

**PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DE PURGAS PROVENIENTES DE  
LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO DE O-I PELDAR, EN UNO DE LOS  
PROCESOS DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA FABRICACIÓN DEL VIDRIO.**

**SANTIAGO PADILLA MEDINA  
LIAM SANTIAGO SANCHEZ GOMEZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C  
2020**

**PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DE PURGAS PROVENIENTES DE  
LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO DE O-I PELDAR, EN UNO DE LOS  
PROCESOS DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA FABRICACIÓN DEL VIDRIO.**

**SANTIAGO PADILLA MEDINA  
LIAM SANTIAGO SANCHEZ GOMEZ**

**Proyecto integral de grado para optar el  
título de INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C  
2020**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado 1

Ing. Juan Andrés Sandoval Herrera

---

Firma del jurado 2

Ing. David Triviño Rodríguez

Bogotá D.C. Septiembre 2020.

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA**

Consejero Institucional

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

**Dra. MARÍA CLAUDIA APONTE GONZÁLEZ**

Vicerrector Administrativo y Financiero

**Dr. RICARDO ALFÓNSO PEÑARANDA CASTRO**

Secretaria General

**Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN**

Decano General de la Facultad de Ingeniería

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa de Ingeniería Química

**Ing. IVÁN RAMÍREZ MARÍN**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## DEDICATORIA

Este nuevo logro quiero dedicarlo a Dios y a aquellas personas que en este maravilloso camino me acompañaron:

A mi madre **Patricia Gómez** y mi hermano **Julián Sánchez**, por apoyarme en mis decisiones, por sus consejos, sus palabras y sobre todo por siempre creer mis sueños y en lo que quiero para mi vida.

A mi padre **Elcidio Sánchez**, por enseñarme a ver las cosas de otra manera, por sus palabras y sus acciones sinceras; que, aunque no me acompañaron en todo este camino, estos últimos meses han sido de gran apoyo y alegría.

A mis abuelos **Ana Isabel Pabon** y **Manuel Alfredo Gómez**, por ese amor incondicional que siempre han tenido conmigo, por apoyarme en mis metas y sobre todo por ser esas personitas que siempre están orgullosas de mí.

A **Mallerly Rojas**, por ser esa persona que siempre está a mi lado, por sus consejos, por el apoyo en todas las cosas que me propongo y por todos los sueños y metas que estoy seguro seguiremos alcanzando juntos.

A **Viviana Martin**, por seguirme en cada paso a pesar de mis ocurrencias; por creer siempre en mí, por su apoyo incondicional y por todas las experiencias a su lado, que hicieron de esta carrera un camino inolvidable.

A mi mejor amigo **Santiago Padilla**, por enseñarme y demostrarme el verdadero valor de la amistad; por hacer de esta carrera un camino lleno de risas y experiencias únicas.

Finalmente dedico este nuevo título a todas aquellas personas que pusieron un grano de experiencia, enseñanza y sobre todo alegría, para lograr ser el Ingeniero Químico que hoy soy.

**Liam Santiago Sánchez Gómez**

## DEDICATORIA

Quiero dedicarle este logro a Dios y a mis padres principalmente; a Dios por ser mi guía en los pasos que iba dando a lo largo de mi carrera, a mi madre Alejandra Medina porque me enseñó acerca los sacrificios que uno debe hacer de vez en cuando, aun sabiendo que los frutos de estos se reflejaran a largo plazo, a mi padre Germán Padilla porque me recalco que lo más importante en la vida es realizar las cosas con calma para que puedan salir lo mejor posible. Ambos creyeron en mis capacidades para salir adelante y nunca presentaron duda alguna. También dedico este proyecto a tres personas más, mi mejor amigo y gran compañero Santiago Sánchez porque desde el inicio de la amistad me extendió la mano y me ayudo a superar varios “cuellos de botella” sin importar las circunstancias en que él estuviera; mis compañeras y excelentes ingenieras químicas Lesley Sánchez e Isabel León, porque me abrieron sus brazos cuando más las necesite y confiaron en mi para culminar con este proyecto, demostrándome su apoyo y felicidad en cada momento.

**Santiago Padilla Medina**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra casa mater, la Universidad de América, por brindarnos los conocimientos para culminar satisfactoriamente este proyecto.

A la Empresa EXRO S.A.S., por confiar en nosotros en calidad de estudiantes, para desarrollar la presente propuesta de grado.

A O-IPELDAR Zipaquirá, por abrirnos las puertas de su maravillosa planta y a los Ingenieros que nos estuvieron enseñando y apoyaron, en el transcurso del desarrollo del presente trabajo.

A la Ing. Mallerly Rojas Morales, por la dedicación de su tiempo y el apoyo para sacar adelante esta propuesta, por el aporte de sus conocimientos y su experiencia como supervisora de planta de agua EXRO/O-I PELDAR.

A nuestro orientador Ing. Harvey Andrés Milquez, por atender todas nuestras solicitudes de la mejor manera posible, por guiarnos y exigirnos para que este proyecto de grado tuviera el mejor resultado.

A la Ing. Nubia Liliana Becerra, por cada conocimiento que nos aportó como maestra, por hacernos desarrollar habilidades analíticas de las situaciones, por ser exigente al momento de hacernos ir más allá de las cosas y sobre todo por cada consejo como persona para formarnos como profesionales íntegros.



## CONTENIDO

	pág.
1.GENERALIDADES	26
1.1DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	26
1.2CONCEPTOS GENERALES DE LOS PROCESOS	28
1.2.1 El agua	28
1.2.2 Sistemas de enfriamiento	28
1.2.3 Torres de enfriamiento	29
1.2.4 Sistemas de recirculación abiertos	29
1.2.5 Sistemas de un solo paso.	33
1.3VARIABLES EN LOS SISTEMAS	33
1.3.1 Conductividad.	33
1.3.2 Dureza.	33
1.3.3 pH.	33
1.3.4 Solidos disueltos totales.	33
1.3.5 Turbidez	34
1.3.6 Alcalinidad	34
1.3.7 Alcalinidad P	34
1.3.8 Alcalinidad M	34
1.3.9 Sílice	34
1.3.10 Hierro	34
1.4PROBLEMAS EN LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO	34
1.4.1 Corrosión	35
1.4.2 Incrustación	36
1.4.3 Depósitos	36
1.4.4 Microorganismos	37
2.CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE PURGA Y TÉCNICAS DE TRATAMIENTO	39
2.1 METODOLOGIA DE LAS VARIABLES	39

2.2 CARACTERIZACIÓN	39
2.3 VARIABLES CRÍTICAS	45
2.3.1 Conductividad	45
2.3.2 Dureza	46
2.3.3 pH	46
2.3.4 Sólidos totales disueltos (TDS)	46
2.3.5 Turbidez.	46
2.4 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO	47
2.4.1 Clarificación técnica A	47
2.4.2 Suavización técnica B	48
2.4.3 Ósmosis del agua técnica C	49
2.4.4 Compuesta técnica B-C	50
3.SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO	51
3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS	51
3.1.1 Sistema de cargadores	51
3.1.2 Sistema de embudos y cucharas	54
3.1.3 Sistema de instrumentos	58
3.1.4 Sistema de tijeras	61
3.2 RESUMEN PARÁMETROS REQUERIDOS DE LOS SISTEMAS	65
3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN DEL PROCESO	66
3.4 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO	67
4.VALIDACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE TRATAMIENTO	71
4.1METODOLOGÍA DE LAS TÉCNICAS	71
4.2 VALIDACIÓN	71
4.2.1 Validación técnica A	71
4.2.2 Validación técnica B	75
4.2.3 Validación técnica C	77
4.2.4 Validación técnica compuesta: BC	79

4.3 MATRIZ DE SELECCIÓN	81
5. PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE COSTOS	83
5.1 PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS DE PURGA	83
5.2 EVALUACIÓN DE COSTOS DE LA PROPUESTA	84
6.CONCLUSIONES	89
7.RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	95

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla No. 1. Metodologías para la determinación de variables.	39
Tabla No. 2. Aforo caudal de reposición sistema de cargadores.	53
Tabla No. 3. Aforo caudal ARI sistema de cargadores.	53
Tabla No. 4. Aforo caudal de reposición sistema de embudos y cucharas.	58
Tabla No. 5. Aforo caudal ARI sistema de embudos y cucharas.	58
Tabla No. 6. Aforo caudal de reposición sistema de instrumentos.	61
Tabla No. 7. Aforo caudal ARI sistema de instrumentos.	61
Tabla No. 8. Aforo caudal de reposición sistema de tijeras.	64
Tabla No. 9. Aforo caudal ARI sistema de tijeras.	65
Tabla No. 10. Tipo de agua que manejan los sistemas de enfriamiento.	65
Tabla No. 11. Calidad del agua según su tipo.	66
Tabla No. 12. Caudal de reposición y purga que manejan los sistemas de enfriamiento.	66
Tabla No. 13. Matriz de selección del sistema de enfriamiento.	67
Tabla No. 14. Parámetros fisicoquímicos requeridos en el agua sistema de Tijeras.	69
Tabla No. 15. Metodologías técnicas de tratamiento.	71
Tabla No. 16. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previa a la técnica A.	72
Tabla No. 17. Variables críticas técnica A, adición coagulante.	73
Tabla No. 18. Variables críticas técnica A, adición floculante con 50 ppm de coagulante.	74
Tabla No. 19. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previo a la técnica B.	76
Tabla No. 20. Variables críticas técnica B (Suavizado).	77
Tabla No. 21. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previa a la técnica C.	78
Tabla No. 22. Variables críticas técnica C (Ósmosis).	79
Tabla No. 23. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previa a la técnica BC.	80
Tabla No. 24. Variables críticas técnica compuesta BC.	80
Tabla No. 25. Matriz de selección técnica de tratamiento.	81
Tabla No. 26. Tren de suavizado, especificaciones y costos.	85
Tabla No. 27. Costos materias primas.	86
Tabla No. 28. Válvulas, especificación y costo.	87
Tabla No. 29. Instrumentos, especificaciones y costos.	87
Tabla No. 30. Costos de operación de los equipos.	87

Tabla No. 31. Gastos para la implementación de la propuesta.

88

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura No. 1. Torre atmosférica.	30
Figura No. 2. Torre tiro natural.	31
Figura No. 3. Torres tiro forzado.	32
Figura No. 4. Torres tiro inducido.	32

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen No.1. Ubicación planta Owens Illinois Peldar, Zipaquira.	26
Imagen No.2. Distribucion de la planta	27
Imagen No.3. Sedimentadores tratamiento agua clarificada	48
Imagen No.4. Tren de suavización planta O-I PELDAR Zipaquirá	49
Imagen No.5. Sistema de ósmosis O-I Peldar	50
Imagen No.6. Cargador Horno D, O-I PELDAR Zipaquirá	52
Imagen No.7. Embudo de repuesto Horno B, O-I Zipaquirá.	54
Imagen No.8. Sistema de cuchara Horno B, O-I Zipaquirá.	55
Imagen No.9. Vista lateral cuchara de <i>backup</i> .	55
Imagen No.10. Parte inferior de la cuchara.	56
Imagen No.11. Sistema <i>Boosting</i> Horno E.	59
Imagen No.12. Pantalla sistema de cámaras internas combustión Horno B.	59
Imagen No.13. Sistema de tijeras Horno E.	62
Imagen No.14. Aspersores sistema de tijeras	62
Imagen No.15. Línea de vidrio fundido	63
Imagen No.16. Tanque con agitación continua sistema tijeras horno E.	68
Imagen No.17. Sistema de reposiciones tanques de tijeras Horno B, D y E	69
Imagen No.18. Sistema de salida de la mezcla para el sistema de T. horno E.	70
Imagen No.19. Test de jarras validación técnica A.	72
Imagen No.20. Resultado jarra con 50 ppm de coagulante, sin floculante.	74
Imagen No.21. Resultado jarra con la dosis seleccionada para la técnica A, 50 ppm de coagulante y 3 ppm de floculante.	75
Imagen No.22. Banco de prueba tren de suavizado.	76
Imagen No.23. Banco experimental ósmosis inversa	78

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación No. 1. Masa de arena necesarios en la propuesta.	85
Ecuación No. 2. Masa de grava necesarios en la propuesta.	85
Ecuación No. 3. Masa de carbón activado necesarios en la propuesta.	86
Ecuación No. 4 Volumen de resina necesarios en la propuesta.	86



## LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama No. 1. Circulación del agua sistema de enfriamiento cargadores.	52
Diagrama No. 2. Circulación del agua sistema de enfriamiento embudos y cucharas.	57
Diagrama No. 3. Circulación del agua sistema de enfriamiento instrumentos.	60
Diagrama No. 4. Circulación del agua sistema de enfriamiento tijeras.	64
Diagrama No. 5. Distribución en planta de la propuesta.	84

## LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica No. 1. Comparativo pH.	40
Gráfica No. 2. Comparativa Dureza.	41
Gráfica No. 3. Comparativa conductividad.	41
Gráfica No. 4. Comparativa STD.	42
Gráfica No. 5. Comparativa turbidez.	43
Gráfica No. 6. Comparativa alcalinidad P.	43
Gráfica No. 7. Comparativa alcalinidad M.	44
Gráfica No. 8. Comparativa Sílice.	44
Gráfica No. 9. Comparativa Hierro.	45

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo No. 1. METODOLOGÍAS DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS	95
Anexo No. 2. METODOLOGÍA TÉCNICAS DE TRATAMIENTO.	100
Anexo No. 3. FICHA TÉCNICA KLEENKUT.	102
Anexo No. 4. RESOLUCIÓN 2115 DEL 2007	104

## GLOSARIO

**Agua fresca:** Se le denomina agua fresca<sup>1</sup>, cuando el recurso procede de una fuente hídrica, donde en esta no va a alterar sus propiedades naturales.

**Antrópicos:** El término antrópico se refiere cuando un objeto-recurso tiene algún tipo de modificación causada por el ser humano.

**API:** Se emplea el término API para hacer referencia a los tanques de almacenamiento de agua residual industrial.

**ARI:** Se emplea el término ARI como la abreviación para “Agua residual industrial”.

**Backup:** El término se empleará para referirse a equipos de respaldo que se puedan llegar a requerir en caso de tener un fallo con el equipo principal.

**Boosting:** Sistema que genera un corto en el interior de los hornos y así poder realizar la fundición del vidrio.

**Cotejo histórico:** Hace referencia al registro de los datos que se tienen a cerca del consumo de agua a lo largo del tiempo, esto con el fin de tener conocimiento acerca de cómo se va a mantener el comportamiento a futuro.

**Diluido:** Se conoce el término diluido, cuando la presencia de un soluto pasa de estar en alta concentración a baja, esto gracias a la adición de un solvente.

**Flóculos:** Se emplea el término flóculos para denominar a los conglomerados de sólidos, los cuales son obtenidos al realizar la adición de un agente coagulante.

**GPM:** Se emplea el término GPM como la abreviación para “Galones por Minuto”.

**Incrustaciones:** Se conoce como incrustación<sup>2</sup> a una capa de residuos, la cual por lo general se forma en el interior de tuberías; por lo general se compone de minerales.

**Kleenkut:** Aceite de origen vegetal el cual se emplea en la lubricación del sistema de corte con tijera.

---

<sup>1</sup> FERNÁNDEZ, Alicia. El agua: un recurso esencial. En: Química viva. Diciembre, 2012. Vol.11, no. 3, p. 147-170.

<sup>2</sup> JIMENO, Iván., OLMOS, Carlos. Estudio y calculo para la selección de una torre de enfriamiento en la compañía colombiana de clinker s.a (colclinker). Cartagena, 1999, 134p. Trabajo para optar al título de ingeniero mecánico. Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería.

**Lecho:** Se denomina lecho a un material el cual permitirá la filtración a través de este del agua.

**Micraje:** El término micraje se emplea para hacer referencia al tamaño de los poros de una membrana, los cuales tienen por unidad de medida las micras.

**OR:** Se emplea el término OR como la abreviación para “Ósmosis Reversa o inversa”.

**Presión osmótica:** Se considera presión osmótica<sup>3</sup> a aquella que ejerce un fluido para así poder darse paso a través de una membrana semipermeable.

**Purgas:** Se entiende como purga<sup>4</sup> a la cantidad de agua que se debe retirar de un proceso, esto con el fin de evitar que los parámetros de ésta en el proceso interrumpan con el mismo.

**Rechazo:** Se entiende como rechazo a un conjunto de valores los cuales establecerán un límite entre los datos o parámetros cuantificables.

**Refrigerante:** Se denomina refrigerante a sustancia la cual tiene como función llevar a cabo una transferencia de calor, donde en este caso es retirar esta energía del proceso, disminuyendo así la temperatura en un equipo o corriente.

**Resina iónica:** Polímero generalmente de origen sintético, tiene la función de intercambiar iones de forma selectiva<sup>5</sup>.

**Sedimentar:** Se entiende por sedimentar a la acción de caer que tienen los sólidos suspendidos en un líquido hasta depositarse en el fondo de su recipiente.

**TDS:** Se emplea el término TDS como la abreviación de “Sólidos Totales Disueltos”.

**Tolva:** Se conoce como tolva a los recipientes con forma piramidal que disminuyen la velocidad de su contenido dándoles paso poco a poco a otro recipiente.

**Traslucidez:** Hace referencia a la transparencia que presenta un objeto o elemento, se mide de acuerdo con la cantidad de luz que puede pasar a través del objeto o elemento.

---

<sup>3</sup> Rodríguez, Antonio, et al. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid, España: Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME). 2006. pg, 79, 80.

<sup>4</sup> MINGUITO, Alberto. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE TORRES DE REFRIGERACIÓN HÍBRIDAS. Trabajo de grado en ingeniería en tecnologías industriales. Madrid: Universidad Carlos III. Departamento de ingeniería, 2015. p, 4-5.

<sup>5</sup> Rodríguez, Antonio, et al. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid, España: Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME). 2006. Pg, 25, 26.

## RESUMEN

El desarrollo de esta propuesta dará inicio con el diagnóstico de los diferentes procesos de tratamiento térmico que se utilizan en la fabricación del vidrio de la planta O-I Peldar Zipaquirá, el proceso para el cual se reutilizarán las aguas de purga se establecen por medio de una matriz de selección, la cual se basa en el sistema de enfriamiento que tenga mayor consumo de agua. Posteriormente, se continúa con una cuantificación del agua que sale de los sistemas de enfriamiento, ya con este dato se procederá a caracterizar una mezcla de las purgas de las 6 torres de enfriamiento que mantienen purga continua en la planta, donde se determinarán 5 variables críticas (pH, Conductividad, dureza, sólidos totales disueltos y turbidez) que caracterizarán estas aguas residuales. Para esto se realizarán análisis fisicoquímicos en el laboratorio de la planta de agua de O-I Peldar para obtener datos de dichas variables.

Realizada la caracterización, se procede a verificar a qué calidad de agua se quiere llegar, para que el agua de las purgas pueda ser reutilizada según los requerimientos del sistema de enfriamiento seleccionado. Cabe aclarar que la selección de dicha calidad se hará de acuerdo con los parámetros de agua requeridos en la ficha de seguridad de los diferentes químicos que reaccionan en el sistema.

Al identificarse la calidad a la cual se quiere llevar el agua residual industrial, se pondrán a prueba 4 técnicas diferentes para el tratamiento de ésta (clarificación Técnica A, suavización del agua Técnica B, ósmosis del agua Técnica C y una compuesta Técnica B-C).

Ya teniendo los resultados de los parámetros en cada una de las técnicas propuestas, se realizará un comparativo con los requisitos exigidos por el sistema en el cual se reutilizará el agua tratada, de donde se escogerá un único tratamiento

Finalmente se seleccionará la técnica que cumpla con los parámetros que requiere el sistema seleccionado, en el cual se reutilizará el agua residual y ya para concluir se realizará un análisis de costos de los equipos necesarios para la propuesta.

**PALABRAS CLAVES:** Tratamiento de aguas, Torres de enfriamiento, Reutilización de Purgas, Clarificación, Ósmosis, Suavizado.

## ABSTRACT

The development of this proposal will begin with the diagnosis of the different heat treatment processes used in the manufacture of glass at the OI Peldar Zipaquirá plant, the process for which the purge waters will be reused is established by means of a matrix selection, which is based on the cooling system with the highest water consumption. Subsequently, a quantification of the water that comes out of the cooling systems is continued, and with this data we will proceed to characterize a mixture of the purges of the 6 cooling towers that maintain continuous purge in the plant, where 5 critical variables will be determined (pH, conductivity, hardness, total dissolved solids and turbidity) that will characterize these wastewater. For this, physicochemical analyzes will be carried out in the laboratory of the O-I Peldar water plant to obtain data on these variables.

