

**RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION PARA DEFINIR UN
SISTEMA DE MICROFILTRACION DE USO DOMESTICO PARA
POTABILIZACION DE AGUA UTILIZANDO PROTOTIPOS
CERAMICOS EN LA CIUDAD DE CUCUTA**

**AUTOR:
MARISABEL GARCIA NAVARRO
Ingeniera Química**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA
2009**

**RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION PARA DEFINIR UN
SISTEMA DE MICROFILTRACION DE USO DOMESTICO PARA
POTABILIZACION DE AGUA UTILIZANDO PROTOTIPOS
CERAMICOS EN LA CIUDAD DE CUCUTA**

AUTOR:

MARISABEL GARCIA NAVARRO

Ingeniera Química

**Monografía presentada como requisito de grado para optar al
título de Especialista en Ingeniería Ambiental**

DIRECTOR:

GABRIEL PEÑA RODRÍGUEZ

Doctor en Ingeniería de Materiales

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2009

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	4
1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
2. CONTAMINACION DEL RECURSO HIDRICO	5
2.1. DEFINICION	5
2.2. CONTAMINANTES DEL AGUA	6
2.2.1. Agentes patógenos	6
2.2.2. Desechos que requieren oxígeno	6
2.2.3. Sustancias químicas inorgánicas	7
2.2.4. Los nutrientes vegetales	7
2.2.5. Sustancias químicas orgánicas	7
2.2.6. Sedimentos o materia suspendida	7
2.2.7. Sustancias radiactivas	7
2.2.8. Calor	7
2.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN	8
2.3.1 Natural	8
2.3.1.1. Origen pluvial	9
2.3.2. Producida por el hombre	9
2.3.2.1 Urbana o doméstica	9
2.3.2.2 Las actividades agropecuarias	9
2.3.2.3 Las actividades industriales	9
2.3.2.4 Los medios de transporte	9
3 CALIDAD DEL AGUA VS SALUD HUMANA	10
3.1. POTABILIZACIÓN DEL AGUA	10
3.1.1. Esquema general de funcionamiento de una planta de tratamiento de agua potable	10

3.2. ACCESO AL SERVICIO DE AGUA POTABLE	13
4. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL RECURSO AGUA EN LA CIUDAD DE CUCUTA	17
4.1. CARACTERISTICAS IN SITU	17
4.1.1. Muestreo de agua superficial (río pamplonita)	17
4.1.2. Muestreo de agua subterránea (pozo, Urbanización La Sabana)	18
4.1.3. Muestreo de agua de uso residencial (acueducto de Cúcuta)	19
4.2. CARACTERISTICAS FISICO – QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS	20
4.2.1. Análisis físico-químicos	21
4.2.1.1. Determinación de Ph	21
4.2.1.2. Determinación de la Alcalinidad Total	22
4.2.1.3. Determinación de la Acidez Total	22
4.2.1.4. Determinación de la Dureza Total, Dureza por Calcio y Dureza por Magnesio	23
4.2.1.5. Determinación de Cloruros	24
4.2.1.6. Determinación de Sulfatos	25
4.2.1.7. Determinación de Hierro Total	25
4.2.1.8. Determinación de Sólidos Totales Disueltos (STD)	25
4.2.1.9. Determinación de Sólidos Totales (ST)	26
4.2.1.10. Determinación de Sólidos Suspendidos (SS)	27
4.2.2. Análisis microbiológicos	27
4.2.2.1. Determinación de Coliformes Fecales y Coliformes Totales	28
5. SISTEMAS DE FILTRACION DE USO DOMESTICO PARA POTABILIZACION DE AGUA	29
5.1. GENERALIDADES	29
5.1.1. Los elementos que intervienen en la filtración	29
5.1.2. Tipos de filtros	31
5.1.2.1. Filtros de gravedad	31

5.1.2.2. Filtros de presión o de vacío	32
5.1.3. Los filtros más utilizados para el tratamiento de aguas	32
5.1.3.1. Filtros de carbón activado	32
5.1.3.2. Filtros rápidos de arena	33
5.1.3.3. Filtros percoladores	33
5.1.4. La microfiltración	33
5.2. PROTOTIPOS CERAMICOS DE USO DOMESTICO PARA MICROFILTRACIÓN DE AGUA	34
5.2.1. Materias primas utilizadas en la fabricación del prototipo	35
5.2.2. Preparación de las mezclas y barbotinas	37
5.2.3. Moldeo y secado de los prototipos	39
5.2.4. Cocción de los prototipos	40
5.2.5. Ensamble del prototipo	41
6. CARACTERISTICAS FISICO – QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DE LAS MUESTRAS DE AGUA FILTRADAS Vs NORMATIVIDAD COLOMBIANA VIGENTE	44
6.1. NORMATIVIDAD VIGENTE	44
6.1.1. Características físico – químicas	44
6.1.2. Normas microbiológicas	46
6.2. CARACTERISTICAS FISICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLOGICAS DE LAS MUESTRAS DE AGUA ANALIZADAS	47
6.2.1. Análisis físico-químicos	47
6.2.1.1. Determinación de pH.	47
6.2.1.2. Determinación de la Alcalinidad Total	48
6.2.1.3. Determinación de la Acidez Total	49
6.2.1.4. Determinación de la Dureza Total, Dureza, Dureza por Calcio y Dureza por Magnesio	49
6.2.1.5. Determinación de Cloruros	51
6.2.1.6. Determinación de Sulfatos	51
6.2.1.7. Determinación de Hierro Total	52
6.2.1.8. Determinación de Sólidos Totales Disueltos (STD)	53

6.2.1.9. Determinación de Sólidos Totales (ST)	53
6.2.1.10. Determinación de Sólidos Suspendidos (SS)	54
6.2.2. Análisis microbiológicos	55
6.2.2.1. Determinación de Coliformes Fecales y Coliformes Totales	55
7. LA ARCILLA – PRINCIPAL FUENTE DE LA ECONOMIA DE LA REGION	58
7.1. FORMACIONES GEOLOGICAS DE ARCILLA DEL AREA METROPOLITANA DE CUCUTA	58
7.1.1. Conjunto arcilloso del grupo guayabo	58
7.1.2. Conjunto Arenoso del Grupo Guayabo	60
7.1.3. Formación León	62
7.2. CARACTERISTICAS DE LAS ARCILLAS DEL AREA METROPOLITANA Y SU APTITUD PARA SU APROVECHAMIENTO CERÁMICO	64
7.2.1. Caracterización Química	64
7.2.1.1. Materias primas plásticas	64
7.2.1.2. Materias primas no plásticas	66
7.2.2. Caracterización Física	67
7.2.2.1. Materias Primas Plásticas	67
7.2.2.2. Materias Primas no Plásticas	68
7.3. DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS CERÁMICAS DE LA REGION	68
7.3.1. Municipio de Cúcuta	68
7.3.2. Municipio del Zulia	69
7.3.3. Municipio de Villa del Rosario	70
7.3.4. Municipio Los Patios	71
7.3.5. Municipio de San Cayetano	72
7.4. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR CERÁMICO DE NORTE DE SANTANDER	73

7.5. TIPOS DE PRODUCTO FABRICADOS POR EL SECTOR DE LA ARCILLA Y LA CERÁMICA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JOSE DE CÚCUTA.	74
8. CONCLUSIONES	79
9. RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXO	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía espacial del “planeta del agua”.	1
Figura 2. Ciclo del agua y distribución del agua en La Tierra.	2
Figura 3. Diferentes tipos de contaminación en el río Pamplonita.	5
Figura 4. Diagrama general del proceso de potabilización.	12
Figura 5. Diagrama de la prestación del servicio del acueducto En Cúcuta.	14
Figura 6. Acceso al servicio de agua potable en la ciudad de Cúcuta.	14
Figura 7. Río Pamplonita – Sector El Diamante (N. de Santander)	17
Figura 8. Prototipo cerámico para microfiltración de agua	35
Figura 9. Espectros de dispersión de energías (EDAX) para la muestra De caolín de Pamplona (Norte de Santander)	36
Figura 10. Curvas de defloculación para las mezclas M1 y M2	39
Figura 11. Molde de yeso escayola y formación de la pared del Prototipo en el molde	40
Figura 12. Curva de cocción de los prototipos	41
Figura 13. Prototipo ensamblado	42
Figura 14. Fotografía digital del sistema de filtración	43
Figura 15. Diagrama de barras del pH para cada una de las Muestras de agua, antes y después de pasar por el Filtro de cada mezcla (M1 y M2)	48
Figura 16. Clasificación de las empresas del sector de la arcilla y la cerámica en Norte de Santander	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Principales enfermedades producidas por el consumo De agua de mala calidad.	15
Tabla 2. Causas infecciosas de diarrea aguda.	16
Tabla 3. Características IN SITU de la muestra de agua superficial (Río Pamplonita).	18
Tabla 4. Características IN SITU de la muestra de agua Subterránea (pozo, Urbanización La Sabana)	19
Tabla 5. Características del muestreo de agua tratada (Uso residencial)	20
Tabla 6. Resultados del pH de las muestras de agua.	22
Tabla 7. Resultados de la Alcalinidad Total en muestras de agua.	22
Tabla 8. Resultados de la Acidez Total en muestras de agua.	23
Tabla 9. Resultados de la Dureza Total en muestras de agua.	23
Tabla 10. Resultados de la Dureza por Calcio en muestras De agua.	24
Tabla 11. Resultados de la Dureza por Magnesio en muestras De agua	24
Tabla 12. Resultados de Cloruros en muestras de agua.	24
Tabla 13. Resultados de Sulfatos en muestras de agua.	25
Tabla 14. Resultados de Hierro Total en muestras de agua.	25
Tabla 15. Resultados de Sólidos Totales Disueltos en muestras De agua.	26
Tabla 16. Resultados de Sólidos Totales en muestras de agua.	26
Tabla 17. Resultados de Sólidos Suspendidos en muestras De agua.	27
Tabla 18. Resultados de Coliformes Fecales en muestras de agua.	28

Tabla 19. Resultados de Coliformes Totales en muestras de agua.	28
Tabla 20. Porcentaje en peso (Wt%) y atómico (At%) del caolín De Pamplona (Norte de Santander) usando EDAX – SEM	35
Tabla 21. Análisis químico de las tierras diatomáceas CELITE	37
Tabla 22. Propiedades físicas de las tierras diatomáceas CELITE	37
Tabla 23. Porcentaje en peso de las mezclas	38
Tabla 24: Características físicas.	44
Tabla 25: Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.	45
Tabla 26: Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.	45
Tabla 27: Características Químicas que tienen mayores Consecuencias económicas e indirectas sobre la Salud humana.	46
Tabla 28: Características microbiológicas	46
Tabla 29. Resultados del pH de las muestras de agua, después De ser microfiltradas.	47
Tabla 30. Resultados de la Alcalinidad Total en muestras De agua	48
Tabla 31. Resultados de la Acidez Total en muestras de agua	49
Tabla 32. Resultados de la Dureza Total en muestras de agua	50
Tabla 33. Resultados de la Dureza por Calcio en muestras de Agua	50
Tabla 34. Resultados de la Dureza por Magnesio en muestras De agua	50
Tabla 35. Resultados de Cloruros en muestras de agua	51
Tabla 36. Resultados de Sulfatos en muestras de agua	52
Tabla 37. Resultados de Hierro Total en muestras de agua	52
Tabla 38. Resultados de Sólidos Totales Disueltos en muestras De agua	53
Tabla 39. Resultados de Sólidos Totales en muestras de agua	54

Tabla 40. Resultados de Sólidos Suspendidos en muestras De agua	55
Tabla 41. Resultados de Coliformes Fecales en muestras de agua	56
Tabla 42. Resultados de Coliformes Totales en muestras de agua	56
Tabla 43. Porcentajes (%) de remoción para los prototipos con Mezcla M1 y mezcla M2	57
Tabla 44. Caracterización química de Materias primas plásticas	65
Tabla 45. Caracterización química de Materias primas no plásticas.	66
Tabla 46. Fotografías de los tipos de productos fabricados por la Industria de la arcilla y la cerámica en el Área Metropolitana de Cúcuta.	75
Tabla 47. Principales productos ofrecidos por las empresas del Sector cerámico	77

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1.	85

TITULO: RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION PARA DEFINIR UN SISTEMA DE FILTRACION DE USO DOMESTICO PARA POTABILIZACION DE AGUA EN LA CIUDAD DE CUCUTA

AUTOR: MARISABEL GARCIA NAVARRO

Palabras Claves: Filtración, Microporosos, Arcillas, Planta depuradora.

Más del 70% de la superficie terrestre está ocupada por agua. La cantidad de agua de la que disponemos es prácticamente fija, 14.000 millones de km³. Esta es sometida a un proceso de constante reciclado, el ciclo del agua, movido por la energía del Sol y considerado como un gran sistema de depuración natural. Las actividades realizadas por el hombre introducen graves modificaciones en los flujos de agua dentro del ciclo, contribuyendo a su degradación, cuyas consecuencias son la pérdida de su calidad natural y disminución del agua como recurso.

Sus características la hacen el vehículo más natural de eliminación de residuos generados por el hombre, que en la actualidad se ha incrementado como consecuencia del desarrollo económico descontrolado y del aumento de la población, por lo que el hombre ha visto la necesidad de intervenir en el proceso de depuración implementando plantas depuradoras de agua en las ciudades, garantizando que el agua para el consumo humano está libre de microorganismos y cualquier tipo de partículas extrañas. A pesar de que el agua que se obtiene de las plantas de tratamiento es de alta calidad, el cubrimiento que estas tienen es realmente bajo y las personas atentas a la salud de su grupo familiar, se ven obligadas a buscar alternativas; una de estas son los filtros de uso doméstico.

En la ciudad de Cúcuta, existen grandes cantidades de arcillas, las cuales son usadas por las industrias de la región en la fabricación de productos de construcción, pero no se ha explorado su uso en la producción de materiales microporosos, que puedan ser utilizados en procesos de filtración de agua para uso doméstico.

TITLE: COMPILATION AND ANALYSIS INFORMATION TO DEFINE A FILTRATION SYSTEM HOUSEHOLD WATER FOR DRINKING WATER IN THE CITY OF CUCUTA

AUTHOR: GARCIA NAVARRO MARISABEL

KEY WORDS: Filtration, microporous, Clays, Station Treatment Plants

Over 70% of the land surface is occupied by water. The amount of water available is virtually fixed, 14.000 million km³. This is subjected to a constant recycling process, the water cycle, driven by energy from the sun and considered a great natural cleaning system. The activities undertaken by the man introduced serious changes in water flows in the cycle, contributing to its degradation, the consequences are the loss of their natural quality and water resource decline.

Its features make it the most natural vehicle for disposal of waste generated by man, which now has increased as a result of uncontrolled economic development and population growth, so the man has seen the need to intervene in the purification process implemented water treatment plants in cities, ensuring that water for human consumption is free of microorganisms and any foreign particles. Although the water that comes from treatment plants is high quality, the coverage that they have is really low and people are attentive to the health of your family group, are forced to seek alternatives, each of these is the household filters.

In the city of Cucuta, large quantities of clays, which are used by industries in the region in the manufacture of construction products, but has not explored its use in the production of microporous materials, which can be used in processes filtration of water for domestic use.

GLOSARIO

ABSORCIÓN: la absorción es la captación de una sustancia por otra. Por ejemplo, un gas como el oxígeno puede absorberse o, disolverse en agua. La absorción es una mezcla o interpenetración de dos sustancias.

ADSORCIÓN: es la unión de los átomos, iones o moléculas de un gas o de un líquido (adsórbalo), a la superficie de un sólido o líquido (adsorbente). En los sólidos porosos o finamente divididos, la adsorción es mayor debido al aumento de la superficie expuesta. De forma similar, la superficie adsorbente de una cantidad de líquido se incrementa, si el líquido está dividido en gotas finas.

AGUA CONTAMINADA: es el grado de impurificación que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsible de tiempo.

AGUA: es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno y, su fórmula química es H₂O. En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.

AGUA CRUDA: es el agua natural, que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

AGUA POTABLE: significa que debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor

desagradable. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin temor por efectos adversos sobre la salud (Borchardt y Walton, 1971).

AGUAS ALCALINAS: las forman las que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio; las que proporcionan al agua reacción alcalina, elevando en consecuencia el valor del pH presente.

AGUAS BLANDAS: su composición principal está dada por sales minerales de gran solubilidad.

AGUAS DURAS: importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco solubles, principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.

AGUAS NEUTRAS: componen su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no aportan al agua tendencias ácidas o alcalinas o sea, que no alteran sensiblemente el valor de pH.

ANÁLISIS BÁSICOS: son los análisis realizados en las características de turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre, coliformes totales y Escherichia Coli.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA: son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para estimar o evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA: son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua

de consumo humano, para estimar o evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ARCILLA: las arcillas constituyen una sustancia mineral de naturaleza más o menos coloide, que consiste especialmente en hidrosilicato aluminico; casi siempre van acompañadas de notables proporciones de materias extrañas y sólo son constantes sus propiedades químicas, cuando se encuentran en estado de pureza absoluta. La arcilla forma una parte importante de la corteza terrestre y se le encuentra difundida en los terrenos pertenecientes a todas las eras geológicas.

