

**Propuesta para la reutilización de aguas de rechazo del sistema de purificación empleado
en la empresa cada del agua en santa marta.**



Andy Patiño, Ermin Campo

03/2021

Universidad Antonio Nariño

Magdalena

**Propuesta para la reutilización de aguas de rechazo del sistema de purificación empleado ii
en la empresa casa del agua en santa marta**

Andy Patiño, Ermin Campo

03/2021.

Universidad Antonio Nariño

Magdalena

Notas del autor

Andy Patiño, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Santa Marta.

Ermin Campo, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Santa
Marta.

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero industrial

Nota de Aceptación

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación personal

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

También está dedicado a todos nuestros familiares que creyeron y ayudaron de alguna forma u otra, un apoyo incondicional que nos motivó en cada situación

Agradecimientos

v

Con estas palabras queremos ofrecer un sincero agradecimiento a cada una de las partes y Personas involucradas en este proceso.

Agradecimientos al personal de operación de la empresa CASA DEL AGUA, por suministrar gran cantidad de información pertinente al desarrollo del proyecto.

Agradecimientos al ingeniero Isaac romero Borja, por abrirnos las puertas del laboratorio de la universidad del magdalena.

Agradecimientos también a nuestros Asesores de Tesis los Doctores e Ingenieros: Jairo daza y Willingthon Gámez Araújo, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico para el desarrollo del proyecto.

La empresa casa del agua para la purificación del agua utiliza el sistema de ósmosis inversa, el cual se diseña para eliminar las sales, partículas, virus y demás, que se encuentran presentes en el agua. Se basa en una membrana que divide dos medios por el cual pasa el agua dejando un medio concentrado (rechazo) y un medio libre de concentraciones (producto). Por tal motivo se obtiene un rechazo de aguas en un alto porcentaje enviada al drenaje sanitario impactando al medio ambiente de forma negativa.

Por otra parte después de terminado el proceso de purificación de agua la empresa tiene programado un retro lavado con agua purificada con el fin de la limpieza de los filtros tres veces a la semana con un lapso de tiempo de treinta minutos cada retro lavado de tal forma enviando el agua al drenaje sanitario no teniendo en cuenta las condiciones del agua.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad proponer alternativas para reutilización de aguas rechazadas por el sistema de purificación implementado por la empresa casa del agua en la ciudad de Santa Marta, obteniendo un beneficio ecológico, proporcionando métodos y estrategias que permitan darle un nuevo uso a este bien escaso.

Para dar solución al objetivo planteado se llevaron tres fases los cuales fueron desarrollados con el fin de escoger la mejor alternativa para la viabilidad del proyecto propuesto a la empresa.

Palabras Clave: Ósmosis Inversa, reutilización, Impactó, purificación, rechazo

The company CASA DEL AGUA for water purification uses the reverse osmosis system, which is designed to eliminate salts, particles, viruses and others, which are present in the water. It is based on a membrane that divides two media through which the water passes, leaving a concentrated medium (rejection) and a concentration-free medium (product). For this reason, a high percentage of water rejection is obtained, sent to the sanitary drainage, impacting the environment in a negative way.

On the other hand, after the water purification process is finished, the company has programmed a backwash with purified water in order to clean the filters three times a week with a period of thirty minutes each backwash in such a way sending the water to the sanitary sewer regardless of the water conditions.

The purpose of this research work is to propose alternatives for the reuse of water rejected by the purification system implemented by the Casa Del Agua Company in the city of Santa Marta, obtaining an ecological benefit, providing methods and strategies that allow it to be put to a new use. Scarce resource.

To solve the proposed objective, three phases were carried out, which were developed in order to choose the best alternative for the viability of the project proposed to the company.

Key Words: Reverse Osmosis, reuse, Impact, purification, rejection

Introducción	1
Planteamiento del problema.....	3
Descripción del Problema	3
Formulación del problema	3
Justificación	6
Objetivos	8
General.....	8
Específicos	8
1.Marco Referencial.....	9
1.1 Antecedentes	9
1.2 Marco Teórico.....	9
1.3 Marco Conceptual.....	20
1.4 Marco Legal.....	23
1.4.1 Leyes ordinarias relacionadas con el tema.....	23
1.4.2 Resoluciones y circulares relacionadas con el tema	23
2. Diseño Metodológico.....	23
2.1 Tipo y Enfoques de Investigación.....	24
2.2 Variables de Medición	24
2.3 Recolección y Análisis de Datos.....	25
2.4 Unidad de Estudio o Muestra	25
2.5 Fases y Actividades Metodológicas.....	25
2.5.1 FASE 1: Caracterización	25
2.5.2 FASE 2: Diagnóstico	26
2.5.3 FASE 3: Alternativas	26
3.Desarrollo objetivos especificos	27
3.1 Caracterizacion	27
3.1.1 Proceso de purificacion del agua	27
3.1.2 Analisis y muesra de agua.....	31
3.2 Diagnostico	36
3.2.1 Agua potable... ..	36
3.2.2 Proceso de purificacion	37
3.2.3 Agua producto	39
3.2.4 Agua de rechazo de la osmosis inversa	40
3.2.5 Agua del retro lavado	41
3.3 Alternativas	42
3.3.1 Alternativas para el agua del retro lavado	42
3.3.1.1 Alternativa 1	43
3.3.1.2 Alternativa 2.....	47
3.3.1.3 Alternativa 3.....	47
3.3.2 Alternativa para el agua de rechazo de la osmosis inversa	48
3.3.2.1 Alternativa 1	48
3.3.3 Analisis de alternativas	50
3.3.4 Beneficios... ..	51
4. Conclusiones.....	52

5.Recomendaciones	53ix
6.Lista de referencias	54

Lista de Tablas

Tabla 1. Contaminantes en el agua y su consecuencia	14
Tabla 2. Proceso de purificación del agua	27
Tabla 3. Análisis agua potable.....	32
Tabla 4. Análisis agua producto.....	33
Tabla 5. Analisis agua rechazo por la osmosis inversa	34
Tabla 6. Análisis agua retro lavado	35
Tabla 7. Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007.	36
Tabla 8. Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007.	39
Tabla 9. Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007.	40
Tabla 10.Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007.	41
Tabla 11 Estructura del proceso de purificación con la mejora propuesta.	46
Tabla 12 Estructura para el almacenamiento del agua del rechazo de la osmosis	49

Introducción

En los últimos años, ha sido posible evidenciar que en la mayoría de los países se presentan problemas de contaminación en cuerpos de agua, fruto de la mayoría de las actividades realizadas por la sociedad. Es necesario tener en cuenta que el sector industrial no sólo es el que más gasta, también es uno de los que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles. (Fernández et al., 2006)

Los anteriores datos demuestran la importancia de la reutilización del agua para sus diferentes usos. Dentro del sistema de purificación se evidenciaron dos tipos de agua de rechazo los cuales fueron analizados para conocer sus características y plantear los posibles usos

Para abordar esta problemática el proyecto propuesto se estructuró en tres fases (caracterización, diagnóstico, alternativas propuestas) la primera fase es caracterizar el proceso de purificación, y las muestras de las distintas aguas que intervienen en dicho proceso implementado por la empresa, para conocer sus condiciones. La segunda fase es diagnosticar la condición actual del proceso de purificación y las muestras de las distintas aguas que intervienen dentro del mismo para determinar, problemas, fallas y anomalías tanto en el proceso de purificación como en las muestras de agua.

La tercera fase es establecer alternativas de reutilización de las aguas de rechazo del sistema de purificación empleado en la empresa, con el fin de dar el mayor

aprovechamiento posible a estas aguas, generando múltiples beneficios a la empresa, el medio ambiente, y también a la comunidad samaria siguiendo la normatividad.

Planteamiento del Problema

El proceso de osmosis inversa (OI) fue desarrollado hace unos 40 años, como proceso industrial y en grandes plantas de desalación de agua de mar. En los procesos industriales se emplean presiones muy elevadas (desde 200 hasta 800 libras/ pulgada cuadrada) para separar los sólidos disueltos.

El fenómeno de la osmosis lo descubrió originalmente un científico francés en 1748, al observar que el agua se difundía espontáneamente a través de una membrana de vejiga de cerdo hacia una cámara paralela de alcohol. Durante los 200 años siguientes este interesante concepto y su contrapartida la osmosis inversa, no paso de ser una simple curiosidad de laboratorio. A mediados de la década de 1950 los trabajos del Dr. Sourirajan y otros de la universidad de los ángeles, adelantaron la tecnología de OI, hasta el punto que pudieron fabricarse membranas artificiales.

A diferencia del proceso normal de osmosis, en donde el flujo es de la solución menos concentrada a la más concentrada, y en osmosis inversa; ocurre precisamente lo contrario el flujo es, de la más concentrada a la menos concentrada, es por esto, que se requieren presiones más elevadas que la presión osmótica.

En la osmosis inversa el transporte de la molécula de agua es el resultado de la difusión de una molécula a la vez, a través de vacantes en la estructura molecular del material de la membrana. Las vacantes en polímeros amorfos se encuentran en un estado de flujo, o sea, no se hallan fijas.

Los sistemas de ósmosis inversa que ofrecen, son fabricados con componentes de alta calidad. Se han aprovechado las nuevas tecnologías y se ha podido mejorar y aumentar la calidad de los sistemas, reduciendo el impacto ambiental.

Así mismo existen diferentes investigaciones asociadas al tema, ya que ha sido de mucho interés y utilidad este tipo de tecnologías o sistemas: Diseño de un sistema de ósmosis inversa centrífugo utilizando diversas metodologías de diseño para la innovación en la ciudad de Monterrey, 2006 (David Silva). Aplicación de la ósmosis inversa y la nano filtración en el acondicionamiento de aguas para calderas en Monterrey, 2002. (Carlos G.) Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotech de Colombia Ltda., 2011. (José Moreno)

Actualmente en la industria este tema de investigación cobra gran importancia debido a que recientemente apareció el término de producción más limpia incorporando técnicas, métodos y procedimientos amigables con el medio ambiente que genere menos impactos ambientales.

Descripción del Problema

La capital del Magdalena, cuenta con una empresa denominada “CASA DEL AGUA”, la cual se dedica a la purificación del agua para el consumo humano, esta cuenta con varios puntos de autoservicio en la ciudad de Santa Marta, posee una tecnología llamada osmosis inversa, tiene como objetivo generar una presión exterior, que sea superior a la presión osmótica natural, que permita que el agua con mayor concentración de sólidos disueltos atraviese la membrana y pase a la zona donde está la solución más diluida. Terminado este proceso se realiza una etapa de retro lavado, donde se utiliza agua

purificada para el lavado de los filtros. Por medio de este proceso se genera gran desperdicio de este bien escaso, generando que el agua sea desechada al desagüe, así mismo finalizado el proceso de retro lavado, el agua que se utilizó se rechaza y es llevada al desagüe, lo que resulta alarmante, para la ciudad, el medio ambiente y la empresa como tal.

