		
500.001 - 800.000			Alcalinidad, Dureza Total, Hierro Total, Cloruros, Sulfatos, Nitratos y Nitritos.	Semanal.	3
800.001 - 1.000.000					4
1.000.001 - 1.250.000	5				
1.250.001 - 2.000.000	6				
2.000.001 - 4.000.000	7				
500.001 - 4.000.000	COT, Fluoruros	Semestral	2		
500.001 - 4.000.000	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo		

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
Mayor a 4.000.000	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado, Residual del coagulante utilizado.	Diaría	7 muestras de acuerdo a la frecuencia más 5 muestras por cada millón o fracción adicional.
	Alcalinidad, Dureza Total, Hierro Total, Cloruros, Sulfatos, Nitratos y Nitritos.	Semanal	7 muestras de acuerdo a la frecuencia más 5 muestras por cada millón o fracción adicional.
	GOT, Fluoruros	Semestral	2
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo

PARÁGRAFO 1. Para las personas prestadoras que utilizan sales metálicas de hierro y aluminio como coagulante se cumplirán las frecuencias establecidas en el cuadro N.º 11 de la presente Resolución. Cuando se utilice otro coagulante, las frecuencias mínimas para la medición del coagulante serán:

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
Menores o igual a 2.500	Trimestral	1
2.500 - 10.000		2
10.001 - 20.000		3
20.001 - 100.000	Bimestral	1
100.001 - 500.000		2
500.001 - 800.000	Mensual	3
800.001 - 1.000.000		4
1.000.001 - 1.250.000		5
1.250.001 - 2.000.000		6
2.000.001 - 4.000.000		7
Mayor a 4.000.000		7 muestras de acuerdo a la frecuencia más 5 muestras por cada millón o fracción adicional.

PARÁGRAFO 2. Aquellas personas prestadoras que suministren o distribuyen agua para consumo humano por medios diferentes a una red de distribución, deberán cumplir con las frecuencias mínimas, número mínimo de muestras y valores admisibles señalados en la presente Resolución de conformidad con la población atendida.

PARÁGRAFO 3. Independientemente del sistema de suministro de agua, la persona prestadora que suministra o distribuya agua para consumo humano a diferentes municipios, realizará los análisis del control para cada uno de ellos, teniendo en cuenta

el número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia de acuerdo con la población atendida.

PARÁGRAFO 4. Para el análisis del control en un municipio donde exista más de una persona prestadora, se tendrá en cuenta el número de población atendida por cada prestador en ese municipio.

ARTÍCULO 22°.- FRECUENCIAS Y NÚMERO DE MUESTRAS DE CONTROL DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE DEBE EJERCER LA PERSONA PRESTADORA. El control para los análisis microbiológicos de coliformes totales y E.coli a realizar al agua para consumo humano por las personas prestadoras en la red de distribución, se sujetará como mínimo, a las frecuencias y número de muestras de acuerdo con la población atendida, definidos en el cuadro N°.12 de la presente Resolución.

Cuadro N°.12 Frecuencias y número de muestras de control para los análisis microbiológicos de Coliformes Totales y E. Coli que deben ejercer las personas prestadoras en la red de distribución

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
Menor o igual a 2.500	Mensual	1
2.501 - 10.000		3
10.001 - 20.000	Quincenal	4
20.001 - 100.000	Semanal	8
100.001 - 250.000		3
250.001 - 500.000	Diario	5
500.001 - 800.000		6
800.001 - 1.000.000		7
1.000.001 - 1.250.000		8
1.250.001 - 2.000.000		10
2.000.001 - 4.000.000		12
Mayores de 4.000.000		12 muestras de acuerdo con la frecuencia más 5 muestras por cada millón o fracción adicional.

PARÁGRAFO. Dentro del mapa de riesgo se deberá estudiar la presencia de Giardia y Cryptosporidium, así como otros microorganismos en la fuente con el fin de determinar si es necesario realizar el control en el agua para consumo humano. Si se determina que es necesario el control, el mapa de riesgo deberá determinar la frecuencia mínima y el número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia.

ARTÍCULO 23°.- REPORTES DE CONTROL. El libro o registro sistematizado de control de la calidad de agua para consumo humano debe mantenerse actualizado por parte de la persona prestadora y contener como mínimo, la siguiente información:

1. Cantidad de agua captada (en la entrada de la planta de tratamiento).
2. Cantidad de agua suministrada (contabilizada por medidores en red).
3. Resultado de los análisis microbiológicos, físicos y químicos del agua, de acuerdo con los requerimientos mínimos señalados en la presente Resolución.
4. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos adicionales definidos en el mapa de riesgo.

5. Cantidad de productos químicos utilizados, tales como coagulantes, desinfectantes, alcalinizantes, entre otros, que deben cumplir con estándares de calidad. En el caso de los productos que están sujetos a registros sanitarios, deben indicar el número de registro del INVIMA ó el número de resolución expedida por el Ministerio de la Protección Social.
6. Bitácora ó libro de novedades presentadas como anomalías, emergencias, problemas en equipos y personal, calidad de insumos y actos de orden público que puedan afectar la calidad en la prestación del servicio.
7. Registro de los resultados de las evaluaciones de demanda de cloro u otro desinfectante aprobado por el Ministerio de la Protección Social.

PARÁGRAFO. Quienes provean polímeros orgánicos e inorgánicos destinados a la potabilización del agua, en un plazo no mayor a un año, enviarán al Ministerio de la Protección Social los estudios avalados por organismos nacionales o internacionales respecto de los efectos en la salud humana, con el fin de que el mencionado Ministerio expida los actos administrativos correspondientes para su uso.