Once the characterization has been carried out, we proceed to verify the quality of water to be reached, so that the water from the purges can be reused according to the requirements of the selected cooling system. It should be noted that the selection of said quality will be made in accordance with the water parameters required in the safety data sheet of the different chemicals that react in the system.

When identifying the quality to which the industrial wastewater is to be taken, 4 different techniques will be tested for its treatment (clarification Technique A, water softening Technique B, osmosis of the water Technique C and a compound Technique BC).

Already having the results of the parameters in each of the proposed techniques, a comparison will be made with the requirements demanded by the system in which the treated water will be reused, from which a single treatment will be chosen.

Finally, the technique that meets the parameters required by the selected system in which the wastewater will be reused is selected, where in this case the treatment method will be the compound technique (B-C Technique), to conclude a cost analysis of the equipment necessary for the implementation of the proposal.

**KEYS WORDS:** Water treatments, Cooling towers, Reuse of purges, Clarification, Osmosis, Smoothed.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la planta O-I Peldar Zipaquirá en su proceso productivo y zonas externas, utiliza como fuente de abastecimiento hídrico, el río Neusa; dentro de la infraestructura instalada cuenta con una estación de bombeo, planta de potabilización y redes de distribución principales y secundarias.

Teniendo en cuenta la ley 373 de 1997 donde se obliga a que todo usuario del recurso hídrico debe presentar e implementar un programa de uso eficiente del manejo del agua, O-I Peldar ha puesto en marcha programas de reducción de pérdidas, uso de aguas lluvias y reutilización de aguas, con la finalidad de mitigar la captación de agua inicial; la cual se encuentra alrededor de los 15600 L/min.

Una de las principales problemáticas que existen en cuanto aprovechamiento del agua, se presenta en las diferentes torres de enfriamiento que se tienen para cada uno de los sistemas, debido a que el agua que se maneja dentro de estos, necesita cumplir determinados parámetros (dureza, pH, TDS, conductividad, entre otros); los cuales son establecidos según los requerimientos de cada proceso y a lo que se debe que se mantengan en purga continua para que estos no se saturen.

Las purgas que se tienen en las diferentes torres de enfriamiento pueden ser empleadas en otros procesos tras realizarles un correcto tratamiento, esto con el fin de adecuarlas para que cumplan con los parámetros que requieran en el proceso seleccionado.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta para la reutilización de las purgas provenientes de las torres de enfriamiento de O-I PELDAR, en uno de los procesos de tratamiento térmico de la fabricación del vidrio.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Caracterizar el agua proveniente de las purgas de las torres de enfriamiento seleccionando parámetros críticos y técnicas de tratamiento.
2. Diagnosticar el proceso para el cual se va a reutilizar el agua de purga de las torres de enfriamiento.
3. Validar las técnicas de tratamiento propuestas a nivel laboratorio.
4. Realizar una evaluación de costos de la propuesta seleccionada.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Peldar actualmente es una dependencia de la multinacional Owens Illinois, la compañía creadora de envase de vidrio más grande del mundo. Actualmente en Colombia, Peldar cuenta con sedes en Buga, Soacha y Zipaquirá; esta última, planta para la cual se llevará a cabo la propuesta de este proyecto.

Peldar Zipaquirá, se encuentra ubicada en la vereda el mortiño, km 7 vía Nemocón (ver imagen No. 1) y es actualmente una planta que cuenta con líneas de producción, en envases para alimentos, bebidas alcohólicas, bebidas sin alcohol, entre otras, bajo los estándares de calidad más avanzados.

**Imagen No.1.Ubicación planta Owens Illinois Peldar, Zipaquirá.**



**Fuente: Imagen tomada de Google Maps.**

En cuanto a su distribución, la empresa cuenta con más de 200 hectáreas, que se dividen en las zonas de materias primas, producción, planta térmica, compresores, planta de agua y planta de arena (ver imagen No. 2). El área de producción cuenta con 3 hornos, los cuales abastecen las máquinas de vidrio; contando con procesos que alcanzan temperaturas que superan los 1500 ° C de temperatura, razón por la

cual se tienen diferentes sistemas de enfriamiento, los cuales son objeto de caracterización y diagnóstico del presente proyecto.

**Imagen No.2.Distribucion de la planta**



**Fuente: Imagen tomada de Google Maps**

1. Laboratorio de Planta Aguas, sistema de clarificación, tanque de la curva y DAF.
  2. Captación, Red contra incendios y filtros de agua potable.
  3. Planta térmica.
  4. Sistema de Osmosis Inversa, Torres de enfriamiento de embudos y cucharas, Hornos y cargadores e instrumentación.
  5. Sótanos, Hornos y tanques API.
  6. Tanque Imhoff, Filtros de aguas residuales y vertimientos.
  7. Colector de agua residual sur.
  8. Colector de agua residual norte.
  9. Casino, trampa de grasas
  10. Reservorio.
- Baños
  - Contadores

## 1.2 CONCEPTOS GENERALES DE LOS PROCESOS

**1.2.1 El agua.** De acuerdo con Fernández<sup>6</sup>, el agua es un recurso del cual el planeta se compone en un 70%, de este 70% el 97.5% es agua salada, mientras que el restante es agua dulce, donde el 80% se encuentra en los glaciares y nieve de los cascos polares, el 19% es agua subterránea y el 1% es agua dulce que se encuentra en lagunas, ríos, humedales y vapor atmosférico.

La demanda de agua se da de acuerdo con sus usos principales, los cuales se componen de dos, usos naturales y usos antrópicos; donde los usos naturales son los que implican el mantenimiento de ecosistemas, plantas, ríos, entre otros; mientras que los usos antrópicos son los que implican el aprovechamiento doméstico, industrial, agricultura y otros más; el agua resultante tras su uso antrópico se denomina agua residual.

**1.2.1.1 Aguas residuales.** Se le denomina agua residual cuando la composición química, física o biológica ha sido alterada de alguna forma y no es posible consumirla de ninguna manera. Según Romero<sup>7</sup>, las aguas residuales se clasifican de acuerdo con su procedencia, donde se tienen domésticas, municipales, industriales, negras y grises.

Las aguas domésticas son las que provienen de viviendas, edificios comerciales e instituciones, las aguas municipales son aquellas que se obtienen del alcantarillado de una ciudad o población, las aguas industriales por otra parte son las que se encuentran en la descarga de la industria de manufactura, las aguas negras son aquellas que se componen de excremento humano y orina, y finalmente las aguas grises son aquellas que provienen de tinajas, lavamanos, lavadoras, etc.

**1.2.2 Sistemas de enfriamiento.** Estos sistemas son un conjunto de intercambiadores, bombas, tuberías y otros accesorios que están diseñados para retirar calor, en un proceso por medio de un fluido que generalmente es agua. Los sistemas de enfriamiento de los cuales se van a hablar en este trabajo son sistemas de recirculación abiertos, de tiro inducido.

---

<sup>6</sup> FERNÁNDEZ, Alicia. El agua: un recurso esencial. En: Química viva. Diciembre, 2012. Vol.11, no. 3, p. 147-170.

<sup>7</sup> ROMERO, Jairo. Caracterización de aguas residuales. En: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C., 2008. p. 17-71.

**1.2.3 Torres de enfriamiento.** Las torres de enfriamiento según Minguito<sup>8</sup>, basan su funcionamiento en el uso de agua como refrigerante para transmitir el calor proveniente de diversos procesos al ambiente, donde se tiene el ingreso del agua por la parte superior de la torre, mientras que el aire ingresa por la parte inferior buscando así un mayor tiempo de contacto entre ambos fluidos, permitiendo así una mayor transferencia de calor y en algunos casos de masa. El agua se distribuye en la torre por medio de aspersores o pulverizadores, mientras que el ingreso del aire se puede tener de manera natural o forzada a través de ventiladores convenientemente ubicados.

**1.2.3.1 Purga y rebose.** Minguito<sup>9</sup>, define la purga como la cantidad de agua que se debe retirar de la recirculación hacia torre de enfriamiento para no exceder la concentración de sólidos presentes en esta, concentración la cual por lo general la establece el diseñador del equipo. La cantidad de agua que se retira de la recirculación se debe reemplazar con el alimento de agua fresca haciendo por medio de esta adición que la concentración de sólidos disminuya. En algunos casos para no realizar una purga continua, se mantiene un alimento continuo de agua fresca haciendo así que el nivel de agua que se tenga en la torre sobrepase el límite de la zona de contacto, generando así un rebose lo cual se procede a retirar más adelante del sistema.

**1.2.4 Sistemas de recirculación abiertos.** En cuanto a los sistemas de refrigeración abiertos, se puede decir que son aquellos sistemas donde el agua va a tener contacto con el aire y el enfriamiento de la misma se tendrá por la disipación del calor absorbido, mediante la evaporación parcial de esta. Según la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración<sup>10</sup>.

Estos son por lo general sistemas de gran tamaño, los cuales están compuestos por una torre de enfriamiento, interconexiones que están relacionadas directamente al proceso (salida y retorno) y una piscina de abastecimiento.

Los sistemas de recirculación abierto se clasifican de acuerdo con los medios mediante los cuales se suministre el aire, donde encontramos:

---

<sup>8</sup> MINGUITO, Alberto. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE TORRES DE REFRIGERACIÓN HÍBRIDAS. Trabajo de grado en ingeniería en tecnologías industriales. Madrid: Universidad Carlos III. Departamento de ingeniería, 2015. p, 4-5.

<sup>9</sup> Ibid., p. 44,45

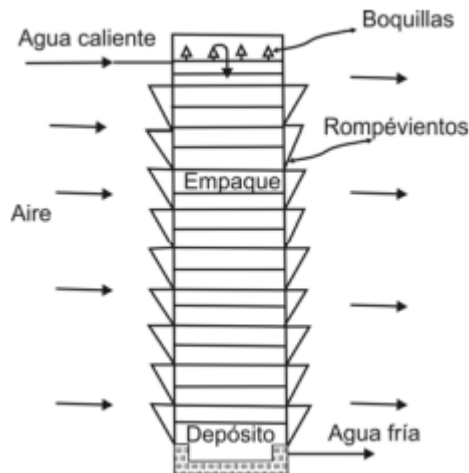
<sup>10</sup> ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN. Guía técnica de torres de refrigeración. Madrid. IDEA, 2007.

#### 1.2.4.1 Torres por circulación natural:

- **Torres atmosféricas:** el diseño de estas torres básicamente busca aprovechar las corrientes naturales de aire que se encuentren presentes donde se ubique la torre. Comúnmente estas torres cuentan con unos rompe vientos que se ubican frente a las corrientes de viento, buscando de esta manera que la torre cuente con una mayor área de entrada del aire.

Por otra parte, Mendoza<sup>11</sup> hace referencia a que el movimiento del aire depende del viento y del efecto aspirante de los aspersores; además de que este tipo de torres de enfriamiento se utiliza en pequeñas instalaciones, depende de los vientos predominantes para el movimiento del aire.

**Figura No. 1. Torre atmosférica.**



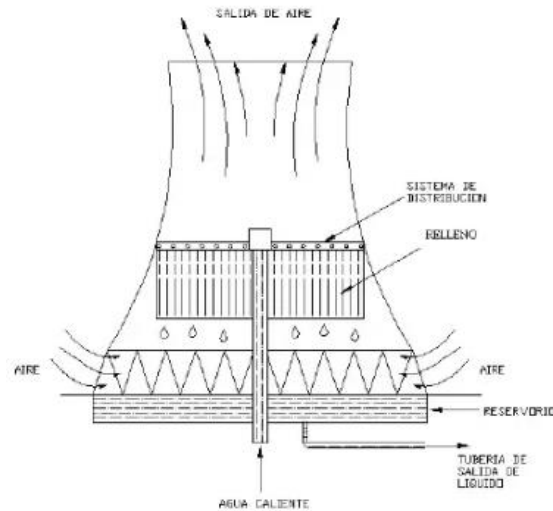
**Fuente:** Ramirez Hernandez, D. (2008). Evaluación del desempeño térmico de la torre de enfriamiento CT-502 (Tesis de pregrado). Universidad nacional autónoma de México, México. Coyocan Ciuda de México. Recuperado de: [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/8893/1/Tesis\\_Completa.pdf](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/8893/1/Tesis_Completa.pdf)

- **Torres de tiro natural:** Estas aprovechan para su funcionamiento la diferencia de densidad existente entre el aire y el agua, básicamente su funcionamiento es muy similar al de las torres de tipo mecánico, pero con la ventaja de que el flujo de aire que se presenta en estas es en contracorriente y de forma

<sup>11</sup> MENDOZA CABRERA, Jhon D., GALLARDO SEGURA, Arturo R. Diseño y construcción de un prototipo de torre de enfriamiento de tiro inducido a contraflujo. Guayaquil, 2016, 66p. Trabajo para optar al título de ingeniero industrial. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Facultad de Ingeniería

ascendente. Por otra parte, según López<sup>12</sup> estos equipos se emplean casi exclusivamente en grandes industrias y en centrales de producción de energía eléctrica (térmicas, nucleares, etc.), en general, sistemas que necesitan mover y refrigerar grandes cantidades de agua.

**Figura No. 2. Torre tiro natural.**



**Fuente:** Florez Sánchez, E. (2016). diseño e implementación de un sistema de enfriamiento para molinos de bolas (Tesis de pregrado). universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3243/Mcflsael.pdf?>

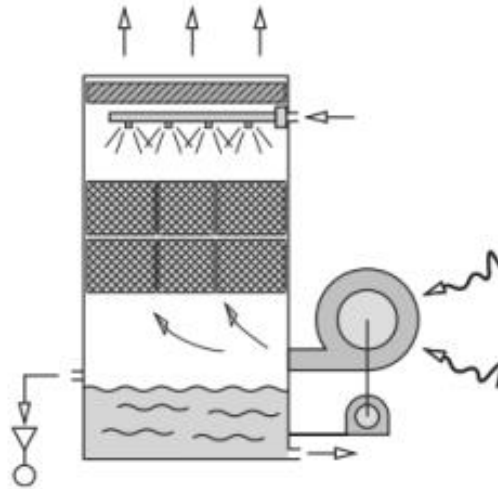
#### 1.2.4.2 Torres de tiro mecánico:

- **Torres de tiro forzado o inducido:** El funcionamiento de este tipo de torres de enfriamiento, se basa en la utilización de ventiladores para forzar o inducir el aire dentro de las mismas para poder realizar correctamente la transferencia de calor. Minguito<sup>13</sup> menciona que dependiendo la ubicación de los ventiladores se puede definir si las torres son de tiro forzado (ventiladores a la entrada del aire) o de tiro inducido (ventiladores a la salida del aire).

<sup>12</sup> LÓPEZ NUÑES, Javier. Modelización numérica y validación experimental de los flujos de aire y agua en una torre de refrigeración. Cartagena, 2014, 88p. Trabajo para optar al título de ingeniero industrial. Universidad Politécnica de Cartagena. Facultad de Ingeniería.

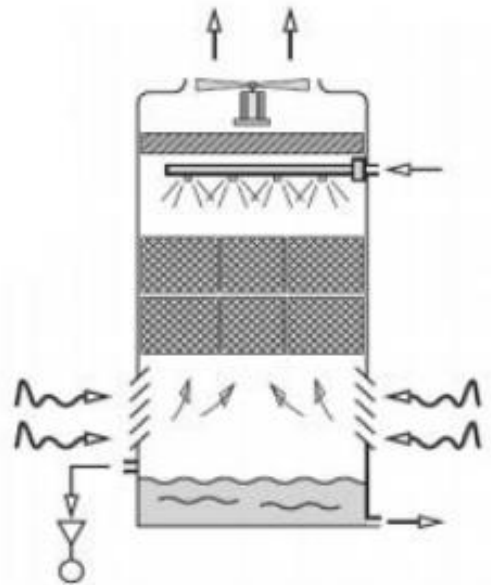
<sup>13</sup> MINGUITO, Alberto. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE TORRES DE REFRIGERACIÓN HÍBRIDAS. Trabajo de grado en ingeniería en tecnologías industriales. Madrid: Universidad Carlos III. Departamento de ingeniería, 2015.

**Figura No. 3. Torres tiro forzado.**



**Fuente:** Minguito Garcia, A. (2015). Características de funcionamiento de torres de refrigeración híbridas (Tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganes, España. Recuperado de: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24076/TFG\\_Alberto\\_Minguito\\_Garcia\\_2015.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24076/TFG_Alberto_Minguito_Garcia_2015.pdf)

**Figura No. 4. Torres tiro inducido.**



**Fuente:** Minguito Garcia, A. (2015). Características de funcionamiento de torres de refrigeración híbridas (Tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganes, España. Recuperado de: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24076/TFG\\_Alberto\\_Minguito\\_Garcia\\_2015.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24076/TFG_Alberto_Minguito_Garcia_2015.pdf)



**1.2.5 Sistemas de un solo paso.** Estos sistemas de enfriamiento hacen referencia a donde el agua pasa por los intercambiadores de calor una sola vez por proceso, donde posteriormente es desechada; a lo que se debe que la cantidad de agua que se utiliza dentro de estos sistemas es considerable. Según Mallerly Rojas<sup>14</sup> en los procesos de la planta que cuentan con este tipo de sistema, representan un costo mayor en cuanto al tratamiento químico que se maneja para el mismo; pues las altas cantidades de producto que se utilizan se desechan al mismo tiempo que se desecha el agua.

### **1.3 VARIABLES EN LOS SISTEMAS**

Cada sistema tiene variables que se pueden considerar críticas según la relevancia que éstas tengan dentro del mismo; mientras que algunas pueden permanecer estables a lo largo del tiempo otras simplemente se pueden incrementar o disminuir considerablemente de un momento a otro. Para el caso de las torres de enfriamiento las variables deben ser controladas para evitar que se presenten problemas dentro de los sistemas, como corrosión, incrustaciones, contaminación de los sistemas, presencia microbiológica del agua del proceso, entre otras.

**1.3.1 Conductividad.** La conductividad puede entenderse como la cuantificación de las cargas conductoras, presentes en el agua, debido a los iones minerales que se encuentran disueltos en la misma.

**1.3.2 Dureza.** Este parámetro hace referencia a la cantidad del contenido de ion calcio y de ion magnesio, que se pueden presentar en el agua. A su vez, es una de las variables más críticas dentro de los sistemas de enfriamiento, puesto que a este parámetro se le atribuye la formación de incrustaciones dentro de estos.

**1.3.3 pH.** Este parámetro se puede definir como aquella variable que indica que tan ácida o básica es el agua que se está manejando en los sistemas.

**1.3.4 Sólidos disueltos totales.** Esta variable está relacionada con la cantidad de sales, minerales entre otros, que se puedan encontrar disueltos en el agua.

---

<sup>14</sup> ROJAS, Mallerly. Planta Ol-Peldar. Zipaquirá, Colombia. Observación inédita, 2020.

**1.3.5 Turbidez.** La turbidez es aquel parámetro que se puede definir como la cuantificación, de la pérdida de traslucidez de un agua, debido a la existencia de partículas en suspensión o disueltas dentro de la misma.

**1.3.6 Alcalinidad.** Este es un parámetro que indica la cantidad de compuestos neutralizantes de ácidos que se pueden encontrar presentes en el agua; su medida está dada por la presencia de hidroxilos, carbonatos y bicarbonatos dentro de la misma. Esta se puede presentar de dos maneras, como alcalinidad P o alcalinidad M.

**1.3.7 Alcalinidad P.** Alcalinidad del agua con un pH de 8,3, la cual se obtiene mediante el indicador de fenolftaleína.

**1.3.8 Alcalinidad M.** Alcalinidad del agua con un pH de 4,5 la cual se obtiene mediante el indicador metilnaranja.

**1.3.9 Sílice.** Esta variable se puede definir como la cantidad de  $\text{SiO}_2$  que se puede encontrar en una muestra de agua; este parámetro es determinante para poder determinar las concentraciones que un sistema de enfriamiento puede tener.

**1.3.10 Hierro.** Es un metal que se encuentra comúnmente en las aguas de uso industrial y está fuertemente relacionado en los sistemas de enfriamiento, con los problemas de corrosión que se presentan dentro de los mismos.

#### **1.4 PROBLEMAS EN LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO**

Los sistemas de enfriamiento normalmente presentan problemas en su funcionamiento, por las características fisicoquímicas que puedan tener las aguas que se manejan dentro de los mismos, debido a los contaminantes que se encuentran inmersos dentro de este fluido. A continuación, en esta sección se hace una descripción de los inconvenientes más comunes que se pueden dar en este tipo de sistemas.

**1.4.1 Corrosión.** Según Li<sup>15</sup> indica que la corrosión es un fenómeno electroquímico, en donde está presente un ánodo (donde ocurre la pérdida de metal), y un cátodo, donde se completa el circuito eléctrico. Teniendo en cuenta lo anterior, la corrosión es un serio problema, debido a que se aumentan los costos asociados a la producción por aquellas reparaciones, reemplazos de equipos y mantenimientos que se requieran en un sistema. Por otra parte, Li<sup>16</sup> hace referencia a que este inconveniente dificulta las operaciones por pérdidas en la presión y temperatura, a su vez por restricciones de flujo y limitaciones del equipo de enfriamiento.