El Departamento del Magdalena es el más afectado por las temporadas secas, lo que genera un impacto ecológico en esta capital. La falta de capacidad de purificación por parte del sistema de purificación osmosis inversa empleado por la empresa CASA DEL AGUA en santa marta, el estado del agua, y la no reutilización de las aguas rechazadas por el sistema de purificación, lleva a diferentes afectaciones.

La economía de la empresa se ve afectada a partir de la falta de disponibilidad de este producto hacia sus clientes o usuarios, ya que ese 40% del agua rechazada por la osmosis inversa y la cantidad de agua rechazada del retro lavado de los filtros dentro del sistema de purificación es desaprovechado. Así mismo cabe anotar que el estado del agua en santa marta dificulta el proceso de purificación de la empresa CASA DEL AGUA en santa marta, ya que el agua es muy salada y este mismo sistema de purificación no está totalmente especializado para tratar el agua en ese estado. Por ende se evidencia un problema y es que no se aplican métodos para reutilizar las aguas rechazadas por el sistema de purificación, y son desaprovechadas de manera económica.

Por otro lado tiene un impacto social y ambiental porque en tiempos de sequias la disponibilidad de agua en santa marta se convierte en una problemática y este sistema de purificación de agua empleado por la empresa CASA DEL AGUA en santa marta

desperdiciando el agua al no reutilizarla e igualmente desechándola, contribuye a este problema haciendo más escaso este recurso natural.

Formulación del Problema

Para poder mitigar el impacto ambiental que produce el sistema de purificación de agua de la empresa Casa del agua en la ciudad de Santa Marta, surge la siguiente pregunta problema:

¿Qué métodos se deben llevar a cabo en la empresa casa del agua, para la reutilización de las aguas de rechazo del sistema de purificación?

Justificación

La escasez del agua es un problema que afecta de manera grave a muchos países del mundo, como por ejemplo en Sídney y Houston, que tienen serios problemas de disponibilidad de agua dulce para consumo doméstico. Obviamente los países pobres son los que más problemas tienen, ya que además de la escasez de recursos se enfrentan a grandes sequías causadas por el cambio climático.

Del total del agua que tenemos en el planeta, sólo el 3% es agua dulce, y de ese porcentaje, sólo el 1% está en estado líquido, el otro 2% se encuentra en estado sólido.

El consumo promedio de agua por persona varía a gran medida; sin embargo, se estima que cada persona utiliza entre 300 y 400 litros de agua al día.

Ante esto, el futuro plantea varios desafíos como es la escasez del recurso como tal y su potabilización: mientras que el 70% del planeta está compuesto por agua, solamente el 2.5 por ciento es agua dulce y los humanos tenemos acceso a menos del 1 por ciento.

De acuerdo a las Naciones Unidas, el consumo de agua ha aumentado a más del doble de la tasa de crecimiento de la población. Se calcula que en 2025, aproximadamente 1.8 millones de personas vivirán en zonas con escasez de agua. Asimismo, un reporte publicado por la Universidad de California en Irvine reveló que los humanos estamos agotando el agua de un tercio de las cuencas subterráneas más grandes del mundo, a una velocidad tal que éstas no se pueden reponer.

Así mismo Santa Marta la capital del magdalena, es una ciudad del caribe Colombiano y por ende presenta altas temperaturas y temporadas largas de sequía, Según

Datos entregados por Veolia al periódico el tiempo (2018) en la ciudad actualmente se desperdicia alrededor del 60% del preciado líquido. A pesar que desde la administración distrital se han liderado campañas de ahorro y sensibilización que concientizan sobre la crisis que afronta la capital del Magdalena por la baja producción de las fuentes de captación del recurso, señala Fernando Moncaleano, director de la empresa prestadora del servicio que los samarios siguen sin hacer un uso racional del agua.

De acuerdo con los datos mencionados anteriormente se puede recalcar la importancia de este bien escaso y el impacto que genera el desecho que produce la tecnología osmosis inversa al momento de purificar el agua

Este proyecto tiene como finalidad proponer una reutilización de aguas rechazadas por el sistema de purificación implementado por la empresa CASA DEL AGUA en la ciudad de Santa Marta.

Objetivos

General

Proponer métodos de reutilización de aguas de rechazo del sistema de purificación empleado en la empresa casa del agua, ubicada en la ciudad Santa Marta (magdalena)

Específicos.

- Caracterizar el sistema de purificación y las muestras de agua presentes en dicho proceso para conocer su estado actual
- Diagnosticar el estado actual del proceso de purificación y las muestras de agua presentes en dicho proceso, para identificar problemas presentes en dicho proceso.
- Establecer alternativas de reutilización de las aguas rechazadas por el sistema de purificación para mejorar problemas presentados en el proceso.

Marco Referencial

Antecedentes

Algunas investigaciones asociadas al tema propuesto, ya que ha sido de mucho interés y utilidad este tipo de tecnologías o sistemas:

- Diseño de un sistema de ósmosis inversa centrífugo utilizando diversas metodologías de diseño para la innovación en la ciudad de Monterrey, 2006 (David Silva).
- Aplicación de la ósmosis inversa y la nano filtración en el acondicionamiento de aguas para calderas en Monterrey, 2002. (Carlos García)
- Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotech de Colombia Ltda., 2011. (José Moreno)
- Propuesta de aprovechamiento del agua derecho de un sistema de osmosis inversa utilizada en una empresa de refrigerantes automotrices ubicada en el municipio de Zipaquirá Cundinamarca ,2020(D.Venites,G.D.Pilar)

Marco Teórico

Para este proyecto de investigación se tendrán en cuenta las siguientes teorías: Empezaremos definiendo que es el agua, este es un recurso natural esencial para el sostenimiento del ser vivo, el medio ambiente y el planeta en general, es sin duda el de mayor abundancia pero es directamente proporcional al cuidado y sostenimiento del mismo, muy importante dentro de todos los procesos, ya sea físicos, químicos y biológicos que se presentan en el medio natural. Según (los griegos, año 640 AC) el agua forma parte de uno de los cuatro elementos que forman al mundo, como también la tierra, el fuego, y el aire. Según (el griego TALEN DE MILETO, año 640 AC)

Se tenían un concepto de que el agua era el principio de la existencia de todas las cosas. Luego otros científicos los cuales son (Platón y Aristóteles), a través de sus estudios demostrarían algo diferente, y es que el agua es uno de los cuatro elementos básicos del universo, lo cual se confirmaría sin dejar alguna duda en el siglo xviii.

Se encuentra en una gran proporción del planeta, se estima según (Christopherson 1997) un 97% del agua es salada y un 3% agua dulce, de la cual se puede extraer de manera directa y fácil el 1% ya que el otro 2% se encuentra congelada. Al finalizar un ciclo el agua retorna a las fuentes hídricas con ciertos porcentajes, los cuales vendrían siendo de manera directa al mar el 78% como precipitación, y el otro 22% precipitado en el continente, el 8% llega al mar por escorrentía superficial y subterránea (Dingman, 1994)

La salinidad de las aguas es debido a una serie de elementos que normalmente contiene esta misma de forma natural, algunos son cationes y otros son aniones. Se tiene una media mundial de salinidad de las aguas continentales que se redondea hasta los 120mg/l y esto puede ir variando entre continentes (Livingston, 1963) y se debe a los procesos llevados a cabo en diversas actividades industriales, resaltando el proceso de meteorización de rocas de la cuenca de drenaje, a la precipitación atmosférica y al equilibrio precipitación-evaporización. Siguiendo esta misma línea, la meteorización se produce en mayor manera siendo derivado como consecuencia procesos de disolución, hidrólisis, de óxido reducción y de formación de complejos con sustancias inorgánicas y orgánicas (Kilham, 1990).

Hablaremos un poco sobre las Aguas residuales según (Mendoza, 1987) que son las aguas generadas después de ciertas actividades o usos dentro de diversos entornos como

lo son industriales, comunitarias y domésticas, las cuales son manejadas a través de un sistema de abastecimiento de agua de toda una población. De acuerdo a como se originan estas aguas, son provenientes de la mezcla de la misma con residuos que van siendo arrastrados por las diferentes actividades en diversos entornos.

Según lo anterior las aguas residuales tienen una clasificación debido a diferentes usos: hablaremos en primera instancia de las aguas residuales Domésticas, las cuales son aquellas utilizadas con fines específicos de higiene en cocinas, baños, lavado de objetos etc. Estas aguas Llegan al alcantarillado en descargas provenientes de su respectivo uso. Se tiene previsto que cada persona genera una cantidad de residuos diariamente con cifras de 1.8 litros de materia fecal, que corresponden a 113.5 gramos de oídos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, y a eso se le suman otros nutrientes, como lo son fósforo y potasio.” (Mara y Cairncross, 1990) En América Latina se trata muy poca cantidad de agua dejando esto a una cifra de porcentaje muy pequeña que sería el 2% de aguas residuales tratadas.

Tenemos el tipo de aguas residuales de los desechos industriales; la industria es la mayor generadora de residuos que son altamente contaminantes para los seres vivos y el medio ambiente, por tal es una fuente enorme de contaminación del agua. Estas aguas residuales que se generan de las actividades que se llevan a cabo en las industrias son vertidas de manera irresponsable y discriminada en las mismas fuentes donde se captan este recurso que están utilizando con dicho fin, y las cuales serían lagos, océanos y ríos.

A continuación vemos algunos ejemplos de las asociaciones de estos elementos en ciertas actividades; Por ejemplo, los metales pesados están asociados con la minería y la

fundición. Los cloro fenoles y fungicidas con las fábricas de pasta, los insecticidas con la industria química y las sustancias radiactivas con las centrales nucleares.

El mar es utilizado como un sumidero de muchos residuos de todo tipo y en este caso destacaremos Los residuos radiactivos que se vierten en el mar en grandes barriles con el objeto de mantenerlos alejados de los centros urbanos, pero a menudo los barriles se deterioran después de un tiempo. Los contaminantes procedentes de fuentes industriales incluyen lo siguiente:

Amianto: Este contaminante es un grave peligro para la salud y cancerígeno. Las fibras de amianto pueden ser inhaladas y provocar enfermedades como la asbestosis, mesotelioma, el cáncer de pulmón, cáncer intestinal y cáncer de hígado.

Plomo: Este es un elemento metálico y puede causar problemas de salud y problemas ambientales. El plomo es nocivo para la salud de muchos animales, incluidos los seres humanos, ya que puede inhibir la acción de las enzimas corporales.

Mercurio: Este es un elemento metálico y puede causar problemas de salud y problemas ambientales. El mercurio es también perjudicial para la salud de los animales, ya que puede causar enfermedades a través de envenenamiento por mercurio.

Nitratos y fosfatos: El aumento del uso de fertilizantes significa que los nitratos son más a menudo arrastrados hasta ríos y lagos. Esto puede provocar la eutrofización, que puede ser muy problemático para el medio marino. **Azufre:** Perjudicial para la vida marina.

Aceites: No se disuelve en el agua, sino que forma una gruesa capa sobre la superficie del agua. Esto puede impedir el crecimiento a las plantas marinas que reciben

insuficiente luz para la fotosíntesis. También es perjudicial para los peces y las aves marinas.