CAPÍTULO VI

PROCESOS BÁSICOS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO POR PARTE DE LA AUTORIDAD SANITARIA

ARTÍCULO 24°.- FRECUENCIAS Y NÚMERO DE MUESTRAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE DEBE REALIZAR LA AUTORIDAD SANITARIA PARA POBLACIONES HASTA 100.000 HABITANTES. La autoridad sanitaria competente realizará como mínimo los análisis físicos y químicos de acuerdo con las frecuencias y número de muestras señalados en el cuadro N°.13a, teniendo en cuenta la población atendida y el mapa de riesgo elaborado:

Cuadro N°.13a Frecuencias mínimas y número mínimo de muestras que debe realizar la autoridad sanitaria a la calidad física y química del agua para consumo humano en la red de distribución para poblaciones hasta 100.000 habitantes

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
Menores o igual a 2.500	Turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Bimestral	1
	COT, Fluoruros y residual del coagulante utilizado.	Anual	1
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo
2.501 - 10.000	Turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Mensual	1
	COT, Fluoruros y residual del coagulante utilizado.	Anual	1
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
10.001 - 20.000	Turbiedad, Color aparente, pH, cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Mensual	2
	Residual del coagulante utilizado, dureza total, hierro total, cloruros.	Semestral	2
	COT, Fluoruros	Anual	1
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo
20.001 - 100.000	Turbiedad, Color aparente, pH, cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Mensual	3
	Alcalinidad, dureza total, hierro total, cloruros, residual del coagulante utilizado.	Semestral	3
	COT, Fluoruros	Anual	1
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo.	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo	De acuerdo a lo exigido en el mapa de riesgo

Adicionalmente se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

1. Cuando las personas prestadoras utilicen sales metálicas de hierro y aluminio como coagulante, la autoridad sanitaria realizará la vigilancia de acuerdo con las frecuencias establecidas en el presente artículo. Cuando estas personas prestadoras utilicen otro tipo de coagulante, las frecuencias mínimas para la vigilancia del coagulante serán las siguientes:

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
Menores o igual a 2.500	Trimestral	1
2.500 - 10.000		
10.001 - 20.000		
20.001 - 100.000	Bimestral	

2. En aquellos sistemas de tratamiento donde no se requiera el proceso de coagulación, no será necesario determinar la característica del residual del coagulante.

ARTÍCULO 25º.- FRECUENCIAS Y NÚMERO DE MUESTRAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE DEBE REALIZAR LA AUTORIDAD SANITARIA PARA POBLACIONES DE 100.001 HABITANTES EN ADELANTE. Con el propósito de efectuar verificación de las características físicas y químicas de la calidad del agua para consumo humano, la autoridad sanitaria competente realizará de forma rutinaria el número de muestras señaladas en la columna denominada "Número rutinario de muestras a analizar por cada frecuencia", y teniendo en cuenta las frecuencias mínimas establecidas en el cuadro N°13b de la presente Resolución.

Si del valor calculado del IRCA de cualquiera de las muestras puntuales resulta en un riesgo medio o mayor, deberá incrementarse como mínimo por seis (6) meses el número de muestras teniendo en cuenta lo señalado en la columna "Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia".

Cuadro N°.13b Frecuencias mínimas, número rutinario de muestras a analizar por cada frecuencia y número mínimo de muestras que debe realizar la autoridad sanitaria a la calidad física y química del agua para consumo humano en la red de distribución para poblaciones de 100.001 habitantes en adelante

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia mínima	Número rutinario de muestras a analizar por cada frecuencia	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
100.001 - 500.000	Turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual del desinfectante usado.	Mensual	2	6
	Alcalinidad, dureza total, hierro total, cloruros, sulfatos, residual del coagulante utilizado, nitratos y nitritos.	Bimestral	2	6
	COT, Fluoruros	Anual	0	1
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la Autoridad Sanitaria.	De acuerdo con lo exigido en el mapa de riesgo		
500.001 - 1.000.000	Turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o desinfectante usado, residual del coagulante utilizado.	Mensual	3	12
1.000.001 - 2.000.000			4	30
2.000.001 - 4.000.000			5	60
500.001 - 1.000.000	Alcalinidad, dureza total, hierro total, cloruros, sulfatos, nitratos y nitritos.	Bimestral	3	12
1.000.001 - 2.000.000			4	30
2.000.001 - 4.000.000			5	60
500.001 - 4.000.000	COT, Fluoruros	Anual	0	1
500.001 - 4.000.000	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo.	De acuerdo con lo exigido en el mapa de riesgo		
Mayor 4.000.000	Turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o desinfectante usado, residual del coagulante utilizado.	Mensual	5	60 muestras de acuerdo a la frecuencia más 20 muestras por cada millón o fracción adicional.
	Alcalinidad, dureza total, hierro total, cloruros, sulfatos, nitratos y nitritos.	Bimestral	5	
	COT, Fluoruros	Anual	0	
	Aquellas características físicas, químicas de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo.	De acuerdo con lo exigido en el mapa de riesgo		

En aquellos sistemas de tratamiento donde no se requiera el proceso de coagulación, no será necesario determinar la característica del residual del coagulante.