#### **1.4.1.1 factores que propician la Corrosión**

- **Oxígeno y gases disueltos en el agua:** el oxígeno es determinante para que pueda ocurrir la reacción del cátodo y el flujo de corriente.
- **Sólidos disueltos y en suspensión:** los sólidos disueltos ayudan a aumentar la conductividad del agua; además, algunos de ellos son corrosivos. Los sólidos en suspensión son causantes de la corrosión por erosión. Al depositarse pueden originar la corrosión localizada.
- **Alcalinidad o acidez:** la acidez o la baja alcalinidad propician la corrosión al disolver las películas protectoras formadas sobre los metales del sistema. El agua a un pH de 7.5 puede ser de tendencia corrosiva.
- **Velocidad del agua:** el agua a altas ratas de velocidad contiene más oxígeno disuelto; adicionalmente, puede ocasionar erosión en la superficie metálica. Cuando la velocidad es baja, se puede llegar a presentar los depósitos, los cuales ocasionan corrosión localizada.
- **Temperatura del agua:** la corrosión puede incrementarse con un aumento de temperatura del agua.
- **Condiciones de proceso:** En muchos casos, las operaciones que se llevan a cabo sobrepasan las condiciones de diseño de los equipos, y generan desgaste de los metales y/o agrietamientos, los cuales crean ambientes perfectos para generar corrosión.

---

<sup>15</sup> LI, Jorge. Tratamiento del agua de sistemas de enfriamiento. En: Agroindustrial DANPER, Boletín 01. Enero 2017.

<sup>16</sup> Ibid.

**1.4.2 Incrustación.** Las incrustaciones como lo indica Jimeno<sup>17</sup>, son depósitos los cuales resultan de la cristalización o precipitación de sales las cuales han excedido su solubilidad, las incrustaciones suelen tener una alta capacidad de adherencia. Las incrustaciones se tienen cuando se tiene una concentración de sales elevadas o un aumento en la temperatura la cual va a generar que se precipite material sobre las superficies.

#### **1.4.2.1 Factores que propician la Incrustación**

- **Temperatura:** algunas sales inorgánicas disminuyen la solubilidad en el agua cuando la temperatura aumenta, lo cual trae como consecuencia la formación de incrustaciones.
- **Alcalinidad o acidez:** la solubilidad del carbonato de calcio disminuye al aumentar la alcalinidad; de forma contraria, el sulfato de calcio es menos soluble en aguas de baja alcalinidad. La alcalinidad y la acidez afectan las sales de forma que aumentan o disminuyen su solubilidad.
- **Concentración o saturación:** cuando la concentración de las sales pasa los puntos de saturación, éstas se precipitan formando las incrustaciones.
- **Sólidos disueltos:** a medida que aumenta la concentración de sólidos disueltos en el agua, la posibilidad de la formación de incrustación es mayor.
- Además de las anteriores consideraciones, la presencia de subproductos de la corrosión, de sílice y de los sólidos en suspensión, contribuyen a la formación de la incrustación al quedar atrapados en ella cuando ésta se forma.

**1.4.3 Depósitos.** Los depósitos hacen referencia a los sólidos suspendidos que se tienen en los sistemas y los cuales presentarán una precipitación eventual sobre las superficies metálicas, afectando el intercambio térmico y contribuyendo a la corrosión.

---

<sup>17</sup> JIMENO, Iván., OLMOS, Carlos. Estudio y calculo para la selección de una torre de enfriamiento en la compañía colombiana de clinker s.a (colclinker). Cartagena, 1999, 134p. Trabajo para optar al título de ingeniero mecánico. Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería.

#### 1.4.3.1 Factores que propician los depósitos

- Características del agua como: turbidez y STD.
- Temperatura
- Velocidad de flujo
- Crecimiento microbiológico
- Subproductos de la corrosión
- Contaminación de proceso y ambiental

**1.4.4 Microorganismos.** De acuerdo con Jimeno<sup>18</sup> los microorganismos pueden estar presentes en un sistema de enfriamiento, donde van a generar problemas de depósitos microbiológicos; este tipo de depósitos se dan gracias a que el crecimiento de los microorganismos generará una masa gelatinosa la cual con el tiempo va a adquirir un mayor tamaño puesto a que esta masa atraparà materia orgánica y mineral formando así incrustaciones, donde estas presentarán problemas de obstrucción en las tuberías, adicionalmente En los sistemas se puede tener la presencia de microorganismos (bacterias), las cuales son altamente reductoras y atacarán el hierro presentando problemas de corrosión.

#### 1.4.4.1 Factores que propician los microorganismos

- **Cantidad de nutrientes:** los hidrocarburos y otras fuentes de carbono sirven como alimento a los microorganismos.
- Disponibilidad de oxígeno o dióxido de carbono.
- **Localización:** la luz solar o la oscuridad y la humedad son factores importantes en el crecimiento microbiológico.
- **Temperatura:** al tener en cuenta el tipo de microorganismos, su proliferación aumenta dependiendo de la temperatura.
- **Zonas afectadas:** generalmente los microorganismos forman colonias en zonas en donde el agua tiene bajas velocidades. Los intercambiadores y ciertas partes de la torre son lugares ideales para su asentamiento.

---

<sup>18</sup> JIMENO, Iván., OLMOS, Carlos. Estudio y calculo para la selección de una torre de enfriamiento en la compañía colombiana de clinker s.a (colclinker). Cartagena, 1999, 134p. Trabajo para optar al título de ingeniero mecánico. Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería.

- Contaminaciones ambientales que dependen del tipo de industria que los genera y que afectan el sistema.

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE PURGA Y TÉCNICAS DE TRATAMIENTO

Las aguas de purga se pueden presentar como aguas residuales industriales por la alta carga de parámetros fisicoquímicos que las componen; debido a esto es necesario verificar cómo es el comportamiento de estos a lo largo del tiempo, con la finalidad de poder establecer variables críticas que afectan los sistemas de tratamiento térmico de la planta. Por otra parte, en esta sección se establecerán las técnicas de tratamiento para contrarrestar o disminuir el impacto, de aquellas variables que se consideren críticas en el desarrollo de la presente propuesta.

### 2.1 METODOLOGIA DE LAS VARIABLES

En la siguiente tabla (tabla No. 1) se tiene la relación de la metodología que se utiliza para realizar las diferentes determinaciones de los parámetros fisicoquímicos, de la caracterización del agua de purga y de los resultados de cada una de las técnicas a evaluar durante el desarrollo de este proyecto; todo lo anterior basándose en las normas de la sociedad americana para pruebas y materiales (ASTM) y las normas Icontec (NTC). Ver en el anexo No.1, la descripción en detalle, de cada una de las metodologías.

**Tabla No. 1. Metodologías para la determinación de variables.**

<b>Metodología</b>	<b>Equipo o Kit de medición</b>
Determinación dureza bajo rango	HACH DR 900
Determinación dureza alto rango	Kit Quimexcol
Determinación conductividad	HANNA
Determinación de pH	HANNA
Determinación STD	HANNA
Determinación turbidez	HACH 2100Q
Determinación sílice bajo rango	HACH DR 900
Determinación alcalinidad M y P	Kit Quimexcol
Determinación de hierro	HACH DR 900

**Fuente: Elaboración propia.**

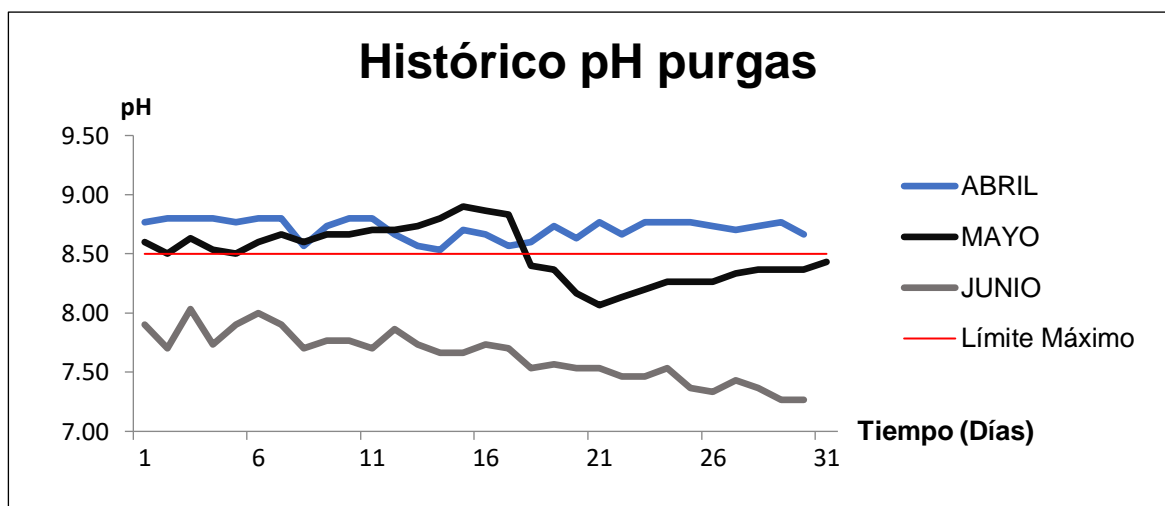
### 2.2 CARACTERIZACIÓN

Para la caracterización del agua de purga, los autores de este proyecto realizaron un muestreo compuesto a diario, basándose en la normatividad NTC-ISO

COLOMBIANA 5667<sup>19</sup> y teniendo en cuenta cada uno de los sistemas, durante 3 meses; obteniendo resultados para variables como: alcalinidad P, alcalinidad M, conductividad, hierro, STD, pH, sílice, turbidez y dureza. Con este cotejo histórico de los sistemas de enfriamiento de la planta O-I Peldar Zipaquirá, se pudieron encontrar parámetros fisicoquímicos que no cumplían con los límites establecidos por la empresa y otros donde su comportamiento, no tiene una tendencia definida.

A continuación, se presentan las gráficas de los resultados para el historial de datos de 3 meses, obtenidos de la mezcla de las 6 purgas de los diferentes sistemas; dichos datos se pueden encontrar en el anexo No. 2.

**Gráfica No. 1. Comparativo pH.**

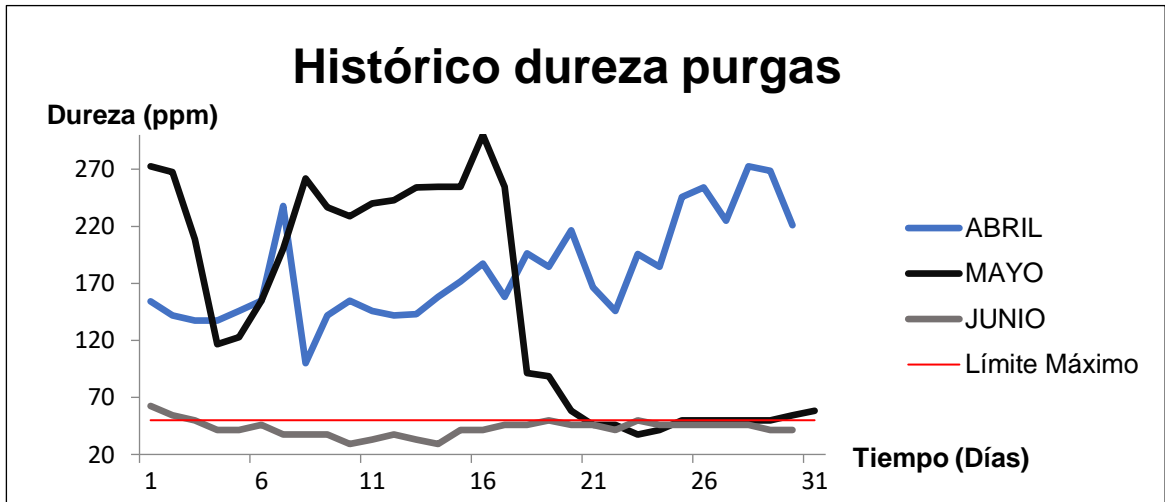


**Fuente: Elaboración propia.**

<sup>19</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad del agua. Muestreo. Directrices para el diseño de programas de muestreo. Bogotá-Colombia. ICONTEC, 1995. 26p, (NTC-ISO 5667-1).



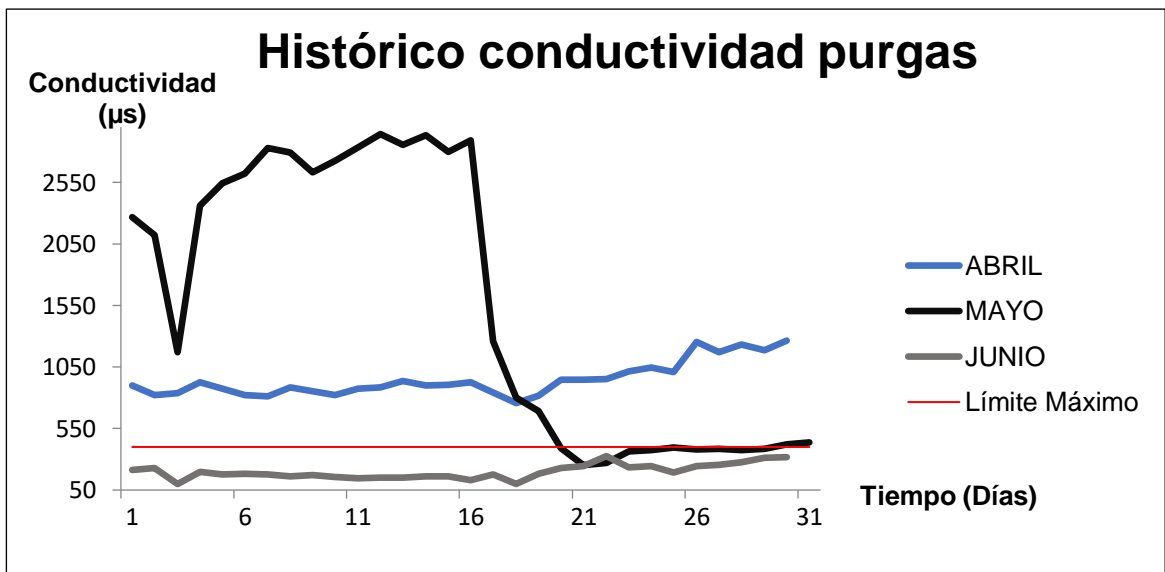
Gráfica No. 2. Comparativa Dureza.



Fuente: Elaboración propia.

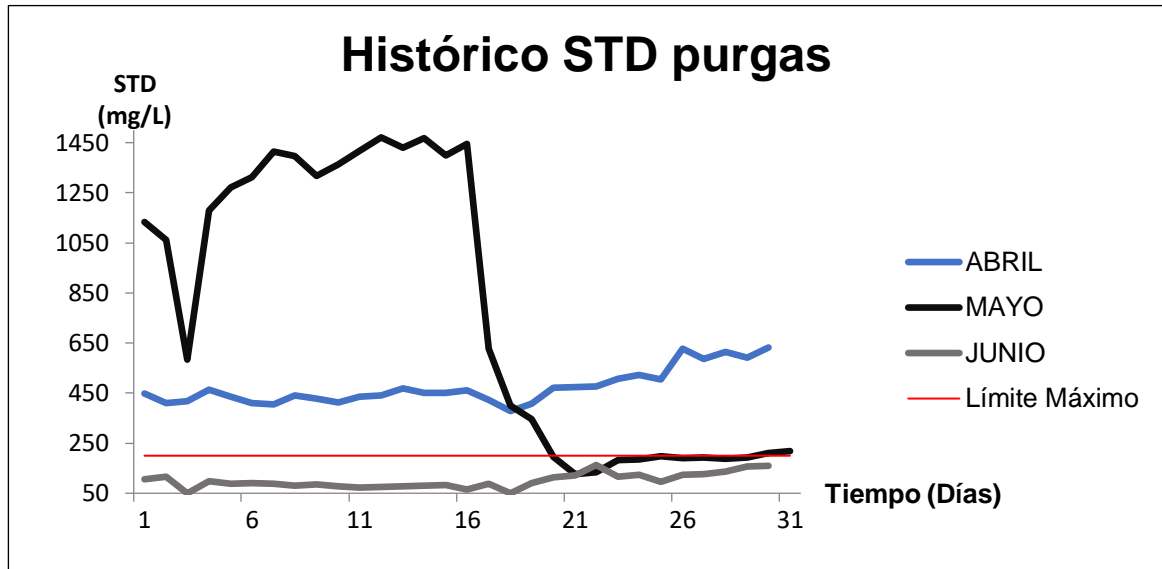
En la gráfica No. 2 se puede observar cómo al igual que en la anterior gráfica, si no se tiene un control estricto en la purga pueden aumentar los valores de los parámetros, en este caso la dureza para los dos primeros meses superó el límite máximo en su gran mayoría; teniendo en cuenta que el valor superior alcanzado se halla en 272.5 ppm y el inferior en 100 ppm. Al controlar la purga en el tercer mes, el parámetro disminuye drásticamente hasta alcanzar un valor de 45.8 ppm el cual tiende a ser constante a lo largo del tiempo.

Gráfica No. 3. Comparativa conductividad.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica No. 4. Comparativa STD.

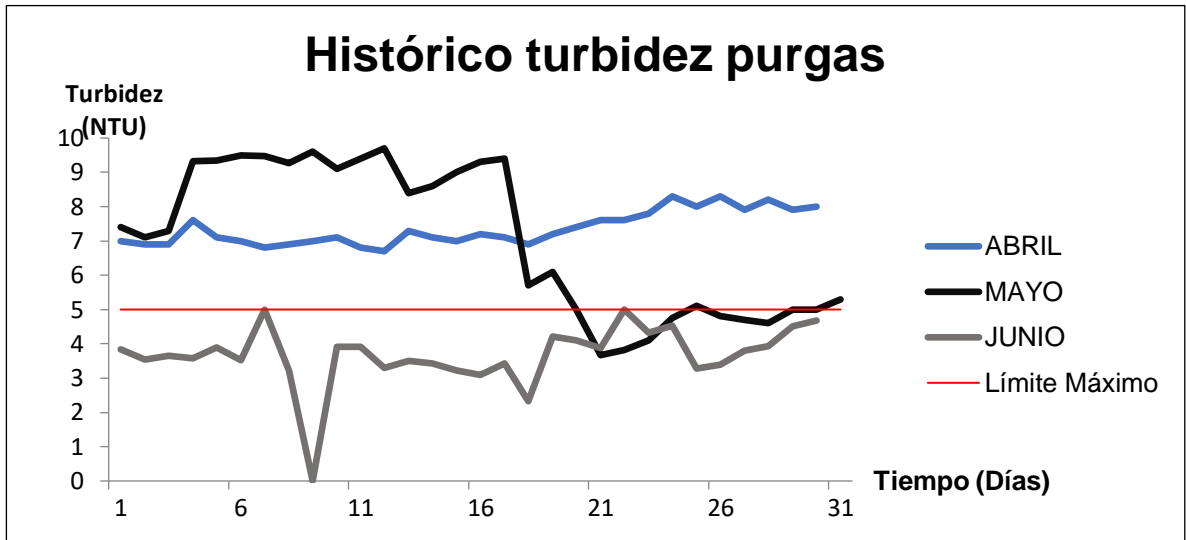


Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas No. 3 y 4, el comportamiento que se tiene es muy similar teniendo en cuenta que los STD son la mitad de la conductividad presente en el agua, según López<sup>20</sup>. Por otra parte, se puede observar cómo al igual que en las 1 y 2 los parámetros cambian significativamente respecto al control que se tenga en la purga, adicionalmente se puede evidenciar que al ejercer un mayor control en las purgas los parámetros de dureza y conductividad se reducen a más de la mitad de los valores que se tenían inicialmente. En la sección 3.1 se realiza el cálculo de purga que se obtiene por sistema; el cual viene siendo el dato cuantitativo de agua a reutilizar, para trabajar en el proyecto.