Petroquímicos: Este está formado por gas o la gasolina y puede ser tóxico para la vida marina.

Plaguicidas y herbicidas: El uso creciente de plaguicidas y herbicidas en la agricultura se nota también en el agua que bebemos. La lluvia y el riego llevan estos letales productos químicos hacia las aguas subterráneas. Estos productos químicos pueden causar problemas circulatorios, respiratorios y trastornos del sistema nervioso.

Radiactividad: Los niveles que plantean graves riesgos para la salud son bastante raros de encontrar en el agua. La mayor amenaza se plantea por accidentes nucleares, plantas de procesamiento nuclear, y la eliminación de residuos radiactivos.

La calidad del agua proporciona un indicador en la salud del ecosistema y se puede utilizar para identificar fuentes potenciales de contaminación ambiental (Bilota et al; 2008), citado por Sandoval (2008).

Tabla 1: Contaminantes en el agua y su consecuencia.

Contaminantes	Parámetro de caracterización	Tipo de efluentes	consecuencias

Solidos suspendidos	Solidos suspendidos totales	Domésticos industriales	Problemas estéticos, depósitos de barros. adsorción de contaminantes protección de patógenos
Solidos flotantes	Aceites y grasas	domésticos industriales	problemas estéticos
Materia orgánica biodegradable	DBO	domésticos industriales	Consumo de oxígeno mortalidad de peces condiciones sépticas
Patógenos	coniformes	domésticos	Enfermedades transmitidas
Nutrientes	Nitrógeno fosforo	domésticos industriales	crecimiento excesivo de algas toxicidad para los peces enfermedades en niños contaminación del agua subterránea
Compuestos no biodegradables	Pesticidas detergentes otros	industriales agrícolas	Toxicidades pumas, reducción de la transferencia de oxígeno no

			biodegradabilidad malos olores
Metales pesados	Elementos específicos(as, cd, cr, cu, hg, ni, pb, zn)	industriales	Toxicidad inhibición al tratamiento biológico de las aguas residuales problemas con la disposición de los barros en la agricultura contaminación del agua subterránea

Fuente: Sandoval, 2008. Referencia bibliográfica No. 13.

El diagnóstico ambiental es el instrumento de evaluación ambiental, que se desarrolla dentro de un proyecto, obra, industria o actividad existente y por ende, los impactos ambientales se detectaran a través de herramientas que hacen parte de la estadística que permitan la evaluación de los mismos, y las cuales son muestreo y mediciones directas o bien por el uso de sistemas analógicos de comparación con eventos o entidades similares que faciliten el desarrollo de estas mismas herramientas. Su objetivo es determinar las acciones correctivas necesarias para mitigar impactos adversos. Por ejemplo LA NORMATIVA LEGAL AMBIENTAL VIGENTE EN GUATEMALA ESTABLECE QUE PARA CADA PROYECTO QUE SE DESEE IMPLEMENTAR SE DEBERA ELABORAR UN DIAGNOSTICO AMBIENTAL (Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68 de 1986)

Seguidamente le damos espacio al tema de tratamiento de aguas residuales, el cual definimos de tal manera que; El tema de Tratamiento de aguas residuales es ir directamente al aprovechamiento de las aguas residuales, a lo que sigue o pasa después de su uso en las diferentes actividades, nos lleva al final del recorrido del agua aprovechada, es decir, nos remite al momento posterior del uso.

El agua debe cumplir con una serie de características físicas, químicas y biológicas para poder ser consumidas sin que genere alguna alteración o daño dentro del organismo del ser vivo, estas características se dan a través de un proceso de purificación del agua para convertirla o transformarla en potable. Esto implica una serie de situaciones complejas, como son los estándares de calidad del agua para poder ser consumo humano. Es aquí la importancia de tratar el agua después de su uso para que no afecte de manera

Al medio ambiente sino que se devuelva el agua al mismo medio en menores proporciones o niveles de contaminación. El tratamiento de Aguas Residuales tiene tres etapas de ejecución las cuales se van a definir de la siguiente manera:

Tratamiento primario: Asentamiento de sólidos, Tratamiento secundario: Tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente) Tratamiento terciario: Pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección)

La disponibilidad del agua y del respectivo saneamiento es muy importante porque se tienen unos desafíos, debido a que la salud humana y la calidad ambiental están en juego. El aumento en la población va aumentando consigo mismo la cantidad de aguas residuales, lo que implica mayor contaminación al medio ambiente y a las fuentes de las cuales se

extrae este recurso natural. El manejo inadecuado o inexistente de saneamiento de las aguas causa según (Paillard; et al; 2005), citado por Sandoval (2008) más de dos millones de muertes anuales sobre todo en niños menores de 5 años.

Los impactos ambientales son muy importantes dentro de esta investigación, porque sería la consecuencia que está generando el malgasto y el desaprovechamiento de

Las aguas residuales vertidas por el sistema de purificación. De tal manera se procede a decir que los impactos ambientales se producen a través de la acción de todos los seres vivos de una forma natural y no natural sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos que se dan por múltiples elementos dentro de ellos. El impacto ambiental puede entenderse como un fenómeno natural generando una alteración en el medio ambiente.

Que pueden ser reversibles e irreversibles respectivamente se presente el determinado fenómeno dentro de cada espacio o entorno.

El impacto ambiental es la modificación del medio ambiente por la acción o actividad del ser humano, o por la propia naturaleza. Este concepto fue introducido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) desde la promulgación de la misma (1988), en razón de la importancia que desde entonces tenía la protección al medio ambiente y recursos naturales, en pro de la salud de las personas.

Reutilización: De acuerdo a lo establecido por la revista UCEBOL, de la Universidad Cristiana de Bolivia, define que la reutilización del agua es un fenómeno que se produce en el planeta desde que los seres vivos existen sobre él, lo cual se conoce como el Ciclo Hidrológico. El agua evapora transpirada por las plantas se acumula en la atmósfera en forma de vapor de agua, desde donde cae posteriormente sobre el suelo en

forma de lluvia, para ser utilizada de nuevo por otros seres vivos, así mismo el agua ha sido tema de interés debido al papel vital que este recurso juega en la vida humana y su creciente escasez para abastecer los servicios requeridos.

Siguiendo con la misma revista, establece que la reutilización planificada ha alcanzado un gran desarrollo no sólo en países con una escasez tradicional de recursos hídricos, sino especialmente en países con grandes recursos hidráulicos y con un elevado nivel de vida.

Según García (1982), en su publicación sobre “El Reusó del Agua y sus Implicaciones”, señala que se ha incursionado en una fase de mayor alcance al enfocarse al reusó del agua. La razón es sencilla: el aumento en el uso de agua potable

(Término que significa agua con niveles de calidad para el consumo humano) para otros fines, por ejemplo, el riego de prados y jardines. En regiones en donde el agua es escasa, no es posible que se sigan desarrollando los centros urbanos, con el aumento en la actividad humana e industrial correspondiente, sin tener que recurrir a grandes inversiones en obra de infraestructura hidráulica para cubrir la demanda de una manera sustentable.

Por otro lado el agua residual juega un papel importante, ya que debido a la gran cantidad de contaminantes que contiene, es casi imposible reutilizarla, entendiéndose que agua residual se refiere a las propiedades físicas y a los componentes químicos, biológicos y microorganismos patógenos de origen fecal del agua residual; parámetros importantes para el proyecto y explotación de las instalaciones de recogida,

Tratamiento y vertido, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental, según Mujeriego (1990) y Metcalf y Eddy (1991).

Salazar (2003) de PROARCA / SIGMA de Guatemala en su revista titulada: “Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales”, donde el propósito

Es proveer una orientación para líderes que toman decisiones de alternativas técnicas, institucionales, y financieras para el manejo y tratamiento de aguas residuales Individuales y de cascos urbanos de tamaño pequeño a mediano, y con ello ofrecer un liderazgo capacitado para mejorar el manejo de aguas residual.

De acuerdo con lo descrito por los autores antes mencionados, se puede reflejar que en gran variedad de países han optado por la implementación de maquinarias,

Tecnologías y estrategias innovadoras que permitan darle un nuevo uso al agua desechada por los determinados medios. Así mismo En 1994 la fundación tierra realizó una publicación sobre la “Bioconstrucción, gestión del agua”, la cual buscaba la implementación de múltiples tecnologías para el ahorro de agua. La instalación de reductores de caudal permite reducir el flujo de agua manteniendo su presión. Pueden instalarse en las duchas, aunque también se instalan fácilmente en cualquier grifo sustituyendo el filtro y/o el difusor y los tanques con regulación del caudal también permiten un ahorro de agua considerable.

En estas circunstancias, la idea de la reutilización convierte el gasto en tratamientos en una inversión productiva, pues en lugar de desechar el agua residual, es posible retornar al proceso productivo una fracción del agua residual tratada para que sea acondicionada apropiadamente para su reutilización. Este hecho tiene un efecto benéfico desde el punto de vista del consumo de agua potable. Al reusar agua residual tratada, las necesidades de entrada al proceso disminuyen y, por lo tanto, también la cantidad descargada. Esto trae

consigo una cadena de ahorros derivados de varios hechos: primero, por estar consumiendo menos agua del servicio municipal; segundo, por disminuir el gasto de tratamiento (generalmente proporcional al volumen de agua); tercero, por la Disminución en el tamaño del tratamiento final para descarga y, por último, por la posibilidad de utilizar el agua para otros usos o usuarios (García, 1982).

Estos planes se implementan con el propósito de estar preparados ante cualquier situación prolongada de escasez de agua, son múltiples los sectores que se ven afectados y también las consecuencias económicas derivadas de esta situación.

La limitación de este recurso afecta a las reservas hídricas, pantanos, acuíferos y al medio ambiente. En consecuencia, menguan los caudales de los ríos, las reservas de los pantanos y se ve afectado su estado ecológico.

Marco Conceptual

A continuación se relacionan los conceptos a utilizar dentro de la Investigación Para empezar hablamos un poco del fenómeno de la osmosis que lo descubrió originalmente un científico (francés en 1748), al observar que había cierto movimiento dentro de una vejiga de cerdo, cuando el almacenaba agua en el mismo, el agua se filtraba a través de las paredes de manera espontánea y se dirigía hacia otro espacio el cual era un cámara de alcohol que se encontraba d forma paralela.

Esto no quedaría en una simple curiosidad, sino que se investigó por parte del (Dr. Sourirajan, década de 1950) tanto que hoy en día se conoce que la osmosis es un fenómeno importante en la vida haciendo parte de muchos procesos. Aparte de esto se logró un avance el cual es su contrapartida osmosis inversa, inventándose también membranas artificiales

realizando la acción contraria muy importante en muchas actividades científicas, industriales etc.

La osmosis es un fenómeno bastante común dentro de lo natural, Dentro de las plantas y los organismos de los animales incluyendo el ser humano, utilizan la osmosis en sus procesos. La osmosis se presenta cuando dos líquidos con diferentes densidades y concentraciones de partículas se encuentran separados por una membrana semipermeable, dando lugar a generar diferentes presiones cada uno, y el fluido menos denso tiende a pasar a través de la membrana hasta equilibrar dicha presión. En la industria, dentro del proceso de purificación de agua para el consumo, esto se da de una manera inversa generando los respectivos resultados contrarios, Este hecho es el que da el nombre al sistema que le llamamos Ósmosis Inversa.