ARCILLA CAOLÍNICA: conocida como caolín, arcilla de porcelana, kaolín. Es un silicato de aluminio hidratado, producto de la descomposición de rocas feldespáticas, de color blanco; presenta un aspecto terroso, tacto árido y casi siempre susceptible de plasticidad, cuando se le añade agua. Su fórmula molecular es $Al_4 [Si_4 O_{10} (OH)_2]$,

CALIDAD DEL AGUA: es el resultado de comparar las características físicas, químicas, toxicológicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la calidad del agua para consumo humano.

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

COCCIÓN: la cocción cerámica es un proceso de densificación. El calor que llega a la pasta sirve para desencadenar todo un conjunto de reacciones, entre las que cabe distinguir: reacciones químicas,

eliminación de porosidad, transformaciones cristalinas polimorfitas, producción de micro grietas, creación de porosidad.

COLIFORMES: bacterias Gram Negativas en forma bacilar, que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas carbónico en un plazo de 24 a 48 horas. Son indicadores de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

COLOR: el color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada, el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión.

CONTROL DE CALIDAD: conjunto de acciones realizadas por las personas prestadoras del servicio público de acueducto, con el objeto de garantizar el cumplimiento de las normas sanitarias contenidas en el presente decreto y en las demás reglamentaciones vigentes.

DETERMINACIÓN DE pH: el pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina. El máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5 son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. Para determinarlo, usamos métodos calorimétricos o potenciométricos.

ESCHERICHIA COLI: bacilo aerobio, Gram Negativo no esporulado, que se caracteriza por tener enzimas específicas como la B-galactosidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal, en el agua para consumo humano.

FILTRACIÓN: proceso que consiste en separar los sólidos suspendidos (como un precipitado), del líquido en el que se encuentran. Al hacerlos pasar a través de un medio poroso, por el cual el líquido puede penetrar fácilmente. La filtración es un proceso básico en la industria química, que también se emplea para fines tan diversos como la preparación de café, la clarificación del azúcar o, el tratamiento de aguas residuales.

FILTRACIÓN POR MEMBRANA: el agua pasa a través de una membrana porosa, para así reducir los contaminantes del agua; para disminuir los niveles de bacterias y protozoos, los poros de la membrana tienen que ser de, al menos, 45 micrones.

MICRO FILTRACIÓN: proceso de remoción de partículas coloidales y dispersas de un líquido, que consiste en hacer pasar el mismo por una membrana, aplicando alta presión.

NORMA DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO: son los valores aceptables para las características físicas, químicas y microbiológicas presentes en el agua para consumo humano que proporcionan una base para determinar su calidad con el objeto de preservar y mantener la salud.

OLOR: está dado por diversas causas. Sin embargo, los casos más frecuentes son debidos al desarrollo de microorganismos, a la descomposición de restos vegetales, olor debido a contaminación con líquidos cloacales industriales, etc.

INTRODUCCIÓN

En la figura 1, se presenta una fotografía desde el espacio de la tierra, el cual es llamado el “planeta del agua”. Más del 70% de la superficie terrestre está ocupada por la hidrosfera, de cuya existencia han dependido y dependen la vida y la morfología de nuestro planeta.[1]

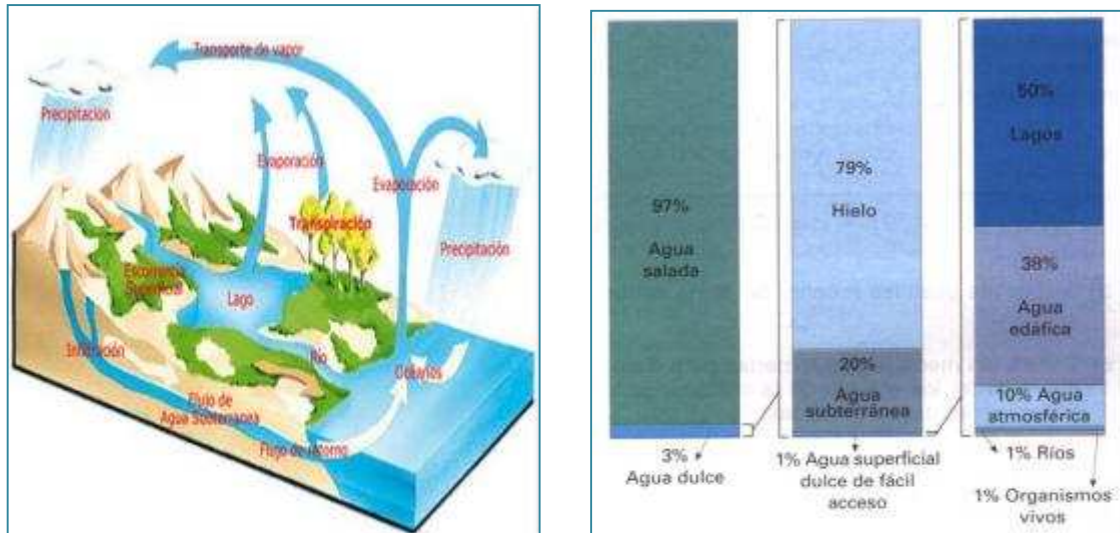
Figura 1. Fotografía espacial del “planeta del agua”.



Fuente: <http://leerxleer.wordpress.com>. Consultado 9 de Noviembre de 2009.

La cantidad de agua de la que disponemos es prácticamente fija, unos 14.000 millones de km³. Toda ella está sometida a un proceso de constante reciclado, el ciclo del agua, movido por la energía del Sol y considerado como un gran sistema de depuración natural de la misma (ver figura 2).

Figura 2. Ciclo del agua y distribución del agua en La Tierra.



Fuente: http://ofdp_rd.tripod.com/ambiente/curso/agua.html. Consultado 9 de Noviembre de 2009. Referencia [1].

Las actividades realizadas por el hombre introducen graves modificaciones en los flujos de agua dentro de un ciclo, contribuyendo a su degradación, cuyas consecuencias son la pérdida de su calidad natural y por tanto la disminución del agua como recurso. Las características que presenta el agua (alto poder disolvente, capacidad termorreguladora y de absorción de determinadas radiaciones, etc.) hacen de ella el vehículo más natural de eliminación de residuos generados por la acción humana, que en la actualidad se han incrementado considerablemente como consecuencia del desarrollo económico descontrolado y del aumento de la población.

Debido al aumento que se ha venido observando en los índices de contaminación que presentan las fuentes naturales de agua, el hombre se ha visto en la necesidad de intervenir positivamente en el proceso de depuración de las aguas. Para alcanzar esta meta, se han implementado las plantas depuradoras de agua en las grandes, medianas y pequeñas ciudades, garantizando de esta forma que el

agua destinada para el consumo humano está libre de microorganismos y cualquier tipo de partículas extrañas, las cuales alteran su calidad y son las principales causantes de graves enfermedades y en algunos casos hasta la muerte.

A pesar de que el agua que se obtiene de las plantas de tratamiento es de alta calidad, el cubrimiento que estas tienen es realmente bajo y por lo tanto las personas atentas a la salud de su grupo familiar, se ven obligadas a buscar alternativas; unos toman el agua del acueducto y la hierven, otros la compran a las empresas comerciales y otros buscan filtros artesanales de uso doméstico que brinden cierta confiabilidad funcional.

En la ciudad de Cúcuta y su Área Metropolitana, existen grandes cantidades de arcillas, las cuales son usadas por las industrias de la región en la fabricación de productos para la industria de la construcción, pero no se ha explorado su uso en la producción de materiales compuestos microporosos, que puedan ser utilizados en procesos de filtración de agua para uso doméstico.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, nace la necesidad de realizar esta monografía, la cual tiene como objetivo general recopilar y analizar información que permita definir un sistema de filtración de uso doméstico para la potabilización de agua en la ciudad de Cúcuta.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Recopilación y análisis de información para definir un sistema de microfiltración de uso domestico para potabilización de agua utilizando prototipos cerámicos en la ciudad de Cúcuta.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar consecuencias en la salud humana generadas por la calidad del agua de consumo y por el grado de cobertura del servicio de acueducto en la ciudad.
- Determinar las características actuales del recurso agua en la ciudad de Cúcuta.
- Analizar los sistemas de uso domestico de potabilización de agua empleando prototipos cerámicos de microfiltración.
- Comparar las características del agua obtenidas con el uso de estos filtros con las exigidas por la normatividad colombiana vigente.
- Determinar la disponibilidad de arcilla en la región como materia prima principal en la construcción de los filtros.

2. CONTAMINACION DEL RECURSO HIDRICO

2.1. DEFINICION

La contaminación del agua es, según el Artículo 85 de la Ley General de Aguas, “la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica”[1]. En la figura 3, se presentan fotos digitales de río Pamplona en diferentes sectores, del cual se extrae el agua para el acueducto de Cúcuta.

Figura 3. Diferentes tipos de contaminación en el río Pamplonita.





Fuente: html.rincondelvago.com/problemas-ambientales_1.html. Consultado 9 de Noviembre de 2009. Referencia [1]. http://es.wikipedia.org/wiki/rio_pamplonita. Consultado 9 de Noviembre de 2009.
http://noticucuta.blogspot.com/2007_06_01_archive.html. Consultado 9 de Noviembre de 2009

2.2. CONTAMINANTES DEL AGUA

2.3.3. Agentes patógenos.

Bacterias, virus, protozoarios y parásitos que entran al agua, provenientes de desechos orgánicos. [2]

2.3.4. Desechos que requieren oxígeno.

Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de éstas, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuática. [2]

2.3.5. Sustancias químicas inorgánicas.

Ácidos, compuestos de metales tóxicos, envenenan el agua. [2]

2.3.6. Los nutrientes vegetales.

Pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta). [2]

2.3.7. Sustancias químicas orgánicas.

Petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida. [2]

2.3.8. Sedimentos o materia suspendida.

Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación. [2]

2.3.9. Sustancias radiactivas.

Pueden causar defectos congénitos y cáncer. [2]

2.3.10. Calor.

Ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables. [2]

Para facilitar el análisis, todos estos agentes contaminantes se agruparan en dos grandes tipos de contaminación que afectan al agua destinada para el consumo humano. Una es la contaminación orgánica ó bacteriana (presencia de gérmenes, bacterias, algas y hongos) y la otra, es la contaminación inorgánica (presencia de metales pesados, minerales tóxicos, residuos industriales, agroquímicos, material radiactivo, etc.).

2.4. FUENTES DE CONTAMINACION

2.3.1 Natural.

La contaminación natural consiste en la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana, estas sustancias pueden tener procedencias muy diversas: partículas sólidas y gases atmosféricos arrastrados por las gotas de lluvia y aguas del deshielo; pólenes, esporas, hojas secas y otros residuos vegetales, y excrementos de peces y aves acuáticas.

Todos estos residuos naturales sufren una serie de procesos químicos y biológicos que forman parte de la capacidad autodepuradora del agua y en su mayoría son eliminados.[1]

2.4.1.1. Origen pluvial.

Se origina por arrastre de la suciedad que encuentra a su paso el agua de lluvia.

2.3.2. Producida por el hombre.

Representan la mayor fuente de contaminación. Cuantitativamente son menores que las naturales pero sus efectos se multiplican porque sus efluentes se localizan en áreas reducidas, que a su vez son las que mayor cantidad de población tienen, y además, porque sus emisiones son más intensas.

3.3.2.1 Urbana o doméstica.

Son las que provienen de núcleos urbanos. Contienen sustancias procedentes de la actividad humana (alimentos, deyecciones, basuras, productos de limpieza, jabones, etc.).

2.3.2.2. Las actividades agropecuarias.

A este grupo pertenecen las aguas utilizadas como resultado del riego, y de otras labores como limpieza ganadera, que pueden aportar al agua grandes cantidades de estiércol y orines (materia orgánica, nutrientes y microorganismos), uno de los mayores problemas es la contaminación con nitratos.

2.3.2.3. Las actividades industriales.

Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales y cada industria debe estudiarse individualmente.

2.3.2.4. Los medios de transporte.

Generan gran cantidad de material particulado que se deposita en los cuerpos de agua, además de otras sustancias líquidas y sólidas.

3. CALIDAD DEL AGUA VS SALUD HUMANA

Gran parte de la contaminación desaparece en los procesos naturales que se dan en los ríos. Pero no toda, ya que la carga contaminante actual es tan grande que nuestros ríos no pueden soportarla. Este es el motivo por el cual deben construirse plantas de potabilización de agua o implementarse en los hogares sistemas de potabilización de agua para garantizar que el agua destinada para el consumo humano cumpla con las características adecuadas.

3.1. POTABILIZACIÓN DEL AGUA

La potabilización es el proceso consistente en la eliminación de los sólidos suspendidos, aglomeración, decantación de los coloides y desinfección de organismos patógenos mediante la coagulación, el ablandamiento, la eliminación de hierro, manganeso, cloro, azufre, la eliminación de olor y sabor, la sedimentación, la filtración, el control de corrosión, la evaporación y la desinfección, todo ello realizado en las plantas de tratamiento de agua potable. La potabilización tiene por objetivo hacer el agua apta para su consumo. [3]

3.1.1. Esquema general de funcionamiento de una planta de tratamiento de agua potable

- Toma del río: Punto de captación de las aguas.
- Reja: Impide la penetración de elementos de gran tamaño (ramas, troncos, peces, etc.).
- Desarenador: Sedimenta arenas que van suspendidas para evitar dañar las bombas.

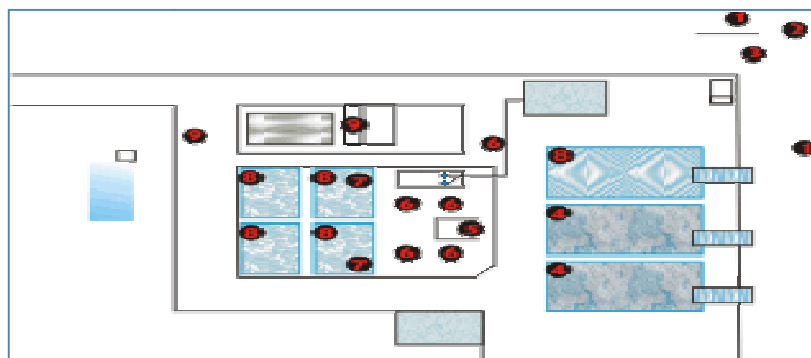
- Pre - Sedimentador: Su función consiste en complementar la acción de los desarenadores removiendo las partículas más finas y livianas, suficientemente pesadas para ser eliminadas por sedimentación simple, en condiciones hidráulicas más favorables.
- Bombeo de baja presión: Toman el agua directamente de un río, lago o embalse, enviando el agua cruda a la cámara de mezcla.
- Mezcla rápida y coagulación: Se realiza la adición (generalmente sobre la garganta de una canaleta Parshall) al agua del coagulante. Los coagulantes más utilizados son (sulfato de aluminio) y alcalinizantes (cal).
- Floculación: El proceso de floculación del agua tiene como objetivo promover la formación de floc's o grumos de tamaño y peso suficientes para ser removidos por decantación. Esto se consigue mediante la agitación lenta del agua coagulada que pasa a través de ellos.
- Sedimentación: La función de los sedimentadores es la de separar del agua los flocs formados en el proceso de coagulación – floculación, mediante decantación en el fondo de los tanques.
- Filtración: El agua decantada llega hasta un filtro donde pasa a través de sucesivas capas de arena de distinto grosor. Sale prácticamente potable.
- Desinfección: Para asegurar aún más la potabilidad del agua, se le agrega cloro en exceso para eliminar las bacterias. Esto es muy importante, ya que ayuda a garantizar que la calidad del agua se conserve durante su recorrido hasta las viviendas.
- Tanque de almacenamiento: Desde donde se distribuye a toda la ciudad.

- Bombeo de alta: Toma el agua del tanque de almacenamiento y la distribuye por medio de una red de abastecimiento a la ciudad.
- Control final: Antes de llegar al consumo, el agua es severamente controlada por químicos expertos, que analizan muestras tomadas en distintos lugares del sistema, y comparadas con los valores máximos permitidos por la normatividad existente para el agua de consumo humano (Resolución 2115 de 2007)[Anexo].

En la figura 4, se presenta un diagrama general del proceso de potabilización de agua, el cual es utilizado en los acueductos. Donde:

1. Coagulación
2. Mezcla rápida
3. Bombeo de baja presión
4. Floculación
5. Sedimentación
6. Filtración
7. Desinfección
8. Almacenamiento
9. Bombeo a la ciudad

Figura 4. Diagrama general del proceso de potabilización.



Fuente: Referencia [3].

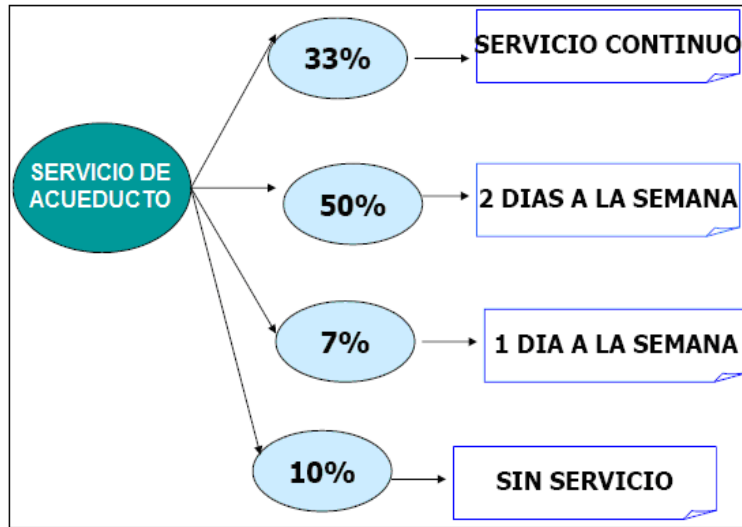
3.2. ACCESO AL SERVICIO DE AGUA POTABLE

Según las estadísticas mundiales, aproximadamente 1.100 millones de personas, es decir, alrededor del 18 % de la población mundial, no tienen acceso a fuentes seguras de agua potable, y más de 2.400 millones de personas carecen de saneamiento adecuado y se ven obligados a consumir aguas que presentan concentraciones de metales, coliformes y bacterias, lo cual causa enfermedades diarreicas principalmente.[4]

El estudio preliminar de la calidad del agua que hizo la Defensoría del Pueblo en el primer semestre del 2006, demostró que en más del 85% de los municipios de Colombia consumen agua de mala calidad, ocasionando enfermedades en la población más vulnerable. Lo anterior a llevado a que el suministro de agua potable a los hogares colombianos se haya convertido en un factor primordial del estado, acatando las políticas de la organización mundial de la salud (OMS) y de la asociación panamericana de la salud (OPS), donde expresan que el tratamiento y desinfección fiable del agua constituyen una intervención fundamental de la salud pública.