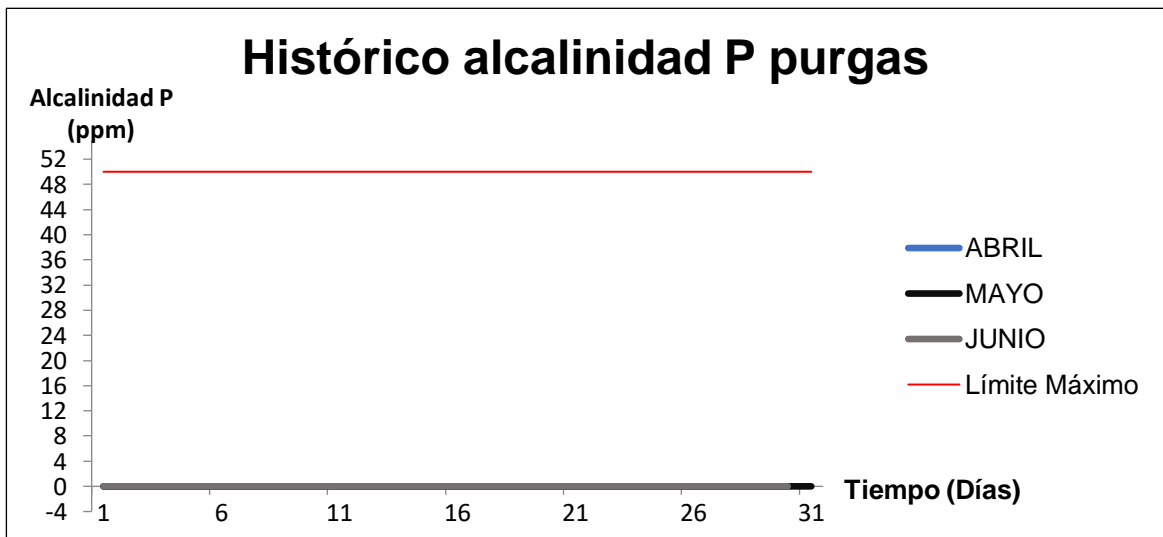
<sup>20</sup> LÓPEZ SARDI, Estela Mónica, *et al.* Calidad del agua domiciliaria. experiencia de aprendizaje en el transcurso de un proyecto de investigación: aplicación del método científico. Buenos Aires, sf. p. 10. Trabajo de investigación. Universidad de Palermo. Facultad de ingeniería.

Gráfica No. 5. Comparativa turbidez.



Fuente: Elaboración propia.

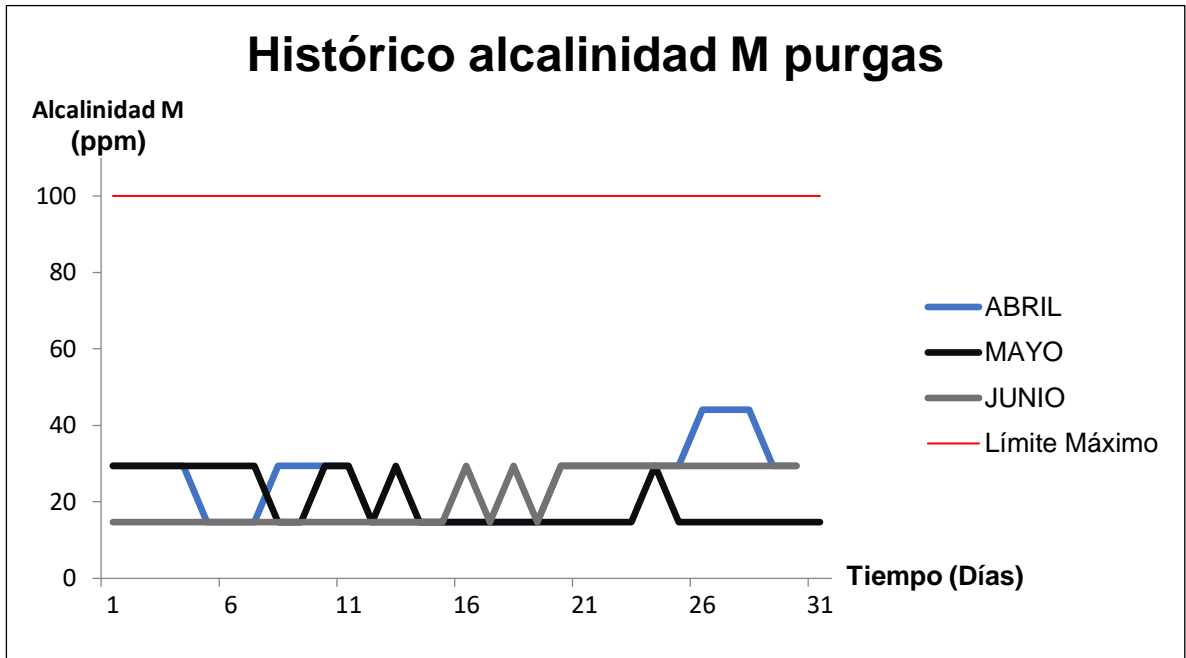
Gráfica No. 6. Comparativa alcalinidad P.



Fuente: Elaboración propia.

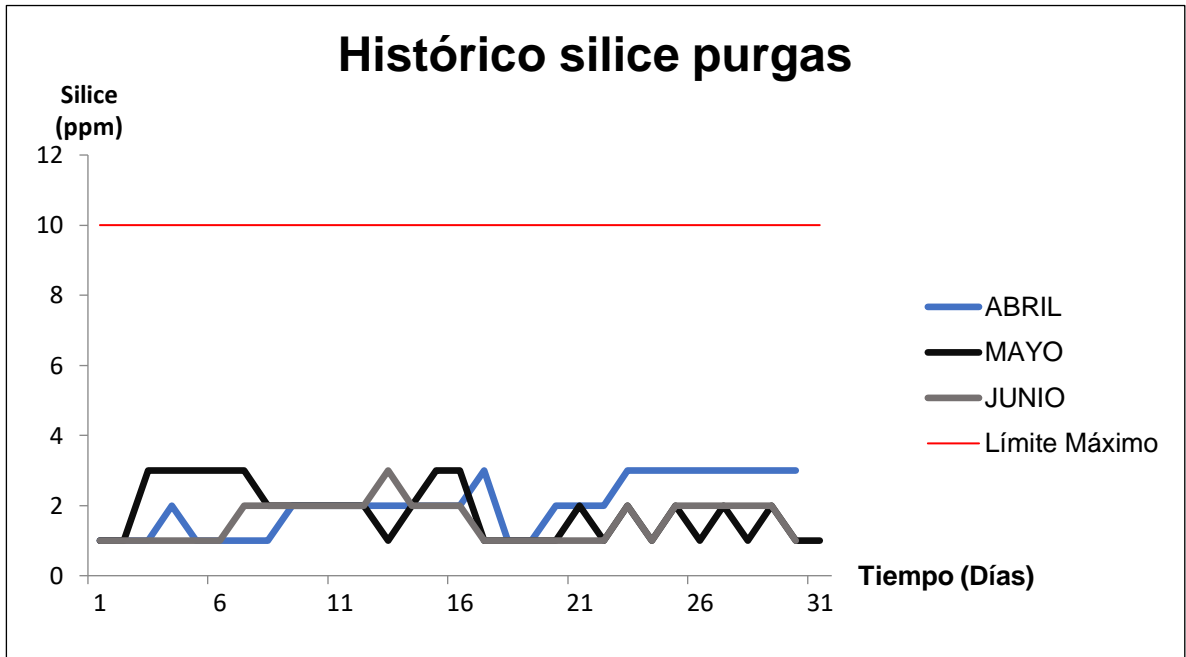
Para la gráfica No. 6 se tiene que el comportamiento de la alcalinidad P maneja un valor de 0 ppm para todas las muestras compuestas que se analizaron.

Gráfica No. 7. Comparativa alcalinidad M.



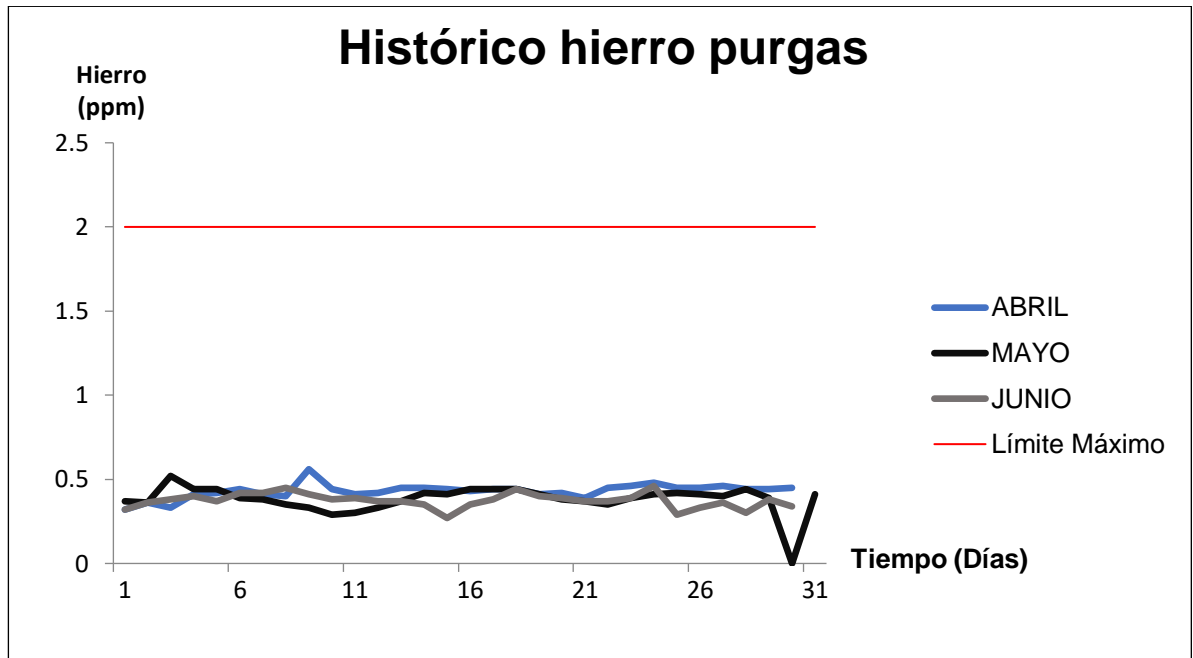
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica No. 8. Comparativa Sílice.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica No. 9. Comparativa Hierro.



Fuente: Elaboración propia.

## 2.3 VARIABLES CRÍTICAS

Teniendo en cuenta la sección anterior, se pueden determinar cuáles son aquellas variables que se pueden considerar críticas, según el comportamiento que estas presentan a lo largo del tiempo evaluado. Para este proyecto se tienen en cuenta 5 variables que al no cumplir con los límites establecidos pueden acarrear problemas en la operación de la planta.

**2.3.1 Conductividad.** Esta variable se vuelve crítica en los sistemas de enfriamiento, ya que por su funcionamiento el agua se evapora, haciendo que este parámetro aumente constantemente. Para el caso de los sistemas de la planta O-I Peldar Zipaquirá, cuando su valor supera los 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  según el Ing. Nicolás Perilla<sup>21</sup> (Planta OI-Peldar, Zipaquirá, Colombia, observación inédita, 2020), es un inconveniente; pues el tratamiento químico, deja de ser eficiente por la cantidad de iones que se presentan en el agua.

<sup>21</sup> PERILLA, Nicolás. Planta OI-Peldar. Zipaquirá, Colombia. Observación inédita, 2020.

**2.3.2 Dureza.** En la planta, los valores que se manejan para esta variable son inferiores a las 50 ppm de  $\text{CaCO}_3$ , haciendo referencia a la dureza total (suma de la  $\text{DCa}^{+2}$  y la  $\text{DMg}^{+2}$ ). Por otra parte, el Ing. Nicolás Perilla<sup>22</sup> (Planta OI-Peldar, Zipaquirá, Colombia, observación inédita, 2020) señala que se deben mantener valores de dureza inferiores al mencionado, para que el programa químico que se tiene, al momento de prevenir aquellas incrustaciones, funcione.

**2.3.3 pH.** En cuanto al control de este parámetro, que es de los más críticos en los sistemas de enfriamiento y el cual juega un papel importante a la hora de hablar de la presencia de corrosión o incrustación dentro de los sistemas, se tiene un rango de acuerdo con el Ing. Nicolás Perilla<sup>23</sup> (Planta OI-Peldar, Zipaquirá, Colombia, observación inédita, 2020) de 6.5 a 8.5. Esta variable al manejarse en ambientes ácidos (por debajo de 6.5) vuelve a los sistemas de enfriamientos más vulnerables a los efectos negativos de la corrosión, por lo contrario, si el agua presenta un valor de pH superior a 8.5, los vuelve más vulnerables a presentar problemas de incrustación. A su vez, es importante mencionar que con este parámetro se puede controlar el crecimiento o desarrollo de microorganismos, algo que también va ligado con el programa químico que se tiene para los sistemas de la planta.

**2.3.4 Sólidos totales disueltos (TDS).** Los STD están directamente relacionados con la conductividad que se presenta en el agua, entre mayor sea la concentración de estos, mayor será la conductividad. Este parámetro aumentará, presentándose como concentración de sólidos disueltos, debido a la evaporación que se presenta en los sistemas de enfriamiento; causando precipitación y de esta forma incrustaciones dentro de los mismos. El valor máximo permitido para esta variable de acuerdo con él Ing. Nicolás Perilla<sup>24</sup> (Planta OI-Peldar, Zipaquirá, Colombia, observación inédita, 2020) es de 200 ppm de STD.

**2.3.5 Turbidez.** Esta es una variable importante, ya que todas estas partículas mencionadas anteriormente, pueden absorber calor y tratándose de un sistema de enfriamiento, no es conveniente. En la Planta O-I Peldar, los problemas de polución y/o material particulado en el ambiente, hacen que la turbidez se vuelva un parámetro crítico, puesto que los sistemas de enfriamiento toman el aire de su entorno para cumplir con su correcto funcionamiento; lo que genera que esta aumente y se tenga que reponer agua en el sistema para poder diluir el parámetro.

---

<sup>22</sup> PERILLA, Nicolás. Planta OI-Peldar. Zipaquirá, Colombia. Observación inédita, 2020.

<sup>23</sup> Ibid.

<sup>24</sup> Ibid.

## 2.4 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO

Teniendo claras las variables críticas, se busca verificar cuáles son aquellas técnicas de tratamiento, que se pueden validar a nivel laboratorio para esta propuesta. En esta sección se habla de aquellos tratamientos que se utilizan en planta, para tratar aguas de otros sistemas, que presentan problema con una o más de las variables críticas anteriormente descritas.

**2.4.1 Clarificación técnica A.** La clarificación es una técnica para llevar a cabo la eliminación de materia en suspensión; se realiza a través de la coagulación-floculación, la cual consiste en la adición de un agente (coagulante), permitiendo la desestabilización de las partículas que se encuentran en suspensión coloidal. Por otra parte, la adición de floculante en la clarificación hace que se incremente la velocidad de sedimentación de las partículas, ya que se aglomeran y forman flóculos de mayor tamaño, generando que se precipiten mucho más rápido en un determinado tiempo, esto de acuerdo con Rodríguez<sup>25</sup>.

Actualmente la planta cuenta con un sistema de captación de agua, que maneja alrededor de los 15600 L/min, los cuales se dividen básicamente en dos procesos, el agua que entra directamente a la planta de tratamiento de aguas y el agua que va hacia el reservorio de la planta. Esta técnica de tratamiento se utiliza para darle manejo a los 883,2 L/min de agua, que se requieren para los procesos de O-I Peldar Zipaquirá; donde para dicho trabajo se cuenta con dos sedimentadores (ver Imagen No. 3), con el objetivo de dar el tiempo necesario para que el polímero y floculante actúen. Posterior a esto, el agua está lista para ir a los diferentes procesos siendo usada como agua de reposición para los sistemas.

---

<sup>25</sup> Rodríguez, Antonio, et al. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid, España: Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME). 2006. Pg, 21, 22, 23.

### Imagen No.3.Sedimentadores tratamiento agua clarificada



Fuente: Imagen tomada por los autores.

**2.4.2 Suavización técnica B.** El suavizado de agua residual consiste en la eliminación de materia que se encuentra disuelta. la eliminación de esta materia, según Rodríguez<sup>26</sup>, se realiza por intercambio iónico, gracias a una resina que busca mantener la neutralidad en el efluente; además; la resina se encarga de la retención de sales en su superficie, gracias a una interacción con los sólidos que puedan estar presentes, de forma selectiva con los iones disueltos.

En la planta O-I Peldar Zipaquirá, se tiene un tren de filtración y suavizado para los sistemas que requieren agua suavizada; consta de un primer filtro de arena, un segundo filtro de carbón y por último un filtro con resina, tal y como se observa en la imagen No. 4.

El objetivo de utilizar un tren es lograr con el filtro de arena, la disminución de los sólidos totales disueltos; a su vez cuando el agua entra en contacto con el lecho filtrante de carbón activado, se retienen iones cloro que pueden afectar los

---

<sup>26</sup> Rodríguez, Antonio, et al. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid, España: Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME). 2006. Pg, 25, 26.



diferentes procesos; al mismo tiempo sirve para la retención de microorganismos. En cuanto al último lecho, se encuentra lleno de resina, la cual se utiliza como intercambiador iónico para lograr disminuir la dureza magnésica y cálcica, de la cual se habló en la sección No. 1.3.2.

**Imagen No.4.Tren de suavización planta O-I PELDAR Zipaquirá**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

**2.4.3 Ósmosis del agua técnica C.** La ósmosis es una técnica que se puede dar de dos maneras, natural o Inversa; esta técnica se considera como una tecnología emergente. La ósmosis natural como lo indica su nombre ocurre sin necesidad de intervenir en la dirección en que el líquido se desplaza, mientras que para la ósmosis inversa se requiere de la adición de una presión la cual direcciona el sentido en que el fluido se va a desplazar; esta técnica requiere el uso de una membrana permeable en la mayoría de los casos, teniendo así una selectividad por el agua. La presión que se ejerce debe ser la suficiente para vencer la presión osmótica, dando así el paso del agua hacia la solución más diluida y no al contrario<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Rodríguez, Antonio, et al. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid, España: Universidad de Alcalá del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME). 2006. pg, 79, 80.

La planta cuenta con un sistema de ósmosis (ver imagen No. 5), para preparar todo lo referente a las mezclas de tratamiento de superficies, de las botellas terminadas. Por otra parte, el agua que se obtiene de este sistema, se utiliza para alimentar los tanques de tijeras (ver sección No. 3.4); debido a las exigencias de parámetros fisicoquímicos que se tienen para el agua, en el proceso de corte de la gota de vidrio fundido.

**Imagen No.5.Sistema de ósmosis O-I Peldar**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Esta OR cuenta con una lampara ultravioleta, un sistema de microfiltrado, una bomba principal y una de *backup* para inyectar el flujo a las 2 membranas, además de un presostato y un balastro; normalmente este sistema produce 32,996 L/min de permeado.

**2.4.4 Compuesta técnica B-C.** Esta técnica busca manejar un pretratamiento con un tren de filtración y suavizado del agua, como se explica en la sección No. 2.4.2 (Técnica B), para posteriormente ingresar el caudal pretratado al sistema de ósmosis (Técnica C), de esta manera la mayoría de sólidos totales disueltos se quedan el lecho filtrante de arena, algunos microorganismos pueden quedar retenidos en el filtro de carbón y por último, la dureza cálcica y magnésica que esté presente en el agua, pasa por el lecho de resina para hacer el respectivo intercambio iónico y de esta manera disminuir su dureza.

### 3. SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

Para el proceso de la fabricación del vidrio, los sistemas de enfriamiento juegan un papel importante, teniendo en cuenta que en algunos casos se alcanzan temperaturas hasta de 1800 °C; es por esto por lo que deben estar trabajando con las condiciones operacionales y el agua adecuada según sea el requerimiento de cada sistema. En O-I Peldar Zipaquirá, son 4 los sistemas de enfriamiento que se encuentran en purga continua y los cuales representan mayor importancia operativa.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

**3.1.1 Sistema de cargadores.** Los cargadores tienen como función principal la alimentación de la mezcla de materias primas, en cada uno de los hornos de la planta; por otra parte, estos son equipos que se encuentran localizados justamente debajo de las tolvas de mezcla, donde mediante bandas de transporte se lleva dicha mezcla y se introduce al horno haciendo uso de una pala; la cual maneja altas temperaturas al tener contacto directo con el mismo, alcanzando temperaturas aproximadas a los 1500 °C. Por otra parte, este sistema consta, de una chaqueta de enfriamiento, donde circula agua clarificada, que es bombeada desde la tina de la torre de cargadores, pasando por el cargador y retornando por la parte superior de esta.

Mantener la calidad del agua que se encuentra en circulación, es importante debido a que dentro de estas chaquetas se pueden presentar problemas de corrosión o taponamiento por incrustaciones, según los parámetros fisicoquímicos que se estén manejando dentro del sistema; lo que trae consigo paradas de máquinas y pérdidas económicas. En total son 9 cargadores, para cubrir la alimentación de los hornos B, D y E de la planta. Normalmente permanecen en funcionamiento 3 cargadores uno para cada horno, se tienen tres en *backup* y las otras unidades disponibles en caso de que sea necesario realizar el cambio de uno de estos.