Según (el griego TALEM, (640 AC) se tenían un concepto de que el agua era el principio de la existencia de todas las cosas. Luego otros científicos los cuales son (Platón y Aristóteles), a través de sus estudios demostrarían algo diferente, y es que el agua es uno de los cuatro elementos básicos del universo, lo cual se confirmaría sin dejar alguna duda en el siglo xviii.

Las Acciones correctivas y preventivas según el (MINJUSTICIA Noviembre 6 de 2015), es un Conjunto de acciones tomadas para eliminar la causa de una No conformidad detectada u otra situación no deseable. Conjunto de acciones tomadas para eliminar la causa de una No conformidad potencial u otra situación potencial no deseable.

Plan de acción es un resumen de manera organizada de todas las tareas que deben realizar o llevar a cabo ciertas personas en un periodo de tiempo específico, utilizando los

recursos pertinentes plantando un objetivo que va de acuerdo al plan de acción con el que, cuando, donde y con quien se van a realizar dichas acciones. De aquí mismo se establece el cálculo del uso de recursos. (Kroeger Alex. Atención primaria en salud OPS 1989).

Por otro lado el agua residual juega un papel importante, ya que debido a la gran cantidad de contaminantes que contiene, es casi imposible reutilizarla, entendiéndose que agua residual se refiere a las propiedades físicas y a los componentes químicos, biológicos y microorganismos patógenos de origen fecal del agua residual; parámetros importantes para el proyecto y explotación de las instalaciones de recogida, tratamiento y vertido, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental, según Mujeriego (1990) y Metcalf y Eddy (1991).

Seguidamente De acuerdo a lo establecido por la revista UCEBOL, de la Universidad Cristiana de Bolivia, define que la reutilización del agua es un fenómeno que se produce en el planeta desde que los seres vivos existen sobre él, lo cual se conoce como el Ciclo Hidrológico.

El impacto ambiental es la modificación del medio ambiente por la acción o actividad del ser humano, o por la propia naturaleza. Este concepto fue introducido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) desde la promulgación de la misma (1988), en razón de la importancia que desde entonces tenía la protección al medio ambiente y recursos naturales, en pro de la salud de las personas.

Marco Legal

Estas son las normas y leyes que regulan el buen manejo del agua en Colombia.

- Ley No.373 de Junio 1997.

- Decreto No. 1575 de Mayo 2007.
- Decreto No. 3930 de Octubre 2010
- Resolución No. 1207 de Julio 2014.
- Proyecto de ley v 48 2017 senado.
- Decreto No.1090 de Junio 2018
- resolución 2115/2007

Diseño Metodológico

La propuesta presentada tiene como objetivo general proponer métodos de reutilización de aguas de rechazo del sistema de purificación empleado en la empresa casa del agua, ubicada en la ciudad Santa Marta (magdalena) para poder llegar este objetivo se tienen que desarrollar todos los objetivos específicos con el fin de obtener la mejor propuesta donde justifique por qué razones es una buena opción para la empresa los siguiente objetivos a desarrollar para cumplir con el objetivo general son :

- Caracterizar el sistema de purificación y las muestras de agua presentes en dicho proceso para conocer su estado actual
- Diagnosticar el estado actual del proceso de purificación y las muestras de agua presentes en dicho proceso, para identificar problemas presentes en dicho proceso.
- Establecer alternativas de reutilización de las aguas rechazadas por el sistema de purificación para mejorar problemas presentados en el proceso

Tipo y Enfoques de Investigación

El presente proyecto pertenece al tipo de investigaciones descriptivas, la cual consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos.

(Fidias, G. Arias, 2012). De acuerdo con lo descrito anteriormente y teniendo en cuenta que el proyecto busca plantear métodos para la reutilización del agua rechazada por el sistema de purificación implementado por la empresa casa del agua en la ciudad

de Santa Marta, por medio de la investigación descriptiva se podrá, organizar , examinar y analizar los factores pertinentes para la reutilización del agua desechada por medio de las plantas purificadoras.

Variables de Medición

Las variables de medición pertinentes a este proyecto de investigación, son los parámetros de las muestras de agua presentes en el proceso de purificación empleado en la empresa CASA DEL AGUA en santa marta, los cuales van a variar de una muestra a otra.

Recolección y Análisis de Datos

La recolección y análisis de datos en este proyecto de investigación está dividida en dos partes; la primera parte se hizo observación directa del proceso de purificación y luego una descripción de estructura y funcionamiento por parte del personal de operación a cargo del proceso de purificación. La segunda parte es la toma de muestras de las distintas etapas del proceso de purificación, que son de interés para el proyecto, las cuales fueron tomadas en envases de 1 litro cada una, y luego enviadas al laboratorio para hacer los respectivos exámenes y determinar los valores de los parámetros contenidos en cada una.

Unidad de Estudio o Muestra

La unidad de estudio o muestra se llevó a cabo en un punto de la empresa, la cual contiene 20 puntos.

Fases y Actividades Metodológicas

Las fases de cómo se desarrollarlo este proyecto de investigación estuvieron encadenadas en ciertas fases de la siguiente manera; primero

Fase 1: caracterización

Dentro de esta fase se recolecto y se organizó información tanto del proceso industrial, como de las muestras de agua que están presentes en el mismo, a través de una observación directa, luego explicación del proceso a cargo del personal de operación. Se observó el proceso en general y luego cada una de las etapas donde intervenían cada uno de los filtros incluyendo la osmosis. Luego la explicación teórica y práctica del proceso y cada una de sus etapas que dependían de cada filtro, haciendo una descripción física y funcional de cada uno de estos filtros. Por último se recolectan muestras de agua de tamaño 1 litro, en cada una de las etapas del proceso en donde se podía hacer recolección de estas muestras y que son de interés para este proyecto de investigación. Luego se envían al laboratorio de la universidad del magdalena para hacer las respectivas pruebas y saber las condiciones del agua, arrojando unos valores para los parámetros que fueron hechas las pruebas.

Fase 2: diagnostico

Para esta fase, se analiza la información de la caracterización, para identificar problemas, ideas y demás. Para el proceso se determina si cumple con la debida práctica en todas las etapas y con todos los respectivos filtros necesarios para el proceso de purificación, su estado y funcionamiento. Para las muestras de agua se toma el valor que arroja el examen de laboratorio en cada uno de los parámetros, y se compara cada uno con el valor de

referencia de la normativa de agua potable (resolución 2115/2007), y a la vez se comparan los valores entre cada muestra.

Fase 3: establecer alternativas.

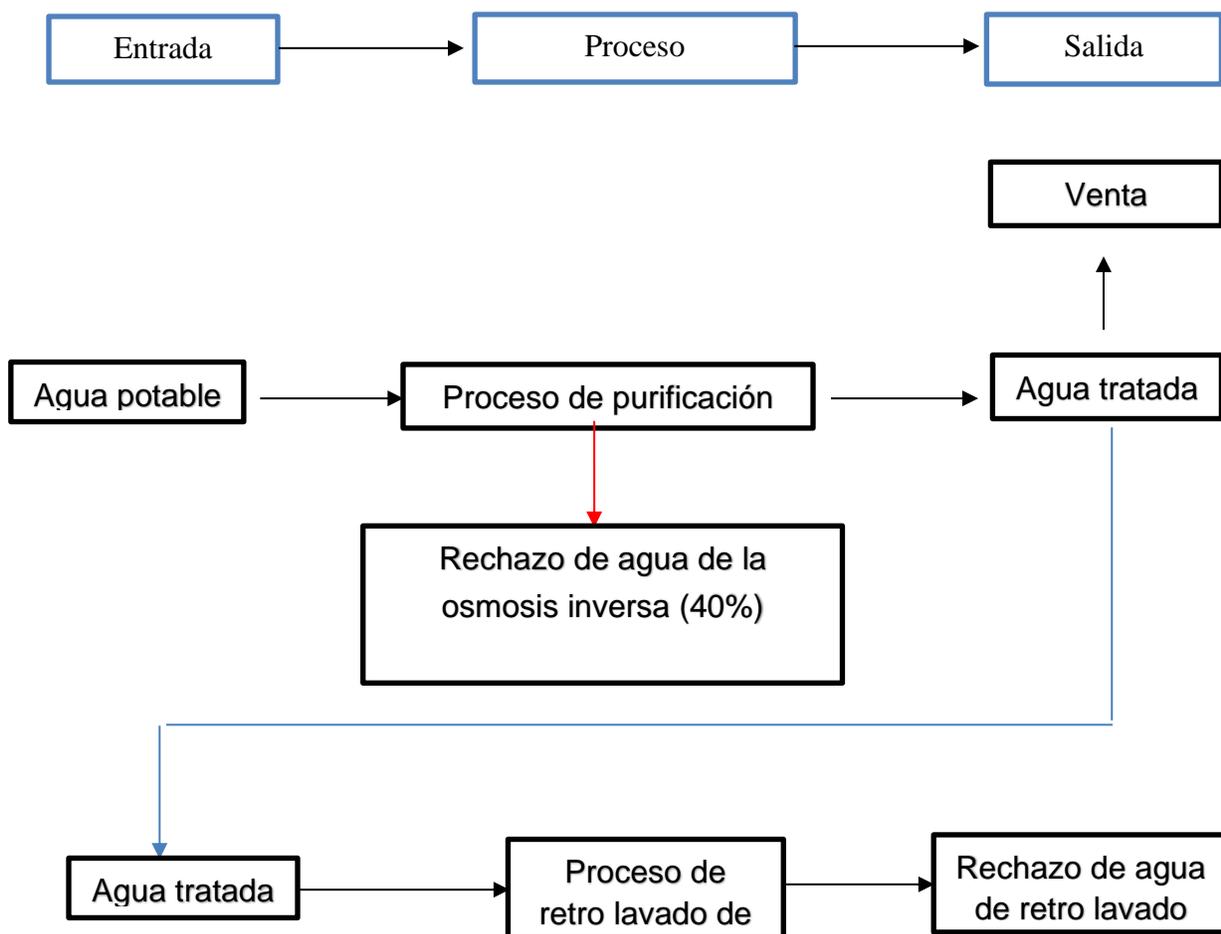
En esta fase se analizó y se organizó la información del diagnóstico, donde se identificación problemas, ideas y demás, logrando establecer alternativas de acuerdo a esa información y la normativa, en cómo se podrían trabajar esos problemas e ideas dándole una viabilidad a esas soluciones planteadas en las alternativas.

Resultados

Objetivo específico 1: Caracterización

De acuerdo al sistema de información y su estructura, el cual permite el procesamiento de información, se diseña el esquema para el proceso de purificación del agua, en su condición actual.

Proceso de purificación del agua.