En la ciudad de Cúcuta, según cifras reportadas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2006), la población afectada por la deficiente prestación del servicio asciende a: 83.000 personas sin servicio de acueducto (10% población), el 57% de los usuarios reciben servicio entre 1 y 2 días a la semana, mientras que el 33% de la población tiene servicio continuo de este vital líquido (ver figura 5).[5]

Figura 5. Diagrama de la prestación del servicio del acueducto en Cúcuta.



Fuente: Referencia [5]

Basados en los innumerables estudios, tratados, acuerdos, leyes, entre otros, quienes habitan en grandes o pequeñas ciudades, deberían contar con un suministro de agua potable, segura para el consumo humano, pero debido al deficiente tratamiento aplicado por las empresas prestadoras del servicio, esta no es la realidad que se observa, por ejemplo en figura 6, se presentan fotos digitales de la forma como se abastecen de agua muchas personas en la ciudad de Cúcuta, las cuales forman parte de ese 10 % que no tienen servicio de agua potable.

Figura 6. Acceso al servicio de agua potable en la ciudad de Cúcuta.



Fuente: www.semana.com. Consultado 9 de Noviembre de 2009.

Debido a situaciones como esta y teniendo en cuenta que la salud humana depende no solo de la cantidad de agua suministrada, si no de su calidad; la Organización Mundial de la Salud en el año de 1979 afirmó, “casi la cuarta parte de las camas disponibles en los hospitales del mundo están ocupadas por enfermos cuyas dolencias se deben a la insalubridad del agua”. [6]

En la actualidad, gran parte de las enfermedades, principalmente en los países tercermundistas dada la falta de recursos, se transmiten por la vía hídrica. En la tabla1, se presentan las principales enfermedades producidas por el consumo de agua de mala calidad. En ésta se aprecia que un mismo tipo de microorganismo puede producir más de una enfermedad. [1]

Tabla 1. Principales enfermedades producidas por el consumo de agua de mala calidad.

TIPO DE ORGANISMO	ENFERMEDAD
Bacterias	Fiebre tifoidea Cólera Disentería bacteriana Gastroenteritis Conjuntivitis
Virus	Hepatitis Poliomelitis
Protozoarios Parásitos	Disentería amebiana
Gusanos Parásitos	Esquistosomiasis

Fuente: Referencia [1].

En nuestro país, una de las causas de mortalidad más alta en niños es la conocida EDA (Enfermedad Diarreica Aguda), causada por el consumo de agua de mala calidad (agua que contiene desechos, con

más de 100 bacterias por cm³). En la tabla 2, se presenta las causas que producen la EDA.

Tabla 2. Causas infecciosas de diarrea aguda.

BACTERIAS	PROTOZOOS	VIRUS
E. coli Shiguella Salmonella Vibrio choleral S. aureus	E. histolytica Giardia Cryptosporidea	Rotavirus Norwalk Adenovirus Calicivirus

Fuente: www.ibarra.org/guias/5-12.html. Consultado 9 de Noviembre de 2009.

Dada esta triste situación y a la creciente desconfianza hacia el tratamiento que se le hace al agua en los acueductos (ya sean públicos o privados); las personas responsables del cuidado de la salud de sus familias se ven obligadas a buscar alternativas para obtener agua perfectamente pura y potable. Algunas de las posibles alternativas es la adecuación de un sistema de uso doméstico de filtración, rápido y eficaz, usando filtros cerámicos o de fibras sintéticas, los cuales permiten asegurar la purificación del agua, eliminando tanto la contaminación orgánica como la inorgánica.

4. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL RECURSO AGUA EN LA CIUDAD DE CUCUTA

Los datos que representan las características del agua de la ciudad de Cúcuta son el resultado de un muestreo realizado por estudiantes del programa de Tecnología Química de la Universidad Francisco de Paula Santander en aguas del Río Pamplonita, de pozos y de uso residencial (acueducto de Cúcuta). [4]

Para realizar el muestreo, se determinó que la muestra más representativa sería la muestra puntual integrada en profundidad que corresponde a la que es recolectada a profundidades definidas de la columna de agua, en un sitio y tiempo seleccionados.

4.1. CARACTERISTICAS IN SITU

4.1.1. Muestreo de agua superficial (río pamplonita).

Este muestreo se llevó a cabo en el río Pamplonita, en la zona de El Diamante (Norte de Santander).

Figura 7. Río Pamplonita – Sector El Diamante (Norte de Santander).



Fuente: Referencia [4].

En la figura 7, se presenta la zona del río en el sector donde se tomaron las muestras de agua superficial; en esta se observa una vegetación variada en las márgenes del río, pocos cultivos y un puente colgante que comunica las dos orillas del río. Las actividades que se realizan en esta zona y que impactan las características del agua son principalmente de pastoreo; adicionalmente, aguas arriba de este lugar se encuentra un matadero rústico, que vierte sus residuos al río, como consecuencia se tiene la presencia de aves carroñeras y de olores desagradables.[4]

Los resultados del muestreo se presentan en tabla 3.

Tabla 3. Características IN SITU de la muestra de agua superficial (Río Pamplonita).

ITEM	RESULTADO
Lugar	Estación El Diamante
Fecha	Marzo 9 de 2008
Hora	7:00 a.m.
Periodo	Verano – Invierno
Muestreadores	Leidy Vannesa Rangel Marilyn Johana Bonilla
Volumen de la muestra	15 Litros
Análisis físico-químicos IN SITU	T= 18°C pH= 7.88 CTD= 149.80 µm/cm

Fuente: Referencia [4]

4.1.2. Muestreo de agua subterránea (pozo, Urbanización La Sabana)

La muestra fue tomada del pozo que distribuye el agua a la Urbanización La Sabana, la cual se encuentra en proceso de

construcción y, está ubicada sobre la carretera antigua vía San Antonio, al frente de la Urbanización Tamacoa. Dicha obra es construida por la empresa Paisaje Urbano S.A, con la cual la Universidad Francisco de Paula Santander tiene convenio de cooperación para la realización de pasantías de los alumnos del plan de estudios de Ingeniería Civil. [4]

Los resultados del muestreo se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Características IN SITU de la muestra de agua subterránea (pozo, Urbanización La Sabana).

ITEM	RESULTADO
Lugar	Urbanización La Sabana
Fecha	Abril 18 de 2008
Hora	9:00 a.m.
Periodo	Verano
Muestreador	Leidy Vannesa Rangel
Volumen de la Muestra	15 Litros
Análisis físico-químicos IN SITU	T= 25°C pH= 7.0 CTD= 2500 µm/cm

Fuente: Referencia [4]

4.1.3. Muestreo de agua de uso residencial (acueducto de Cúcuta)

Para realizar el muestreo se tomó como punto de referencia una vivienda del municipio de Cúcuta, (Barrio Ceiba II), a la cual el agua es suministrada por el acueducto municipal en la estación El Pórtico y, llega previamente tratada y apta para consumo humano.[4]

Los resultados del muestreo se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Características del muestreo de agua tratada (uso residencial).

ITEM	RESULTADO
Lugar	Vivienda Municipio de Cúcuta
Fecha	Mayo 16 de 2008
Hora	7:00 a.m.
Periodo	Verano
Muestreador	Marilyn Bonilla
Volumen de la muestra	15 Litros
Análisis físico-químicos IN SITU	T= 25°C pH= 7.70 CTD= 190 µm/cm

Fuente: Referencia [4].

Después de tomadas las muestras, éstas se mantuvieron refrigeradas a una temperatura de $\pm 4^{\circ}\text{C}$, para evitar la descomposición de la materia orgánica y, el crecimiento de microorganismos, lo anterior se realizó con el objetivo de conservar las muestras optimas para la realización de los análisis físico-químicos y microbiológicos.

4.2. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS

Teniendo en cuenta los parámetros más importantes que determinan la calidad del agua, se realizaron los siguientes análisis físico – químicos y microbiológicos a las muestras de agua recolectadas y descritas anteriormente.

Determinación de pH

Determinación de la Alcalinidad Total

Determinación de la Acidez Total

Determinación de la Dureza Total, Dureza por Calcio y Dureza por Magnesio

Determinación de Cloruros

Determinación de Sulfatos

Determinación de Hierro Total

Determinación de Sólidos Totales Disueltos (STD)

Determinación de Sólidos Totales (ST)

Determinación de Sólidos Suspendedos (SS)

Determinación de Coliformes Fecales y Coliformes Totales.

Determinación de Coliformes Fecales y Coliformes Totales.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander, siguiendo los protocolos establecidos por CORREDOR, MORENO y MUÑOZ (1998). 128 p. [7]

4.2.1. Análisis físico-químicos

Estas características permiten, a través de un conjunto de técnicas y procedimientos, identificar y cuantificar la composición física y química de una sustancia, en este caso de una muestra de agua; lo que se busca es determinar la cantidad o concentración en que se encuentra una sustancia específica en una muestra.

4.2.1.1. Determinación de pH

Este parámetro es una medida que expresa la intensidad ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o alcalinidad total de las soluciones. Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o, proveniente de los seres vivos y, las aguas subterráneas, por la oxidación de la

materia orgánica [4]. En la tabla 6, se presentan los valores de pH encontrados a las muestras.

Tabla 6. Resultados del pH de las muestras de agua.

MUESTRA	pH
AGUA RIO PAMPLONITA	7.97 ± 0.41
AGUA DE POZO	7.88 ± 0.24
AGUA TRATADA	7.86 ± 0.16

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.2. Determinación de la Alcalinidad Total

La alcalinidad de una muestra de agua, es su capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidronio, (H⁺); puede ser causada por la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en la muestra [8]. Los resultados para éste parámetro, se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de la Alcalinidad Total en muestras de agua.

MUESTRA	ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO₃
AGUA RIO PAMPLONITA	80.00
AGUA DE POZO	180.00
AGUA TRATADA	38.00

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.3. Determinación de la Acidez Total.

La acidez de una muestra de agua es su capacidad para reaccionar con una base fuerte hasta un determinado valor de pH. Este dato es

importante, debido a que las sustancias ácidas presentes en el agua, incrementan su acción corrosiva e interfieren en la capacidad de reacción de muchas sustancias y procesos al interior de los sistemas acuosos [8]. Los resultados reportados de la acidez total para las muestras de agua se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de la Acidez Total en muestras de agua.

MUESTRA	ACIDEZ TOTAL mg/L CaCO₃
AGUA RIO PAMPLONITA	10.00 ± 0.01
AGUA DE POZO	38.50 ± 6.50
AGUA TRATADA	6.00 ± 0.01

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.4. Determinación de la Dureza Total, Dureza por Calcio y Dureza por Magnesio.

En la mayoría de aguas se considera que la dureza total es aproximadamente igual a la dureza producida por los iones de calcio y los iones de magnesio. Estas durezas se encuentran solubles en agua y por lo tanto, son difíciles de remover por medio del sistema de filtración [8]. Las tabla 9, 10 y 11 reportan los valores de la dureza total, dureza por calcio y dureza por magnesio respectivamente, para las muestras de agua descritas.

Tabla 9. Resultados de la Dureza Total en muestras de agua.

MUESTRA	DUREZA TOTAL mg/L CaCO₃
AGUA RIO PAMPLONITA	140.00 ± 20.00
AGUA DE POZO	540.00 ± 20.00
AGUA TRATADA	190.00 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

Tabla 10. Resultados de la Dureza por Calcio en muestras de agua.

MUESTRA	DUREZA POR CALCIO mg/L CaCO₃
AGUA RIO PAMPLONITA	80.00 ± 10.00
AGUA DE POZO	255.00 ± 15.00
AGUA TRATADA	90.00 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

Tabla 11. Resultados de la Dureza por Magnesio en muestras de agua.

MUESTRA	DUREZA POR MAGNESIO mg/L CaCO₃
AGUA RIO PAMPLONITA	60.00 ± 2.00
AGUA DE POZO	285.00 ± 35.00
AGUA TRATADA	100 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.5. Determinación de Cloruros

Los cloruros aparecen en todas las aguas naturales, en concentraciones que varían ampliamente. La tabla 12, reporta los valores encontrados para los Cloruros de las muestras de aguas.

Tabla 12. Resultados de Cloruros en muestras de agua.

MUESTRA	CLORUROS mg/L Cl⁻
AGUA RIO PAMPLONITA	10.19 ± 2.73
AGUA DE POZO	37.90 ± 2.10
AGUA TRATADA	9.44 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.6. Determinación de Sulfatos

En la tabla 13, se presentan los resultados de sulfatos encontrados a las muestras del agua. En estos se aprecia que la muestra de agua de pozo presenta la mayor concentración de sulfatos.

Tabla 13. Resultados de Sulfatos en muestras de agua.

MUESTRA	SULFATOS mg/L de SO₄⁼
AGUA RIO PAMPLONITA	9.00 ± 1.00
AGUA DE POZO	75.00 ± 0.03
AGUA TRATADA	38.00 ± 0.02

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.7. Determinación de Hierro Total

Los resultados de la concentración de hierro total presente en las muestras se pueden apreciar en la tabla 14, de éstos se infiere que la mayor concentración de hierro se presenta en la muestra de agua del río Pamplonita.

Tabla 14. Resultados de Hierro Total en muestras de agua.

MUESTRA	HIERRO TOTAL mg/L de Fe
AGUA RIO PAMPLONITA	0.78 ± 0.05
AGUA DE POZO	0.17 ± 0.01
AGUA TRATADA	0.00

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.8. Determinación de Sólidos Totales Disueltos (STD)

Los STD, son una medida de la concentración de sales, tanto orgánicas como inorgánicas en el agua e indican salinidad; por lo general pueden ser de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor [8]. En la tabla 15, se presentan los valores hallados para los STD de las muestras de agua, de éstos se aprecia que el agua de pozo es la que presenta la mayor concentración, mientras que el agua tratada o del acueducto presentan la menor cantidad de STD.

Tabla 15. Resultados de Sólidos Totales Disueltos en muestras de agua.

MUESTRA	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS mg/L
AGUA RIO PAMPLONITA	120.55 ± 2.65
AGUA DE POZO	340.00 ± 10.00
AGUA TRATADA	97.60 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.9. Determinación de Sólidos Totales (ST)

En la tabla 16, se presentan los valores reportados para los sólidos totales de las muestras de agua. Se observa que el agua del río Pamplonita posee un 73,8% más de sólidos totales que las muestras de agua del acueducto o tratadas.

Tabla 16. Resultados de Sólidos Totales en muestras de agua.

MUESTRA	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)
AGUA RIO PAMPLONITA	372.00 ± 20.00
AGUA DE POZO	313.00 ± 7.00
AGUA TRATADA	214.00 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

4.2.1.10. Determinación de Sólidos Suspendidos (SS)

Los sólidos suspendidos, son partículas pequeñas orgánicas e inorgánicas no disueltas que se mantienen en suspensión, dispersas en el agua [8]. Los valores hallados de los sólidos suspendidos para las muestras de agua se pueden ver en la tabla 17, de éstos se infiere que el agua tratada o del acueducto prácticamente no poseen sólidos suspendidos, mientras que el agua del río Pamplonita posee la mayor cantidad de SS.

Tabla 17. Resultados de Sólidos Suspendidos en muestras de agua.

MUESTRA	SÓLIDOS SUSPENDIDOS mg/L
AGUA RIO PAMPLONITA	104.00 ± 24.00
AGUA DE POZO	21.80 ± 5.80
AGUA TRATADA	0.03 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

4.2.2. Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua, para estimar o evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos. Las pruebas microbiológicas pueden ser cuantitativas, para estimar el número total de microorganismos o el número de organismos de algunos tipos que tienen un significado especial o cualitativo, en orden a detectar la presencia de ciertos microorganismos o sus productos [9].

4.2.2.1. Determinación de Coliformes Fecales y Coliformes Totales.

La tabla 18 y 19, presenta los valores de los coliformes fecales y totales respectivamente hallados a las muestras de agua. Se observa que la muestra de agua del río Pamplonita son los que presentan la mayor cantidad de coliformes fecales como totales.

Tabla 18. Resultados de Coliformes Fecales en muestras de agua.

MUESTRA	COLIFORMES FECALES UFC/100 cm³
AGUA RIO PAMPLONITA	545
AGUA DE POZO	7.00
AGUA TRATADA	0.00

Fuente: Referencia [4].

Tabla 19. Resultados de Coliformes Totales en muestras de agua.