En la imagen No. 6, se puede apreciar el cargador correspondiente a la alimentación de Horno D, con su respectiva chaqueta; mediante la cual circula el agua constantemente proveniente de la torre de enfriamiento. Este sistema tiene una entrada por la parte inferior y una salida por la parte superior, para que el fluido realice el correcto barrido dentro del cargador y no quede aire dentro del mismo; ya cuando se llena en su totalidad el espacio de intercambio, el agua sale por la parte superior para retornar nuevamente al sistema de enfriamiento.

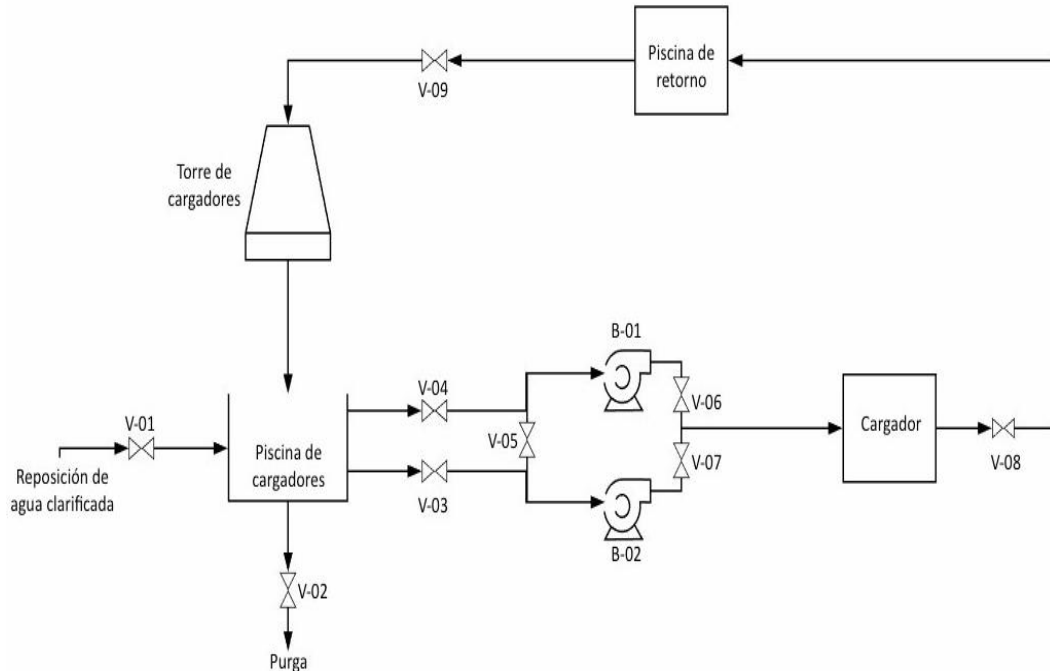
**Imagen No.6.Cargador Horno D, O-I PELDAR Zipaquirá**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

A continuación, en el diagrama No. 1, se muestra cómo sería el proceso de circulación del agua, por el sistema de enfriamiento de cargadores de la planta.

**Diagrama No. 1. Circulación del agua sistema de enfriamiento cargadores.**



**Fuente: Elaboración propia.**

**3.1.1.1 Aforo caudales de reposición del agua y agua residual industrial generada en el sistema de cargadores.** Adicionalmente, se determina la cantidad de agua de reposición y el agua residual industrial que genera el sistema de cargadores, llevando a cabo 4 aforos para los dos tipos de agua, los cuales se promedian para obtener un único resultado.

**Tabla No. 2. Aforo caudal de reposición sistema de cargadores.**

<b>Aforo No.</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
1	18,03
2	18,1
3	18,2
4	17,8
<b>Promedio</b>	<b>18,0325</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla No. 3. Aforo caudal ARI sistema de cargadores.**

<b>Aforo No.</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
1	15,3
2	15,6
3	15,8
4	15,3
<b>Promedio</b>	<b>15,5</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**3.1.2 Sistema de embudos y cucharas.** El sistema de embudos y cucharas es un sistema compuesto, encargado de centrar y guiar la gota de vidrio preformada a las canales que terminan en cada uno de los premoldes de las máquinas. A su vez este sistema está equipado con chaquetas de enfriamiento, por donde circula constantemente agua clarificada, la cual sale de la torre de enfriamiento impulsada por bombas y posteriormente retorna por la parte superior de la misma, para sufrir todo el proceso de tratamiento térmico.

En la siguiente imagen (Imagen No. 7) se muestra uno de los embudos que se tienen de *Backup*, estos varían de tamaño según la necesidad de la máquina y según el molde a utilizar. El embudo consta de una entrada de circulación de agua por la parte inferior y una sola salida por la parte superior del mismo; por otro lado, esta pieza tiene un sistema de lubricación con la finalidad de que el embudo no se quede pegado a las otras partes de la máquina y así pueda cumplir con su respectivo funcionamiento.

**Imagen No.7. Embudo de repuesto Horno B, O-I Zipaquirá.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**



**Imagen No.8.Sistema de cuchara Horno B, O-I Zipaquirá.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

En la imagen No. 8, se ve la cara frontal de la cuchara por donde resbala la gota de vidrio fundido, para proceder a las diferentes canales que llevan la gota a la zona de pre moldeo en cada una de las máquinas.

**Imagen No.9.Vista lateral cuchara de *backup*.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

En la imagen anterior (Imagen No. 9) se puede ver en la base de la cuchara, la camisa de enfriamiento que se encuentra inmersa dentro de esta, en la parte inferior de esta para así refrigerar dicha pieza al momento de tener contacto con la gota.

La refrigeración de este sistema es muy importante debido a la temperatura que trae la gota, pues en dado caso que el agua que está circulando no cumpla con la temperatura necesaria (10°C aproximadamente) o parámetros del proceso, los embudos y las cucharas se pueden recalentar, la gota se puede adherir a las paredes de los mismos, atascarse o en el peor de los casos estallarse y detener el proceso.

**Imagen No.10. Parte inferior de la cuchara.**



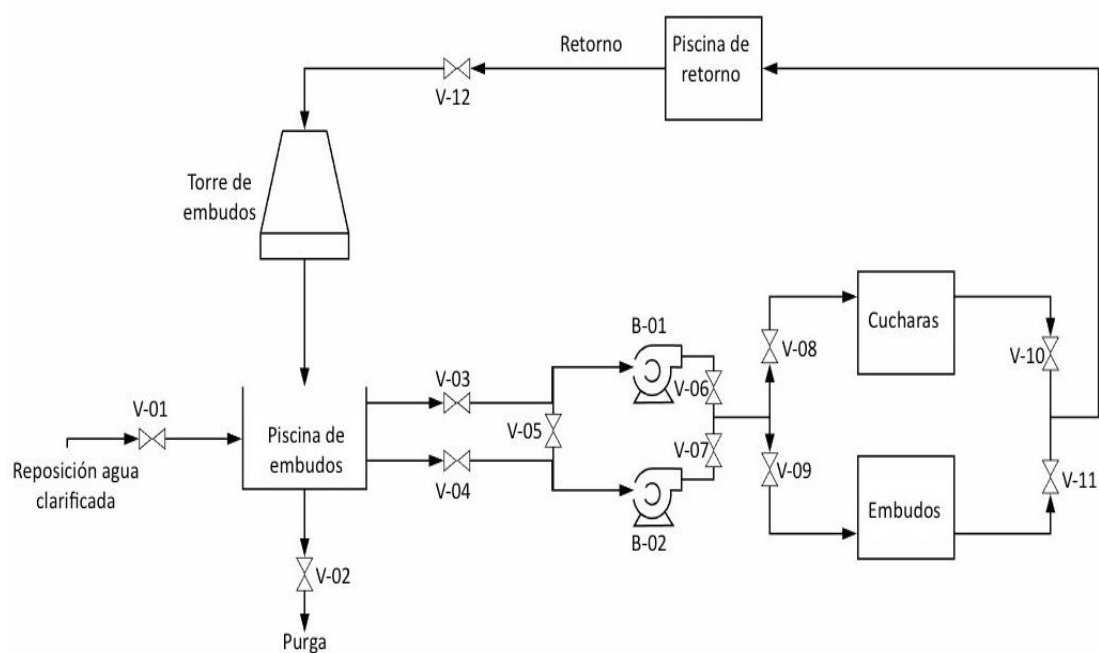
**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Como tal la entrada y salida de agua de la cuchara se da por los orificios que se pueden observar en la Imagen No. 10, los cuales se encuentran en la base donde se soporta la cuchara en el sistema.

A continuación, en el diagrama No. 2, se muestra cómo sería el proceso de circulación del agua, por el sistema de enfriamiento de embudos y cucharas de la planta.



**Diagrama No. 2. Circulación del agua sistema de enfriamiento embudos y cucharas.**



**Fuente: Elaboración propia.**

**3.1.2.1 Aforo caudales de reposición del agua y agua residual industrial generada en el sistema de embudos y cucharas.** Adicionalmente, se determina la cantidad de agua de reposición y el agua residual industrial que genera el sistema de cucharas y embudos, llevando a cabo 4 aforos para los dos tipos de agua, los cuales se promedian para obtener un único resultado.

**Tabla No. 4. Aforo caudal de reposición sistema de embudos y cucharas.**

<b>Aforo No.</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
1	17,4
2	17,1
3	17,4
4	17,8
<b>Promedio</b>	<b>17,425</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla No. 5. Aforo caudal ARI sistema de embudos y cucharas.**

<b>Aforo No.</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
1	13,7
2	14
3	13,8
4	14,1
<b>Promedio</b>	<b>13,9</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**3.1.3 Sistema de instrumentos.** El sistema de instrumentos únicamente es utilizado para refrigerar el sistema *Boosting* de los hornos (ver imagen No. 11), el cual es el encargado de realizar un corto para generar calor en el mismo, además del sistema de cámaras (ver imagen No. 12) que se tienen dentro de estos para verificar el estado, y algunas condiciones del vidrio fundido. A comparación de los otros sistemas, la torre de enfriamiento para este sistema es la más pequeña en cuanto a dimensión y por lo tanto la que menos agua clarificada o potable utiliza.

**Imagen No.11. Sistema *Boosting* Horno E.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

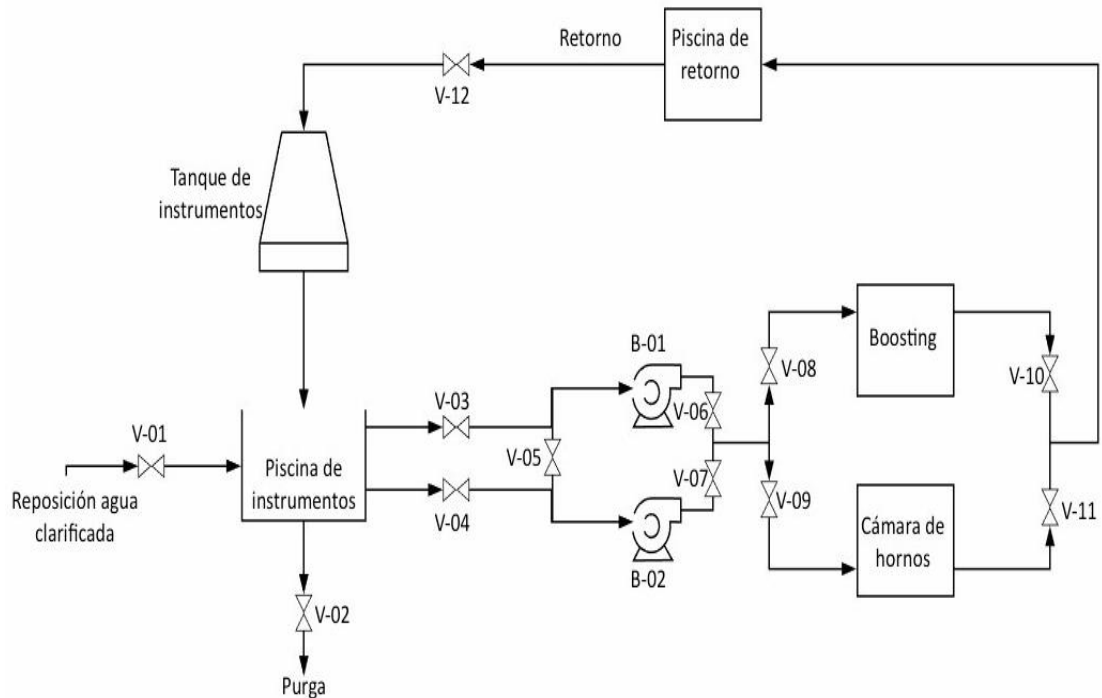
**Imagen No.12. Pantalla sistema de cámaras internas combustión Horno B.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

En el diagrama No. 3, se muestra cómo sería el proceso de circulación del agua, por el sistema de enfriamiento de embudos y cucharas de la planta.

**Diagrama No. 3. Circulación del agua sistema de enfriamiento instrumentos.**



**Fuente: Elaboración propia.**

Este es de los sistemas de enfriamiento, que menos inconvenientes presenta operativamente hablando y sus parámetros fisicoquímicos del agua que se maneja dentro del mismo, se mantienen aún sin realizar purga continua.

**3.1.3.1 Aforo caudales de reposición del agua y agua residual industrial generada en el sistema de instrumentos.** Adicionalmente se determina la cantidad de agua de reposición y el agua residual industrial que genera el sistema de instrumentos, llevando a cabo 4 aforos para los dos tipos de agua, los cuales se promedian para obtener un único resultado.

**Tabla No. 6. Aforo caudal de reposición sistema de instrumentos.**

<b>Aforo No.</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
1	10,05
2	10,5
3	10,2
4	9,7
<b>Promedio</b>	<b>10,1125</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla No. 7. Aforo caudal ARI sistema de instrumentos.**

<b>Aforo No.</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
1	4,3
2	4,3
3	4
4	4,2
<b>Promedio</b>	<b>4,2</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**3.1.4 Sistema de tijeras.** El sistema de tijeras tiene una de las funciones principales de la planta, ya que las tijeras son las encargadas de realizar el corte, de la cantidad de vidrio fundido necesario, para crear la gota; la cual posteriormente será dirigida por los diferentes sistemas, hasta llegar a la zona del proceso de formación del envase.

**Imagen No.13. Sistema de tijeras Horno E.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

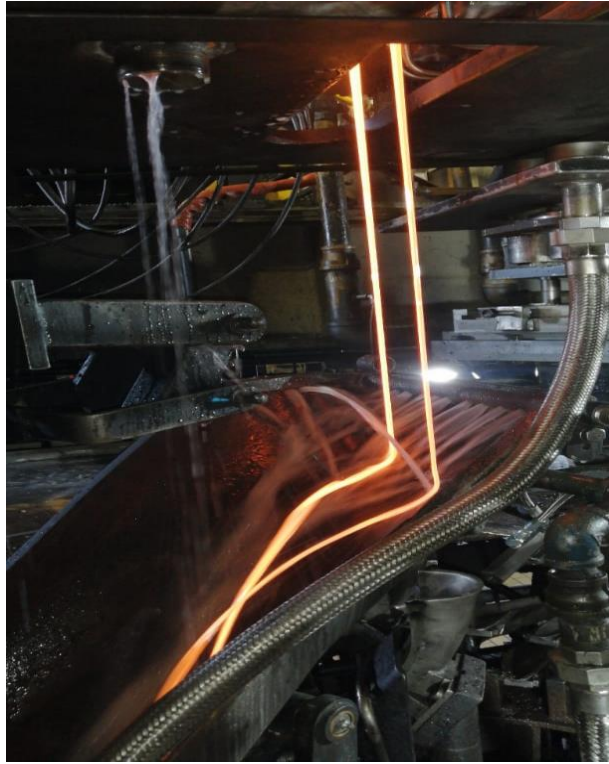
Para el proceso de enfriamiento de este sistema, se cuenta con unos aspersores, los cuales dosifican una mezcla de agua de ósmosis con un aceite de origen vegetal llamado KLEENKUT, lo cual tiene como finalidad lubricar la tijera y no permitir que estas adquieran altas temperaturas por el contacto que se tiene al momento de crear la gota de vidrio fundido.

**Imagen No.14. Aspersores sistema de tijeras**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

**Imagen No.15. Línea de vidrio fundido**



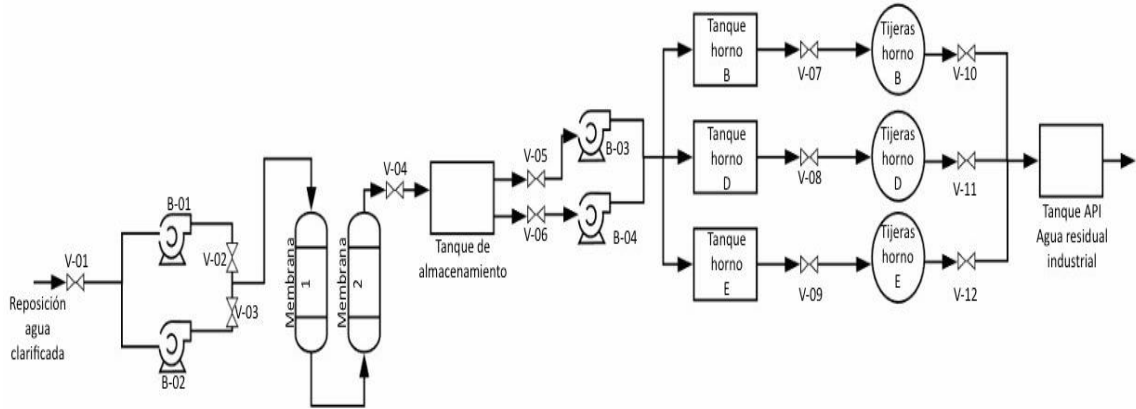
**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Cabe mencionar que el agua que se usa para este sistema es agua de ósmosis; teniendo en cuenta que se debe cumplir con unos parámetros de calidad, según lo exigido por la hoja de seguridad del *kleenkut*, con la finalidad de que la reacción de este aceite, con el agua, no presente inconveniente alguno. Cuando el agua no cumple con los requerimientos establecidos, la reacción genera unas natas, las cuales taponan los filtros del sistema, provocando que las tijeras no se refrigeren, ni se lubriquen y se paren las diferentes máquinas de los hornos. Es importante mencionar que toda el agua que se gasta en este sistema pasa directamente a ser agua residual industrial, ya que no se recircula.

A su vez en el diagrama No. 4, se muestra cómo sería el proceso de circulación del agua, por el sistema de enfriamiento de embudos y cucharas de la planta.



**Diagrama No. 4. Circulación del agua sistema de enfriamiento tijeras.**



**Fuente: Elaboración propia.**

**3.1.4.1 Aforo caudales de reposición del agua y agua residual industrial generada en el sistema de tijeras.** Adicionalmente se determina la cantidad de agua de reposición y el agua residual industrial que genera el sistema de tijeras, llevando a cabo 4 aforos para los dos tipos de agua, los cuales se promedian para obtener un único resultado.

**Tabla No. 8. Aforo caudal de reposición sistema de tijeras.**

Aforo No.	Caudal (L/min)
1	31,8
2	31,7
3	31,8
4	32
<b>Promedio</b>	<b>31,825</b>

**Fuente: Elaboración propia.**



**Tabla No. 9. Aforo caudal ARI sistema de tijeras.**

<b>Aforo No.</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
1	30
2	32
3	29
4	31
<b>Promedio</b>	<b>30,5</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

### **3.2 RESUMEN PARÁMETROS REQUERIDOS DE LOS SISTEMAS**

Tras llevar a cabo la descripción de los sistemas, a continuación, se presenta una tabla resumen de las condiciones más importantes que se manejan en cada uno de estos, como calidad del agua de reposición que se pueden manejar en cada uno y los respectivos caudales de purga y de reposición. Todos estos datos se encuentran consignados en la tabla No. 10 y la tabla No. 11, las cuales se presentan a continuación.

**Tabla No. 10. Tipo de agua que manejan los sistemas de enfriamiento.**

<b>SISTEMA</b>	<b>Clarificada</b>	<b>Suavizada</b>	<b>Ósmosis</b>	<b>Potable</b>	<b>R.C.I</b>
Cargadores	Aplica			Aplica	Aplica
Embudos y cucharas	Aplica			Aplica	Aplica
Instrumentos	Aplica	Aplica		Aplica	Aplica
Tijeras			Aplica		

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla No. 11. Calidad del agua según su tipo.**

Tipo de agua	pH	Dureza (ppm)	Conductividad (µs)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)
Clarificada	7,5-8,5	Max. 50	Max. 400	Max. 200	Max. 5
Suavizada	7,5-8,5	Max. 4.17	Max. 400	Max. 200	Max. 5
Ósmosis	7,5-8,5	Max. 2	Max. 15	Max. 7.5	Max. 2
Potable	6,6-7,2	300	Max. 1000	Max. 500	Max. 2
Red contra incendios	7,5-8,5	Max. 100	Max. 800	Max. 400	Max. 10

**Fuente: Elaboración propia.**

De la tabla anterior cabe mencionar que la calidad del agua clarificada, suavizada, ósmosis y red contra incendios se rige bajo el criterio de la empresa, mientras que la calidad del agua potable se rige bajo la resolución 2115 de 2007, para agua potable.