ARTÍCULO 26°.- FRECUENCIA Y NÚMERO DE MUESTRAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE DEBE REALIZAR LA AUTORIDAD SANITARIA PARA POBLACIONES HASTA 100.000 HABITANTES. La autoridad sanitaria de los departamentos, distritos y municipios realizarán los análisis microbiológicos a las muestras de agua para consumo humano, como se establece a continuación:

Cuadro N°.14a Frecuencia mínima y número mínimo de muestras para los análisis microbiológicos de Coliformes Totales y E. Coli de la calidad del agua para consumo humano que debe ejercer la autoridad sanitaria en la red de distribución para poblaciones hasta 100.000 habitantes.

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Frecuencia mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia mínima
Menor o igual a 2.500	Bimestral	1
2.501 - 10.000	Mensual	1
10.001 - 20.000		2
20.001 - 100.000		5

PARÁGRAFO. Dentro del mapa de riesgo se deberá estudiar la presencia de *Giardia* y *Cryptosporidium*, así como otros microorganismos en la fuente con el fin de determinar si es necesario realizar la vigilancia en el agua para consumo humano. Si se determina que es necesaria la vigilancia, el mapa de riesgo deberá determinar la frecuencia mínima y el número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia.

ARTÍCULO 27°.- FRECUENCIAS Y NÚMERO DE MUESTRAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE DEBE REALIZAR LA AUTORIDAD SANITARIA PARA POBLACIONES DE 100.001 HABITANTES EN ADELANTE Con el propósito de efectuar verificación de las características microbiológicas de la calidad del agua para consumo humano, la autoridad sanitaria competente realizará de forma rutinaria el número de muestras señaladas en la columna denominada "Número rutinario de muestras a analizar por cada frecuencia", y teniendo en cuenta las frecuencias mínimas establecidas en el cuadro N°14b.

Si del valor calculado del IRCA de cualquiera de las muestras puntuales resulta un riesgo medio o mayor, deberá incrementarse el número de muestras por un espacio de seis (6) meses, según lo establecido en el siguiente cuadro:

Cuadro N°.14b Frecuencia mínima y número mínimo de muestras para los análisis microbiológicos de Coliformes Totales y E. Coli de la calidad del agua para consumo humano que debe ejercer la autoridad sanitaria en la red de distribución para poblaciones de 100.001 habitantes en adelante.

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Frecuencia mínima	Número rutinario de muestras a analizar por cada frecuencia	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia mínima
100.001 - 250.000	Mensual	3	10
250.001 - 500.000		3	15
500.001 - 1.000.000		5	30
1.000.001 - 2.000.000			60
2.000.001 - 4.000.000			96
Más de 4.000.000	9	96 muestras de acuerdo con la frecuencia más 20 muestras por cada millón o fracción adicional.	

PARÁGRAFO. Dentro del mapa de riesgo se deberá estudiar la presencia de *Giardia* y *Cryptosporidium*, así como otros microorganismos en la fuente con el fin de determinar si

es necesario realizar la vigilancia en el agua para consumo humano. Si se determina que es necesaria la vigilancia, el mapa de riesgo deberá determinar la frecuencia mínima y el número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia.

ARTÍCULO 28°.- VISITAS DE INSPECCIÓN SANITARIA. Para dar cumplimiento a lo establecido principalmente en los numerales 3, 4, 5, 7 del artículo 8° del Decreto 1575 de 2007 en aquellas poblaciones hasta 100.000 habitantes, las autoridades sanitarias realizarán anualmente una visita de inspección sanitaria a la infraestructura del sistema de suministro de agua de las personas prestadoras. Para las poblaciones de 100.001 habitantes en adelante, la autoridad sanitaria deberá realizar mínimo dos (2) visitas de inspección sanitaria al año.

ARTÍCULO 29°.- INCREMENTO DEL NÚMERO DE MUESTRAS Y DE LAS FRECUENCIAS. La autoridad sanitaria podrá aumentar el número de muestras y las frecuencias establecidas en la presente Resolución para la vigilancia, de acuerdo con el resultado obtenido en el mapa de riesgo y aplicará las medidas sanitarias que corresponda.

ARTÍCULO 30°.- SUMINISTRO DE AGUA CRUDA. Cuando en un municipio se suministre agua cruda por red de distribución o cuando se suministre por otros medios, la autoridad sanitaria realizará los análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua que suministran estos sistemas, teniendo en cuenta el número de habitantes que se abastecen de ellos, tal como se considera en los cuadros N°.13a, N°.13b, N°.14a y N°.14b de la presente Resolución.

ARTÍCULO 31°.- REPORTES DE VIGILANCIA. El libro o registro sistematizado de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano debe mantenerse actualizado y contener como mínimo, la siguiente información:

1. Resultado de los análisis microbiológicos, físicos y químicos del agua, de acuerdo con los requerimientos mínimos señalados en la presente Resolución.
2. Resultado de los análisis físicos, químicos y microbiológicos adicionales definidos en el mapa de riesgo.
3. Resultados de las inspecciones realizadas a los sistemas.

ARTÍCULO 32°.- CALIDADES Y REQUISITOS DEL RECURSO HUMANO. Las calidades y requisitos para los funcionarios responsables de la inspección, vigilancia y control sanitario de la calidad del agua para consumo humano, serán definidos por el Ministerio de la Protección Social.