MUESTRA	COLIFORMES TOTALES UFC/100 cm³
AGUA RIO PAMPLONITA	8000
AGUA DE POZO	11350
AGUA TRATADA	120

Fuente: Referencia [4].

5. SISTEMAS DE FILTRACION DE USO DOMESTICO PARA POTABILIZACION DE AGUA

5.1. GENERALIDADES

La filtración es un proceso en el cual las partículas sólidas que se encuentran en un fluido líquido o gaseoso se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido a su través, pero retiene las partículas sólidas. Unas veces interesa recoger el fluido; otras, las partículas sólidas y en algunos casos, ambas cosas. [10].

El arte de la filtración era ya conocido por el hombre primitivo que obtenía agua clara de un manantial turbio haciendo un agujero en la arena de la orilla a profundidad mayor que el nivel del agua. El agujero se llenaba de agua clara filtrada por la arena. El mismo procedimiento, perfeccionado y a gran escala, ha sido usado durante más de cien años para clarificar el agua de las ciudades.

5.1.1. Los elementos que intervienen en la filtración

- Un fluido con sólidos en suspensión

Sustancia líquida o gaseosa que contiene partículas sólidas, las cuales necesitan ser separadas.[10].

- Medio filtrante

Se pueden dividir en dos grupos:

- Los que actúan formando una barrera delgada que permite el paso sólo del fluido y no de las partículas sólidas en suspensión en él.

- Los que actúan formando una barrera gruesa al paso del fluido.

Entre los primeros, se encuentran los filtros de tela, los de criba y el papel de filtro común de los laboratorios.

Entre los segundos, mencionaremos los filtros de lecho de arena, los de cama de coque, de cerámica porosa, metal poroso y los de pre-capa empleados en ciertas filtraciones industriales que contienen precipitados gelatinosos.

Un medio filtrante delgado ofrece una barrera en la que los poros son más pequeños que las partículas en suspensión, que son separadas del fluido y retenidas en el filtro. En los medios filtrantes gruesos, los poros pueden ser más gruesos que las partículas que se van a separar, las cuales pueden acompañar al fluido alguna distancia a través del medio, pero son retenidas más pronto o más tarde por el medio filtrante en los finos intersticios que existen entre las partículas que lo constituyen.

El medio filtrante acaba cegándose por las partículas acumuladas; se debe entonces lavar con fluido claro para limpiarlo y permitir que siga la filtración. Los medios filtrantes delgados también pueden cegarse cuando por ellos se filtran líquidos gelatinosos o que contienen partículas blandas y elásticas en suspensión.

Como medios filtrantes, para temperaturas menores de 100° C, se emplean fieltros de algodón o lana; ciertas fibras sintéticas hasta los 150° C; vidrio y amianto o sus mezclas hasta 350° C. Para temperaturas muy altas se usan mallas metálicas y elementos porosos cerámicos.

- Una fuerza de filtración

El fluido atravesará el medio filtrante sólo cuando se le aplique una fuerza, que puede ser causada por la gravedad, la centrifugación, la aplicación de una presión sobre el fluido por encima del filtro, o de un vacío debajo del mismo o por una combinación de estas dos cosas.

[10]

La fuerza de la gravedad se usa en los grandes filtros, de lecho de arena y en las filtraciones sencillas de laboratorio. Las centrifugadoras pueden considerarse como filtros en los que la fuerza gravitatoria es sustituida por la fuerza centrífuga, muchas veces mayor que la primera. El líquido es obligado por la fuerza centrífuga a pasar a través de las paredes de un tambor giratorio (rotor) finamente agujereadas y tapizadas muy a menudo con una tela filtrante, el sedimento queda retenido, saliendo el líquido clarificado.

En filtraciones lentas, se aplica en el laboratorio muchas veces un vacío parcial. La mayoría de las filtraciones industriales se realizan con ayuda de la presión o el vacío, dependiendo del tipo de filtro usado.

5.1.2. Tipos de filtros

Los filtros se pueden clasificar, de acuerdo con la naturaleza de la fuerza que causa la filtración, en filtros de gravedad y de presión o de vacío. [10].

5.1.2.1. Filtros de gravedad

Son los más antiguos y también los más sencillos; entre ellos, citaremos los filtros de lecho de arena, instalados en las plantas

depuradoras de agua de las ciudades, que funcionan con un excelente rendimiento. Están formados por tanques o cisternas que tienen en su parte inferior una rejilla o falso fondo sobre el que hay una capa de arena o grava de igual tamaño. [10]

5.1.2.2. Filtros de presión o de vacío

Son los más usados en la industria, con preferencia a los de gravedad. La fuerza impulsora es suplida por presión o vacío y es muchas veces mayor que la de la gravedad, lo que permite más altos rendimientos de filtración. El tipo más común de filtros de presión es el filtro prensa, del que hay diferentes tipos.

Dispone de una elevada superficie filtrante en poco espacio, por lo que su eficacia es muy grande. [10]

5.1.3. Los filtros más utilizados para el tratamiento de aguas.

5.1.3.1. Filtros de carbón activado

Muchas aguas residuales de origen industrial necesitan tratamientos avanzados para una correcta remoción de los contaminantes. El carbón activado se considera uno de los adsorbentes más versátiles y más aprovechados, gracias a su elevada superficie específica y a la amplia gama de sustancias que es capaz de adsorber. [11].

En el mercado se puede encontrar en forma granular (GAC) o en polvo (PAC). La instalación más común es en forma de filtros por gravedad y permite una enorme depuración de la solución contaminada, aunque también existen instalaciones de carbón activado que se usan como filtros de gas para la eliminación de olores y compuestos orgánicos.

5.1.3.2. Filtros rápidos de arena

Nacieron para el tratamiento final de las aguas, y después se comprobó su versatilidad y aplicación en las plantas de tratamiento en las que se desea tener un efluente particularmente límpido con poca presencia de sustancias orgánicas. El filtro está constituido por un estrato de antracita o cuarzo sobre un lecho de grava. [11].

Las impurezas del agua las captura el filtro granular por absorción e interceptación. Este tipo de filtros tienden a atascarse después de un cierto tiempo de operación (entre 6-10 horas) y es necesaria una fase de lavado a contra-corriente con agua y aire.

5.1.3.3. Filtros percoladores

En sus formas más simples están constituidos por una masa (o lecho) de material pedregoso, carbón, desechos de altos hornos, etc. a través del cual se hace pasar, por percolación, el licor, que ha sido previamente clarificado. Sobre la superficie del sustrato sólido se colocan las colonias de bacterias que se alimentan tanto de los compuestos orgánicos del carbón como de los del licor que circula a través del lecho. [11].

5.1.4. La microfiltración

Se utiliza para la remoción de partículas, bacterias, coloides y macromoléculas orgánicas de la solución acuosa en las plantas de tratamiento de aguas.

Esta tecnología no se utiliza únicamente como pre-tratamiento, sino también como “refinado” en la fase de post-tratamiento, por ejemplo

para la remoción de partículas resinosas de los tratamientos de intercambio iónico. [11].

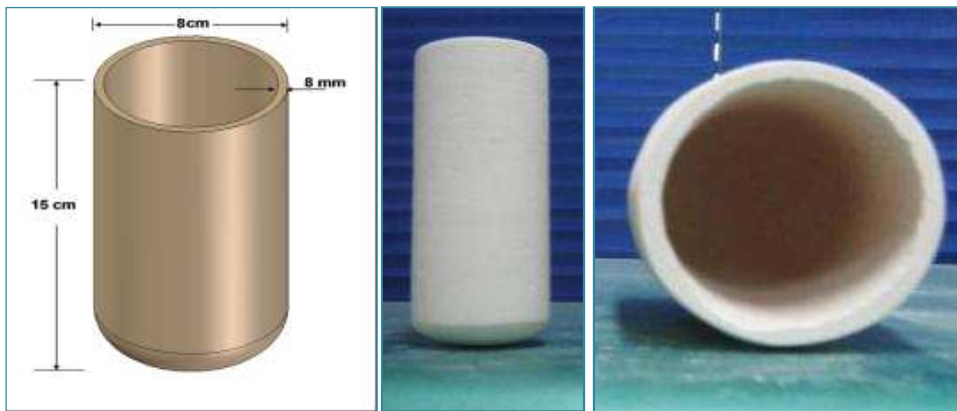
Es la técnica que presenta los poros más amplios en la categoría de las membranas, por lo tanto el gasto energético para bombear la solución no es muy elevado y al mismo tiempo se tiene un caudal mayor que atraviesa la membrana. Los poros tienen una amplitud de 0.04 a 100 μm , resistiendo una concentración de fluido que atraviesa la membrana igual a 100 ppm. Los métodos para crear estos poros son irradiación, elongación, inversión térmica y otras técnicas sobre un soporte de polímeros porosos como el polisulfonato o materiales cerámicos. [11].

Teniendo en cuenta que la región de Norte de Santander es rica en arcillas y materiales cerámicos, se analizara el uso de prototipos de filtros elaborados con materiales cerámicos para la microfiltración de agua a nivel domestico.

5.2. PROTOTIPOS CERAMICOS DE USO DOMESTICO PARA MICROFILTRACION DE AGUA

En la figura 8, se presenta el prototipo o bujía elaborados en el Centro de Investigación para Materiales Cerámicos - CIMAC de la Universidad Francisco de Paula Santander, el cual consiste en un cilindro cerámico (caolín-diatomita) abierto en un extremo y cerrado en el otro, con una altura promedio de 15 cm., un diámetro externo de 8 cm. y un espesor de pared de 0,8 cm.

Figura 8. Prototipo cerámico para microfiltración de agua



Fuente: Referencia [4].

5.2.1. Materias primas utilizadas en la fabricación del prototipo

Para la fabricación de los prototipos filtrantes se emplearon como materias primas arcillas caoliniticas provenientes de la región de Pamplona (Norte de Santander) y polvos de tierras diatomáceas marca Celite® utilizada en sistemas de filtración. [4].

Tabla 20. Porcentaje en peso (Wt%) y atómico (At%) del caolín de Pamplona (Norte de Santander) usando EDAX – SEM

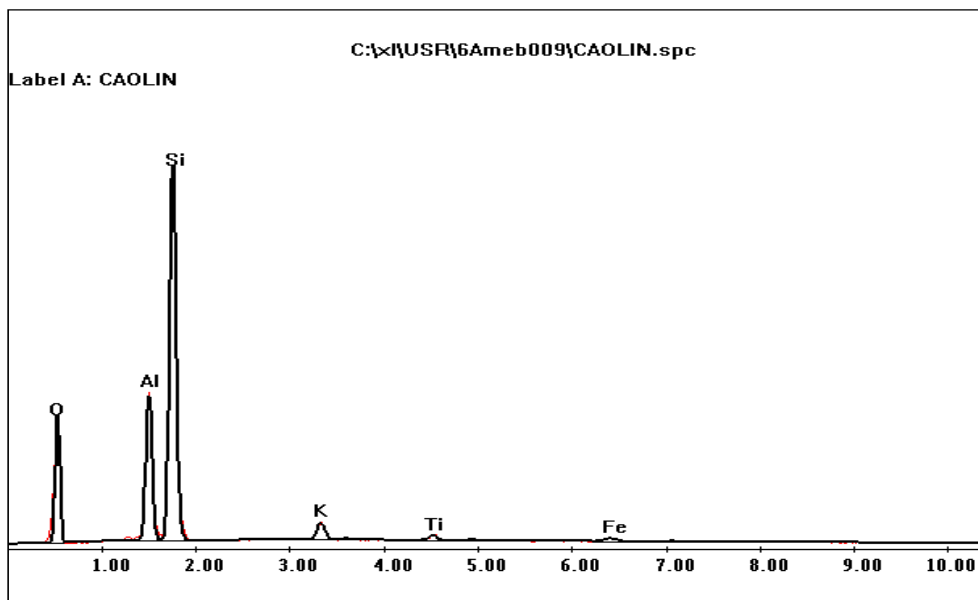
Elemento	Wt %	At %
Oxigeno (O)	39,78	54,26
Aluminio (Al)	13,36	10,81
Silicio (Si)	41,69	32,39
Potasio (K)	2,72	1.52,
Titanio (Ti)	1,13	0.52,
Hierro (Fe)	1,30	0.51,

Fuente: Referencia [12].

La composición química para los polvos de caolín, se presenta en la tabla 20, en la que se aprecia el porcentaje en peso (Wt%) y atómico

(At%), de cada uno de los elementos presentes en la muestra, estos resultados fueron obtenidos por análisis cuantitativo de fases del espectro de dispersión de energías de rayos X (EDAX) usando microscopia electrónica de barrido (SEM), el cual se presenta en la figura 9. En esta figura se observa que la fase mayoritaria es el silicio, seguido del aluminio y en concentración menor al 3% en peso se encuentra el potasio, hierro y titanio. [4].

Figura 9. Espectros de dispersión de energías (EDAX) para la muestra de caolín de Pamplona (Norte de Santander)



Fuente: Referencia [12].

Los polvos de tierras diatomáceas, fueron utilizados tal como se suministraron por el proveedor. La composición de estas tierras diatomáceas y sus propiedades físicas se presentan en las tablas 21 y 22 respectivamente, información que fue suministrada de la carta técnica del producto por el proveedor. En ésta, se aprecia que la fase mayoritaria presente es el óxido de silicio, seguido del óxido de aluminio y férrico, también se observa la presencia en concentraciones inferiores al 1 % de óxido fosfórico, de titanio, de calcio y de magnesio.

Tabla 21. Análisis químico de las tierras diatomáceas CELITE

Compuesto	Formula	Composición (Wt%)
Oxido silicio	SiO ₂	92,00
Oxido de aluminio	Al ₂ O ₃	2,40
Oxido Férrico	Fe ₂ O ₃	1,10
Oxido Fosfórico	P ₂ O ₅	0,10
Oxido de titanio	TiO ₂	0,20
Oxido de Calcio	CaO	0,70
Oxido de magnesio	MgO	0,40
Oxido de sodio más Oxido de potasio	Na ₂ O + K ₂ O	3,10

Fuente: Celite®.

Tabla 22. Propiedades físicas de las tierras diatomáceas CELITE

Propiedades físicas	Resultados
Color	Blanco
Apariencia	Polvo
Descripción	Ayuda para Filtros
Gravedad específica	2,425 g/cm ³ a T= 28 °C
Densidad Aparente	0,30 g/cm ³
Porosidad	81,45%
Absorción	69,8%
Coefficiente de permeabilidad	2.6 cm/s
PH	10,0

Fuente: Celite®.

5.2.2. Preparación de las mezclas y barbotinas

Con las materias primas previamente descritas, se procedió a preparar dos mezclas, las cuales según ensayos previos son las que

permiten obtener una porosidad del prototipo, similar a la reportada para los filtros cerámicos comerciales marca Katadyn®, la cual es aproximadamente del 70%[12]. Estas mezclas se pueden observar en la tabla 23; en éste se observan los porcentaje en peso (Wt%) de cada uno de los compuestos, donde la mezcla M1 está formada de 60% de caolín y 40% de diatomita, mientras que M2 posee 55% de caolín y 45% de diatomita.

Tabla 23. Porcentaje en peso de las mezclas

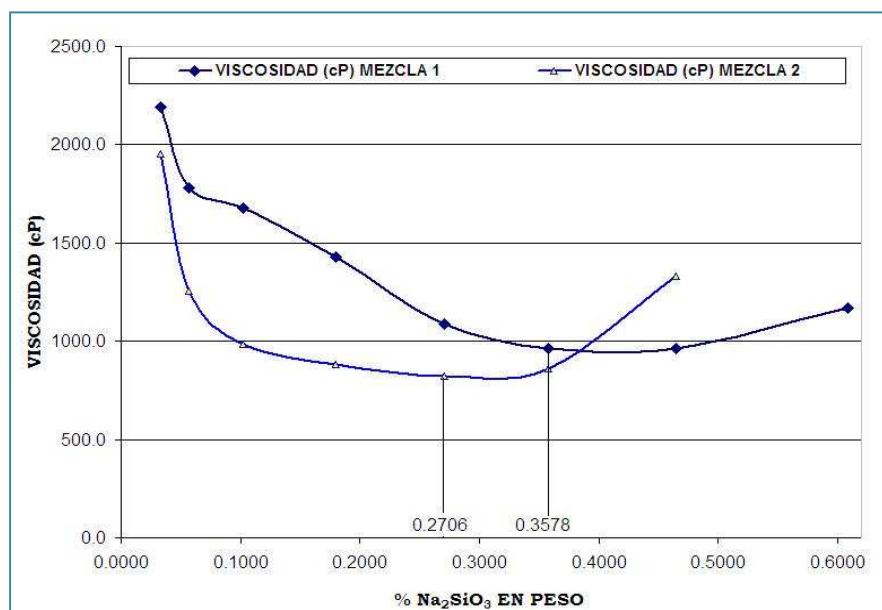
MEZCLA	COMPOSICIÓN PORCENTUAL (WT%)
M1	60% caolín y 40% diatomita
M2	55% caolín y 45% diatomita

Fuente: Referencia [4].

El proceso de defloculación de las mezclas, consiste en obtener una barbotina o suspensión de la mezcla arcillosa en agua, con el mayor contenido en sólidos, pero con una viscosidad baja; para conseguir lo anterior, se utilizó como defloculante silicato de sodio (Na_2SiO_3), el cual actúa por disociación en agua de polianiones y cationes cargados, modificando las cargas eléctricas de la barbotina a la máxima repulsión, obteniéndose así la mínima viscosidad, con la menor cantidad de agua.