**Tabla No. 12. Caudal de reposición y purga que manejan los sistemas de enfriamiento.**

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Reposición de agua (L/min)	Generación de ARI (L/min)
Sistema de cargadores	18,03	15,5
Sistema de embudos y cucharas	17,43	13,9
Sistema de instrumentos	10,11	4,2
Sistema de tijeras	31,82	30,5

**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN DEL PROCESO

Al momento de diagnosticar el proceso donde se reutilizará el agua de purga, se hizo uso de una matriz de priorización<sup>28</sup> que tiene en cuenta 2 aspectos importantes como el consumo y la generación de aguas residuales industriales (Ver tabla No. 13); los cuales permiten elegir la mejor opción, mediante el proceso que tenga la calificación más alta. El juicio valorativo de cada criterio se asignó en un rango de 1 a 5, para el consumo o generación de agua, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto, para cada criterio.

<sup>28</sup> BETANCOURT, Diego. *Cómo hacer una matriz de priorización*. [En línea]. 24 de noviembre de 2018. [Citado 08 de septiembre de 2020]. Disponible en: ([www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion](http://www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion)).

**Tabla No. 13. Matriz de selección del sistema de enfriamiento.**

<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	<b>CONSUMO DE AGUA</b>	<b>GENERACION DE ARI</b>	<b>TOTAL</b>
Sistema de cargadores	4	4	8
Sistema de embudos y cucharas	3	3	6
Sistema de instrumentos	2	1	3
Sistema de tijeras	5	5	10

**Fuente: Elaboración propia.**

De la tabla anterior se puede concluir, que el sistema que obtiene la mayor puntuación es el de tijeras y esto debido al alto consumo y generación de aguas residuales industriales que el mismo presenta. Teniendo en cuenta lo anterior, la propuesta para la reutilización de las aguas residuales provenientes de las torres de enfriamiento de la planta se hará basada en este proceso en específico.

### **3.4 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO**

El diagnóstico del proceso para el cual se realiza la propuesta de reutilización de las aguas de purga se encuentra enfocado en aquel sistema de enfriamiento que presente el mayor consumo de agua en la planta; adicional a esto, al representar un alto consumo, acarrea consigo que sea el sistema que mayor generación de agua residual industrial presenta.

Teniendo en cuenta lo anterior, el primer sistema que se descarta para reutilizar las aguas de purga es el sistema de instrumentos, ya que como se indicaba en la sección 3.1.3, es el sistema en el que los parámetros fisicoquímicos se logran mantener y el que menos consumo de agua representa en los diferentes procesos de la planta.

Verificando los otros sistemas (sección 3.1), de manera cualitativa (ver imagen 7, 8 y 9) se puede observar que los equipos requeridos para refrigerar los embudos y cucharas son más pequeños que los utilizados en el sistema de cargadores. Por lo que, para este caso, el sistema de embudos y cucharas presenta menor consumo que cargadores y a su vez tiene un retorno a la torre de enfriamiento, lo cual hace que el agua se recircule dentro del sistema.

Realizando la comparación entre los sistemas restantes (cargadores y tijeras), se encuentra que mientras el proceso de cargadores presenta un retorno a la torre de enfriamiento, el agua que se gasta en el proceso de corte de las tijeras automáticamente se convierte en aguas residuales industriales, en su totalidad. Es por esto, que el sistema para el cual se realiza la propuesta de la reutilización de las purgas de las torres de enfriamiento de la planta es el de agua de tijeras.

A este sistema se envía agua clarificada, que posteriormente pasa por una ósmosis reversa para obtener parámetros de calidad del agua específicos, que se requieren para el proceso. Cuenta con un tanque de 5000L, del cual sale agua de ósmosis con ayuda de una bomba, hacía tres tanques (uno para cada sistema; horno B, D y E) con agitación continua (ver imagen No. 16). Aquí se adiciona *Kleenkut* el cual es un aceite vegetal para el tema de la lubricación de las tijeras y *Exro 435* el cual es un producto de tratamiento químico para combatir el tema microbiológico y acondicionamiento de pH en el agua.

**Imagen No.16. Tanque con agitación continua sistema tijeras horno E.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Cada tanque cuenta con un sensor de nivel, bomba dosificadora del aceite vegetal, bomba dosificadora Exro 435, agitador, termocupla y sus respectivas entradas de reposición de agua.

Es importante tener en cuenta que, debido a la importancia de este sistema, se cuenta con diferentes reposiciones; como entrada de agua suavizada o agua potable en caso de emergencia (ver imagen No. 17).

**Imagen No.17. Sistema de reposiciones tanques de tijeras Horno B, D y E.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Las condiciones del agua que se requieren para este sistema se describen a continuación (tabla No. 14) y se obtienen de la ficha de seguridad del *Kleenkut* (ver anexo No. 3):

**Tabla No. 14. Parámetros fisicoquímicos requeridos en el agua sistema de Tijeras.**

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Dureza	<35	Ppm
Conductividad	<300	$\mu$ S
STD	<150	Ppm
pH	7,-8,5	/
Temperatura	5-40	$^{\circ}$ C

**Fuente: Elaboración propia.**

Teniendo la mezcla lista, el sistema cuenta con unas bombas que envían el agua por una tubería (ver imagen No. 18), compuesta por un sistema de filtros a su salida, hasta llegar a los aspersores que rocían directamente la mezcla, cuando la tijera realiza el corte de la gota.

**Imagen No.18. Sistema de salida de la mezcla para el sistema de T. horno E.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Posterior a que el agua es utilizada en el proceso, esta se canaliza y va directamente a los tanques API, donde se almacena y mediante bombas es enviada al sistema de filtración de aguas residuales industriales. Aquí sufren el respectivo proceso de filtración, para posteriormente pasar a los puntos de vertimiento de la planta.

## 4. VALIDACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE TRATAMIENTO

Con el diagnóstico del proceso para el cual se van a reutilizar las aguas de purga de las torres de enfriamiento, se pueden poner a prueba cada una de las técnicas de tratamiento mencionadas en las secciones anteriores (ver sección No. 2.4); verificando así, con cuál de estas se puede llegar a obtener la calidad del agua que el sistema de tijeras de la planta requiere.

### 4.1 METODOLOGÍA DE LAS TÉCNICAS

A continuación, se relaciona en la tabla No. 15, las metodologías utilizadas, en la validación de cada una de las técnicas propuestas, para el tratamiento de las aguas de purga. Cada una de estas se encuentran en detalle en el anexo No. 2.

**Tabla No. 15. Metodologías técnicas de tratamiento.**

<b>Metodología</b>	<b>Equipo experimental</b>
Técnica (A) Clarificación	Test de jarras
Técnica (B) Suavización	Banco de prueba suavizado
Técnica (C) Osmosis reversa	Banco de prueba Osmosis
Técnica (BC) Compuesta	Bancos de prueba técnica B-C

**Fuente: Elaboración propia.**

### 4.2 VALIDACIÓN

**4.2.1 Validación técnica A: clarificación.** Para el caso de la técnica A, se realizan varias pruebas de jarras (ver imagen No. 19), utilizando la mezcla del agua de purga de las torres de enfriamiento; buscando de esta manera encontrar la dosis adecuada de polímero y floculante, que desestabilicen la carga iónica de la misma y que hagan precipitar los flóculos que se formen, en el menor tiempo posible.

**Imagen No.19. Test de jarras validación técnica A.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

**4.2.1.1 Caracterización del agua previa a la clarificación.** A continuación, en la tabla se puede observar la caracterización que se realizó, para el agua de purga de las torres de enfriamiento de la planta, antes de ser utilizada en los experimentales de la técnica A.

**Tabla No. 16. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previa a la técnica A.**

<b>Tabla de resultados</b>				
<b>pH</b>	<b>Dureza (ppm)</b>	<b>Conductividad (<math>\mu</math>s)</b>	<b>STD (mg/L)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
8,0	95,84	637,0	318,5	3,84

**Fuente: Elaboración propia.**



**4.2.1.2 Análisis resultados técnica A.** Se realizan 10 pruebas de jarras en las cuales se varia la dosis de coagulante y 3 pruebas donde se varía el floculante para la dosis adecuada del primero, obteniéndose los resultados que se encuentran consignados en la tabla No. 17 y tabla No. 18, respectivamente.

**Tabla No. 17. Variables críticas técnica A, adición coagulante.**

Jarra No.	Dosis coagulante (ppm)	Resultados técnica A				
		pH	Dureza (ppm)	Conductividad (µs)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)
1	10	7,9	95,84	637,4	318,7	3,80
2	20	7,8	95,84	336,5	168,25	3,72
3	30	7,8	95,84	336,9	168,45	3,29
4	40	7,7	10,0	635,6	317,8	2,57
5	50	7,6	95,84	632,8	316,4	1,37
6	60	7,6	95,84	633,4	316,7	2,91
7	70	7,4	95,84	633,8	316,9	2,89
8	80	7,4	10,0	634,2	317,1	3,72
9	90	7,3	95,84	335,3	317,65	3,99
10	100	7,3	95,84	334,6	317,3	4,0

**Fuente: Elaboración propia.**

Se puede observar que para los resultados de las jarras de la 1 a la 4, no hay una buena desestabilización de las partículas, esto de acuerdo con los resultados de la turbidez que se está presentando para cada una de estas.

Por otra parte, se observa que a partir de la jarra No. 6 hasta la jarra No. 10, la turbidez aumenta; lo que indica que las dosis suministradas de coagulante no son las adecuadas.

En la imagen No. 20 se muestra el resultado de la jarra No. 5 con una dosis de coagulante de 50 ppm, sin floculante.

**Imagen No.20. Resultado jarra con 50 ppm de coagulante, sin floculante.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Se observa para la jarra No. 5 que hay desestabilización iónica, pero es necesario utilizar floculante, para que los flóculos que se formaron, se aglomeren, ganen peso y precipiten. Debido a lo anterior se toma la decisión de realizar nuevamente test de jarras, manteniendo la dosis de coagulante, pero variando la dosis de floculante obtenido los resultados que se muestran en la tabla No. 18.

**Tabla No. 18. Variables críticas técnica A, adición floculante con 50 ppm de coagulante.**

Dosis floculante (ppm)	Resultados técnica A				
	pH	Dureza (ppm)	Conductividad ( $\mu$ s)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)
1	7,6	95,84	633,5	316,8	0,32
2	7,5	100,0	632,6	316,3	0,23
3	7,6	95,84	631,8	315,9	0,19

**Fuente: Elaboración propia.**

En la imagen No. 21 se muestra con más detalle la jarra donde se dosificaron las 50 ppm de coagulante y las 3 ppm de floculante.

**Imagen No.21. Resultado jarra con la dosis seleccionada para la técnica A, 50 ppm de coagulante y 3 ppm de floculante.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

Sin embargo, los resultados en cuanto a los parámetros fisicoquímicos para el sistema que se quiere reutilizar el agua de purga no cumplen con lo requerido; esto debido a que la técnica de clarificación únicamente retira la cantidad de sólidos suspendidos que se encuentran dentro de la misma, pero no se presenta una disminución o tratamiento para manejar otros parámetros críticos como la dureza, entre otros.

**4.2.2 Validación técnica B: suavizado.** Para esta técnica de tratamiento (técnica B), la planta cuenta con un banco experimental de suavizado (Ver imagen No. 22), el cual fue utilizado para tratar el agua de purga de las torres de enfriamiento y de esta manera obtener unos resultados, con la caracterización del agua final.

**Imagen No.22. Banco de prueba tren de suavizado.**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

**4.2.2.1 Caracterización del agua previa al suavizado.** A continuación, en la tabla se puede observar la caracterización que se realizó, para el agua de purga de las torres de enfriamiento de la planta, antes de ser utilizada en los experimentales de la técnica B.

**Tabla No. 19. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previo a la técnica B.**

<b>Tabla de resultados</b>					
<b>Lote</b>	<b>pH</b>	<b>Dureza (ppm)</b>	<b>Conductividad (<math>\mu</math>s)</b>	<b>STD (mg/L)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
1	7,5	70,8	642,6	321,3	3,47
2	7,2	91,67	536,4	268,2	3,54
3	7,0	62,50	396,5	198,3	4,02

**Fuente: Elaboración propia.**

**4.2.2.2 Análisis resultados técnica B.** Haciendo uso del banco de suavizado experimental, se procesaron 3 lotes, cada uno de 2000 L de agua de purga de las torres, de donde se sacaron las 3 caracterizaciones de las variables críticas, que se muestran en la tabla No. 20), con la finalidad de conocer si la calidad del agua, después de haber pasado por dicho tren de filtración cumple para que esta pueda ser reutilizada en el sistema de tijeras de la planta.

**Tabla No. 20. Variables críticas técnica B (Suavizado).**

Muestra	Turbidez (NTU)	pH	TDS (mg/L)	Conductividad (µs)	Dureza (ppm)
1	0,36	7,1	81	150,3	0,72
2	0,25	7	65,5	133,1	0,82
3	0,22	6,8	56,8	126,1	0,91

**Fuente: Elaboración propia.**

De acuerdo con los datos obtenidos, cabe mencionar que esta técnica muestra resultados positivos para las variables críticas como: STD, conductividad, turbidez y dureza. Comparando la caracterización de agua cruda (ver tabla No. 19), con la del agua tratada por esta técnica, se observa que, en cuanto a la variable de pH, no se presenta un cambio significativo.

Esta agua puede ser utilizada para alimentar el sistema de enfriamiento de tijeras de planta, sin embargo, la conductividad la cual es un parámetro crítico se encuentra muy cerca al límite máximo superior permitido; esto según la hoja de seguridad del *Kleenkut* (ver anexo No. 3) con el que va a reaccionar esta agua. Por otra parte, al *Kleenkut* al ser un aceite vegetal, y el agua tener un pH neutro, hace que se presenten condiciones óptimas para la proliferación de microorganismos, lo cual sería un inconveniente grave, teniendo en cuenta que se pueden crear biopelículas en los tanques de agitación y tapar los sistemas de filtración; lo que no permitiría el flujo de agua por el sistema y de esta manera la parada total de las máquinas.

**4.2.3 Validación técnica C: Ósmosis.** Para la validación de esta técnica la planta cuenta con un banco experimental (ver imagen No. 23), el cual consta de 5 membranas, por donde se pasa el agua proveniente de las purgas de las torres de enfriamiento. Dicha agua se puede almacenar en un tanque de 2000 L, donde posteriormente se pueden mandar los lotes de agua a tratar, pasando por la ósmosis y terminando así en un tanque del mismo tamaño.

**Imagen No.23. Banco experimental ósmosis inversa**



**Fuente: Imagen tomada por los autores.**

**4.2.3.1 Caracterización del agua previa a la ósmosis.** A continuación, en la tabla No. 21, se puede observar la caracterización que se realizó, para el agua de purga de las torres de enfriamiento de la planta, antes de ser utilizada en la validación de la técnica C.

**Tabla No. 21. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previa a la técnica C.**

Tabla de resultados					
Lote	pH	Dureza (ppm)	Conductividad ( $\mu$ s)	STD (mg/L)	Turbidez (NTU)
1	8,6	104,18	856,4	428,2	5,6
2	7,2	66,7	524,6	262,3	3,31
3	7,0	63,50	396,5	198,3	4,02

**Fuente: Elaboración propia.**

**4.2.3.2 Análisis resultados técnica C.** Para obtener los datos que se presentan en la tabla No. 22, se procesan 3 lotes de 2000L en diferentes días.

**Tabla No. 22. Variables críticas técnica C (Ósmosis).**

Muestra	pH	Dureza (ppm)	Conductividad (µs)	TDS (mg/L)	Turbidez (NTU)
1	6,9	1,09	13,20	6,6	0,33
2	6,5	1,38	10,30	5,15	0,18
3	6,5	1,05	8,00	4	0,22

**Fuente: Elaboración propia.**

De acuerdo con los datos mostrados anteriormente, se observa que el comportamiento de las variables críticas es estable, lo cual se atribuye al micraje que presentan las membranas. A su vez cabe recalcar que debido a las características que presenta el agua de purga de los sistemas de enfriamiento (ver sección No. 2.2) estas membranas se saturan rápido, por lo que es posible que los resultados de otras corridas aumenten en cierto modo.

Los resultados de esta técnica indican que el agua cumple con los parámetros para su reutilización como agua de enfriamiento para el sistema de tijeras; sin embargo, es importante mencionar que el permeado debe mantenerse sobre los 22,71 litros por minuto, para lograr alimentar el requerimiento de agua del sistema. Al terminar de pasar los baches experimentales se observa que el permeado disminuye, lo que se atribuye a una obstrucción de las membranas debido a la cantidad de sólidos totales disueltos y a la dureza cálcica y magnésica, que se presentan en el agua de purga.

**4.2.4 Validación técnica compuesta: BC.** Para la validación de esta técnica se realizaron 3 corridas en el banco de prueba y a cada uno de los lotes de agua obtenidos se le realizó su respectiva caracterización. Primero se pasó por el banco de suavizado y posteriormente el lote resultante de agua, se pasó por el sistema de prueba de ósmosis.

Lo que se busca pasando el agua por un pretratamiento, antes de que esta ingrese a la ósmosis, es retener la mayor cantidad de TDS y retirar la dureza cálcica y magnésica en su mayoría, para que las membranas no se saturen tan rápido; logrando que la cantidad de permeado se mantenga en el tiempo y no sea necesario realizar un lavado químico tan frecuente.

**4.2.4.1 Caracterización del agua previa a la técnica compuesta.** A continuación, en la tabla No. 23, se puede observar la caracterización que se realizó, para el agua de purga de las torres de enfriamiento de la planta, antes de ser utilizada en los experimentales de la técnica BC.

**Tabla No. 23. Caracterización agua de purga torres de enfriamiento previa a la técnica BC.**

<b>Tabla de resultados</b>					
<b>Lote</b>	<b>pH</b>	<b>Dureza (ppm)</b>	<b>Conductividad (µs)</b>	<b>STD (mg/L)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
1	7,9	108,3	728,2	364,1	5,1
2	7,7	79,4	427,9	219,0	3,31
3	8,2	58,3	386,4	193,2	2,96

**Fuente: Elaboración propia.**

**4.2.4.2 Análisis resultados técnica BC.** En la experimentación con esta técnica compuesta, se obtienen los resultados que se ven en la tabla No. 24, a continuación:

**Tabla No. 24. Variables críticas técnica compuesta BC.**

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Dureza (ppm)</b>	<b>Conductividad (µs)</b>	<b>TDS (mg/L)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
1	6,50	1,38	13,20	6,6	0,18
2	6,40	1,05	8,00	4	0,16
3	6,80	1,01	9,60	4,8	0,18

**Fuente: Elaboración propia.**

De la tabla anterior, se observa que además de que las variables críticas cumplen con lo requerido por el sistema de enfriamiento de tijeras (ver tabla No. 14), los resultados presentan valores similares en cada una de las caracterizaciones del agua que se obtienen con esta técnica. Sumado a lo anteriormente descrito, el que los datos presenten un comportamiento casi lineal manteniéndose en el tiempo, se puede inferir que es debido al pretratamiento que se le hace al agua, con el tren de suavización, antes de que esta ingrese a sistema de osmosis.



### 4.3 MATRIZ DE SELECCIÓN

Para la selección de la técnica de tratamiento de agua adecuado, se hizo uso de una matriz, que tiene en cuenta el análisis de los resultados de las variables críticas para el sistema de tijeras de la planta; lo cual permite escoger la mejor opción, mediante la técnica que presente el resultado más alto.

El juicio valorativo para cada variable crítica se asignó en un rango de 1 a 5, indicando el grado de efectividad de la técnica para cada una de las variables críticas; siendo 1 un bajo resultado y 5 el mejor resultado, de cada una de estas.

**Tabla No. 25. Matriz de selección técnica de tratamiento.**

TECNICAS	VARIABLES					TOTAL
	Conductividad	STD	Turbidez	pH	Dureza	
CLARIFICACIÓN	1	1	4	3	1	10
SUAVIZADO	3	3	3	4	4	17
ÓSMOSIS	4	4	5	5	5	23
COMPUESTA	5	5	5	5	5	25

**Fuente: Elaboración propia.**

De lo anterior se puede concluir que el tratamiento más adecuado es la técnica compuesta de suavizado-ósmosis, ya que con esta se obtienen los mejores resultados para reutilizar el agua en el sistema de tijeras. Por otra parte, aunque el agua tratada con la ósmosis presenta resultados válidos para este sistema, las membranas de la misma se tapan muy rápido, debido a la alta cantidad de dureza y STD (ver sección No. 2.2) que puede presentar el agua de purga de las torres de enfriamiento.