CAPÍTULO VII

PLAZOS

ARTÍCULO 33°.- PLAZOS PARA ADECUAR LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO A LA CARACTERÍSTICA DE TURBIEDAD. Las personas prestadoras, de conformidad con los niveles de vigilancia y control, tendrán plazos para adecuar sus sistemas de suministro de agua para consumo humano para el cumplimiento del valor máximo aceptable de la característica de turbiedad establecido en el artículo 2° de la presente Resolución de acuerdo con el siguiente cuadro:

Cuadro N°.15 Plazos para adecuar los sistemas de suministro de agua con el fin de dar cumplimiento al valor máximo aceptable de turbiedad

Características	Plazos	Población atendida por persona prestadora por Municipio(habitantes)
Turbiedad Valor objetivo: 2UNT	Cinco (5) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	Hasta 100.000
	Tres (3) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	100.001 – 4.000.000
	Un (1) año a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	Más de 4.000.000

PARÁGRAFO. Durante el plazo dado para el cumplimiento del valor admisible de la característica de turbiedad, se deberá cumplir con el valor de ≤ 5 UNT

ARTÍCULO 34°.- PLAZOS PARA REALIZAR LA VIGILANCIA Y EL CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL – COT, RESIDUAL DEL COAGULANTE UTILIZADO, NITRITOS, FLUORUROS, GIARDIA Y CRYPTOSPORIDIUM. Las autoridades sanitarias y las personas prestadoras realizarán la vigilancia y el control de las características relacionadas en el cuadro N°.16, dentro de los plazos allí establecidos.

El control y la vigilancia sobre las características en el cuadro N°.16 estará sujeto a la calificación dentro del índice de riesgo de calidad de agua - IRCA. Si se encuentra presencia de ellas se deberán incorporar al mapa de riesgo.

Cuadro N°.16 Plazos dados para que las autoridades sanitarias y las personas prestadoras realicen la vigilancia y el control de las características de COT, residual del coagulante utilizado, nitratos, fluoruros, Giardia y Cryptosporidium.

Características	Plazos	Población atendida por Municipio (habitantes)
COT, residual del coagulante utilizado, nitratos y fluoruros	Cuatro (4) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	Hasta 100.000
	Dos (2) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	100.001 – 4.000.000
	Un (1) año a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	Más de 4.000.000
Giardia y Cryptosporidium	Ocho (8) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	Hasta 10.000
	Seis (6) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	10.001 – 20.000
	Cinco (5) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	20.001 – 100.000
	Cuatro (4) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	1000.001 – 500.000
	Tres (3) años a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución	De 500.001 en adelante

PARÁGRAFO 1. El control y la vigilancia sobre los valores de fluoruros y COT se harán por un período de dos (2) años contados a partir de su implementación. Si se sobrepasan los valores máximos aceptables de estas características, se deberán incorporar al mapa de riesgo.

ARTÍCULO 35°.- SEGUIMIENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE TURBIEDAD EN LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA. La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en coordinación con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial elaborará y publicará cada año el informe de avance de la implementación de que trata el artículo 33° de la presente Resolución, con base en la información suministrada al Sistema Único de Información - SUI por las personas prestadoras.

ARTÍCULO 36°.- SEGUIMIENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL – COT, RESIDUAL DEL COAGULANTE UTILIZADO, NITRITOS, FLUORUROS, GIARDIA Y CRYPTOSPORIDIUM. El Instituto Nacional de Salud, en coordinación con el Ministerio de la Protección Social y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios elaborará y publicará cada año el Informe de avance de la implementación de las metodologías de análisis de las características y de los plazos de que trata el artículo 34° de la presente Resolución, teniendo en cuenta la información reportada a través del Sistema Único de Información – SUI, el subsistema de Vigilancia de la Calidad del agua Potable – SIVICAP y la que se reciba por parte de otras entidades.

ARTÍCULO 37°.- VIGENCIA. La presente Resolución rige a partir de la fecha de su publicación.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dado en Bogotá, D. C., a los 22 JUN 2007

DIEGO PALACIO BETANCOURT
Ministro de la Protección Social

JUAN LOZANO RAMÍREZ
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
3903**

2010-04-21

**PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE
COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN EN UN RECIPIENTE
CON AGUA O MÉTODO DE JARRAS**



**E: PRACTICE FOR COAGULATION-FLOCCULATION TEST
WITH WATER IN A VESSEL OR JAR TEST**

CORRESPONDENCIA: esta norma es una adopción modificada (MOD) de la norma ASTM D2035:2008. Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19429, USA.

DESCRIPTORES: método de ensayo; coagulación; floculación del agua; jarras.

I.C.S.: 13.060.040

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apeadero 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

Prohibida su reproducción

Primera actualización
Edada 2010-04-03

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 3903 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 2010-04-21.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 060 Sistemas de recolección, tratamiento, abastecimiento y evacuación de aguas.

ACODAL	EMCALI ESP.
ACUAVIVA S.A. ESP.	EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE	ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ
BUCARAMANGA	EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
APROCOF	FF SOLUCIONES S.A.
ALDANA METERS LTDA.	GIRSAT COLOMBIA
BLAU LTDA	HIDROMÉTRICA S.A.
COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA	MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y
POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO -	DESARROLLO TERRITORIAL - VAS
CRA-	ORGANIZACIÓN ENERGING
COLTAVIRA S.A.	SERVIMETERS S.A.
CONHYDRA	SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS
DISICO S.A. COLTAVIRA S.A.	PÚBLICOS

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ACCESORIOS Y VÁLVULAS S.A.	HELBERT & CÍA. LTDA.
BUNDY DE COLOMBIA S.A.	IGNACIO GOMEZ IHM S.A.
CENTROAGUAS E.S.P. S.A.	INDUSTRIAS ALIADAS S.A.
COLCERÁMICA	INDUSTRIAS HUMCAR
DISICO S.A.	INDUSTRIAS METÁLICAS LOS PINOS LTDA.
EXTRUCOL	METACOL
FORJAS INDUSTRIALES DE COLOMBIA	METÁLICAS DEL SUROESTE
GRIFOS Y VÁLVULAS	METREX S.A.