En la figura 10, se presentan las curvas de defloculación para cada una de las mezclas (M1 y M2); de éstas se infiere que para la mezcla M1, la cantidad en peso de Na_2SiO_3 fue de 0.36%, para una concentración en peso de agua del 100%. Para la mezcla M2, el agua fue de 100% y la concentración de Na_2SiO_3 de 0.27%.

Figura 10. Curvas de defloculación para las mezclas M1 y M2



Fuente: Referencia [4].

5.2.3. Moldeo y secado de los prototipos

Para el proceso de conformación de las bujías o cartuchos cerámicos por moldeo, se deposita la barbotina en el molde de yeso escayola (ver figura 10), se deja en reposo por un tiempo aproximado de 25 minutos para formar una pared con el grosor de 8mm aproximadamente (ver figura 10), luego se voltea el molde en posición boca abajo, con el objeto de retirar la barbotina excedente y se deja esta posición durante 2 horas para formar el prototipo, el cual se seca y desprende de las paredes del molde y se puede retirar. [4]

El proceso de secado, se realiza en dos etapas. La primera, a temperatura ambiente, por un tiempo aproximado de 24 horas y la segunda, usando estufa de circulación forzada marca SPV® modelo 260, durante el mismo tiempo, a temperatura de 60 ± 5 °C. Transcurrido este tiempo, se dejan enfriar los prototipos para ser pesados y luego llevados al proceso de cocción.

Figura 11. Molde de yeso escayola y formación de la pared del prototipo en el molde



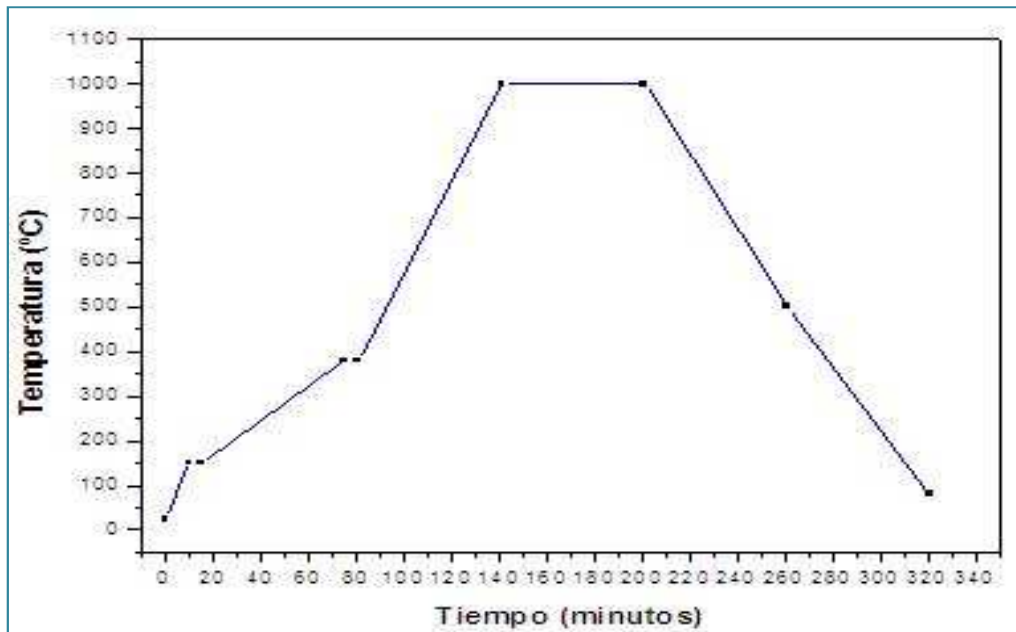
Fuente: Referencia [4].

5.2.4. Cocción de los prototipos

El proceso de cocción se realizó en una mufla eléctrica. La temperatura máxima de cocción fue de 1000 °C, por un tiempo total de cinco horas y media.

En la figura 12, se presenta la curva de cocción; en esta se aprecia que la muestra se coloca en el interior de la mufla a temperatura ambiente (25 °C), durante dos horas y media, aproximadamente; se alcanza la temperatura de 1000 °C, permaneciendo constante por 60 minutos, luego se apaga la mufla para iniciar el proceso de enfriamiento, el cual dura aproximadamente 120 minutos, hasta llegar a una temperatura de 80 °C, instante en el cual se abre la puerta de la mufla, dejándose enfriar por una hora hasta la temperatura ambiente, a la cual se extraen los prototipos. [4]

Figura 12. Curva de cocción de los prototipos



Fuente: Referencia [4].

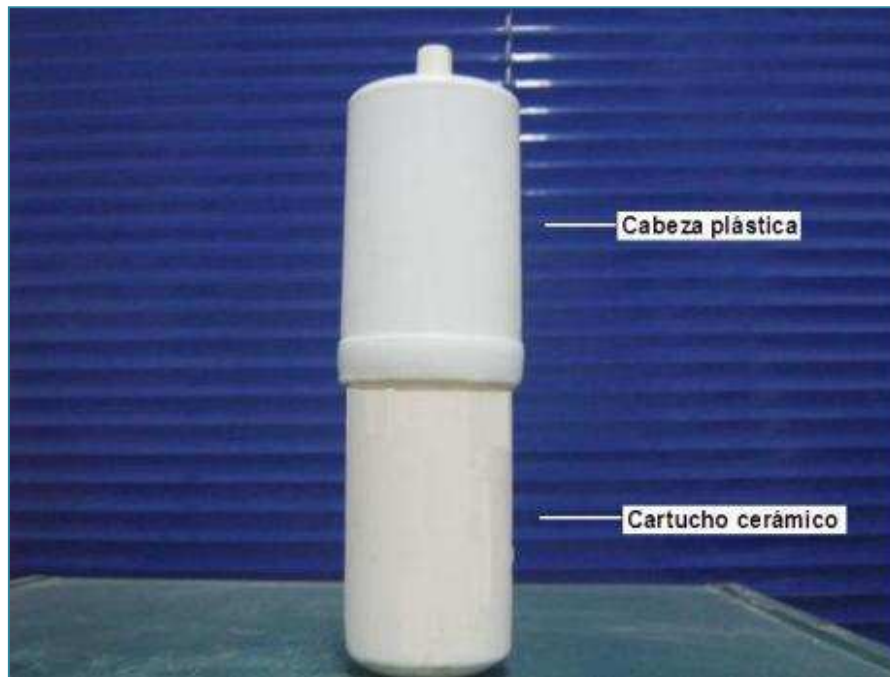
5.2.5. Ensamble del prototipo

Una vez sometidos al proceso de cocción los cartuchos o bujías cerámicos, se procede a realizar el ensamble del prototipo, el cual consiste en pegar con silicona fría el cilindro cerámico al cabezal de plástico, dejándose secar a temperatura ambiente, por un tiempo de dos horas. [12]

En la figura 13, se presenta la foto digital del prototipo ensamblado, en la cual se aprecia el cuerpo cerámico del cartucho y, el cabezal comercial de plástico.

Estos prototipos se usaron para filtrar aguas del río Pamplonita, aguas de pozo y aguas de consumo doméstico (acueducto),

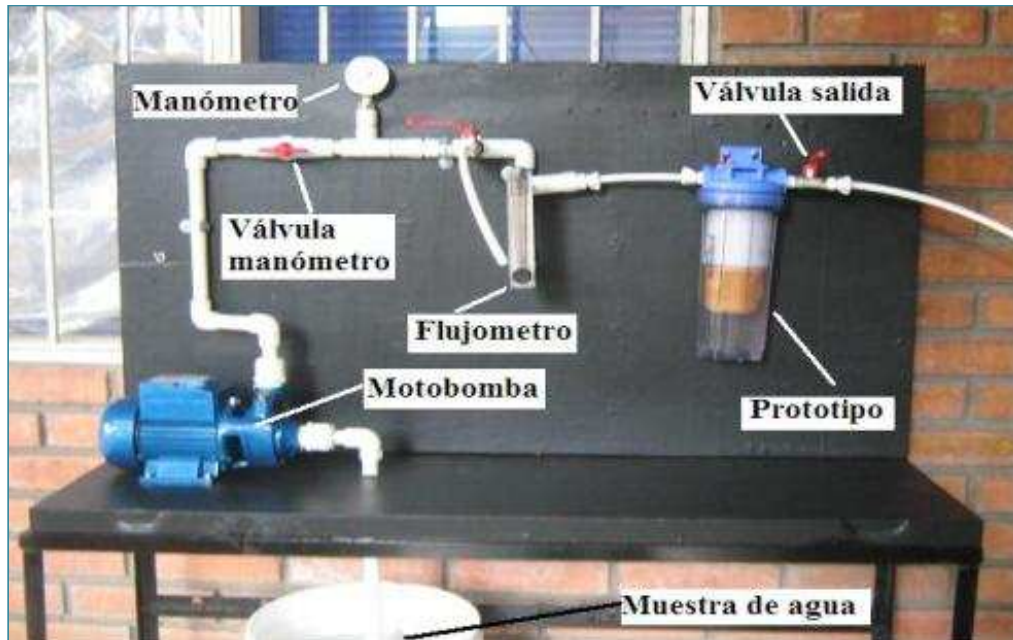
Figura 13. Prototipo ensamblado



Fuente: Referencia [4].

Utilizando el sistema que se muestra en la figura 14, donde se observa, que el sistema consta de un recipiente para depositar la muestra de agua; una motobomba eléctrica marca FEDERAL®, con una potencia de $\frac{1}{2}$ HP, y 3450 rpm; una válvula que controla la presión en el manómetro; un manómetro; un flujómetro KING® de un galón por minuto; carcasa con prototipo y, la válvula de salida. Usando la válvula del manómetro, se regula la presión en éste de forma que sea similar a la presión del agua domiciliaria en condiciones normales, la cual es de 14.7 PSI (1 atm.). [4]

Figura 14. Fotografía digital del sistema de filtración



Fuente: Referencia [4].

Una vez filtradas las muestras de agua se les realizaron análisis químicos y microbiológicos después del proceso de filtrado, con el objetivo de caracterizar la eficiencia del prototipo. Los resultados se presentan en las tablas 29 – 42.

6. CARACTERISTICAS FISICO – QUIMICAS Y MICROBIOLOGICAS DE LAS MUESTRAS DE AGUA FILTRADAS Vs NORMATIVIDAD COLOMBIANA VIGENTE

6.1. NORMATIVIDAD VIGENTE

Para efectos señalar las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial publica el 22 de Junio de 2007, la resolución número 2115/07 [Anexo]. De la resolución nombrada se extraen las tablas 24 a la 28, las cuales eran utilizadas para comparar los valores obtenidos en los análisis de las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas filtradas con los valores que exige la normatividad Colombiana.

6.1.1. Características físico – químicas

Tabla 24: Características físicas.

CARACTERISTICAS	EXPRESADA COMO	VALOR MAXIMO ACEPTABLE
Color aparente	Unidades Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelometricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Anexo

- Conductividad. Hasta 1000 microsiemens/cm.
- *Potencial de hidrógeno (pH). Entre 6,5 y 9,0.*

Tabla 25: 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

Fuente: Anexo

Tabla 26: Características Químicas que tienen implicaciones sobre 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)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

Fuente: Anexo.

Tabla 27: Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.

ELEMENTOS, COMPUESTOS QUIMICOS Y MEZCLAS DE COMPUESTOS QUIMICOS DIFERENTES A LOS PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS	EXPRESADOS COMO	VALOR MAXIMO ACEPTABLE (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ⁺³	0,2
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	0,5

Fuente: Anexo

- Cloro residual. Entre 0.3 y 2.0 mg/l.(Artículo 9)

6.1.2. Normas microbiológicas

Tabla 28: Características microbiológicas

TECNICAS UTILIZADAS	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Anexo

6.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS MUESTRAS DE AGUA ANALIZADAS

6.2.1. Análisis físico-químicos

6.2.1.1. Determinación de pH.

En la tabla 29, se presentan los resultados obtenidos para el pH de las muestras de agua, después de pasar por el sistema de filtración para cada uno de los prototipos fabricados con las mezclas M1 y M2. [4].

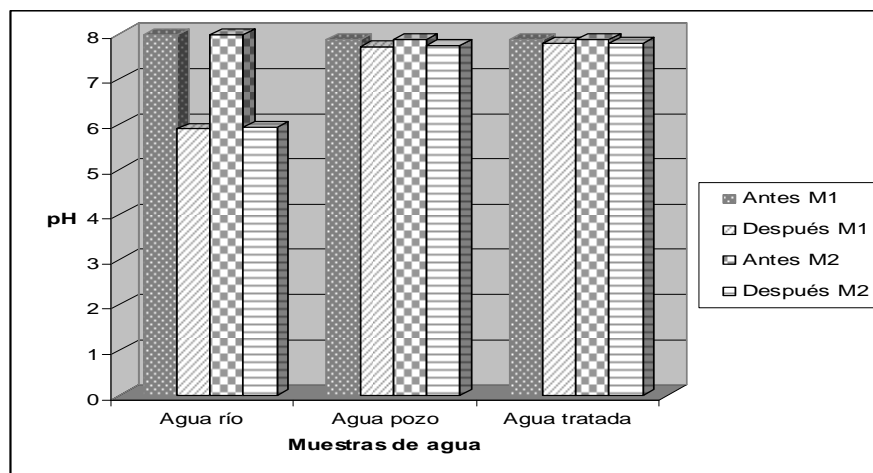
En ésta tabla podemos observar, que las tres muestras de agua presentan un pH básico y que los valores encontrados cumplen con lo establecido por la Resolución 2115 de 2007, la cual establece que el agua de consumo humano, debe tener un pH que oscile entre 6,5 y 9. Al comparar los resultados obtenidos para cada muestra de agua, se aprecia que la disminución de este parámetro en ambos prototipos no es significativa, ya que las muestras de agua antes y después presentan un valor de pH apto para consumo humano. Lo anterior puede visualizarse en el diagrama de barras presentado en la figura 15.

Tabla 29. Resultados del pH de las muestras de agua, después de ser microfiltradas.

MUESTRA	pH		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/2007
AGUA RIO PAMPLONITA	5.89 ± 0.2	5.94 ± 0.31	6.5 – 9.0
AGUA DE POZO	7.70 ± 0.13	7.75 ± 0.23	
AGUA TRATADA	7.78 ± 0.23	7.79 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

Figura 15. Diagrama de barras del pH para cada una de las muestras de agua, antes y después de pasar por el filtro de cada mezcla (M1 y M2)



Fuente: Referencia [4].

6.2.1.2. Determinación de la Alcalinidad Total

En la tabla 30, se pueden apreciar los resultados de la alcalinidad total para las muestras de agua del río, de pozo y tratada o del acueducto. De éste se observa que las tres muestras de agua presentan valores de alcalinidad, por debajo de lo establecido por la normatividad (200 mg/L), sin embargo, para el agua de pozo se aprecia que es la que posee la alcalinidad más cercana al valor de la normatividad. Lo anterior es debido a que la alcalinidad está relacionada con la dureza; estos dos parámetros son directamente proporcionales, es decir, a mayor concentración de carbonatos mayor es la alcalinidad.[4].

Tabla 30. Resultados de la Alcalinidad Total en muestras de agua

MUESTRA	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO ₃)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/07
AGUA RIO PAMPLONITA	70.00 ± 5.00	63.00 ± 1.00	200 mg/L
AGUA DE POZO	174.00 ± 18.00	173.00 ± 19.00	
AGUA TRATADA	35.00 ± 0.00	35.00 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

6.2.1.3. Determinación de la Acidez Total.

Los resultados para éste parámetro, de las muestras de agua del río Pamplonita, agua de pozo y agua tratada o del acueducto, después de pasar por el sistema de filtración para cada mezcla (M1 y M2), se reportan en la tabla 31. De éstos resultados, se infiere que no existe diferencia significativa entre una mezcla u otra, es decir, que los prototipos fabricados con la mezcla M1 y los elaborados con la mezcla M2, actúan prácticamente igual en la disminución de este parámetro físico-químico del agua. [4]. Por otra parte, se aprecia que el agua de pozo es la que presenta la mayor acidez total, pudiendo ser causada por la generación de ácidos débiles como el dióxido de carbono (CO₂), por la oxidación bacteriana de la materia orgánica con la cual el agua entra en contacto o, por la falta de oxígeno disuelto (O.D).

Tabla 31. Resultados de la Acidez Total en muestras de agua

MUESTRA	ACIDEZ TOTAL (mg/L CaCO ₃)	
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2
AGUA RIO PAMPLONITA	6.00 ± 1.00	5.50 ± 0.50
AGUA DE POZO	30.00 ± 4.00	27.00 ± 6.00
AGUA TRATADA	5.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00

Fuente: Referencia [4].

6.2.1.4. Determinación de la Dureza Total, Dureza, Dureza por Calcio y Dureza por Magnesio.

En las tablas 32,33 y 34, se pueden observar los valores de dureza total, dureza por calcio y dureza por magnesio para las muestras de agua de río, de pozo o subterráneas y tratadas o de uso residencial, respectivamente. De éstos se aprecia que las muestras de agua de

pozo presentan una dureza total mayor a la permitida por la Resolución 2115 de 2007, la cual reporta que las aguas para consumo humano deben tener un valor inferior a 300 mg/L en este parámetro. Según los valores reportados en tabla 32 (dureza total), se aprecia que las muestras de agua de pozo se pueden clasificar como aguas muy duras (>300mg/L) [8], mientras que para las otras muestras de agua (río y tratada), este parámetro cumple con la normatividad antes citada.