Fuente: autores

Para la caracterización del proceso de purificación del agua, empleado en la empresa CASA DEL AGUA, vamos a describir cada una de sus etapas, las cuales serían las siguientes:

- 1) **Transporte y almacenamiento inicial:** Principalmente el agua se extrae de dos fuentes, (agua potable, pozo) y se almacena en un tanque de 2.000 litros de capacidad. En este caso vamos a estudiar el proceso con el agua potable.
- 2) **Motobomba e hidroneumático:** Teniendo el agua en este tanque empieza el proceso succionando el agua con una motobomba y un hidroneumático con una presión de 50psi, que trabajan en conjunto. Mientras que la motobomba realiza su trabajo para succionar el agua genera una presión sobre el hidroneumático el cual almacena esa presión hasta llegar a los 50psi, en ese momento se apaga la motobomba y funciona solamente el hidroneumático, hasta que se agote su presión de 50psi, entonces vuelve a encenderse la motobomba para generar presión nuevamente sobre el hidroneumático, repitiendo este ciclo una y otra vez. Esto con el propósito de generar mayor presión al paso del agua y al mismo tiempo trabajando conjuntamente dándole un descanso a la motobomba generando un ahorro de energía.
- 3) **filtro de arena y gravilla:** El agua succionada pasa hacia un primer filtro de arena y gravilla que atrapa las partículas para que el agua salga limpia, sin nada de mugre o suciedad. En este tipo de filtros el agua fluye a través de gravilla y arena. Las propiedades del medio, causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con

otras partículas suspendidas, y con el medio formado en la superficie del granulo de gravilla y arena, siendo de esta manera retenido entre el material filtrante.

- 4) **Filtros de 50 y 30 micras:** El agua pasa por un punto de micro filtrado, en el cual pasa por unos micros filtros de 50 micras y se sigue reduciendo a uno de 30 micras.
- 5) **Filtro de carbón activado:** El tratamiento con carbón activado proporciona excelentes resultados al eliminar cloro, mal olor, mejora el sabor y color del agua, retiene una amplia gama de químicos como pueden ser combustibles, dioxinas y desechos radioactivos. Asimismo, puede eliminar ciertos tipos de metales como plomo, cadmio o mercurio, siempre que los metales pesados se encuentren presentes en pequeñas cantidades.
- 6) **Filtro suavizador:** Pasa por un filtro suavizador, para quitar el magnesio y calcio al agua. Los suavizadores tienen la finalidad de remover la dureza, esto quiere decir que el calcio y magnesio, que producen la dureza, serán removidos casi por completo del agua que se va a tratar. El ablandamiento de agua se lleva a cabo por medio de resinas de intercambio iónico de tipo catiónicas que sustituyen el calcio y magnesio del agua por sodio. Para esto las resinas requieren una regeneración con sal para recuperar su capacidad de intercambio. Y finalmente este tiene un tanque de salmuera para su regeneración, cuando cumple cierto tiempo de funcionamiento se programa para su auto lavado, pero a diferencia de los otros filtros este contiene su propio tanque con salmuera que es agua con sal común.

- 7) **Filtro de 5 micras:** pasa por un filtro de 5 micras. Un filtro de 5 micras nominal puede atrapar un 85% de partículas de tamaño de cinco micras y mayor, mientras un filtro de 5 micras absoluto puede atrapar 99.9% de partículas de 5 micras o más.
- 8) **Osmosis inversa:** consiste en dos partes separadas por una membrana a igual presión de ambos lados, cuando una parte tiene menos concentración de sales que el otro, entonces el de mayor concentración aumenta su presión para que el agua pase al de menor concentración. En la ósmosis inversa a través de la membrana semipermeable sólo pasa agua, es decir, la sal va a quedar atrapada en la membrana semipermeable. En este proceso por cada 3 litros rechaza 1.2 y acepta 1.8, pasando el 60% de agua y el otro 40% se rechaza y es dirigido al acueducto.
- 9) **Luz ultra violeta:** cuando finaliza el proceso de osmosis inversa el agua pasa por un tubo de luz ultra violeta el cual va a eliminar todo tipo de microbios, que estén quedando de todo el proceso de purificación.
- 10) **Almacenamiento del agua purificada:** finalmente el agua llega a un tanque de almacenamiento de 2.000 litros, lista para el consumo humano.
- 11) **Retro lavado:** dentro del proceso también se presenta una parte de retro lavado a los filtros. Una vez finalizado el proceso de purificación, se procede a realizar el proceso de retro lavado, el cual dura 30 minutos y se realiza 3 veces a la semana, generando un agua de rechazo que va hacia el acueducto. El agua que se utiliza para el retro lavado se toma del agua producto (tratada), pasa por los diferentes filtros arrastrando partículas y concentraciones de sal para luego de finalizar el

proceso ser rechazada y dirigida al acueducto. Esta agua se rechaza a razón de 1 litro cada 9 segundos.

3.1.2 Análisis de muestras de agua

Se realizaron en el laboratorio calidad del agua de la universidad del magdalena en cuatro muestras de un litro de agua tomadas en la empresa casa del agua en santa marta para conocer sus condiciones fisicoquímicos para poder establecer un uso teniendo en cuenta la resolución 2115/2007 de acuerdo a los parámetros.

En las siguientes páginas se muestran los resultados obtenidos en este orden

- Agua potable
- Agua producto
- Agua de rechazo por la ósmosis inversa
- Agua rechazada del retro lavado

Tabla 3: Agua potable



UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

Empresa:	Ermin Campo	Uso:	Consumo Humano
Dirección :	Carrera 16 Calle 6 Barrio 20 de Julio Santa Marta	Punto de muestra:	F Red distribución
Teléfono:	3135873575	Recepción	15-03-21
Origen de la muestra:	superficial		
Sitio de muestreo:	Agua potable carrera 16 calle 6 casa del agua		
Muestreo	15-03-21 por el cliente		
Emisión	19-03-21		

Parámetro	METODOLOGIA	Agua potable	Valor Referencia Resolución 2115/2007 Agua Potable
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	Volumétrico con HCl ,SM 2320-B	234	200
Conductividad μS/cm	Potenciométrico, SM 2510-B	754	1000
Color aparente upc	Comparación visual, SM 2120-B	26	15
Color real upc	Centrifugación / Nefelométrico, SM 2120-B	5	15
Sabor	Prueba umbral de sabor, SM 2160-6	No Aceptable	Aceptable
Cloruros, mg Cl ⁻ /L	Argentométrico, SM 4500-Cl-B	150	250
Cloro residual, mg Cl ₂ /L	Yodométrico II , SM 4500-Cl-C	ND	0,3-2,0
Dureza total, mg CaCO ₃ /L	Titulación con EDTA, SM 2340-C	124,6	300
Calcio, mg Ca/L	Titulométrico con EDTA, SM 3500-Ca-D	14,56	60
Magnesio, mg Mg/L	Titulométrico con EDTA ,SM 3500-Mg-B	6,45	36
Fosfatos, mg PO ₄ ³⁻ /L	Ácido ascórbico, SM 4500-P-E	0,14	0,5
Hierro, mg Fe/L	Ortofenantrolina, SM 3500-Fe -D	0,22	0,3
Manganeso, mg Mn/L	Absorción atómica, SM 3500-Mn	0,09	0,1
Sulfatos, mg SO ₄ ²⁻ /l	Gravimétrico/, SM 4500-SO ₄ ²⁻ -D	98,56	250
Sodio, mg Na/L	Absorción atómica, SM 3500-Na	14,45	***
Cobre, mg Cu/L	Absorción atómica, SM 3500-Cu	0,1	1
Nitritos, mg NO ₂ ⁻ /L	Sulfanilamida /colorimetría, SM 4500-NO ₂ ⁻ -B	0,11	0,1
Nitratos mg NO ₃ ⁻ /L	Reducción Cd-Cu/ colorimetría, SM 4500-NO ₃ ⁻ -E	0,56	10
pH	Potenciométrico, SM 4500-H ⁺ -B	8,06	6,5 - 9,0
Sólidos suspendidos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-D	33,7	***
Sólidos disueltos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-C	378	***
Turbiedad UNT	Nefelométrico, SM 2130-B	14,7	2
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	33	0
E.coli UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	11	0
Mesófilos aeróbicos UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	>100	100
Temperatura °C	Potenciométrico, SM 2550-B	27,4	***

ND= no detectado
*** = no especifica

Isaac Romero Borja

Tabla 4: Agua tratada - producto
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

Empresa:	Ermin Campo		
Dirección :	Carrera 16 Calle 6 Barrio 20 de Julio Santa Marta		
Teléfono:	3135873575		
Origen de la muestra:	superficial	Uso:	Consumo Humano
Sitio de muestreo:	Agua producto carrera 16 calle 6 casa del agua	Punto de muestra:	F Sist Tratamiento
Muestreo	24-03-21 por el cliente	Recepción	24-03-21
Emisión	27-03-21		

Parámetro	METODOLOGIA	Agua producto - tratada	Valor Referencia Resolución 2115/2007 Agua Potable
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	Volumétrico con HCl, SM 2320-B	154	200
Conductividad µS/cm	Potenciométrico, SM 2510-B	131,4	1000
Color aparente upc	Comparación visual, SM 2120-B	10	15
Color real upc	Centrifugación / Nefelométrico, SM 2120-B	5	15
Sabor	Prueba umbral de sabor, SM 2160-6	Aceptable	Aceptable
Cloruros, mg Cl ⁻ /L	Argentométrico, SM 4500-Cl-B	40	250
Cloro residual, mg Cl/L	Yodométrico II, SM 4500-Cl-C	ND	0,3-2,0
Dureza total, mg CaCO ₃ /L	Titulación con EDTA, SM 2340-C	17	300
Calcio, mg Ca/L	Titulométrico con EDTA, SM 3500-Ca-D	8,43	60
Magnesio, mg Mg/L	Titulométrico con EDTA, SM 3500-Mg-B	5,87	36
Fosfatos, mg PO ₄ ³⁻ /L	Ácido ascórbico, SM 4500-P-E	0,08	0,5
Hierro, mg Fe/L	Ortofenantrolina, SM 3500-Fe-D	0,06	0,3
Manganeso, mg Mn/L	Absorción atómica, SM 3500-Mn	0,05	0,1
Sulfatos, mg SO ₄ ²⁻ /l	Gravimétrico/, SM 4500-SO ₄ ²⁻ -D	64,45	250
Sodio, mg Na/L	Absorción atómica, SM 3500-Na	1,23	***
Cobre, mg Cu/L	Absorción atómica, SM 3500-Cu	0,05	1
Nitritos, mg NO ₂ ⁻ /L	Sulfanilamida /colorimetría, SM 4500-NO ₂ ⁻ -B	0,05	0,1
Nitratos mg NO ₃ ⁻ /L	Reducción Cd-Cu/ colorimetría, SM 4500-NO ₃ ⁻ -E	0,22	10
pH	Potenciométrico, SM 4500-H ⁺ -B	7,83	6,5 - 9,0
Sólidos suspendidos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-D	<2	***
Sólidos disueltos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-C	66,7	***
Turbiedad UNT	Nefelométrico, SM 2130-B	0,98	2
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	0	0
E.coli UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	0	0
Mesófilos aeróbicos UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	7	100
Temperatura °C	Potenciométrico, SM 2550-B	27,1	***