Al escoger la técnica compuesta, se habla de que esta es la más apropiada para el sistema de enfriamiento de tijeras, según sus requerimientos; pero no quiere decir que los otros análisis de resultados para las otras técnicas sean del todo desfavorables, pues como se ha venido mencionando en el desarrollo de este proyecto, no todos los sistemas se reponen con el mismo tipo de agua y esto debido a las características que se tienen en los procesos.

Es importante traer a mención que, aunque la empresa cuente con los diferentes equipos para sus tratamientos, el diseño de estos es exclusivo para cada sistema, por lo que, si se quisiera implementar alguno de estos en otro proceso, el diseño no tendría la capacidad para tratar las cantidades de agua que se requieren.

Las caracterizaciones que se realizaron previas a los tratamientos no cumplían con los requerimientos fisicoquímicos por parte de la empresa para algunos procesos y

esto se debe a que, en la mayoría de los casos, los sistemas se reponen con agua de emergencia; la cual no tiene ningún tratamiento previo.

## **5. PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE COSTOS**

Para el desarrollo de este objetivo se tiene en cuenta la propuesta por parte de los autores y los costos que esta acarrea para la planta. A su vez cabe mencionar que O-I Peldar Zipaquirá, cuenta con la mayoría de los equipos según la técnica de tratamiento seleccionada, para el tratamiento de las aguas de purga de las torres de enfriamiento, por lo que no se tienen en cuenta en el análisis de costos de la propuesta.

### **5.1 PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS DE PURGA**

Para la propuesta se tienen en cuenta cada uno de los resultados y los análisis obtenidos en la sección No. 4, además de la matriz de selección tabla No. 25; donde por el valor ponderado se decide trabajar con la técnica compuesta B-C.

Cabe mencionar que, de las torres de enfriamiento, se pueden obtener 33.6 L/min de agua para reutilizar en el sistema de tijeras, por lo que es necesario contar con un tanque de almacenamiento; donde llegará el agua mezclada de los 6 sistemas de enfriamiento. Para tal fin, las torres deben contar con una tubería de purga que se encuentre interconectada mediante una línea que llegue directamente al área de almacenamiento inicial.

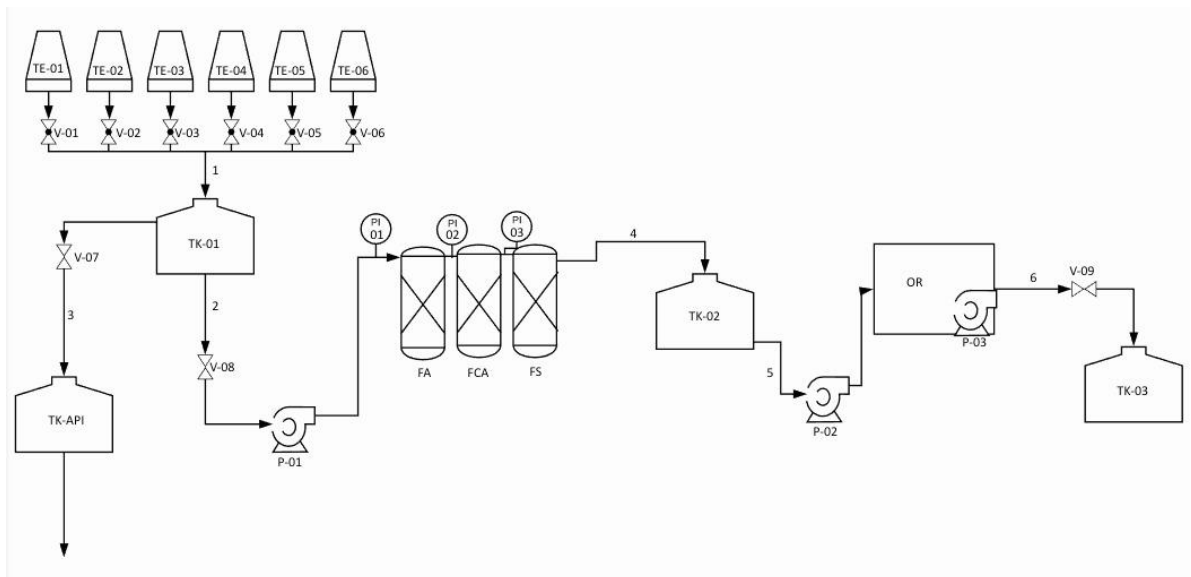
El tanque No. 1 debe contar con dos líneas principales; una primera línea (corriente No. 1) que sea la salida de agua hacia el pretratamiento con el suavizador y la segunda (corriente No. 2), la que conducirá el rebose hacia los API, dado el caso que se llegue a la capacidad total del tanque. Por otra parte, este debe contar con una purga para su respectivo mantenimiento. La primera línea, contará con una bomba (bomba No. 1) que conducirá el flujo hasta el tren de ablandamiento, pasando de esta manera por los diferentes filtros; lecho filtrante de arena, carbón y el de resina, donde se da el proceso de intercambio iónico. El agua suavizada será conducida por la corriente No. 3, hasta llegar a un tanque de almacenamiento; el cual debe contar con un sensor de nivel (sensor No.1) quien hará entrar en funcionamiento la bomba No.1, cada vez que se requiera un bache de agua previamente tratada.

El sistema de ósmosis debe contar dos bombas, la bomba No. 2 que será la encargada de sacar el flujo del tanque No. 2, por la corriente No. 4, hasta llevar el agua a una zona de microfiltración; y una bomba No. 3, la encargada de sacar el agua de dicha zona, para inyectarla en las membranas de este sistema. En esta parte del proceso se propone que la lámpara UV, se encuentre antes de entrar a las membranas, con el fin de protegerlas microbiológicamente; por lo que esta puede estar ubicada previa al área de microfiltración o antes de que el flujo ingrese a las membranas.

Posteriormente, el agua tratada con la ósmosis saldrá por una corriente No. 5, hasta llegar a un tanque de almacenamiento (tanque No. 3), de donde se sacará el agua con una bomba No. 4 para alimentar los tres tanques del sistema de tijeras (uno para cada horno) de la planta O-I Peldar Zipaquirá.

En el diagrama No. 5, se observa cómo sería la distribución en campo de la propuesta, teniendo en cuenta la salida de la purga de las torres de enfriamiento, cada una de las corrientes, las bombas a utilizar, los tanques y los diferentes equipos para lograr la reutilización de dichas purgas.

**Diagrama No. 5. Distribución en planta de la propuesta.**



**Fuente: Elaboración propia.**

## 5.2 EVALUACIÓN DE COSTOS DE LA PROPUESTA

Al momento de reutilizar los 33,6 L/min que se obtienen de las purgas de las torres, es un caudal que deja de convertirse en aguas residuales industriales y por lo tanto no van a parar en los vertimientos de la planta; Peldar Zipaquirá actualmente paga alrededor de los \$1,052 COP por cada L de ARI que se vierte en el año en el río Barandillas. Teniendo en cuenta esta información, al reutilizar estos 33.6 L/min en el tiempo estimado de un año se tiene que en total se reutilizarán 17418240 L/año.

A su vez esta sección comprende aquellos costos que son necesarios para poder reutilizar las aguas de purga en el sistema de enfriamiento de tijeras, esto considerando la propuesta realizada en la sección No. 5.1, donde se hace uso de la técnica compuesta para tratar las aguas de purga. Como la técnica es compuesta se debe contar con un tren de suavizado y una ósmosis, que tengan la capacidad

de procesar los 33,6 L de agua a aprovechar; a continuación, se describen las dimensiones de los equipos y los valores de los fungibles, para suplir únicamente el requerimiento del sistema de suavizado, pues la osmosis que opera actualmente en planta serviría para ser utilizada en la línea de esta propuesta.

**Tabla No. 26. Tren de suavizado, especificaciones y costos.**

<b>Equipos para la propuesta</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Valor (COP)</b>
Filtro de arena	21" * 62"	1.650.000
Filtro de carbón activado	21" * 62"	1.650.000
Filtro de resina	21" * 62"	1.650.000
Cilindro para salmuera	36 Gl	350.000
<b>COSTO TOTAL (COP) \$ 5.300.000</b>		

**Fuente: Elaboración propia.**

De acuerdo con la Tabla No. 26 y con las especificaciones de los equipos se sabe que estos deben contar con las siguientes proporciones de materias primas:

**Ecuación No. 1. Masa de arena necesarios en la propuesta.**

$$kg\ arena_{Total} = kg\ arena\ filtro\ de\ arena$$

$$kg\ arena_{Total} = 100\ kg$$

**Fuente: Elaboración propia.**

**Ecuación No. 2. Masa de grava necesarios en la propuesta.**

$$kg\ grava_{Total} = kg\ grava\ filtro\ de\ arena + kg\ grava\ filtro\ de\ carbón\ activado$$

$$kg\ grava_{Total} = 50\ kg + 50\ kg$$

$$kg\ grava_{Total} = 100\ kg$$

**Fuente: Elaboración propia.**

**Ecuación No. 3. Masa de carbón activado necesarios en la propuesta.**

$$\begin{aligned} kg \text{ carbón activado}_{Total} &= kg \text{ carbón activado filtro de carbón activado} \\ kg \text{ carbón activado}_{Total} &= 100 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Fuente: Elaboración propia.**

**Ecuación No. 4 Volumen de resina necesarios en la propuesta.**

$$\begin{aligned} L \text{ resina}_{Total} &= L \text{ resina filtro de resina} \\ L \text{ resina}_{Total} &= 200 \text{ L} \end{aligned}$$

**Fuente: Elaboración propia.**

Teniendo en cuenta la información anterior, se procede a realizar la tabulación (ver tabla No. 27) de esta, donde a su vez se indican los respectivos costos por unidad y costos totales para cada materia prima a utilizar en el tren de suavizado.

**Tabla No. 27. Costos materias primas.**

<b>FUNGIBLES</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo x unidad</b>	<b>Costo Total</b>
Arena	Kg	100	\$360	\$36.000
Grava	Kg	100	\$360	\$36.000
Carbón activado	Kg	100	\$10.100	\$1.010.000
Resina	L	200	\$10.670	\$2.134.000
<b>TOTAL (COP)</b>				<b>\$3.216.000</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

Por otra parte, en la siguiente tabla se tienen las características y costos de los accesorios e instrumentos con los que se deben contar para realizar retro lavados y monitorear las variables del sistema.

**Tabla No. 28. Válvulas, especificación y costo.**

<b>Válvulas</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Valor unitario (COP)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor total</b>
Válvula de bola	1"	14.200	6	85.200
Válvula inteligente	NA	1.600.000	3	4.800.000
<b>COSTO TOTAL (COP)</b>				<b>\$4.885.200</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla No. 29. Instrumentos, especificaciones y costos.**

<b>Instrumentos para la propuesta</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Valor (COP)</b>
Manómetro entrada pretratamiento	0-300 PSI	52.300
Manómetro salida filtro de arena	0-60 PSI	40.460
Manómetro salida filtro carbón act.	0-60 PSI	40.460
<b>COSTO TOTAL (COP)</b>		<b>\$133.220</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

Por otra parte, es necesario considerar aquellos costos por la operación de los equipos, los cuales se relacionan en la tabla No. 30. Teniendo en cuenta que la mano de obra incluye la tubería necesaria para poner en marcha la propuesta del presente proyecto, además de la instalación del tren de filtración y el mantenimiento del mismo, para el primer año.

**Tabla No. 30. Costos de operación de los equipos.**

<b>Costos de operación de la propuesta</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Valor (COP)</b>
Instalación y mano de obra	786.000
Mantenimiento	972.000
<b>COSTO TOTAL (COP)</b>	<b>\$1'758.888</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

A continuación (ver tabla No. 31), se hace una relación total de los costos para llevar a cabo la propuesta de la reutilización de la purga de las torres de enfriamiento en el sistema de tijeras de la planta.

**Tabla No. 31. Gastos para la implementación de la propuesta.**

<b>ITEM</b>	<b>Gastos (COP)</b>
Equipos	\$ 5.300.000
Materias primas	\$3.216.000
Válvulas	\$4.885.200
Instrumentos	\$133.220
Mano de obra y mantenimiento	\$1.758.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$15.292.420</b>

**Fuente: Elaboración propia.**



## 6. CONCLUSIONES

1. Aunque O-I Peldar tenga en planta algunos de los equipos para las diferentes técnicas de tratamiento planteadas, estos cuentan con el diseño exclusivo para sus procesos en específico, mas no para abastecer la totalidad del caudal de agua que se requiere en todos los sistemas de enfriamiento; a lo que se debe que en algunos casos se reponga con tipos de agua que no son adecuados para los mismos y los parámetros se eleven por encima de los límites permisibles.
2. Los tratamientos con los cuales se obtuvieron los mejores resultados de los parámetros fisicoquímicos, para el agua a utilizar en el sistema de enfriamiento de tijeras, fueron con la técnica C (Ósmosis del agua) y la técnica compuesta (suavizado-ósmosis del agua); sin embargo, la propuesta se plantea con la técnica compuesta, ya que es necesario realizar un tratamiento previo al agua de purga proveniente de las torres, antes de ingresarla a la unidad de osmosis. Todo esto con la finalidad de que las membranas no se saturen tan rápido y se puedan generar problemas operacionales e incurrir en costos operativos.
3. El agua que se obtiene de la técnica B (suavizado) y C (Ósmosis del agua), funciona para ser reutilizada en otros sistemas de enfriamiento de la planta que se mencionan en la presente propuesta; esto según el análisis de los resultados, donde se obtienen parámetros fisicoquímicos promedio de conductividad (136,5 y 10,5  $\mu\text{s}$ ), de turbidez (0,28 y 0,24 NTU) y de pH (7,0 y 6,6), respectivamente.
4. De acuerdo con el capítulo financiero, la propuesta planteada por los autores del proyecto tiene un costo total de \$15.292.420 COP, el cual es un bajo costo, si se tiene en cuenta que para la técnica planteada se puede hacer uso de la osmosis reversa, que se tiene en línea para el sistema de enfriamiento de tijeras.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Verificar en planta otros sistemas en los cuales se puedan reutilizar las aguas de purga, teniendo en cuenta aquellos parámetros fisicoquímicos que sean críticos, para cada uno de estos.
2. Analizar si el programa químico que se tiene diseñado en planta para los sistemas de enfriamiento es el correcto o si se puede mejorar.
3. Validar qué otras técnicas de tratamiento se pueden utilizar para hacer un reúso del agua de purga, según la caracterización que se presenta en este proyecto.
4. Realizar un estudio técnico para la implementación de un tren de suavizado en la línea de agua clarificada que va para los sistemas de enfriamiento de la planta.

## BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la Purificación del agua. 3a ed. Bogotá: McGraw Hill, 2000. 72p.

ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN. Guía técnica de torres de refrigeración. Madrid. IDEA, 2007.

BETANCOURT, Diego. *Cómo hacer una matriz de priorización*. [En línea]. 24 de noviembre de 2018. [Citado 08 de septiembre de 2020]. Disponible en: ([www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion](http://www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion)).

CAN-CHULIM, Álvaro., *et al.* Calidad del agua para riego en la Sierra Norte de Puebla, México. En: Tecnología y ciencias del agua. Vol V., 5 ( Sept, 2014); Pág. 20.

CHASE, R., AQUILANO, N. & JACOBS, R. (2000). Administración de Producción y Operaciones. (8ª Ed.). Colombia: Editorial McGraw-Hill. 800p.

CHAVEZ GONZALEZ, Fabian Fernando. Diseño teórico y selección general de torres de enfriamiento de tiro mecánico. Santiago de Cali, 1995, 681p. Trabajo para optar al título de ingeniero mecánico. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. Facultad de ingenierías.

COLOMBIA, MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución número 2115. (22, junio, 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. Bogotá, D.C., 2007. p. 1-23.

DUARTE, Valentín del Olmo. Diseño y simulación de torres de refrigeración húmedas. Leganés, 2013, 289p. Proyecto final de carrera. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos.

FERNÁNDEZ CIRELLI, Alicia. "El agua: un recurso esencial". {En línea}. {11 de diciembre de 2012}. Disponible en: (<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>).

FRANCO, Leyton., *et al.* Guía metodológica para la priorización de proyectos: Un enfoque aplicado a la infraestructura, la logística y la conectividad. Santiago de Cali, 2012. 82p.

GALEANO GALÁN, Oriana. Diseño y modelamiento en Solidworks® de un mecanismo mecánico para el cambio de cargadores en el horno de la planta Specialities de O-I PELDAR® en Soacha. Bogotá, 2015, 111p. Trabajo para optar al título de ingeniera mecánica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Tecnología.

HERNANDEZ, Camelia Henríquez. Métodos automáticos de análisis para la determinación de parámetros de interés ambiental. Palma de mallorca- España, 2013, 252p. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Departamento de Química.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Calidad del agua. Muestreo. Directrices para el diseño de programas de muestreo. Bogotá-Colombia. ICONTEC, 1995. 26p (NTC-ISO 5667-1).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. Guía técnica de torres de refrigeración. Madrid. MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO, 2007.

JIMENO, Iván., OLMOS, Carlos. Estudio y cálculo para la selección de una torre de enfriamiento en la compañía colombiana de clinker s.a (colclinker). Cartagena, 1999, 134p. Trabajo para optar al título de ingeniero mecánico. Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería.

KEMMER, Frank., McCallion, John. Manual del agua, Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones Tomo I, 1° Ed., McGraw Hill, México, 1988.

KREITH, Frank y BOHN, Mark S. Principios de Transferencia de Calor. Trad. Rodolfo Navarro Salas. Sexta Edición. México: Thomson Learning, 2001. 695p. ISBN 970686063°.

LI, Jorge. Tratamiento del agua de sistemas de enfriamiento. En: Agroindustrial DANPER, Boletín 01. Enero 2017.

LÓPEZ NUÑES, Javier. Modelización numérica y validación experimental de los flujos de aire y agua en una torre de refrigeración. Cartagena, 2014, 88p. Trabajo para optar al título de ingeniero industrial. Universidad Politécnica de Cartagena. Facultad de Ingeniería.

LÓPEZ SARDI, Estela Mónica, *et al.* Calidad del agua domiciliaria. Experiencia de aprendizaje en el transcurso de un proyecto de investigación: aplicación del método científico. Buenos Aires, sf. p. 10. Trabajo de investigación. Universidad de Palermo. Facultad de ingeniería.

MENDOZA CABRERA, Jhon D., GALLARDO SEGURA, Arturo R. Diseño y construcción de un prototipo de torre de enfriamiento de tiro inducido a contraflujo. Guayaquil, 2016, 66p. Trabajo para optar al título de ingeniero industrial. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Facultad de Ingeniería.

MINGUITO GARCÍA, Alberto. Características de funcionamiento de torres de refrigeración híbridas. Leganés, 2015, 120p. Proyecto final de carrera. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Tecnologías Industriales.

MOR FERNÁNDEZ, Josep. "Problemática sanitaria y ambiental de las torres de refrigeración y condensadores evaporativos. Estudio y control de la legionelosis en L'Hospitalet de Llobregat". {En línea}. {12 de junio}. Disponible en: ([https://www.researchgate.net/publication/39071174\\_Problematika\\_sanitaria\\_y\\_ambiental\\_de\\_las\\_torres\\_de\\_refrigeracion\\_y\\_condensadores\\_evaporativosEstudio\\_y\\_control\\_de\\_la\\_legionelosis\\_en\\_L'Hospitalet\\_de\\_Llobregat](https://www.researchgate.net/publication/39071174_Problematika_sanitaria_y_ambiental_de_las_torres_de_refrigeracion_y_condensadores_evaporativosEstudio_y_control_de_la_legionelosis_en_L'Hospitalet_de_Llobregat)).

POPPER, Rafael. (2008) Foresight Concepts and Practice (the process, common methods and practices), Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento, Univesidad del Valle, Cali.

RICE, E.W., BAIRD, R.B. A.D. Eaton, Stanard Methods for the examination of water and wastewater, 23rd Ed., AWWA, E.U.A., 2017.

RODRÍGUEZ, A., LETÓN, P., ROSAL, R., DORADO, M., VILLAR, S., y SANZ, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid, España: Universidad de Alcála del Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME).

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999. 1232p.

RUSYDI, Ana. Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. En: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol 118. ( Enero, 2019); Pág. 7.

VILAR, José., GÓMEZ, Fraile., TEJERO, Miguel. Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad. FC Editorial. 1997. 166p.

ZUANE, John. Handbook of Drinking Water Quality, 2nd Ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 1997. 592p.