Tabla 32. Resultados de la Dureza Total en muestras de agua

MUESTRA	DUREZA TOTAL (mg/L CaCO ₃)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/07
AGUA RIO PAMPLONITA	110.00 ± 20.00	120.00 ± 20.00	300 mg/L
AGUA DE POZO	465.00 ± 25.00	515.00 ± 5.00	
AGUA TRATADA	140.00 ± 0.00	120.00 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

Tabla 33. Resultados de la Dureza por Calcio en muestras de agua

MUESTRA	DUREZA POR CALCIO (mg/L CaCO ₃)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/07
AGUA RIO PAMPLONITA	60.00 ± 10.00	50.00 ± 20.00	120 mg/L
AGUA DE POZO	240.00 ± 20.00	231.00 ± 31.00	
AGUA TRATADA	70.00 ± 0.00	40.00 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

Tabla 34. Resultados de la Dureza por Magnesio en muestras de agua

MUESTRA	DUREZA POR MAGNESIO (mg/L CaCO ₃)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resol. 2115/07
AGUA RIO PAMPLONITA	50.00 ± 3.00	70.00 ± 7.00	180 mg/L
AGUA DE POZO	225.00 ± 5.00	284.00 ± 36.00	
AGUA TRATADA	70.00 ± 0.00	80.00 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

En general, se puede inferir que los filtros fabricados con las mezclas M1 y M2, no son eficientes para el tratamiento de aguas duras, como era de esperarse, ya que según Romero (1996)[8], la dureza se encuentra soluble en el agua y puede ser removida mediante procesos de precipitación, ablandamiento con cal o soda ash, entre otros.

6.2.1.5. Determinación de Cloruros.

Se puede observar en tabla 35, que el contenido de cloruros en las muestras de agua (río, pozo y tratada) varían una de la otra, encontrándose el valor dentro del parámetro establecido por la normatividad (Resolución 2115/2007)[Anexo].

Tabla 35. Resultados de Cloruros en muestras de agua

MUESTRA	CLORUROS (mg/L Cl ⁻)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/2007
AGUA RIO PAMPLONITA	8.95 ± 2.99	7.20 ± 1.25	250 mg/L
AGUA DE POZO	33.21 ± 1.58	26.37 ± 3.65	
AGUA TRATADA	6.46 ± 0.00	5.96 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

6.2.1.6. Determinación de Sulfatos.

Los valores reportados de los sulfatos presentes en las muestras de agua del río, pozo y tratada o acueducto, se presentan en la tabla 36. De éstos podemos afirmar que contienen un valor de sulfatos por debajo del permiso por la normatividad (250 mg/L SO₄²⁻), siendo consideradas aptas para el consumo humano. En este cuadro también se puede observar que el agua de pozo posee una concentración de sulfatos más alta que las demás; esto puede ser debido a que el agua se encuentra bajo condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno).

Tabla 36. Resultados de Sulfatos en muestras de agua

MUESTRA	SULFATOS (mg/L de SO ₄ ⁻)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/2007
AGUA RIO PAMPLONITA	5.00 ± 0.00	6.00 ± 2.00	250 mg/L
AGUA DE POZO	67.00 ± 0.00	70.00 ± 0.00	
AGUA TRATADA	30.00 ± 0.00	33.00 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

6.2.1.7. Determinación de Hierro Total.

Los resultados encontrados para el hierro total en las muestras de agua de río, de pozo y tratada o, del acueducto, se presentan en tabla 37; aquí se aprecia que en la muestra de agua tratada no hay presencia de iones hierro. En la de pozo, la concentración se encuentra bajo el parámetro permitido por la normatividad (Resolución 2115/2007), mientras que la de río supera este valor, siendo considerada como agua problema, ya que estos iones pueden darle sabor, olor y color indeseable al agua, causando manchas caferojizas en la ropa, utensilios, accesorios de plomería y concreto, entre otros.[4]

A la vez, se puede notar que después de ser microfiltrada, el hierro es removido en un 95% aproximadamente por los dos tipos de prototipos (M1 y M2), obteniendo agua apta para el consumo humano, ya que cumple con lo exigido por la resolución 2115 de 2007[Anexo].

Tabla 37. Resultados de Hierro Total en muestras de agua

MUESTRA	HIERRO TOTAL (mg/L de Fe)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/2007
AGUA RIO PAMPLONITA	0.04 ± 0.003	0.05 ± 0.003	0.30 mg/L
AGUA DE POZO	0.08 ± 0.005	0.10 ± 0.01	
AGUA TRATADA	0.00	0.00	

Fuente: Referencia [4].

6.2.1.8. Determinación de Sólidos Totales Disueltos (STD).

En la tabla 38, se presentan los resultados encontrados de los sólidos totales disueltos en el agua de río, de pozo y tratada o del acueducto después de pasar por el sistema de filtración, que utiliza los prototipos fabricados con las mezclas M1 y M2. En este se observa que el agua con la mayor cantidad de STD es el agua de pozo, mientras que el agua con menor cantidad es la tratada o del acueducto. De éstos resultados, se aprecia que el porcentaje de remoción de STD por los filtros es superior al 55%. Estos valores reportados de STD se encuentran dentro del límite establecido por el decreto 475 de 1998, que establece un valor inferior a 500mg/L de sólidos totales. Se cita en este valor ya que la resolución 2115/07 no presenta la existencia de algún valor máximo permitido para este parámetro.[4].

Tabla 38. Resultados de Sólidos Totales Disueltos en muestras de agua

MUESTRA	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Decreto 475 de 1998
AGUA RIO PAMPLONITA	38.37 ± 1.12	40.07 ± 0.08	500 mg/L
AGUA DE POZO	143.22 ± 22.00	151.76 ± 10.35	
AGUA TRATADA	41.23 ± 0.00	43.32 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

6.2.1.9. Determinación de Sólidos Totales (ST).

Los sólidos totales medidos a las muestras de agua (río, pozo y tratada o del acueducto) después de pasar por el sistema de filtración, usando los prototipos elaborados con las mezclas M1 y M2, se reportan en la tabla 39. En éste, se aprecia que las muestras de agua, antes de someterse al proceso de filtración, contienen una cantidad de sólidos

totales que cumple con lo establecido por la normatividad (decreto 475 de 1998), sin embargo, las muestras, después de ser filtradas muestran una reducción superior al 70% de sólidos totales tanto para los prototipos con mezcla M1, como los hechos con la mezcla M2. Lo anterior permite inferir que los prototipos filtrantes fabricados con mezclas M1 y M2, son eficientes en la remoción de sólidos totales, de igual forma se visualiza que la remoción es directamente proporcional a las partículas presentes; es decir, que a mayor concentración de ST mayor es la adsorción de las partículas al pasar por el sistema de filtración.[4].

Tabla 39. Resultados de Sólidos Totales en muestras de agua

MUESTRA	SOLIDOS TOTALES (mg/L)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Decreto 475 de 1998
AGUA RIO PAMPLONITA	76.62 ± 5.12	81.49 ± 5.77	500 mg/L
AGUA DE POZO	68.59 ± 3.56	70.00 ± 4.00	
AGUA TRATADA	65.21 ± 0.00	72.33 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

6.2.1.10. Determinación de Sólidos Suspendidos (SS).

En la tabla 40, se muestran los resultados obtenidos de SS realizados a las tres muestras de agua. Allí se puede apreciar que el agua de río presenta mayor cantidad de sólidos suspendidos que el agua de pozo, mientras que el agua tratada o del acueducto, prácticamente no presenta ninguna cantidad de SS. De éstos resultados es evidente que la efectividad de remoción de los prototipos fabricados con mezcla M1 y M2, es de un 88% en promedio, para los dos tipos de prototipos.[4]

Tabla 40. Resultados de Sólidos Suspendedos en muestras de agua

MUESTRA	SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Decreto 475 de 1998
AGUA RIO PAMPLONITA	10.00 ±2.00	16.00 ± 12.00	500 mg/L
AGUA DE POZO	4.00 ± 2.00	6.00 ± 1.10	
AGUA TRATADA	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	

Fuente: Referencia [4].

6.2.2. Análisis microbiológicos

6.2.2.1. Determinación de Coliformes Fecales y Coliformes Totales.

En las tablas 41 y 42, se reportan los resultados obtenidos del análisis microbiológico aplicado a las muestras de agua del río Pamplonita, de pozo y agua tratada o del acueducto. Se aprecia que el agua de pozo presenta una cantidad muy mínima de Coliformes Fecales, mientras que el agua de río presenta una gran cantidad de este tipo de microorganismos, lo cual era de esperarse, debido a la carga de desechos que se arrojan a éste, al paso de ganado en el pastoreo y al contacto con el aire y suelo, entre otros factores. [4]

De otra forma, se aprecia que el agua del acueducto o tratada no presenta coliformes fecales. De los resultados encontrados al agua después de pasar por el sistema de microfiltración, se aprecia que los prototipos (tanto los elaborados con la mezcla M1 como M2), son altamente eficientes en la remoción de coliformes fecales, ya que retienen hasta un 99% de éstos durante el proceso de microfiltrado.

Tabla 41. Resultados de Coliformes Fecales en muestras de agua

MUESTRA	COLIFORMES FECALES (UFC/100 cm ³)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/2007
AGUA RIO PAMPLONITA	1.00	3.00	0.00 UFC/100 cm ³
AGUA DE POZO	0.00	0.00	
AGUA TRATADA	0.00	0.00	

Fuente: Referencia [4].

Tabla 42. Resultados de Coliformes Totales en muestras de agua

MUESTRA	COLIFORMES FECALES (UFC/100 cm ³)		
	Prototipo con mezcla M1	Prototipo con mezcla M2	Resolución 2115/2007
AGUA RIO PAMPLONITA	3.00	4.00	0.00 UFC/100 cm ³
AGUA DE POZO	5.00	10.00	
AGUA TRATADA	2.00	5.00	

Fuente: Referencia [4].

El análisis de los coliformes totales (ver tabla 42), permite inferir que el agua de pozo presenta mayor cantidad de Coliformes Totales, seguido por el agua de río y por último, del agua tratada o del acueducto. La presencia de estas bacterias en el suministro de agua, es un indicio de que el suministro puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Una vez sometidas las muestras de agua a procesos de microfiltración a través de los prototipos con mezcla M1 y M2, se observa que la cantidad microbiana del agua es reducida en un 99%, siendo considerados los prototipos como medios apropiados para obtener agua en condiciones aptas para consumo humano.

Se presentan los porcentajes de remoción más significativos, que se determinaron mediante el proceso de microfiltración a las muestras de agua que contenían concentraciones superiores a las establecidas por la resolución 2115 de 2007 en la tabla 43.

Tabla 43. Porcentajes (%) de remoción para los prototipos con mezcla M1 y mezcla M2

Parámetro de Calidad	Muestra	Prototipo mezcla M1	Prototipo mezcla M2
Alcalinidad Total	Agua con concentración alta	13.00%	16.67%
Dureza Total	Agua de pozo	13.88%	4.63%
	Agua con concentración Alta	13.33%	10.56%
Cloruros	Agua con concentración alta	49.98%	51.22%
Sulfatos	Agua con concentración alta	43.84%	42.86%
Hierro Total	Agua de río	94.87%	93.59%
	Agua con concentración alta	97.50%	100.00%
Sólidos Totales	Agua de río	79.40%	78.09%
Coliformes Totales	Agua de río	99.96%	99.95%
	Agua de pozo	99.96%	99.91%
	Agua tratada	98.33%	95.83%

Fuente: Referencia [4].

7. LA ARCILLA – PRINCIPAL FUENTE DE LA ECONOMIA DE LA REGION

Teniendo en cuenta las exigencias actuales que demandan los mercados internacionales, se requiere mejorar los sistemas productivos actuales en Norte de Santander incorporando y desarrollando nuevas tecnologías y productos, que permitan satisfacer las demandas y requerimientos de estándares de calidad y productividad necesarios para mantener los actuales mercados e incursionar en otros potenciales; lo cual solo es posible si se logra una verdadera articulación entre los actores promotores del desarrollo regional del sector cerámico, es decir: las industrias, las empresas relacionadas e involucradas con el sector, las entidades e instituciones de apoyo, la academia, el gobierno local, el gobierno departamental y los estamentos nacionales. [13].

7.1. FORMACIONES GEOLOGICAS DE ARCILLA DEL AREA METROPOLITANA DE CUCUTA [14]

Estas arcillas se encuentran formando parte de la litología de las formaciones terciarias de León y Guayabo, aunque en algunos sectores de Cúcuta trabajan estudios sobre la composición mineralógica y química de las arcillas de Cúcuta, las muestran como materiales de primera calidad, desde el punto de vista cerámico.

7.1.1. Conjunto arcilloso del grupo guayabo

Está conformado por una secuencia de arcillolitas con intercalaciones de limolita arcillosa, arenisca de grano muy fino y arenisca de grano fino a medio. Sus principales características son:

- Se presenta en forma masiva en capas de espesor variable; sólo en algunos casos registran laminación.
- Las arcillolitas de la base registran colores gris claro a verdoso, similares a los tonos presentados por la Formación León, pasando luego a colores amarillentos y violáceos.
- James y Ponce describen esta arcilla como predominantemente con una relación arcilla-arena variable que va desde el 80 al 90% en el tope de la Formación León, hasta tener en el cuerpo del conjunto Guayabo un predominio de lodolitas y limolitas.
- Las areniscas de este conjunto son de grano fino a medio; de composición mineralógica basado en cuarzo, moscovita, feldespatos y minerales oscuros no identificables macroscópicamente; muestran una gran variación de colores, que van desde el blanco hasta el amarillo pardusco.
- La arenisca de grano grueso presente en este conjunto está débilmente cementada con cemento silíceo, la fracción de arcilla en la matriz es muy baja, los granos son sub - angulares o sub - redondeados y el sorteamiento es regular.
- En la arenisca de grano fino se muestra un incremento en la fracción de arcilla y limo siendo por lo tanto menos poroso y friables que la del grano grueso.
- Las areniscas de grano grueso se presentan en general en forma masiva, en capas de 1 a 2 metros de espesor y muestran ocasionalmente estratificación cruzada, ondulitas y marcas de corrientes. Las de grano fino se presentan en estratos de hasta 2 metros de espesor. La de grano muy fino tiene espesores que

no pasan de 30 cm y generalmente es laminada con abundante moscovita en los planos de laminación; también suele presentar macroestratificación cruzada.

- Este conjunto arcilloso no tiene mayor importancia como acuíferos ya que el porcentaje de areniscas en la columna es muy bajo, los espesores de estas areniscas son comparativamente más bajos que aquéllos de arcillolita, aunque la permeabilidad promedio primario de estas areniscas es baja a media.

7.1.2. Conjunto Arenoso del Grupo Guayabo.

Se caracteriza por el predominio de arenisca de grano grueso, incluyendo arenisca conglomerática y conglomerado. Existe además, presencia de material granular fino a medio similar a la del conjunto arcilloso. Sus principales características son:

- Su color varía desde el blanco al amarillo rojizo y marrón; en materia de tamaño, predominan los granos gruesos con un sorteamiento de malo a regular. Se registran formas de grano redondeados al lado de formas angulares.
- El contenido de arcilla en la matriz es muy bajo y la cementación es mala o regular. El cemento es predominantemente silíceo, aunque también existe cemento ferruginoso; se presenta desarrollos de oolitas de gohetita y chamosita.
- La composición mineralógica básica es cuarzo, chert, algo de feldespato, moscovitas y minerales oscuros en algunas ocasiones.

- Las areniscas de grano fino se presentan en capas de espesores menores de 30 cm y aún laminadas. Es frecuente encontrar en ella microestratificación cruzada y ondulitas; en los planos de estratificación y laminación hay una concentración de moscovita: el contenido de arcillas es mayor que las de grano medio y grueso y son también menos friables que estas últimas. Las capas de grano grueso tienen espesores mayores que las anteriores, se han registrado capas hasta de 6 metros de espesor, siempre presenta estratificación cruzada con gradación en el tamaño. Son frecuentes los rellenos de canal y las marcas de corrientes.
- El conglomerado es de composición similar a la de areniscas, con diferencia de que los cantos de chert son más abundantes y aparecen además cantos de areniscas de grano muy fino. La matriz arenosa es compuesta por cuarzo, feldespato y moscovita. La cementación es buena, el cemento es silíceo y en parte ferruginoso. Los cantos son sub-redondeados y angulares y llegan a tener hasta 2 cm de diámetro.

Al pie de los monumentos de Cristo Rey y Columna de Padilla, en el sector sur del casco urbano de la ciudad de Cúcuta, se observa afloramientos de estos conglomerados. En estos lugares se registran areniscas de grano muy grueso con estratificación cruzada y el conglomerado se presenta en la base de cada estrato; se encuentra que la capa grada a arenisca hacia el techo. Este afloramiento corresponde a la parte más alta de la secuencia estratigráfica del grupo Guayabo en el sinclinal Cúcuta.

Este conjunto litológico tiene interés como acuífero por sus características hidrogeológicas, en atención a que la porosidad y permeabilidad primarias de las capas acuíferas del mismo tienen un

valor medio aproximadamente constante, no obstante la permeabilidad secundaria varía de la parte superior a la inferior del conjunto.

La gran variabilidad lateral de la secuencia litológica encontradas en el Grupo Guayabo, podría explicar la razón por la cual los investigadores geológicos asocian a este grupo como depósito de medios lagunares, aluviales y de playa, presentado en un ambiente deltáico.