ND= no detectado

*** = no especifica

ISAAC ROMERO BORJA

T.P 759788

Esp. Gestión Ambiental

Tabla 5: Agua de rechazo de la osmosis inversa

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

Empresa:	Ermin Campo		
Dirección :	Carrera 16 Calle 6 Barrio 20 de Julio Santa Marta		
Teléfono:	3135873575		
Origen de la muestra:	superficial	Uso:	Consumo Humano
Sitio de muestreo:	Agua Rechazo carrera 16 calle 6 casa del agua	Punto de muestra:	F Sist Tratamiento
Muestreo	24-03-21 por el cliente	Recepción	24-03-21
Emisión	27-03-21		

Parámetro	METODOLOGIA	Agua Rechazo	Valor Referencia Resolución 2115/2007 Agua Potable
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	Volumétrico con HCl ,SM 2320-B	489	200
Conductividad μS/cm	Potenciométrico, SM 2510-B	1685	1000
Color aparente upc	Comparación visual, SM 2120-B	10	15
Color real upc	Centrifugación / Nefelométrico, SM 2120-B	5	15
Sabor	Prueba umbral de sabor, SM 2160-6	Salobre	Aceptable
Cloruros, mg Cl ⁻ /L	Argentométrico, SM 4500-Cl-B	345	250
Cloro residual, mg Cl/L	Yodométrico II, SM 4500-Cl-C	ND	0,3-2,0
Dureza total, mg CaCO ₃ /L	Titulación con EDTA, SM 2340-C	378	300
Calcio, mg Ca/L	Titulométrico con EDTA, SM 3500-Ca-D	56,98	60
Magnesio, mg Mg/L	Titulométrico con EDTA, SM 3500-Mg-B	37,56	36
Fosfatos, mg PO ₄ ³⁻ /L	Ácido ascórbico, SM 4500-P-E	0,22	0,5
Hierro, mg Fe/L	Ortofenantrolina, SM 3500-Fe -D	0,21	0,3
Manganeso, mg Mn/L	Absorción atómica, SM 3500-Mn	0,09	0,1
Sulfatos, mg SO ₄ ²⁻ /l	Gravimétrico/, SM 4500-SO ₄ ²⁻ -D	156	250
Sodio, mg Na/L	Absorción atómica, SM 3500-Na	76,56	***
Cobre, mg Cu/L	Absorción atómica, SM 3500-Cu	0,12	1
Nitritos, mg NO ₂ ⁻ /L	Sulfanilamida /colorimetría, SM 4500-NO ₂ ⁻ -B	0,14	0,1
Nitratos mg NO ₃ ⁻ /L	Reducción Cd-Cu/ colorimetría, SM 4500-NO ₃ ⁻ -E	1,11	10
pH	Potenciométrico, SM 4500-H ⁺ -B	7,31	6,5 - 9,0
Sólidos suspendidos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-D	<2	***
Sólidos disueltos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-C	912	***
Turbiedad UNT	Nefelométrico, SM 2130-B	2,65	2
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	12	0
E.coli UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	3	0
Mesófilos aeróbicos UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	>100	100
Temperatura °C	Potenciométrico, SM 2550-B	27,4	***

ND= no detectado

*** = no especifica

Isaac Romero Borja

ISAAC ROMERO BORJA
T.P 759788
Esp.Gestión Ambiental

Tabla 6: Agua de rechazo de retro lavado

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA

Empresa:	Ermin Campo		Uso:	Consumo Humano
Dirección :	Carrera 16 Calle 6 Barrio 20 de Julio Santa Marta		Punto de muestra:	F Sist Tratamiento
Teléfono:	3135873575		Recepción	15-03-21
Origen de la muestra:	superficial			
Sitio de muestreo:	Agua Rechazo carrera 16 calle 6 casa del agua			
Muestreo	15-03-21	por el cliente		
Emisión	19-03-21			

Parámetro	METDOLOGIA	Agua Rechazo	Valor Referencia Resolución 2115/2007 Agua Potable
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	Volumétrico con HCl ,SM 2320-B	211	200
Conductividad μS/cm	Potenciométrico, SM 2510-B	772	1000
Color aparente upc	Comparación visual, SM 2120-B	10	15
Color real upc	Centrifugación / Nefelométrico, SM 2120-B	5	15
Sabor	Prueba umbral de sabor, SM 2160-6	Ligero	Acceptable
Cloruros, mg Cl ⁻ /L	Argentométrico, SM 4500-Cl-B	150	250
Cloro residual, mg Cl ₂ /L	Yodométrico II , SM 4500-Cl-C	ND	0,3-2,0
Dureza total, mg CaCO ₃ /L	Titulación con EDTA, SM 2340-C	126,4	300
Calcio, mg Ca/L	Titulométrico con EDTA, SM 3500-Ca-D	15,32	60
Magnesio, mg Mg/L	Titulométrico con EDTA ,SM 3500-Mg-B	5,34	36
Fosfatos, mg PO ₄ ³⁻ /L	Ácido ascórbico, SM 4500-P-E	0,12	0,5
Hierro, mg Fe/L	Ortofenantrolina, SM 3500-Fe -D	0,16	0,3
Manganeso, mg Mn/L	Absorción atómica, SM 3500-Mn	0,08	0,1
Sulfatos, mg SO ₄ ²⁻ /l	Gravimétrico/, SM 4500-SO ₄ ²⁻ -D	78,5	250
Sodio, mg Na/L	Absorción atómica, SM 3500-Na	13,56	***
Cobre, mg Cu/L	Absorción atómica, SM 3500-Cu	0,09	1
Nitritos, mg NO ₂ ⁻ /L	Sulfanilamida /colorimetría, SM 4500-NO ₂ ⁻ -B	0,08	0,1
Nitratos mg NO ₃ ⁻ /L	Reducción Cd-Cu/ colorimetría, SM 4500-NO ₃ ⁻ -E	0,44	10
pH	Potenciométrico, SM 4500-H ⁺ -B	7,99	6,5 - 9,0
Sólidos suspendidos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-D	<2	***
Sólidos disueltos mg/l	Gravimétrico, SM, 2540-C	386	***
Turbiedad UNT	Nefelométrico, SM 2130-B	1,82	2
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	7	0
E.coli UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	0	0
Mesófilos aeróbicos UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	55	100
Temperatura °C	Potenciométrico, SM 2550-B	27,4	***

ND= no detectado
*** = no especifica

Isaac Romero Borja

ISAAC ROMERO BORJA
T.P 759788
Esp. Gestión Ambiental

Objetivo específico 2: Diagnostico

Agua potable

De acuerdo a la Resolución 2115/2007 para Agua Potable, el agua que se utiliza para el proceso de purificación empleado en la empresa casa del agua, contiene unos parámetros con valores altos, además 7 de esos parámetros no cumplen con los valores que establece la norma, los cuales serían los siguientes:

- Alcalinidad mg/l CaCO₃ 234
- Color aparente upc 26
- Cloro residual, mg Cl/L ND
- Nitritos, mg NO₂⁻/L 0,11
- Turbiedad UNT 14,7
- Coliformes totales UFC/100ml 33
- E. coli UFC/100ml 11

Comparamos con el valor de referencia, el cual está a la derecha del siguiente cuadro indicando que se excede o se está por fuera de ese valor.

Tabla 7: Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007.

Parámetro	METODOLOGIA	Agua potable	Valor Referencia Resolución 2115/2007 Agua Potable
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	Volumétrico con HCl ,SM 2320—B	234	200

Color aparente upc	Comparación visual, SM 2120-B	26	15
Cloro residual, mg Cl/L	Yodo métrico II, SM 4500-Cl-C	ND	0,3-2,0
Nitritos, mg NO ₂ -/L	Sulfanilamida /colorimetría, SM 4500-NO ₂ -B	0,11	0,1
Turbiedad UNT	Nefelométrico, SM 2130-B	14,7	2
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	33	0
E.coli UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	11	0

Proceso de purificación

El agua que se toma para el proceso de purificación no tiene las mejores Condiciones, y adicional a esto no se está llevando a cabo la etapa inicial de desinfección, la cual consta de aplicarle cloro al agua para matar microorganismos y bacterias presentes en el agua antes de empezar a circular por los filtros. Por tal razón dicho proceso se ve afectado de manera negativa, ya que la cantidad de agua que se puede llegar a purificar depende de las condiciones de la misma y que se estén ejecutando de manera correcta cada una de las etapas del proceso de purificación.

Debido a la mala condición que tiene el agua en santa marta, y lo anteriormente mencionado se están presentando ciertos problemas en este sistema de purificación que utiliza osmosis inversa, los cuales mencionamos a continuación:

- Los filtros que retienen partículas como los filtros de arena y gravilla, 50, 30, 10 y 5 micras sufren un mayor atascamiento, debido a que el agua contiene gran cantidad de solidos suspendidos.
- El filtro de carbón activado no realiza completamente su función de eliminar el cloro, mal sabor y olor al agua, ya que el agua no contiene cloro en esta etapa del proceso.
- Mayor cantidad de intercambio iónico para ablandar el agua mediante el filtro suavizador, debido a la alta cantidad de calcio y magnesio.
- Mayor cantidad de agua de rechazo por parte de la osmosis inversa, la cual va a tener una concentración muy alta de sales, partículas y demás.
- Afecta la limpieza de los filtros por parte del retro lavado, ya que entre más atascados con sólidos, sales y microorganismos estén los filtros, menos efectiva seria su limpieza.

La osmosis inversa está generando un rechazo del 40% del agua que pasa por el sistema, lo cual es un alto rechazo de agua, ya que se está perdiendo casi la mitad de la materia prima con que se lleva a cabo este proceso industrial. Gran parte de la concentración de sales está quedando dentro de los filtros y la membrana de la osmosis inversa y la otra concentración en el agua de rechazo.

De igual forma dentro del proceso de retro lavado se está generando una gran cantidad de agua de rechazo, la cual si se rechaza a razón de 1 litro cada 9 segundos, durante 30 minutos se obtienen los siguientes cálculos:

$$30 \text{ min} \longrightarrow 1.800 \text{ seg}$$

$$1.800\text{seg} / 9\text{seg/litros} = 200 \text{ litros}$$

$$200 \text{ litros} \times 3 = 600 \text{ litros}$$

Se estaría rechazando hacia el acueducto 200 litros cada vez que se realiza el retro lavado, y como este se realiza 3 veces a la semana, la cantidad de agua rechazada seria 600 litros a la semana.

Agua de producto (tratada)

De acuerdo a la Resolución 2115/2007 para Agua Potable, el agua producto que resulta del proceso de purificación del agua potable, cumple con todos los parámetros según la norma, con la excepción del cloro residual que tiene un valor de referencia el cual debe contener el agua.

Tabla 8: Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007

Cloro residual, mg Cl/L	Yodo métrico II , SM 4500—Cl—C	ND	0,3-2,0
-------------------------	--------------------------------	----	---------

No se detecta la presencia de cloro, el cual debe contener entre (0.3-2.0) según la normativa, pero como el agua es para consumo humano, no debe contener cloro.