MINISTERIO DE COMERCIO
PANCOL
PROVAL S.A.
PVC GERFOR S.A.
SCHLUMBERGER ACTARS LAMTEC
SERAQA TUNJA

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO
TRIPLE A BARRANQUILLA
UNIVERSIDAD LIBRE
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

	Página
0. INTRODUCCIÓN.....	1
1. OBJETO.....	2
2. REFERENCIAS NORMATIVAS.....	2
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	3
4. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO.....	3
5. IMPORTANCIA Y USO.....	4
6. INTERFERENCIAS.....	4
6.1 CAMBIO DE TEMPERATURA (DURANTE EL ENSAYO).....	4
6.2 LIBERACIÓN DE GASES (DURANTE EL ENSAYO).....	4
6.3 PERÍODO DE ENSAYO.....	4
7. EQUIPO.....	4
7.1 AGITADOR MÚLTIPLE.....	4
7.2 RECIPIENTES.....	5
7.3 SOPORTE PARA REACTIVOS.....	5
8. REACTIVOS.....	5
9. MUESTREO.....	7

	Página
10. PROCEDIMIENTO.....	7
11. REPRODUCIBILIDAD.....	9
12. PALABRAS CLAVE.....	9
DOCUMENTO DE REFERENCIA.....	10
FIGURAS	
Figura 1. Soporte de reactivos para el equipo de ensayo con agitador múltiple.....	5
Figura 2. Datos del ensayo de coagulación - floculación.....	9

**PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN
EN UN RECIPIENTE CON AGUA O MÉTODO DE JARRAS**

0. INTRODUCCIÓN

Esta norma es una adopción modificada de la norma ASTM D2035:08 *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test Water*.

En esta norma se han hecho las siguientes modificaciones con respecto al documento de referencia debido a las necesidades particulares de la industria en Colombia.

- a) Numeral 1.1, se modifica el objeto de la norma indicando que el ensayo busca determinar la dosis óptima de reactivo químico a utilizar.
- b) Numeral 2, se agregan las normas NTC-ISO 5667 referenciadas en la norma.
- c) Numeral 4, se agregan las variables de tiempo y agitación a considerar durante la ejecución del ensayo.
- d) Se agrega el numeral 5.3 indicando que otro uso de la norma es la determinar los parámetros de diseño para los procesos de coagulación y floculación.
- e) Numeral 6.1, se agrega una recomendación relacionada con las corrientes térmicas al momento de desarrollar el ensayo.
- f) Numeral 6.2, se agrega la reacción "biológica" adicional a la química.
- g) Numeral 7.1. Se modifica el rango la velocidad del agitador de "20 r/min a 150 r/min" al rango de "20 r/min a 500 r/min" como un valor de referencia y se agrega que todas las paletas de agitación deben girar a las mismas revoluciones y una nota aclarando como se debe determinar el rango de velocidad del equipo a seleccionar.
- h) En el numeral 7.2, se agregan los recipientes de tipo cuadrado y materiales recomendados.
- i) Numeral 8.1. Se elimina que los reactivos deben estar conformes con las especificaciones de la Sociedad Química Americana.
- j) Numeral 8.2. Se modifica la pureza del agua de "reactiva Tipo 4 amoldada a la norma ASTM D1193" a "agua clarificada".

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC3903 (Primera actualización)

- k) Numeral 8.3. Se agregan los coagulantes Hipoclorito de calcio e Hipoclorito de sodio.
- l) Numeral 8.4. Se agrega una nota, recomendando evaluar la confiabilidad y calidad de los reactivos.
- m) Numeral 9.1. Para la toma de muestras se cambia el cumplimiento de la norma "ASTM D3370" por la norma "NTC-ISO 5667".
- n) Numeral 10.1. Se agrega que al inicio del ensayo se deben realizar análisis de temperatura, color, turbidez, pH.
- ñ) En los numerales 10.3 y 10.4, se agrega que las condiciones de velocidad y tiempo del ensayo, deben corresponder al proceso unitario de cada planta de purificación o tratamiento de agua.
- o) Numeral 10.6. Se modifican los métodos de ensayos especificados para los análisis del agua, indicando que estos se deben realizar acorde con las exigencias de la autoridad sanitaria local

Para los propósitos de esta norma se han hecho los siguientes cambios editoriales:

- a) El punto decimal se ha reemplazado por la coma decimal.
- b) Las unidades se presentan en sistema internacional (SI) con sus equivalencias en sistemas inglés entre paréntesis.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece un procedimiento general para determinar la dosis óptima de reactivo químico a utilizar con el fin de reducir del agua el material disuelto, en suspensión, coloidal y de difícil sedimentación, mediante los ensayos de coagulación, floculación y sedimentación por gravedad. Este procedimiento también se puede utilizar para evaluar la eficiencia en la remoción de color, turbiedad y reducción de dureza, entre otros.

1.2 Esta norma suministra una evaluación sistemática de las variables que se encuentran normalmente en el proceso de coagulación-floculación.