El Grupo Guayabo es un depósito de tipo molasa acumulado en un ambiente deltáico en un plano inclinado hacia el este y que el área de aporte fue el Macizo de Santander que emergía contemporáneamente con la Formación del depósito.

Además se puede afirmar que la coexistencia en los materiales del Grupo, de formas redondeadas y angulares de grano, sugiere que el aporte está derivado de las rocas cristalinas del macizo y de las rocas sedimentarias que lo cubrían.

Geomorfológicamente las unidades litológicas de este Grupo revelan geoformas con relieve mayor que las unidades netamente arcillolíticas de la León, señalan un drenaje poco denso y no registran o solo muestran un desarrollo incipiente de suelos.

Los procesos erosivos, aunque presentes en el grupo, son menos intensos que los que se registran en las arcillas de la Formación León. Los materiales del Grupo Guayabo son susceptibles a deslizamientos de rocas y detritos, soliflucción y corrientes de barro en época de lluvia.

7.1.3. Formación León.

En el área de Cúcuta, aflora ampliamente a W y SE de la ciudad; suprayace concordantemente a la Formación Carbonera e infrayace

concordantemente al Grupo Guayabo. En el anticlinal de Petrólea su espesor es de 510 a 785 metros.

El contacto con Carbonera está ubicado en el último banco de arenisca verdoso a partir del cual se inicia una espesa sucesión de arcilla. El contacto con Guayabo está localizado donde comienzan a aparecer los primeros niveles de arenisca.

La laminación que presentan estas arcillolitas es local.

En algunas zonas geológicas (Quebradas Las Brujas al Oeste de Cúcuta, y Múcuras), afloran intercalaciones de más o menos 5 metros de espesor de arenisca blanca de grano muy fino con estratificación fina y a veces laminada.

Es frecuente en esta Formación encontrar lentes de yeso dispuestos a lo largo de los planos de estratificación o en los planos de fracturamiento.

El color predominante es gris verdoso pero también presenta tonalidades que varían de pardo a violáceo.

No es frecuente encontrar fósiles en esta Formación, con excepción de algunas especies de foraminíferos. Este hecho dificulta datar su edad.

Tomando como base el diagrama general del Terciario de Colombia, por superposición con las formaciones de lecho y techo, se le asocia con edad Oligoceno Medio. Es posible que la presencia de partículas finas en suspensión haya originado turbidez, la cual haya restringido las condiciones de vida.

Los geólogos que han estudiado estos materiales señalan que el ambiente en que se depositaron estas arcillas fue marino, de circulación restringida. A esta circunstancia asocian la presencia de yeso en el depósito. Sin embargo, este mineral no se le encuentra en toda la columna estratigráfica de la Formación; lo cual podría indicar que hubo fluctuaciones de circulación. Un ejemplo insinuante de esta afirmación lo revela la arenisca de la parte media.

Geomorfológicamente esta Formación está caracterizada por presentar bastante disección ocasionada por una densa red de pequeños canales dispuestos en forma dendrítica. Los procesos erosivos, de carácter hídrico son casi estrictamente fluviales, formándose corrientes de barros en los escasos períodos de lluvia y en ocasiones formando corrientes terrosas.

Las arcillas presentes se califican como materiales impermeables, muy compactos, plásticos y untuosos. En estas condiciones la permeabilidad primaria es muy baja, por lo cual se le consideran como materiales acuitardos.

7.2. CARACTERISTICAS DE LAS ARCILLAS DEL AREA METROPOLITANA Y SU APTITUD PARA SU APROVECHAMIENTO CERÁMICO [15]

7.2.1. Caracterización Química.

Las principales características químicas se muestran a continuación.

7.2.1.1. Materias primas plásticas.

En tabla 44, se puede observar las características químicas de las Materias primas plásticas (arcilla blanca y roja)

Tabla 44. Caracterización química de Materias primas plásticas

COMPOSICION MINERALÓGICA, DE LAS ARCILLAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA EN %			
ITEM	FÓRMULA	ARCILLA ROJA	ARCILLA BLANCA
Silicio	SiO ₂	67,3	61,11
Aluminio	Al ₂ O ₃	17,5	20,60
Hierro	Fe ₂ O ₃	5,1	4,15
Titanio	TiO ₂	0,7	0,73
Oxido de Calcio	CaO	0,4	0,29
Magnesio	MgO	0,6	0,51
Sodio	Na ₂ O	0,2	0,19
Oxido de Potasio	K ₂ O	1,6	1,15
Pérdidas Calcinación	P.p.c	6,4	8,19

Fuente: Referencia [15].

Algunos aspectos importantes de destacar;

El SiO₂ proviene de dos fuentes mineralógicas totalmente diferentes: del mineral arcilloso (Al₂O₃-2SiO₂) y del cuarzo libre. Cuanto menor sea el porcentaje significara normalmente una menor cantidad de cuarzo libre en la arcilla y por lo tanto una mayor plasticidad.

Con el Al₂O₃ sucede lo contrario que con el SiO₂. Cuanto mayor sea la cantidad significara una mayor plasticidad de la arcilla asociada al incremento de la caolinita como constituyente del mineral arcilloso.

Los elementos de Fe₂O₃ y TiO₂ son considerados como impurezas colorantes que cambian la coloración de la arcilla hacia tonos más oscuros como marrones, rojos y amarillentos.

El Na₂O y el K₂O actúan como fundentes energéticos.

La pérdida por calcinación (P.P.C) procede e indica la presencia de agua estructural (deshidroxilación del mineral arcilloso) y de materia orgánica (descomposición durante la cocción).

7.2.1.2. Materias primas no plásticas.

En la tabla 45, se presenta la caracterización química de las materias primas no plástica (feldespatos)

Tabla 45. Caracterización química de Materias primas no plásticas.

COMPOSICION MINERALOGICA, DE LOS FELDESPATOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE CUCUTA EN %		
ITEM	FORMULA	FELDESPATOS
Silicio	SiO₂	73,5
Aluminio	Al₂O₃	15,0
Hierro	Fe₂O₃	0,7
Titanio	TiO₂	0,1
Oxido de Calcio	CaO	0,6
Magnesio	MgO	0,1
Sodio	Na₂O	2,9
Oxido de Potasio	K₂O	6,3
Pérdidas Calcinación	P.p.c	0,8

Fuente: Referencia [15].

Algunos aspectos importantes de destacar;

Los elementos Na₂O y K₂O son fundentes y generadores de fase vítrea de baja viscosidad. El Na₂O es un fundente más energético que el K₂O y por lo tanto su presencia es más deseable.

Con el Fe₂O₃ y TiO₂ sucede lo mismo que con las arcillas. Su presencia oscurecerá el tono de los feldespatos. Sin embargo, el porcentaje de este tipo de impurezas en los feldespatos debe ser menor que en las arcillas debido a la alta transparencia de los primeros en comparación con las arcillas.

7.2.2. Caracterización Física.

Las principales características físicas se describen a continuación.

7.2.2.1. Materias Primas Plásticas.

La caracterización física de las materias primas plásticas se presenta a continuación.

Compactación.	2,121 g/cm ³
Fundencia.	1,24 %
Perdidas por Calcinación.	5,58 %
Color de Cocción	6,42 %

Las materias primas plásticas (arcillas) evitan la sedimentación del resto de materias primas durante la etapa de molienda (actúan como suspensionantes), y ayudan a conseguir una mejora en la compactación durante la etapa de prensado, disminuyendo el efecto del expansión post-prensado en el soporte cerámico.

Además las materias primas plásticas confieren a la pieza cerámica una buena resistencia mecánica (en crudo y en seco) en las etapas anteriores a la cocción.

Generalmente un buen comportamiento durante el prensado de las arcillas (no mezcladas con otros materiales) está relacionado con un bajo contenido en material arcilloso (caolinita) y, por lo tanto, con una baja plasticidad de las mismas. No obstante la compactación y el comportamiento plástico que se habrán de tener en cuenta serán los de la mezcla de las materias primas plásticas con las materias primas no plásticas.

La relación mineral arcilloso/arena, la naturaleza del mineral arcilloso (illítico, caolinítico, etc.) y la clase de arena en la composición de cada material (silíceo o feldespática) influyen en la fundencia de las arcillas, la cual se define mediante el valor obtenido en la absorción de agua a la temperatura máxima ensayada.

El valor de la pérdida por calcinación de las materias primas plásticas nos da una idea del contenido en materia orgánica de estos materiales.

El color tras la cocción de las materias primas plásticas depende de la proporción de impurezas colorantes contenidas en su composición. Las impurezas más importantes en las materias primas plásticas cerámicas son el óxido de hierro (Fe_2O_3) y el óxido de titanio (TiO_2)

7.2.2.2. Materias Primas no Plásticas.

A este tipo de materiales solo se les caracteriza la fundencia y el desarrollo del color el cual nos dará información sobre la limpieza y el contenido en impurezas colorantes de los feldespatos.

Además el color de cocción de las materias primas no plástica depende de su fundencia y del contenido de impurezas de cada uno de ellos.

7.3. DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS CERÁMICAS DE LA REGION

7.3.1. Municipio de Cúcuta. [16].

El Municipio de Cúcuta está localizado sobre las estribaciones de la Cordillera Oriental, en el Macizo de Santander. Se ubica al Este del Departamento Norte de Santander, en límites con la República de

Venezuela. El Municipio de Cúcuta tiene una extensión de 1.119 Km², que equivalen al 4.11% de la superficie departamental (27.217 Km²), ocupando el séptimo lugar por superficie, entre los municipios del departamento.

Los principales Tejares y Ladrilleras de Cúcuta son:

- Cerámicas Italia,
- Tejar de Pescadero,
- Ladrillera Cortés y Cía. Ltda.
- Cerámica Santa Ana EU,
- Ladrillera Arcigres Ltda.
- Bloques y ladrillos,
- Arcillas del Oriente,
- Tejar San Gerardo Ltda.
- Tejar la Frontera,
- Chircal Bocono.

7.3.2. Municipio del Zulia.

El municipio tiene una superficie de 48.979 hectáreas, equivalente al 0,22% del área total de Norte de Santander y está situado en la subregión oriental del departamento. El municipio del Zulia limita: al norte con el municipio de Cúcuta, al sur con los municipios de San Cayetano y Santiago, por el oriente con el municipio de Cúcuta y por el occidente con los municipios de Gramalote y Sardinata.

El plan de ordenamiento territorial del municipio de El Zulia, presenta la siguiente información en el tema de la arcilla: en la actualidad no se tienen cuantificadas las reservas de arcillas existentes en el municipio, sin embargo, de acuerdo con el porcentaje de distribución de las formaciones portadoras en el área territorial (15,4% para las formaciones León y Guayabo), se estima que los volúmenes de material son importantes.

Los principales Tejares y Ladrilleras del Zulia son:

- CI América Export Ltda.
- Chircal Villa María,
- Maexpo Ltda.
- Tejar Santa Teresa,
- Ladrillera Casablanca,
- Tejar Santa Rosa Ltda.
- Arcillas Castilla,
- Arcillas los Ángeles,
- Chircal la Estrella,
- Tejar el Tunal,
- Ladrillera Merkagres de Colombia Ltda.
- Ladrillera Sierra Avendaño,
- Tejar ladrillos y ladrillos,
- Coarcicu,
- Tejas y pisos del Zulia,
- Tejas y pisos del Norte,
- Tejar Conalgres,
- Ladrillera el Zulia,
- Tejar la Peñita,
- Cerámicas Casa Colonial Ltda.
- Chircal Villaelen,
- Quebrada seca,
- Vista hermosa,
- Tejar la palmita,
- Samán,
- Borriqueros,
- Tejar Florencia,
- Dos sierras
- la Alejandra.

Las arcillas de estas municipios se encuentran formando parte de la litología de las formaciones terciarias de León y Guayabo.

7.3.3. Municipio de Villa del Rosario.

El Municipio de Villa del Rosario se encuentra situado en la parte Noreste de Norte de Santander, tiene una extensión de doscientos veintiocho kilómetros cuadrados (228Km²). Los límites generales son: al Norte: con el Municipio de San José de Cúcuta, al Oriente: con el río Táchira, al Sur: con el Municipio de Ragonvalia, al Occidente: con el Municipio de los patios.

Las principales ladrilleras de éste municipio son:

- Gresco NS,
- Norgres Ltda.
- Cerámica Pirámide Grancolombia
- Ladrillera Cúcuta,
- Margres S.A,
- Ladrillera Villa de Gres,
- Tejar Cerámica Babilonia,
- Arcillas San Felipe Ltda.
- Ladrillera el Topacio,
- Arcillas del Rosario,
- Ladrillera Pinzón
- Ladrillera Patiño Pita

Se observan en el área estratos pertenecientes a la unidad litoestratífuga del terciario denominada Formación Guayabo (Tmg) conjunto arcilloso, la cual consta principalmente de estratos arcillosos de espesor variable interestratificados con rocas areniscas de dureza media y grano medio cementadas en óxido de hierro.

7.3.4. Municipio Los Patios.

Esta localizado al Oriente de Norte de Santander, haciendo parte de la subregión Oriental del Departamento, junto con los municipios de Cúcuta, El Zulia, San Cayetano, Villa del Rosario y Puerto Santander, de los cuales excepto del último, conforman el Área Metropolitana de Cúcuta.

El plan de ordenamiento territorial del municipio de los Patios, presenta la siguiente información en el tema de la arcilla: Las arcillas que se extraen en el Municipio de los Patios son reconocidas a escala nacional por su excelente calidad en la elaboración de productos cerámicos, esmaltados y no esmaltados. Así mismo, el procesamiento de las arcillas tiene marcada incidencia en la vida económica de la comunidad, con un alto índice de empleo a través de la industria mecanizada y artesanal; esto debido a las características físico –

químicas de estos materiales, óptima para la elaboración de productos cerámico.

Las principales unidades productivas se encuentran ubicados sobre la carretera que de Cúcuta conduce al Municipio de Pamplona, en el sector denominado los vados a 5 Km. de la Ciudad de Cúcuta en el Nor–Oriente del departamento. Entre las principales ladrilleras de éste municipio están:

- Cerámica Támesis S.A.
- Sigma Ltda.
- Tejar Llano grande Ltda.
- Cerámicas América,
- Tejar los Vados,
- Ladrillera la isla de la fantasía
- Ladrillera y Tejar mi Bohío
- Ladrillera Agualinda Ltda.
- Tejar Barba Roja,
- Chircal Mendoza,
- Chircal las lomas,
- Chircal la curva,
- Fábrica el Milagro,
- Tejar Juana Paula,
- Tejar la isla.

Los terrenos evaluados en este municipio, hacen parte de una vasta área ampliamente reconocida por la calidad de las arcillas existente en su corteza terrestre y perteneciente principalmente al grupo Guayabo.

7.3.5. Municipio de San Cayetano.

Este municipio está situado en la subregión oriental del departamento, en el Área Metropolitana y en la zona de influencia fronteriza con la República de Venezuela.

El municipio tiene una superficie de 14.198 hectáreas, equivalente al 0,06% del área total de Norte de Santander, limita por el norte con el municipio de El Zulia, al oriente con el municipio de Santiago, al sur con

los municipios de Bochalema y Durania y al Occidente con el municipio de Cúcuta.

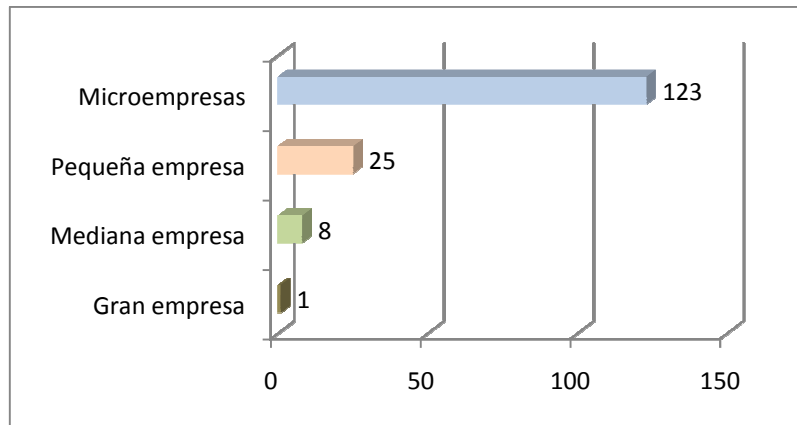
El plan de ordenamiento territorial del municipio de San Cayetano, presenta la siguiente información en el tema de la arcilla: en la actualidad no se tienen cuantificadas las reservas de arcillas existentes en el municipio. Sin embargo, de acuerdo con el porcentaje de distribución de las formaciones portadoras en el área territorial (35.3% para las formaciones León y Guayabo), se estima que los volúmenes de material son importantes. Las principales ladrilleras de éste municipio son:

- Cerámica Andina Ltda.
- Arcillas los Ángeles Ltda.
- Arbethcol.
- Ladrillera Mejía & Mora Cía. Ltda.
- Chircal el Zafiro.
- Tejar la Esperanza de María.

7.4. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR CERÁMICO DE NORTE DE SANTANDER

Actualmente el sector está representado por 156 empresas [17], que al clasificarlas de acuerdo a lo establecido en la Ley 905 de 2004 se tiene lo siguiente: un 78% son pequeñas empresas (Chircal Artesanal y Chircal Mecanizado), un 21% corresponde a medianas y el porcentaje restante pertenece a grandes empresas; todas ellas se dedican a la fabricación de productos a base de arcilla, dentro de los que se destacan los materiales de la construcción, tales como: cerámica, tableta vitrificada, tableta esmaltada, tejas, ladrillos, productos artesanales (decorados y enchapes), entre otros.