Agua de rechazo de la osmosis inversa

De acuerdo a la Resolución 2115/2007 para Agua Potable, el agua de rechazo que genera la osmosis inversa del sistema de purificación de la empresa casa del agua, tiene valores demasiado altos y además 9 de estos parámetros, no cumplen con los valores establecidos en la norma.

Tabla 9: Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007

Parámetro	METODOLOGIA	Agua Rechazo	Valor Referencia Resolución 2115/2007 Agua Potable
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	Volumétrico con HCl ,SM 2320—B	489	200
Conductividad μS/cm	Potenciométrico, SM 2510—B	1685	1000
Cloro residual, mg Cl/L	Yodométrico II , SM 4500—Cl—C	ND	0,3-2,0
Dureza total, mg CaCO ₃ /L	Titulación con EDTA, SM 2340—C	378	300
Magnesio, mg Mg/L	Titulométrico con EDTA ,SM 3500—Mg—B	37,56	36

Nitritos, mg	Sulfanilamida /c	0,14	0,1
Turbiedad UNT	Nefelométrico, SM 2130-B	2,65	2
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	12	0
E.coli UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221-B	3	0

Agua de retro lavado

De acuerdo a la Resolución 2115/2007 para Agua Potable, esta agua que resulta del proceso de retro lavado de los filtros y la osmosis inversa, solo contiene 3 valores fuera de la normativa, y son valores que tienen un exceso mínima al de referencia.

Tabla 10: Parámetros que no cumplen con la resolución 2115/2007

Parámetro	METODOLOGIA	Agua Rechazo	Valor Referencia Resolución 2115/2007 Agua Potable
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	Volumétrico con HCl, SM 2320-B	211	200

Cloro residual, mg Cl/L	Yodo métrico II , SM 4500—Cl—C	ND	0,3-2,0
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana, SM 9221—B	7	0

Objetivo específico 3: Alternativas

Alternativas para el agua del retro lavado

Debido a que el agua de retro lavado tiene mejores condiciones que el agua potable con que se alimenta el sistema de purificación de la empresa casa del agua, presentando valores en los parámetros inferiores al agua potable, se proponen las siguientes alternativas:

Hacer una recirculación del agua de retro lavado, ya que la cantidad de agua que se está rechazando hacia el acueducto después de dicho proceso, es capaz de alimentar el sistema de purificación en reemplazo del agua potable, siendo una alternativa sencilla y económica. Esto traerá consigo a la empresa ciertos beneficios y mejoras productivas.

Dicha alternativa se puede emplear de distintas formas, de acuerdo a como se decida trabajar el proceso de purificación.

A continuación se presenta la forma en cómo se llevarían a cabo las alternativas resaltando los beneficios y mejoras:

Alternativa 1

La empresa en uno de sus puntos alimenta el sistema con agua de pozo, y esta contiene unos parámetros muchos más altos que el agua potable y el agua de retro lavado, por lo cual se presenta la alternativa de alimentar este punto que utiliza agua de pozo, con el agua de retro lavado, y también la mayor cantidad de puntos donde se pueda reemplazar el agua potable por el agua de retro lavado, y así dejar de alimentar con el agua de pozo y agua potable ciertos puntos.

Por otro lado, incluir la etapa de desinfección inicial, que consiste en aplicarle cloro al agua que va alimentar el sistema. A continuación presentamos los pasos para llevar a cabo la alternativa:

- Almacenar el agua del retro lavado de manera semanal en cada uno de los puntos donde no se utiliza agua de pozo, sino agua potable para alimentar el sistema.
- Establecer los puntos estratégicos de la siguiente manera; 3 puntos generan 1.800 litros + 600 litros que se recolectan en el mismo punto donde vamos a implementar la mejora, dando un total de 2.400 litros, y con esto alimentar la mayor cantidad de sistemas posibles que utilizan agua de pozo y agua potable, reemplazándola por el agua de retro lavado.
- Calcular la cantidad de sistemas que reciben la mejora de la siguiente manera; teniendo 20 puntos disponibles, hacemos grupos de 4 puntos, para un total de 5 grupos, donde en cada grupo se genera la mejora de 1 sistema, entonces se estaría aplicando la mejora a 5 sistemas.
- por medio del transporte de la empresa, se hace un recorrido semanal por los puntos estratégicos, transportando el agua de retro lavado hacia los otros puntos estratégicos donde se va a implementar la mejora.
- adicionar la etapa de cloración para matar microorganismos y bacterias presentes en el agua. para esta cloración debemos aplicar 0.02ml de hipoclorito de sodio al 13% a cada litro de agua.
- revisando la información de la alternativa, por parte del área de operación, y analizando los parámetros del agua de retro lavado, se llegó a la conclusión de que

se puede graduar la osmosis inversa para que rechace el 20% del agua y tenga una aceptación del 80% de agua purificada (tratada).

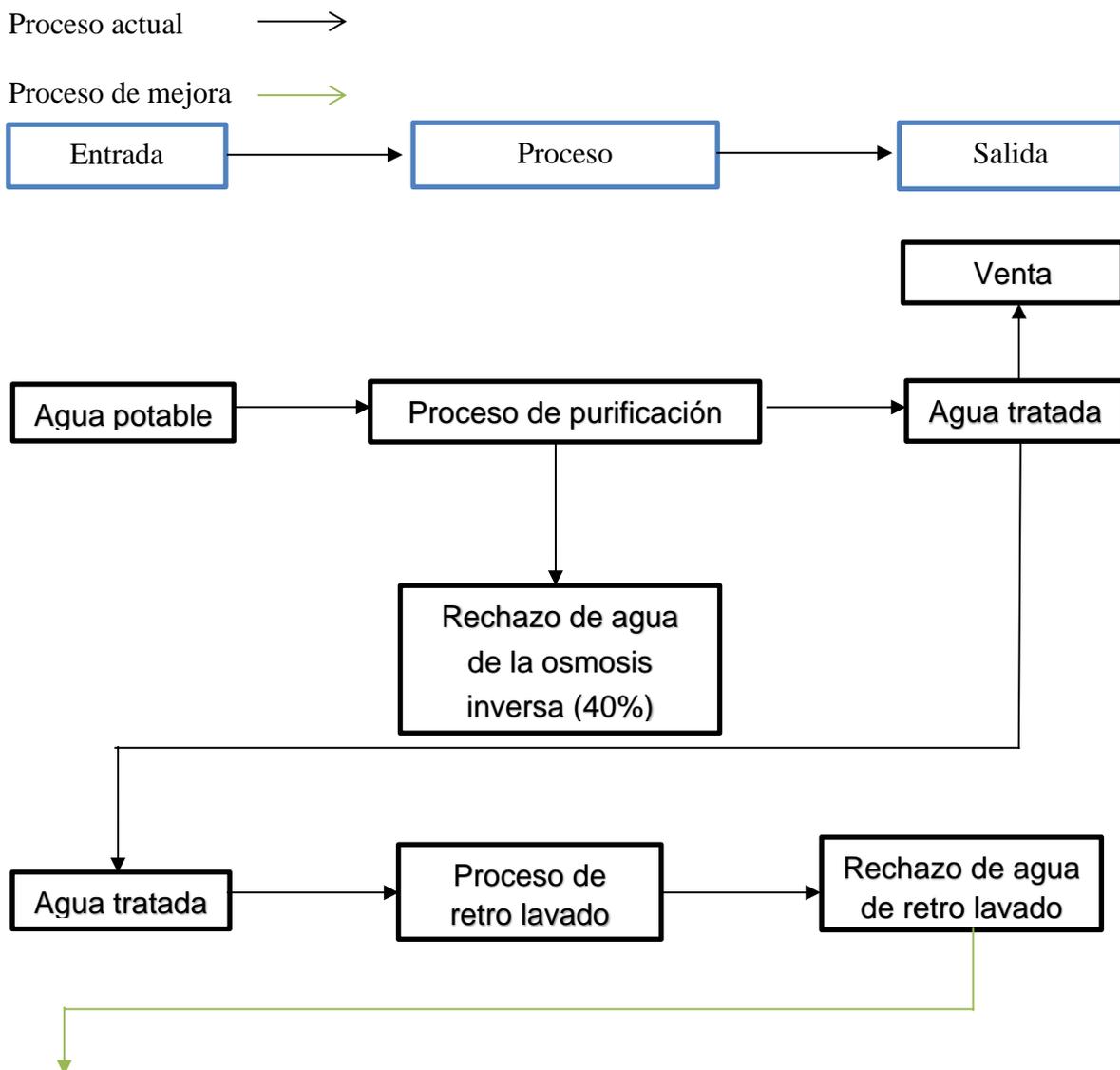
- Calcular las cantidades resultantes del proceso con dicha mejora.
 - $2.400 \times 0.2 = 480$ litros (agua de rechazo semanal de la osmosis inversa).
 - $2.400 \times 0.8 = 1.920$ litros (agua tratada).
 - 600 litros para el proceso de retro lavado, los cuales son reutilizables.
 - $1.920 - 600 = 1.320$ litros (disponibles a la venta).

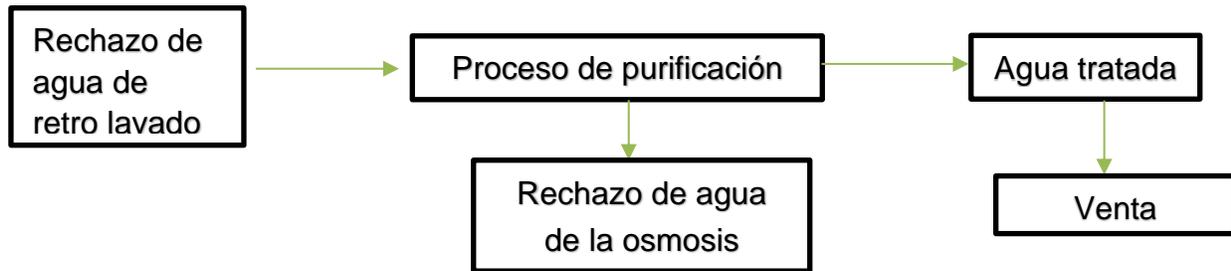
Con esta alternativa queremos mitigar el impacto ambiental generado por este proceso industrial de manera significativa, ya que se tocarían ciertos puntos beneficiosos para la empresa, en cuanto al ahorro de recursos y desempeño del proceso, los cuales vamos a enunciar a continuación:

- Mejora productiva de 5 puntos de la empresa.
- Recuperación de una cantidad considerable de agua, 200 litros en cada retro lavado, para el total de 600 litros a la semana, para cada uno de los 20 puntos de la empresa.
- ahorro de agua y dinero.
- Reemplazo al 100% del agua de pozo con altos parámetros que afectan el proceso y el agua potable, por el agua de retro lavado.
- Disminución del rechazo de la osmosis del 40% al 20% de agua.
- Aumento de la productividad.
- Mayor vida útil a los filtros del sistema.