1.3 Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de salud y seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones de reglamentación antes de su uso.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC-ISO 5667-1, Calidad del agua. Muestreo. Parte 1. Directrices para el diseño de programas de muestreo.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC3903 (Primera actualización)

NTC-ISO 5667-2, Gestión ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo.

NTC-ISO 5667-3, Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: directrices para la preservación y manejo de las muestras.

NTC-ISO 5667-4, Gestión ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.

NTC-ISO 5667-5, Calidad del agua. Muestreo. Parte 5: directrices para el muestreo de agua potable de instalaciones de tratamiento y sistemas de distribución por tubería.

NTC-ISO 5667-6, Calidad de agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes.

NTC-ISO 5667-9, Gestión ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas marinas.

NTC-ISO 5667-10, Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Muestreo de aguas residuales.

NTC-ISO 5667-11, Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas subterráneas.

NTC-ISO 5667-14, Calidad del agua. Muestreo. Parte 14: Guía para el control de la calidad en el muestreo y el manejo ambiental del agua.

NTC-ISO 5667-18, Calidad del agua. Muestreo. Parte 18: Guía acerca del muestreo de agua subterránea en sitios contaminados.

ASTM D1129, *Terminology Relating to Water*.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de este documento normativo se aplican los términos y definiciones incluidos en la norma ASTM D1129.

4. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El ensayo de coagulación-floculación se lleva a cabo para determinar los productos químicos, las dosis y las condiciones requeridas para lograr resultados óptimos, mediante unos tiempos e intensidades de agitación aplicadas simultáneamente a una serie de recipientes, a los que se adicionan cantidades determinadas de reactivos químicos a evaluar e investigando en el proceso las siguientes variables, entre otras:

- a) Aditivos químicos,
- b) pH,
- c) Temperatura,
- d) Tiempos de agitación, y

- e) Orden de adición y condiciones de mezclado.

5. IMPORTANCIA Y USO

5.1 Esta norma permite la evaluación de diferentes coagulantes y ayudas para coagulación usadas en el tratamiento de agua y aguas residuales, para la misma agua y las mismas condiciones experimentales.

5.2 Con esta norma también se pueden evaluar los efectos de la concentración de los coagulantes y ayudas para coagulación y su orden de adición.

5.3 Esta norma permite determinar parámetros de diseño para los procesos de coagulación, floculación y sedimentación de aguas y aguas residuales.

6. INTERFERENCIAS

Hay algunas interferencias posibles que pueden dificultar la determinación de las condiciones óptimas para el ensayo. Algunas de estas interferencias son:

6.1 CAMBIO DE TEMPERATURA (DURANTE EL ENSAYO)

Se pueden presentar corrientes térmicas o de convección que interfieren con la sedimentación de las partículas coaguladas. Esto se puede evitar mediante el control de la temperatura.

Las corrientes térmicas que interfieren en la sedimentación pueden evitarse, asegurando que los recipientes estén retirados de áreas iluminadas generadoras de calor, manteniendo el ensayo en un lugar fresco y sin corrientes de aire.

6.2 LIBERACIÓN DE GAS (DURANTE EL ENSAYO)

Se puede presentar flotación de los flocos coagulados, debido a la formación de burbujas de gas causadas por el agitador mecánico, el incremento de temperatura o por la reacción química o biológica.

6.3 PERÍODO DE ENSAYO

El período entre el muestreo y el ensayo se debería mantener en un mínimo y registrar el tiempo respectivo, en razón a que la actividad biológica u otros factores pueden alterar las características de coagulación del agua por reposo prolongado.

7. EQUIPO

7.1 AGITADOR MÚLTIPLE

Se debería usar un agitador multiposición con variación continua de la velocidad en un rango que podría variar entre 20 r/min a 500 r/min (Véase la Nota 1). Las paletas de agitación deben ser de un material resistente a la corrosión, de calibre liviano, todas con la misma configuración y tamaño. Se debe garantizar que todas las paletas de agitación giren a la misma velocidad medida en revoluciones por minuto.

Es útil una base iluminada con luz blanca para observar la formación de los floculos. Se deben tomar medidas de precaución para evitar que el sistema de iluminación difunda calor que pueda contrarrestar la sedimentación normal.

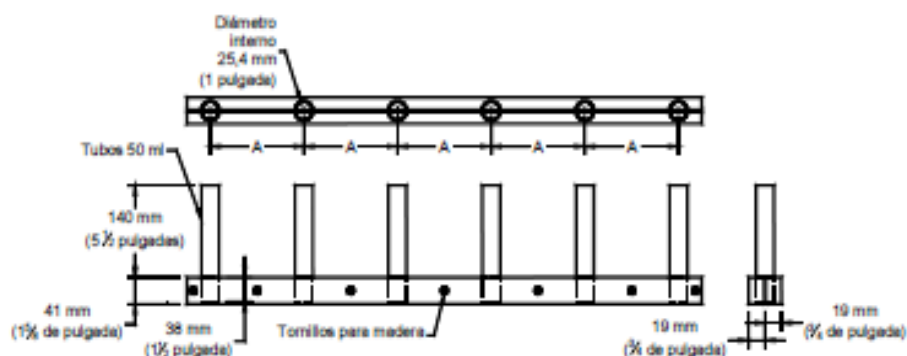
NOTA 1 El rango de velocidad especificado constituye un valor de referencia, este debería estar acorde con las velocidades establecidas en los numerales 10.3 y 10.4 para mezclado instantáneo y lento respectivamente

7.2 RECIPIENTES (JARRAS)

Todos deben ser del mismo tamaño y forma; se pueden usar vasos de precipitado de *Griffin* de 2 000 ml (tamaño mínimo recomendado 1 000 ml) o recipientes rectangulares, de material adecuado (vidrio o acrílico).