Figura 16. Clasificación de las empresas del sector de la arcilla y la cerámica en Norte de Santander



Fuente: Referencia [17].






Según la figura 16, que muestra la clasificación actual de las empresas del sector de la arcilla y la cerámica ubicadas en el Área Metropolitana de Cúcuta., solo Cerámica Italia clasifica como gran empresa. En las microempresas clasifican los artesanos con 39 microempresas, los chircales con 84 microempresas, de los cuales 38 pertenecen a Villa del Rosario, 2 a Cúcuta, 12 a Los Patios, 30 al municipio de El Zulia y 2 al municipio de San Cayetano.

7.5. TIPOS DE PRODUCTO FABRICADOS POR EL SECTOR DE LA ARCILLA Y LA CERÁMICA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JOSE DE CÚCUTA.

El sector de la arcilla y la cerámica en el Área Metropolitana de Cúcuta, en la actualidad cuenta con una diversidad de productos, dentro de los cuales están; las tejas rústicas hechas a mano, el ladrillo de obra, el bloque, la tableta para pisos y los enchapes entre otros:. A continuación se presenta los productos que más se destacan a nivel regional (ver tabla 46) y el número de empresas que los fabrican (ver tabla 47).

Tabla 46. Fotografías de los tipos de productos fabricados por la industria de la arcilla y la cerámica en el Área Metropolitana de Cúcuta.

TABLETAS Y TABLONES		
<p>TABLÓN VITRIFICADO LISO</p>  <p>Tamaños: 7x25, 25x25, 30x30 y 33x33</p>	<p>TABLÓN VITRIFICADO LINEAL</p>  <p>Tamaños: 25x25 Y 30X30</p>	<p>TABLILLA VITRIFICADA</p>  <p>Tamaños: 7x25</p>
<p>TABLETA COLONIAL</p>  <p>Tamaños: 25x25 Y 30X30</p>	<p>TABLETA COLONIAL</p>  <p>Tamaños: 25x25 Y 30X30</p>	<p>TABLETA MATIZADA ARENA-PIMIENTA-TABACO</p>  <p>Tamaños: 25x25 Y 30X30</p>
<p>TABLÓN VITRIFICADO ALTO RELIEVE</p> <p>Tamaños: 25x25 Y 33X33</p> 		
GUARDAESCOBAS		
<p>GUARDAESCOBAS VITRIFICADO</p>  <p>Tamaños: 8X25</p>	<p>ZÓCALOS Y ESCALGRES</p>  <p>Tamaños: 10x25 y 10x30</p>	<p>ESCALERA VITRIFICADA</p>  <p>Tamaños: 25x25 Y 30X30</p>
<p>ESCALERA COLONIAL</p> <p>Tamaños: 25x25 Y 30X30</p> 		

TEJA		
<p>TEJA TIPO "S"</p>  <p>Longitud total: 40 cm</p>	<p>TEJA TIPO PLANA</p>  <p>Longitud total: 30 cm</p>	<p>TEJA REDOBLON</p> 
<p>CABALLETES</p>  <p>Longitud total: 29 cm</p>	<p>TEJA CURVA</p>  <p>Longitud total: 29 cm</p>	<p>TEJA CANAL</p>  <p>Longitud total: 29 cm</p>
OTROS PRODUCTOS		
<p>LISTELOS Y TOSETOS-DECORADOS</p> 	<p>RÁQUIRA</p> 	<p>ROSETONES</p> 

Fuente: Caracterización Ocupacional Industria de la Arcilla. Servicio Nacional de Aprendizaje. Julio 2003. 30p

Tabla 47. Principales productos ofrecidos por las empresas del sector cerámico

CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO	PRODUCTO	NÚMERO DE EMPRESAS QUE FABRICAN EL PRODUCTO	% DE PRODUCTO POR CLASIFICACION
TEJAS	Teja Curva o española	30	62.5
	Teja S	7	14.58
	Teja Canal	1	2.08
	Teja Plana	5	10.42
	Teja Caballete	1	2.08
	Teja Barril	4	8.34
	TOTAL	48	100
BLOQUES	Bloque # 5	25	80.64
	Bloque # 6	2	6.45
	Bloque # 7	4	12.91
	TOTAL	31	100
LADRILLOS	Ladrillo Perforado	6	22.223
	Ladrillo Colonial	9	33.334
	Ladrillo Macizo	12	44.445
	TOTAL	27	100
TABLETAS	Tableta Vitrificada	6	26.09
	Tableta Colonial	17	73.91
	TOTAL	23	100
TABLON	Tablón Liso	2	33.334
	Tablón Colonial	4	66.667
	TOTAL	6	100
ENCHAPES	Enchapes	7	100
ROSETONES	Rosetones	6	100
FATO	Fato	5	100
CENEFAS	Cenefas	1	100
CALADOS	Calados	2	100
MOSAICOS	Mosaicos	1	100
DECORADOS	Decorados	2	100
ESCALERAS	Escaleras	1	100
GAURDAESCOBAS	Guardaescobas	1	100
TUBOS	Tubos	1	100

Fuente: Referencia [18].

Según datos obtenidos de la investigación el producto más elaborado por las empresas de este sector es la teja curva o española, ya que es

fabricado por 30 empresas, el segundo producto más ofertado es el bloque #5 elaborado por 25 empresas y en el tercer lugar se encuentra la tableta colonial elaborado por 17 empresas del sector.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que no se tiene conocimiento de que en la región se estén produciendo filtros cerámicos, más aun, cuando la región es rica en arcillas y que a nivel internacional existen empresas que comercializan sistemas manuales de micro-filtración de agua para uso urbano y rural, los cuales están compuestos por una bujía o cartucho cerámico micro-poroso, que realiza el proceso de filtración. Se puede concluir que es posible y además necesaria la producción y utilización de FILTROS CERAMICOS para potabilizar agua de consumo humano a nivel domiciliario.

8. CONCLUSIONES

Por medio de estos resultados, se concluye que el prototipo con mezcla M2, presenta valores mayores de porosidad por absorción de agua, pero esto no indica que sea más favorable que el prototipo con mezcla M1, ya que los dos presentaron resultados altamente efectivos en los procesos iniciales de microfiltración de agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la caracterización de los prototipos fabricados con mezcla M2, se observó, que al incrementar el porcentaje en peso de diatomita, disminuye la densidad; aumentando el porcentaje de absorción y por ende el porcentaje de porosidad.

Los filtros cerámicos fabricados, son altamente efectivos en su etapa inicial, pues aportan un rendimiento de remoción que supera el 50% aproximadamente, para ciertos parámetros que determinan la calidad del agua para consumo humano, entre los que se encuentran los Cloruros, los Sulfatos, el Hierro Total y los Sólidos Totales.

Los prototipos cerámicos fabricados con mezcla M1 y M2, son altamente efectivos en la remoción de coliformes totales; como era de esperarse, ya que entre las principales funciones del caolín y la diatomita se encuentran: eliminar o retener todo tipo de microorganismos, como virus, bacterias, protozoos, entre otros. Esto se aprecia en los análisis microbiológicos realizados a las muestras de agua de río, pozo y tratada, antes y después de ser microfiltrada, los cuales reportan un porcentaje de retención para los filtros con mezcla M1 de un 95% y para M2 del 98% aproximadamente.

Con los resultados obtenidos en porcentajes de remoción para los análisis físico-químicos y microbiológicos aplicados a las muestras de agua, se demuestra que, los prototipos fabricados, pueden beneficiar a la comunidad que carece del suministro de agua apta para consumo humano; es decir, de agua potable.

9. RECOMENDACIONES

Para los prototipos de filtros cerámicos a base de caolín y diatomita, es recomendable, incorporar carbón activado mineral en proporción aproximada de 150g, ya que este posee una distribución más amplia en tamaño de poro, por lo que es considerado como el carbón atrapado y además, es el mejor combinante con la cerámica; debido a que elimina los malos olores y tiene un poder adsorbente en la remoción/reducción de muchos compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua.

Para mejorar la vida útil de la bujía filtrante, es recomendable realizar un mantenimiento periódico, retirando el filtro de su base y lijándolo suavemente, con el fin de retirar las partículas adsorbidas por las paredes exteriores del mismo. Una vez realizado este procedimiento, si se dispone de un equipo de limpieza por ultrasonido, se recomienda someter el cartucho a este proceso, lo cual permitirá el desprendimiento de las partículas adheridas, tanto a la superficie como en las porosidades del mismo.

Se recomienda explorar y mejorar la reología en la preparación de las barbotinas, incrementando la capacidad de absorción y adsorción de partículas presentes en el agua, así como agregar otros tipo de compuestos, tales como la soda ash, de manera que se puedan realizar estudios de la eficiencia del prototipo en cuanto a la remoción de propiedades como la dureza; así mismo, se recomienda incorporar en la mezcla zeolitas naturales, las cuales mejoran los procesos de adsorción de iones metálicos y otras sustancias nocivas para el ser humano.

BIBLIOGRAFIA

[1]. Contaminación de las aguas. (En línea). Consultado 21 de Octubre de 2009. Disponible en www.rincondelvago.com/contaminación-de-las-aguas.html.

[2]. Contaminación del agua. (En línea). Consultado 14 de Octubre de 2009. Disponible en www.monografias.com/trabajos/contamagua.shtml.

[3]. Potabilización de aguas. Equipos de purificación. 2005. (En línea). Consultado 14 de Octubre de 2009. Disponible en www.aguapurificacion.com/aguamunicipal.htm.

[4]. BONILLA SANDOVAL, Marilyn J. y RANGEL GOMEZ, Leidy V. Construcción de un prototipo cerámico para microfiltración de agua a nivel doméstico y análisis físico-químicos y microbiológicos de las aguas microfiltradas. San José de Cúcuta, 2008, 125p. Trabajo de grado (Tecnología química). Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de ingeniería. Plan de estudios de tecnología química.

[5]. EIS CUCUTA-Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. 2006. (En línea). Consultado 19 de Octubre de 2009. Disponible en www.superservicios.gov.co.

[6]. DIAZ DELGADO, Carlos, GARCIA PULIDO, Daury y SOLIS MORELOS, Carlos. (2000). Abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades rurales por medio de un sistema de colección de lluvia-planta potabilizadora. Ciencia Ergo Sam, Julio, Volumen 7,

número 2. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Pp. 129-134.

[7]. CORREDOR RODRIGUEZ, Jorge, MORENO, Laura Y. y MUÑOZ, Yaneth A. Curso Taller Análisis fisicoquímico y bacteriológico de aguas. Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander. Junio de 1998. 128 p.

[8]. ROMERO R., Jairo Alberto. Química del agua, Acuiquímica. Santa Fe de Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería, 1996. 61 p.

[9]. AVENDAÑO SANCHEZ, Lizzett y VERGEL SUAREZ, Ariadna. Diseño de un manual de procedimientos para estudios de calidad y cantidad del recurso hídrico en cuerpos de agua lóticos. Cúcuta, 2004, 280 p. Trabajo de grado realizado para obtener el título de Ingeniera de Producción Biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. Plan de estudios de Ingeniería de Producción Biotecnológica.

[10]. Filtros de agua. (En línea). Consultado 9 de Noviembre de 2009. Disponible en www.salonhogar.com/ciencias/naturaleza/elagua/filtrosdeagua.htm.

[11]. Filtro de agua con osmosis inversa. (En línea). Consultado 9 de Noviembre de 2009. Disponible en www.bioslabchile.cl/documentos/catalogo_osmosis.pdf.

[12]. SANTAFÉ, Guillermo y MIRANDA, Adolfo. Efecto de la Temperatura y Tiempo de Cocción en la Porosidad de Probetas a Base de Arcillas Caoliniticas. Cúcuta, 2007, 176 p. Trabajo de grado realizado para obtener el título de Ingeniero de Producción Industrial.

Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de Ingenierías.
Plan de estudios de Ingeniería de Producción Industrial.

[13]. SANCHEZ MOLINA, Jorge. Diagnostico general del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta. San José de Cúcuta, 2009. Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de ciencias básicas. Departamento de química.

[14]. PEDROZA ROJAS, Álvaro. Formación León y Grupo Guayabo: Fuentes de Provisionadoras de Arcillas en el Área de Cúcuta N. de S. Texto Conferencia. Año1996.Cúcuta. p. 4-8

[15]. Análisis químico y físico de diferentes arcillas. Noviembre 2001. Laboratorios FERRO de España.

[16]. Inventario geológico minero, ambiental, tecnológico y empresarial de los minerales no energéticos del Norte de Santander, Jeskar Ltda, San José de Cúcuta, junio de 2000

[17]. PRATO CRUZ, Elcy J. Planteamiento de modelos productivos para la estandarización de los procesos de producción de las mipymes del sector cerámico del área metropolitana de san José de Cúcuta. Año 2008

[18]. CARRILLO CÁRDENAS, Mónica y AREVALO MONROY, Iranny. Año 2008. Actualización de la información y puesta en marcha de una aplicación sistematizada para el sector cerámico del área metropolitana de san José de Cúcuta.

ANEXOS



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

RESOLUCIÓN NÚMERO 2115

(22 JUN 2007)

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

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

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

RESUELVE:

CAPÍTULO I

DEFINICIONES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SUSTRATO DEFINIDO ENZIMÁTICO: Prueba que contiene sustratos hidrolizables para la detección de las enzimas β D galactosidasa de los coliformes y de las enzimas β D galactosidasa y β glucuronidasa 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 ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

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

ARTÍCULO 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 ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

ARTÍCULO 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 DL₅₀ oral mínimo reconocido sea menor o igual a 20 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social.
 - c) Las características cuya información reconocida por el Ministerio de la Protección Social, sean catalogadas como extrema o altamente peligrosas.
 - d) Las características químicas de origen natural o sintético sobre las que se considere necesario aplicar normas de precaución, en el sentido de que a pesar de no poseer suficiente información científica, se considere necesario adoptar medidas para prevenir daños graves o irreversibles a la salud de las personas, en razón a las condiciones de uso y manejo de las mismas.
2. La concentración máxima aceptable para las sustancias químicas no consideradas en el numeral 1 del presente artículo, cuyos valores de DL₅₀ oral más bajos

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

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

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

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

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

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

ARTÍCULO 9º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE OTRAS SUSTANCIAS UTILIZADAS EN LA POTABILIZACIÓN. Además de lo señalado en los artículos 5º, 6º, 7º y 8º 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°. 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 10º.- 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 11º.- CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra:

Cuadro N°.5 Características microbiológicas

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

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

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

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

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

Cuadro N°.6 Puntaje de riesgo

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

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

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

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

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

El IRCA por muestra:

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

El IRCA mensual:

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

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:

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

Donde:

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

Criterio de asignación de puntos	Puntaje Máximo								
<p>DOTACIÓN BÁSICA DE LABORATORIO EN PLANTA DE TRATAMIENTO: La persona prestadora debe contar con los equipos mínimos necesarios para realizar los siguientes ensayos: prueba de jarras, demanda de cloro, turbiedad, color y pH.</p> <p>Se le asignará 3 puntos por cada equipo utilizado en los ensayos citados.</p>	15								
<p>TRABAJADORES CERTIFICADOS: La persona prestadora deberá contar en la planta tratamiento con trabajadores certificados de conformidad con las Resoluciones N°s. 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)_j = Número de horas prestadas en un mes en el sector j
 (Ps)_j = población servida del sector j
 730 = Número de horas que tiene un mes
 (Pt) = población total servida por la persona prestadora.

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

Cuadro N°. 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/DIA (INSUFICIENTE)	0
10.1- 18 HORAS/DIA (NO SATISFACTORIO)	10
18.1- 23 HORAS/DIA (SUFICIENTE)	15
23.1 - 24 HORAS/DIA (CONTINUO)	20

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

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

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

- % Red** = Fracción porcentual del total de la población en el municipio que recibe agua para consumo humano por medio de una red de distribución.
% Pilas = Fracción porcentual del total de la población en el municipio que recibe agua para consumo humano por medio de pilas públicas.
% Carrotanques = Fracción porcentual del total de la población en el municipio que recibe agua para consumo humano por medio de carrotanques.

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

Puntajes asignados para calificar cada forma de distribución:

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

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

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

Anualmente, las autoridades sanitarias departamentales, distrital y municipales categorías 1, 2 y 3 reportaran los datos requeridos para el cálculo del índice de tratamiento – IT - y el índice de riesgo por distribución municipal - IRDm al subsistema SIMICAP. 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 21º.- 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			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			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	Diano	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 25°.- FRECUENCIAS Y NÚMERO DE MUESTRAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE DEBE REALIZAR LA AUTORIDAD SANITARIA PARA POBLACIONES DE 100.001 HABITANTES EN ADELANTE. Con el propósito de efectuar verificación de las características físicas y químicas de la calidad del agua para consumo humano, la autoridad sanitaria competente realizará de forma rutinaria el número de muestras señaladas en la columna denominada "Número rutinario de muestras a analizar por cada frecuencia", y teniendo en cuenta las frecuencias mínimas establecidas en el cuadro N°13b de la presente Resolución.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Frecuencia mínima	Número rutinario de muestras a analizar por cada frecuencia	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia mínima	
100.001 - 250.000	Mensual	3	10	
250.001 - 500.000		3	15	
500.001 – 1.000.000		5	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 ≤ 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 periodo 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