## **ANEXO No. 1.**

### **METODOLOGÍAS DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS**

Para la caracterización del agua de purga de los sistemas de enfriamiento de la planta, se utilizaron kits de la empresa Quimexcol, equipos multiparámetro y reactivos de HACH, además de equipos con electrodos de HANNA. En la siguiente sección, se describe la metodología utilizada para todos los análisis que se desarrollaron a lo largo del de este trabajo.

#### **2.1.1 Determinación dureza total bajo rango**

- 1- En el equipo HACH DR 900 seleccionar el programa Dureza Mg.
- 2- Llenar la probeta con 100 mL de agua a analizar, adicionar un mililitro de reactivo No. 1 y un mL de reactivo No. 2, agitar hasta homogeneizar.
- 3- Tener en cuenta que si la mezcla toma coloración oscura indica que hay presencia de dureza bajo rango, si por el contrario al adicionarse el reactivo No. 2 continua con color rojo intenso, indica la presencia de dureza alto rango.
- 4- Llenar 3 celdas (1), (2) Y (3) con 10 mL de agua de muestra a analizar
- 5- A la celda (1) se le adiciona una gota de reactivo No. 3 y se agita hasta homogeneizar
- 6- A la celda (2) se le adiciona una gota de reactivo No. 4 y se agita hasta homogeneizar
- 7- Se introduce el multiparámetro a la celda (1) y esta se destina como cero.
- 8- Presionar: ZERO, el cursor se moverá a la derecha mostrando en el display: 0.00 mg/L
- 9- Posterior a eso, ubicar la celda (2) en el instrumento cubriéndolo de la luz con la tapa
- 10- Al presionar READ se muestra en el display el resultado de Dureza magnésica (este resultado se debe tener en cuenta para la sumatoria final
- 11- Sin retirar la celda (2), se cambia el programa a dureza Ca y se toma esta muestra como cero.
- 12- Ubicar la celda (3) en el instrumento y cubrirlo con la tapa
- 13- Al presionar READ, se tendrá el resultado en mg/L para la dureza cálcica

14- Al sumar los resultados de dureza magnésica y cálcica se obtiene el valor total para la dureza bajo rango.

### **2.1.2 Determinación dureza alto rango**

1- Para este análisis es necesario contar con el kit de dureza alto rango de la empresa QUIMEXCOL

2- Tomar en una celda, 5 mL de la muestra a analizar y adicionar dos gotas del reactivo No. 1. Es necesario agitar para homogeneizar la mezcla.

3- Adicionar a la misma celda 2 gotas de reactivo No. 2 y verificar que la muestra vire a un color fucsia; si toma una coloración azul, es necesario utilizar la metodología descrita para dureza bajo rango.

4- Utilizar el reactivo No. 3, teniendo en cuenta la cantidad de gotas necesarias para que la muestra vire a color azul.

5- Multiplicar la cantidad de gotas utilizadas por un factor de 4.167. El resultado que se obtiene es la dureza total expresada en mg/L.

### **2.1.3 Determinación conductividad**

1- En el equipo HANNA seleccionar el programa de conductividad.

2- En un *beaker* adicionar aproximadamente 100 mL de agua a analizar e introducir el electrodo hasta la mirilla de nivel (es necesario tener en cuenta que el electrodo debe estar bien sumergido y sin presencia alguna de aire)

3- El electrodo comenzará a realizar la lectura de la conductividad hasta estabilizarse, lo cual se mostrará en el display del equipo

4- El resultado se muestra en unidades de  $\mu\text{S}$

### **2.1.4 Determinación pH**

1- En el equipo HANNA, oprimir en el display la palabra *MODE* y seleccionar el programa de pH.

2- En un *beaker*, tomar 100 mL de agua aproximadamente en introducir el electrodo.

3- El electrodo comenzara a tomar la medición de esta variable, hasta lograr estabilizarse.

4- Cuando en el display se muestre la palabra estable, ese será el resultado del valor de pH para la muestra.



### 2.1.5 Determinación STD

- 1- En el equipo HANNA, oprimir en el display la palabra *MODE* y seleccionar el programa de STD.
- 2- En un beaker adicionar aproximadamente 100 mL de agua a analizar e introducir el electrodo hasta la mirilla de nivel (es necesario tener en cuenta que el electrodo debe estar bien sumergido y sin presencia alguna de aire)
- 3- El electrodo comenzará a realizar la lectura de la conductividad hasta estabilizarse, lo cual se mostrará en el *display* del equipo
- 4- El resultado se muestra en unidades de mg/L de solidos totales disueltos.

### 2.1.6 Determinación turbidez

- 1- En el equipo HACH 2100Q, verificar que en el display se muestre la palabra ZERO.
- 2- En una celda de 10 mL, tomar una muestra de agua a analizar hasta el aforo de la misma.
- 3- Introducir la celda dentro del equipo, cerrar la tapa y oprimir la tecla READ
- 4- El resultado para este parámetro se obtendrá en NTU.

### 2.1.7 Determinación sílice bajo rango

- 1- En el equipo HACH DR900 seleccionar el programa Sílice RB.
- 2- Tomar 2 celdas (1) y (2), y adicionar 10 mL en cada una del agua que se va a analizar.
- 3- Adicionar a cada una de estas 15 gotas de reactivo No.1 y homogenizar. Dejando reaccionar este durante un periodo de tiempo de 4 minutos.
- 4- Pasado el tiempo de reacción, adicionar una papeleta de reactivo No. 2 a la cada una de las celdas.
- 5- Agitar y dar un tiempo de reacción de 2 min.
- 6- Adicionar a la celda (1) una papeleta de reactivo No.3 y homogenizar, dejando reaccionar este por un tiempo de 2 minutos.
- 7- Introducir al multiparámetro la celda (2), cubrir la luz con la tapa y oprimir en el display la palabra Zero, hasta que muestre: 0.00mg/SiO<sub>2</sub>
- 8- Posterior a esto sacar la celda (2) del equipo e introducir la celda (1), cubrir la luz con la tapa y oprimir READ.

- 9- Pasados unos segundos en el display se puede observar el resultado de SBR en mg/SiO<sub>2</sub>.

### **2.1.8 Determinación alcalinidad**

- 1- Contar con el kit de reactivos de QUIMEXCOL para la determinación de alcalinidad.

#### **2.1.8.1 Alcalinidad P**

- 1- En el *beaker* del kit tomar 5 mL de muestra a analizar y adicionar dos gotas del reactivo No 1. Tener en cuenta la coloración de la muestra, si esta se torna roja indicará que hay presencia de alcalinidad P; si por lo contrario la muestra no presenta un cambio, no hay presencia de alcalinidad P y se podrá continuar con la metodología para alcalinidad M.
- 2- Adicionar reactivo No. 2 agitando la muestra y contando la cantidad de gotas necesarias para que la muestra vire de rojo a incoloro.
- 3- Multiplicar el número de gotas gastadas por un factor de 14.706, obteniendo de esta manera los mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

#### **2.1.8.2 Alcalinidad M**

- 1- En el mismo *beaker* del kit y sobre la misma muestra de donde se determinó la alcalinidad P, adicionar 2 gotas del reactivo No. 3 y homogeneizar. La muestra se torna de una coloración verdosa.
- 2- Adicionar reactivo No. 2 agitando la muestra y contando la cantidad de gotas necesarias para que la muestra vire de verde a naranja.
- 3- Multiplicar el número de gotas gastadas por un factor de 14.706 y sumarle el valor obtenido para la alcalinidad P, hallando de esta manera los iones de alcalinidad M en mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

### **2.1.9 Determinación de Hierro**

- 1- En el equipo HACH DR 900, indicar el programa hierro *Ferover*.
- 2- Tomar 2 celdas (1) y (2) y llenar cada una con 10 mL de la muestra a analizar.
- 3- Tomar la celda (1), introducirla en el equipo cubriendo la luz con la tapa y oprimir en el *display* la palabra ZERO.

- 4- En la celda No. 2, adicionar una papeleta de reactivo No. 1, homogenizar y dejar reaccionar durante 3 minutos.
- 5- Pasado el tiempo de reacción es necesario ubicar la celda No. 2 dentro del equipo, cubriendo la luz con la tapa y oprimir en el *display* la palabra READ.
- 6- El resultado se mostrará en el *display*, indicando la cantidad de mg/L de Fe presente en la muestra.

## ANEXO No. 2.

### METODOLOGÍA TÉCNICAS DE TRATAMIENTO.

#### 4.1.1 Metodología clarificación

- 1- Tomar en un recipiente agua de purga de las torres de enfriamiento
- 2- Distribuir la muestra a volúmenes iguales en 4 *beakers* de 1 litro con ayuda de una probeta.
- 3- Preparar el equipo con el que cuenta el laboratorio para prueba de jarras, revisar que esté conectado a una fuente eléctrica y que todas las paletas estén limpias.
- 4- Numerar los *beakers* de 1 a 4, de tal manera que se pueda reconocer cual es cada uno.
- 5- Levantar las paletas del equipo a; ubicar cada uno de los *beakers* en el equipo de jarras, bajar las paletas y verificar que estas queden en el centro y no toquen las paredes del *beaker*.
- 6- Encender la luz con el *switch* y ajuste con el cronómetro del equipo el tiempo de agitación (entre 5 a 10 minutos)
- 7- Ajuste con la perilla de velocidad de agitación (aproximadamente en 200 rpm.)
- 8- Con una jeringa tomar 1 mL de coagulante y purgarla.
- 9- Dosificar las diferentes cantidades de coagulante a cada una de las jarras con ayuda de la jeringa
- 10- Anotar la concentración en ppm de coagulante suministrada a cada uno de los *beakers*.
- 11- Esperar 1 minuto y observar las jarras (*beakers*), para verificar la desestabilización de las cargas del agua (momento en el cual se comienzan a observar sólidos suspendidos, formados por acción del coagulante).
- 12- Disminuya la agitación a aproximadamente 40 rpm de lo contrario espere máximo otro minuto y disminuya la agitación.
- 13- Purgar una jeringa de 5 mL con floculante y adicionar una cantidad de floculante igual en cada uno de los *beakers* con ayuda de la jeringa.
- 14- Contabilizar 5 minutos (tiempo requerido y suficiente para la formación de flocs) y detener la agitación.
- 15- Levantar las paletas halando la esfera negra, retirar los *beakers* y ponerlos en orden de dosificación.
- 16- Apagar la luz del equipo bajando el *switch* y limpiar las paletas del equipo de jarras secándolas con una toalla desechable
- 17- Esperar 15 minutos a que sedimenten los flocs. Una vez se completen los 15 minutos, se debe caracterizar el agua de cada *beaker*.

#### 4.1.2 Metodología suavización del agua

- 1- Llenar el tanque de 500 L en el banco de prueba, con agua de purga de las torres de enfriamiento.
- 2- Verificar que las válvulas manuales de ingreso y de salida, en cada uno de los filtros en el banco de prueba se encuentren abiertas.

- 3- Verificar que el tanque de agua tratada tenga abierta la válvula manual de ingreso al tanque.
- 4- Encender la bomba que inyecta el agua del tanque al tren de suavizado, dejando pasar todo el bache del tanque de 500L.
- 5- Antes de que el tanque de 500 L, llegue al nivel de la succión apagar la bomba.
- 6- Dejar reposar 5 min. el agua en el tanque de recepción y realizar la respectiva caracterización.

#### **4.1.3 Metodología osmosis del agua**

- 1- Llenar el tanque de 500 L en el banco de prueba, con agua de purga de las torres de enfriamiento.
- 2- Verificar que las válvulas del sistema se encuentren abiertas (entrada al área de micro filtración, entrada y salida de la bomba de inyección a las membranas, salida de permeado y rechazo de las mismas).
- 3- Verificar que el tanque de agua tratada tenga abierta la válvula manual de ingreso al tanque.
- 4- Encender la bomba que dirige el agua hacia la osmosis, dejando pasar el bache completo de agua de purga por la misma.
- 5- Antes de que el tanque de 500 L, llegue al nivel de la succión apagar la bomba.
- 6- Dejar reposar 5 min. el agua en el tanque de recepción y realizar la respectiva caracterización.

#### **4.1.4 Metodología técnica compuesta**

- 1- Llenar el tanque de 500 L en el banco de prueba, con agua de purga de las torres de enfriamiento.
- 2- Verificar que las válvulas tanto del banco de prueba de suavizado como el de osmosis se encuentren abiertas.
- 3- Verificar que las válvulas manuales, del sistema que se tiene de bypass para el ingreso de agua a ambos bancos, se encuentre cerrada.
- 4- Verificar que el tanque de agua tratada tenga abierta la válvula manual de ingreso al tanque.
- 5- Encender la bomba que dirige el agua hacia el tren de suavizado y esperar que se tenga el bache de agua pre tratada.
- 6- Antes de que el tanque de 500 L, llegue al nivel de la succión apagar la bomba.
- 7- Encender la bomba que llevara el agua pre tratada a la osmosis, dejando pasar el bache completo
- 8- Antes de que el tanque de 500 L, llegue al nivel de la succión apagar la bomba.
- 9- Dejar reposar 5 min. el agua en el tanque de recepción y realizar la respectiva caracterización.

**ANEXO No. 3.**  
**FICHA TÉCNICA KLEENKUT.**

# KLEENKUT 2050

## TECHNICAL DATA SHEET

Total Specities USA., Inc. – Glass Products Division  
5 North Stiles Street • Linden, New Jersey 07036-0001 USA  
Tel: (908) 862-7344 • Fax: (908) 862-5374



### DESCRIPTION

Kleenkut 2050 is a vegetable oil and petroleum oil (less than 42 wt.%) based shear spray lubricant, which is diluted with water and sprayed onto shear blades to provide cooling and lubrication. Kleenkut 2050 is different from other shear lubricant in that it does not contain animal oil. Kleenkut 2050 requires that some special precautions be taken to ensure optimal performance. The most important of these is to utilize water with a hardness of less than 35 ppm of calcium, if possible. **Detailed application info on reverse side.**

### ADVANTAGES

**BIODEGRADABLE**  
**CONTAINS NO ANIMAL OIL**  
**EXCELLENT COOLING AND LUBRICATION OF SHEAR BLADES**  
**MINIMIZE SHEAR MARKS**  
**ECONOMICAL (1000 TO 1 DILUTION RATIO)**  
**PROLONG SHEAR BLADE LIFE**  
**EXCELLENT CORROSION PROTECTION**  
**ELIMINATE BUILD-UP ON SHEAR BLADES AND MECHANISMS**

### TYPICAL PROPERTIES

Appearance	Clear, yellow liquid
Odor	Bland
Specific Gravity at 25°C / 77°F	0.9 g/cc
Flash Point - COC	300°C / 572°F Minimum
Free Fatty Acid	0.03% maximum
Viscosity at 40°C	27.1 cSt.
Viscosity at 100°C	5.82 cSt.
Viscosity Index	165
Pour point:	-17°C / 1.4°F

### HANDLING & PRECAUTIONS

Refer to Material Safety Data Sheet for Kleenkut 2050

### SHELF LIFE

36 months in a sealed container at room temperature



# OPERATING YOUR SHEAR SPRAY SYSTEM

## DILUTION RATIO

**Recommend mixing 1250 parts of water with 1 part Kleenkut 2050 [ +/- 200 ].**

[We recommend a dilution ratio of between 800 to 1200 parts of water to 1 part of Kleenkut 2050. However, various glass plants use Kleenkut at either stronger or weaker concentrations than recommended.]

## WATER QUALITY

**Kleenkut 2050 requires treated water low in hard water salts for optimum performance.**

**Recommend maintaining hard water salts [calcium] below 35 ppm.**

**Recommend Deionization System rather than water softener.**

A water softener replaces hard water salts (calcium & magnesium) with the more water soluble sodium and potassium salts. However, this method is not recommended because the level of Total Dissolved Solids is not reduced. This can cause build-up (and therefore problems) over time; especially in re-circulating systems.]

## PH

**pH should be kept between 7.0 and 8.5.**

This is important to avoid problems of bacterial growth and also to avoid problems of corrosion. Many plants add chlorox (sodium hypochlorite) which is locally available in many countries. We also offer a very effective product called Aquasol 2 which is a pH promoter and bactericide specially designed for use with Kleenkut 2050.

## KLEENKUT 2050 EMULSION TEMPERATURE

**Recommend water temperature to be between 5°C and 40°C [41°F and 104°F].**

[Water hotter or colder than the temperature range recommended above may have a negative effect on operating performance.]

## CARE OF NEAT KLEENKUT 2050

**Maintain temperature of neat Kleenkut 2050 above -10°C [14°F].**

[Below -10°C (14°F), Kleenkut 2050 will solidify. For this reason, the drums should be kept indoors in a warm place when received. Solidification does not render the product useless. Reliquified Kleenkut 2050 is as good as the original material. However, care should be taken to insure that all the material has reliquified. Sometimes this requires heating the material to between 25°C and 35°C [77°F and 95°F.]

## SPRAY SYSTEM

There are several state-of-the-art Shear Spray Systems available which were specifically designed for Kleenkut 2050. Two examples are the *Emhart* and the *Graphoidal* Shear Spray Systems.

**Total Specialties USA, Inc.**  
Glass Products Division  
5 North Stiles Street  
P.O. Box 1063  
Linden, New Jersey 07036-0001 USA  
Tel: (908) 862-7344  
Fax: (908) 862-5374  
www.kleenmold.com

The data and suggested formulations in this bulletin are based on information believed to be reliable and are offered solely for evaluation, investigation and verification of the numerous affecting results. Products are sold with the understanding the purchasers will make their own tests to determine the suitability of these products for the particular use. We assume no liability of responsibility for any damage to person or property resulting from or incident to the use of our products. Statements concerning the use of products are not to be construed as recommending the infringement of any patent, and no liability for infringement arising out of any such use is assumed. July, 2017



**Fuente:** TOTAL AUSTRALIA. Ficha de seguridad KLEENKUT 2050. Recuperado de <https://www.totaloil.com.au/catalogue/technical-data-sheets>

**ANEXO No. 4.**  
**RESOLUCIÓN 2115 DEL 2007**

REPUBLICA DE COLOMBIA



**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.

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

**COLIFORMES:** Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la 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 - DL<sub>50</sub>:** 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  $\beta$  galactosidasa y  $\beta$  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  $\beta$  D galactosidasa de los coliformes y de las enzimas  $\beta$  D galactosidasa y  $\beta$  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 N°. 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
Plomo	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
Nitritos	NO <sub>2</sub>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub>	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	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 7º.- 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 <sub>3</sub>	200
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	250
Aluminio	Al <sup>3+</sup>	0,2
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,5

**ARTÍCULO 8º.- 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 5º, 6º y 7º 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 DL<sub>50</sub> 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 DL<sub>50</sub> 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  $DL_{50}$  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.º.- 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.º.- 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 cm<sup>3</sup> de muestra:

**Cuadro N.º.5 Características microbiológicas**

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

**PARÁGRAFO 1.** Como prueba complementaria se recomienda realizar la determinación de microorganismos mesofílicos, cuyo valor máximo aceptable será de 100 UFC en 100 cm<sup>3</sup>.

**PARÁGRAFO 2.** Ninguna muestra de agua para consumo humano debe contener E.coli en 100 cm<sup>3</sup> 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 <sup>3+</sup> )	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:**

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

**El IRCA mensual:**

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

**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	INVIABLE SANITARIA MENTE	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:



$$IRABA_m = \left( \frac{\sum IRABApp}{tpp} \right) (0.6) + (IRDm)(0.4)$$

Donde:

- m** = Municipio.
- pp** = Persona prestadora.
- tpp** = Total de personas prestadoras en el municipio que calcularon el IRABApp.
- IRABApp** = Índice de riesgo por abastecimiento de agua de la persona prestadora.
- IRDm** = 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 (IRABApp), 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
<b>PROCESOS:</b> 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								
<p><b>DOTACIÓN BÁSICA DE LABORATORIO EN PLANTA DE TRATAMIENTO:</b> 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.</p> <p>Se le asignará 3 puntos por cada equipo utilizado en los ensayos citados.</p>	15								
<p><b>TRABAJADORES CERTIFICADOS:</b> 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.</p> <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	15
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)<sub>j</sub> = Número de horas prestadas en un mes en el sector j  
(Ps)<sub>j</sub> = 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 – IRD<sub>m</sub>, se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

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

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

**% 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 19°.- 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 N°. 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 20°.- 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.	Diaria	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.
	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	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°.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		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 24º.- 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, nitros 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, nitros 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, nitros y nitritos.	Bimestral	5	
	COT, Fluoruros	Anual	0	1
	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		1
10.001 - 20.000	Mensual	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 27º.- 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	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°.- REPORTE 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**

Característica	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  $\leq 5$  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, nitritos, fluoruros, Giardia y Cryptosporidium.**

Características	Plazos	Población atendida por Municipio (habitantes)
COT, residual del coagulante utilizado, nitritos 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

**Fuente:** MINISTERIO DE AMBIENTE, Resolución 2115 de 2007. Recuperado de [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/legislacion\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/legislacion_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)