7.3 SOPORTE PARA REACTIVOS

Consiste en un medio para introducir cada solución de ensayo simultáneamente en todos los recipientes. Debería haber al menos un soporte para cada solución o suspensión de ensayo. Los soportes deberían ser similares a los de la Figura 1.



A = distancia entre centros de recipientes en un equipo de agitación múltiple de aproximadamente 150 mm.

Tubos de 25,4 mm x 178 mm de 50 ml tipo comparador de color

Soporte de cedro de 38 mm x 41 mm

Figura 1. Soporte de reactivos para el equipo de ensayo con agitador múltiple

8. REACTIVOS

8.1 Pureza de los reactivos. En todos los ensayos se deben usar reactivos de grado analítico. Se pueden usar otros grados, siempre que se establezca previamente que el reactivo es de pureza suficientemente alta para permitir su uso sin afectar la exactitud de la determinación.

8.2 Pureza del agua. A menos que se indique algo diferente, el agua que se utilice debe ser por lo menos agua clarificada, producida por la misma planta a la salida de los filtros.

8.3 Los siguientes productos químicos y aditivos son típicos para ser usados en soluciones y suspensiones de ensayo. Estos últimos, con excepción de las ayudas para coagulantes, se deberían preparar diariamente mezclando los químicos con agua (Véase el numeral 8.2) a una concentración de $10 (\pm 0,1)$ g/L (cuando se agrega 1,0 mL de suspensión o solución de ensayo a 1 L de muestra es equivalente a 10 mg/L):

- Coagulantes principales:
 - Sulfato de aluminio $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O]$
 - Sulfato férrico $[Fe_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O]$
 - Cloruro férrico $(FeCl_3 \cdot 6H_2O)$
 - Sulfato ferroso $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$
 - Carbonato de magnesio $(MgCO_3 \cdot 3H_2O)$
 - Aluminato de sodio $(NaAlO_2)$
 - Policloruro de aluminio (PAC)
 - Hidroxiclорuros de aluminio
- Ayudantes para coagulación
 - Sílice activado
 - Polelectrolito aniónico
 - Polelectrolito catiónico
 - Polímeros no iónicos
- Agentes oxidantes
 - Cloro (Cl_2)
 - Dióxido de cloro (ClO_2)
 - Permanganato de potasio $(KMnO_4)$
 - Hipoclorito de calcio $[CaCl(Cl(ClO) \cdot 4H_2O)]$
 - Hipoclorito de sodio $(NaClO)$
- Alcalis
 - Carbonato de calcio $(CaCO_3)$
 - Cal dolomítica (58 % CaO, 40 % MgO)
 - Cal hidratada $[Ca(OH)_2]$

- Óxido de magnesio (MgO)
- Carbonato de sodio (Na₂CO₃)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Agentes de pesaje (complementos)
- Bentonita
- Caolín
- Otras arcillas y minerales
- Varios
- Carbón activado (en polvo)

8.4 Ayudas para coagulación. Hay numerosas ayudas para coagulación o polielectrolitos disponibles comercialmente. Todos los polielectrolitos se clasifican en aniónicos, catiónicos o no iónicos, dependiendo de su composición. Estas ayudas pueden tener la capacidad de producir floculos grandes y duros que se asientan fácilmente cuando se usan solos o con coagulantes inorgánicos. Una dosis pequeña (menos de 1 mg/L) puede permitir una reducción en la dosis del coagulante, o su eliminación completa. En el último caso, el polielectrolito se consideraría el coagulante principal en vez de una ayuda para coagulación. Estas ayudas vienen en polvo y en líquido. Las que vienen en polvo se deberían preparar como soluciones al 0,1 % con las alícuotas apropiadas para obtener la dosis adecuada. Siempre agregue el polvo al agua, no al contrario, y adicione lentamente en el hombro del vórtice creado al agitar. Si no se forma un vórtice, el polvo seco se acumulará en la superficie del agua en masas pegajosas y será muy difícil de disolver. El tiempo de disolución puede variar de varios minutos a varias horas. Se deberían seguir los procedimientos sugeridos por el fabricante para la humectación, disolución y almacenamiento, cuando estos estén disponibles. Las formas líquidas se pueden preparar fácilmente con la concentración anterior sin dificultad.

NOTA 2 Se recomienda evaluar la calidad de los reactivos y la confiabilidad y calidad de los proveedores de los mismos.

9. MUESTREO

Recolectar la muestra de agua a ser analizada de conformidad con lo establecido en la serie de normas NTC-ISO 5567, y de acuerdo con el origen del agua a evaluar (subterránea, de fuente superficial, residual, etc.).

10. PROCEDIMIENTO

10.1 Mida volúmenes iguales de muestra en cada uno de los recipientes. Se pueden usar tantas porciones de muestra como posiciones haya en el agitador múltiple. Ubique los recipientes de manera que las paletas queden descentradas, pero separadas de la pared del recipiente a una distancia de aproximadamente 6,4 mm (1/4 de pulgada). Registre la temperatura de la muestra al comienzo del ensayo.

En el caso del agua cruda se debe hacer previamente un análisis que incluya la temperatura, el color, la turbidez, el pH, y cualquier otro parámetro de interés en la investigación.

10.2 Mida los volúmenes de reactivos químicos a adicionar en cada recipiente y colóquelos en los soportes de los reactivos. Para cada serie de adiciones de reactivos químicos utilice un soporte. Complete cada tubo del soporte con agua hasta un volumen final de 10 ml, antes de uso. Puede haber una situación en la que se requiera un mayor volumen de reactivo. En caso de que esta situación predomine, llene todos los tubos con agua hasta un volumen igual al mayor volumen de reactivo en el soporte de dicho reactivo. Cuando se adicionan mezclas líquidas, puede ser necesario agitar el elemento para producir un movimiento de remolino justo antes de hacer la transferencia.

10.3 Accione el agitador múltiple a una velocidad de "mezclado instantáneo" (*Flash Mix*) de aproximadamente 120 r/min o a la velocidad equivalente al gradiente a simular. Adicione la solución o suspensiones de ensayo a los niveles de dosificación y secuencia predeterminados. Aplique esta velocidad de mezclado durante aproximadamente 1 min después de agregar los químicos. Registre el tiempo del mezclado instantáneo y la velocidad (r/min).

La velocidad y tiempo especificados en el párrafo anterior corresponden a valores de referencia, se debe verificar que la velocidad así como el tiempo de mezclado a aplicar en el ensayo corresponden a los gradientes de velocidad de cada proceso unitario de una planta de purificación de agua cruda o de tratamiento de agua residual en particular.

10.4 Reduzca la velocidad lo necesario hasta alcanzar la mínima requerida para mantener las partículas de floculación suspendidas uniformemente durante todo el período de "mezclado lento". Aplique este mezclado durante 20 min aproximadamente. Registre el tiempo de formación del primer floculo visible. Registre cada 5 min (durante el período de mezclado lento) la formación, uniformidad y tamaño de los floculos y la velocidad de mezclado (r/min). Si se usan ayudas para coagulación, la velocidad de mezclado es crítica debido a que al agitar en exceso hay tendencia a impedir la formación temprana de floculos y puede redispersar la ayuda.

La velocidad (en revoluciones por minuto, r/min) necesaria para mantener suspendido el floculo durante el periodo de mezcla lenta debe corresponder a los gradientes de velocidad de cada proceso unitario de una planta de purificación de agua cruda o de tratamiento de agua residual en particular. Los 20 min corresponden a un valor de referencia; sin embargo se debe verificar que este tiempo corresponde al tiempo de retención real de mezcla lenta de la planta.

10.5 Después del período de mezclado lento retire las paletas y observe el asentamiento de las partículas de floculo. Registre el tiempo requerido para que el volumen de partículas se asiente. En la mayoría de casos este tiempo será el necesario para que las partículas se asienten en el fondo del recipiente; sin embargo, en algunos casos puede haber interferencia de corrientes de convección. Si es así, el tiempo de asentamiento registrado debería ser aquel al cual las partículas no asentadas o residuales parece que se mueven en forma igual hacia arriba y hacia abajo.

10.6 Después de 15 min de asentamiento registre la apariencia del floculo en el fondo del recipiente. Registre la temperatura de la muestra. Con una pipeta o sifón tome del recipiente un volumen de muestra adecuado (véase la norma NTC-ISO 5667 Parte 3) del líquido que sobrenada, en un punto situado a la mitad de la profundidad de la muestra, para llevar a cabo los análisis de color, turbiedad, pH y otros análisis requeridos determinados de acuerdo con la autoridad sanitaria local. En la Figura 2 se incluye una forma sugerida de registrar los resultados.

El sistema de toma de muestra debe garantizar que de cada recipiente, la muestra se tome a la misma profundidad y debe permitir extraer la muestra bajo las mismas condiciones de manera que la muestra sea representativa.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC3903 (Primera actualización)

NOTA 3 Se deberían incluir los ensayos para la determinación de químicos residuales, por ejemplo, aluminio, Al_2O_3 residual; hierro Fe_2O_3 residual, etc.

Muestra _____ pH _____ Turbidez _____ Fecha _____

Ubicación _____ Color _____ Temperatura _____ Tamaño muestra _____ ml

	Número de recipiente					
	1	2	3	4	5	6
Químicos, mg/litro (a)						
Velocidad de mezclado instantánea (rápido), r/min						
Tiempo de mezclado instantáneo (rápido), min						
Velocidad de mezclado lento, r/min						
Tiempo de mezclado lento, min						
Temperatura, °C						
Tiempo del primer floculo, min						
Tamaño del floculo						
Tasa de asentamiento						
Turbidez, UNT						
Color, UPC						
pH						
(a) Indica el orden de adición de los químicos						

Figura 2. Datos del ensayo de coagulación - floculación

10.7 Repita los pasos de los numerales 10.1 a 10.6 hasta que se hayan evaluado todas las variables pertinentes.

10.8 Los tiempos dados en los numerales 10.3, 10.4 y 10.6 son solamente sugerencias.

11. REPRODUCIBILIDAD

Se reconoce que la reproducibilidad de los resultados es importante. Para demostrar reproducibilidad se sugiere el procedimiento denominado 3 y 3. En este procedimiento se tratan simultáneamente grupos por duplicado de 3 recipientes, cada uno tratado simultáneamente con las mismas dosis de químicos en los recipientes 1 y 4, 2 y 5, y 3 y 6.

12. PALABRAS CLAVE

Coagulación; floculación; recipientes de ensayo.

DOCUMENTO DE REFERENCIA

ASTM INTERNATIONAL. *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water*. West Conshohocken (PA): 2008, 4 P. (ASTM, D 2035, 2008).