- Mas efectividad en el retro lavado de los filtros, ya que van a resultar menos atascados después del proceso de purificación, al trabajar con esta agua, en mejores condiciones.
- Menos captación de agua potable del grifo, ya que esta agua puede ser utilizada para alimentar el sistema

Tabla 11: Estructura del proceso de purificación con la mejora propuesta





Fuente: autores

Alternativa 2

1. Almacenamiento del agua de retro lavado, dirigiendo el conducto que lleva esta agua hacia el acueducto, esta vez hacia un tanque de almacenamiento.
2. se lleva a cabo la etapa de cloración para matar microorganismos y bacterias presentes en el agua. para esta cloración debemos aplicar 0.02ml de hipoclorito de sodio al 13% por cada litro de agua.
3. Impulsar esta agua hacia el proceso de purificación, cada vez que se haga el retro lavado, semanal o mensual de acuerdo a la cantidad de agua con la que se quiera alimentar dicho proceso, y si se desea mezclar con el agua potable para que resulte una mayor cantidad de agua a utilizar.

Con esta alternativa queremos mitigar el impacto ambiental generado por este proceso industrial, de manera que se pueda captar la menor cantidad de agua potable del grifo, ya que se tendrían 200 litros disponibles cada vez que se realice el retro lavado.

Alternativa 3

El agua de retro lavado aplica para múltiples usos de todo tipo, lo cual puede ser aprovechado por parte de la empresa en muchas actividades que son una necesidad dentro de la misma y solo tendríamos que almacenar el agua de retro lavado teniéndola disponible para estas actividades domésticas, que a continuación mencionamos:

- Lavado de manos, pisos, herramientas, etc.
- Aseo personal
- Riego de zonas verdes
- Higiene
- Limpieza de la planta

Con esta alternativa se reemplazaría al 100% el agua potable por el agua de retro lavado para las actividades domésticas dentro de la planta. Lo que implica ahorro de este recurso en cuanto a cantidad, dinero y también en términos de calidad, ya que al estar en mejores condiciones el agua de retro lavado que el agua potable, al desempeñar estas actividades vamos a obtener mejores resultados.

Alternativa para el agua de rechazo de la osmosis inversa

Alternativa 1

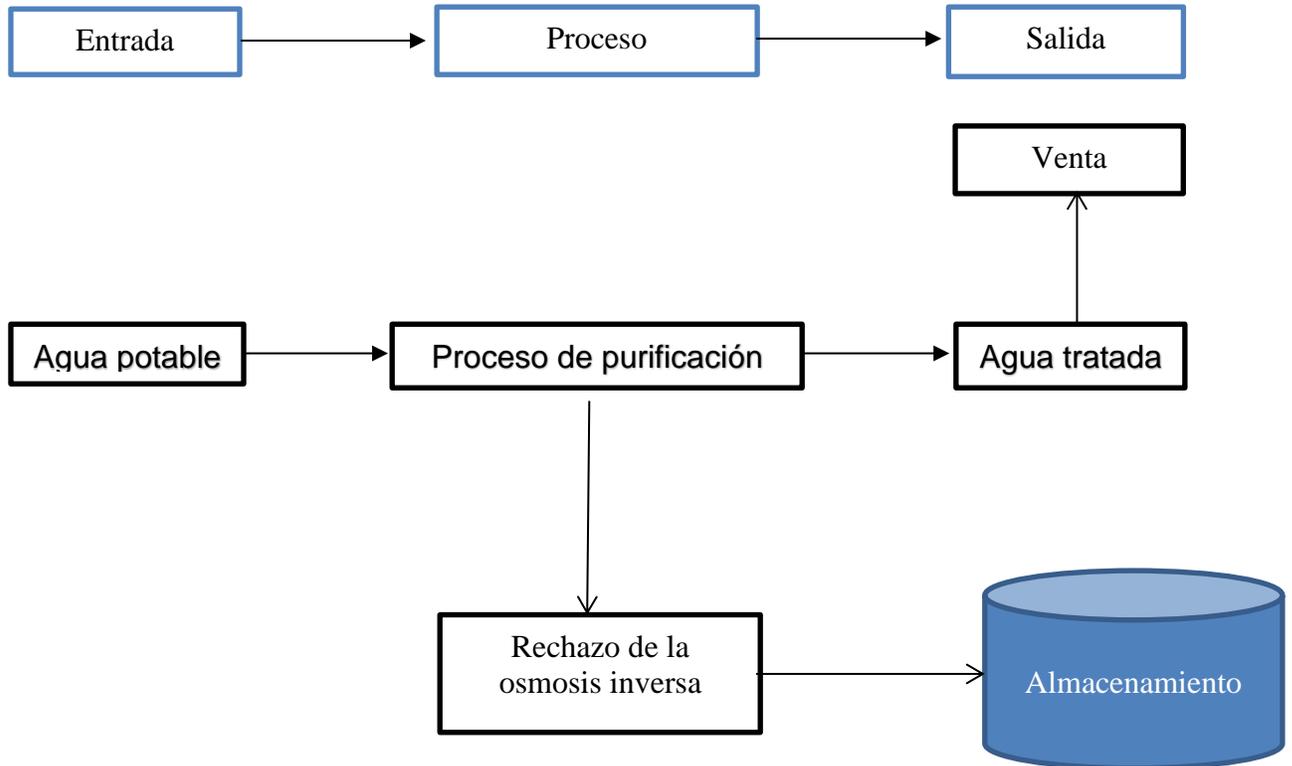
El agua de rechazo de la osmosis inversa en sus características mostradas en el análisis se puede notar que no es apta para el consumo humano pero si puede ser aprovechada para ciertas actividades domésticas donde esta agua para estos fines puede tener un valor significativo para los samarios y como tal la empresa podría generar ganancia

A continuación se muestran los posibles usos domésticos en la cual no afecta la salud humana:

- Aseo del hogar.
- Riego de zonas verde.
- Para el retrete.

Santa Marta cuenta con etapas donde la ciudad sufre una gran escases de agua, donde esta agua rechazada por la osmosis inversa puede entrar en los usos mencionados, que en ocasiones por la falta de agua no se pueden llevar a cabo. De tal manera se resalta el importante aprovechamiento de esta agua donde la empresa podría almacenarla y vender a un bajo costo para los usos mencionados.

La empresa cuenta con grandes depósitos de almacenamiento de agua donde no tendría que invertir en costos de almacenamiento de tal forma que solo sería almacenar la cantidad demandada a vender.

Tabla 12: Estructura para el almacenamiento del agua del rechazo de la osmosis

Fuente: autores

Análisis de las alternativas

Estudiando las alternativas del proyecto se puede concluir que mejor opción es la alternativa 1, donde el agua de retro lavado se almacena para alimentar otros puntos de la empresa disminuyendo la captación de agua del glifo y obteniendo ganancias, por tal motivo se escoge porque es la que genera mayor cantidad de beneficios a la empresa, medio ambiente, comunidad y demás.

- Mejora productiva de 5 puntos de la empresa

- Se recupera mayor cantidad de agua, de la siguiente manera, para 1 punto se recupera 600litros semanales, lo que mensual seria $600\text{litros} \times 4 = 2.400$ litros mensual para cada punto, y esto en todos los 20 puntos de la empresa seria $2.400 \text{ litros} \times 20 = 48.000$ litros mensuales entre los 20 puntos de la empresa.
- Evita al 100% la captación de agua potable del grifo para alimentar el sistema, lo que conlleva a la disminución del valor del recibo del agua.
- Mayor cantidad de agua disponible a la venta, que sería de 1.320 litros semanales.
- Disminución del 40% al 20% de agua de rechazo de la osmosis inversa, la cual el 40% de 2.400 litros es 960 litros y la disminución de esa cantidad es $2.400 \text{ litros} \times 0.2 = 480$, se disminuye de 960 litros a 480, entonces $960 - 480 = 480$, y se estaría aprovechando 480 litros semanales en cada uno de los 5 puntos que se implementó la mejora.

Beneficios

$$\mathbf{B} = \frac{\text{litros de agua reutilizada semanales del rechazo del retro lavado}}{\text{garrafa de 20 litros de agua purificada}}$$

$$\mathbf{Beneficio} = \frac{480}{20} = 24 \times 4000 \text{ precio de venta de garrafa de 20 litros}$$

$$\mathbf{Beneficio} = \$96.000 \text{ semanales}$$

Se genera como ganancia en cada uno de los puntos donde se implementó la alternativa número 1, descrita anteriormente, generando un resultado significativo en la empresa del agua y en el medio ambiente

Conclusiones

Para este proyecto de investigación se llega a la conclusión, de que las aguas de rechazo del sistemas de purificación empleado en la empresa casa del agua en santa marta, se pueden reutilizar para múltiples usos, teniendo en cuenta la normativa que aplica para cada uso. Dicha reutilización genera un aporte positivo a mitigar el impacto ambiental generado por este proceso industrial, se mejora dicho proceso industrial, se aprovecha al máximo un recurso que por tiempos es escaso, y también se disminuyen problemas asociados a lo antes mencionado, y que favorecen a la empresa, comunidad, medio ambiente y demás.

Por otra parte el agua de retro lavado tiene mejores condiciones que el agua potable que se utiliza en santa marta, por ende es mejor utilizar esta agua para las diferentes actividades antes mencionadas.

También el agua de la osmosis inversa contiene altas concentraciones de sales, pero se puede trabajar con base en ella, y en caso tal disminuir sus concentraciones con diferentes estrategias.

Entre mejores condiciones tenga el agua para alimentar el proceso del sistema de purificación del agua, se va a tener mejores resultados, tanto en funcionamiento como en productividad.

Recomendaciones

No se recomienda usar agua de pozo, ya que esta agua va a presentar unas condiciones poco favorables para los distintos usos en que se quiera emplear. Esta condición se debe a que el agua de pozo está en contacto con muchos contaminantes, los cuales pueden ser sustancias químicas, agentes patógenas, y también está en contacto con mucha concentración de sales, lo que conlleva a ciertas enfermedades que pueden llegar a ser graves por la ingesta de esta agua contaminada. También influye el estado estructural del pozo, mantenimiento del mismo y la debida cloración.

Por otra parte se recomienda mezclar el agua de rechazo de la osmosis inversa con el agua de retro lavado, tal que pueda llegar hasta los parámetros que tiene el agua potable actual que se utiliza para alimentar el sistema de purificación.

Se recomienda que los campesinos y agricultores aledaños a los puntos de los procesos de purificación del agua puedan hacer uso del agua rechazada de la osmosis inversa. Con el fin de disminuir el caudal vertido por la empresa y lograr la reutilización ya que esta agua cuenta con parámetros aptos para la agricultura pero por motivos de costo almacenamiento la alternativa no fue propuesta.

Lista de referencias

Tesis

- Benites Suarez .D, Céspedes G .(2020) Propuesta para el aprovechamiento del agua de rechazo de un sistema de ósmosis inversa utilizada en una empresa de refrigerantes automotrices ubicada en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca
- David Silva(2006)Diseño de un sistema de ósmosis inversa centrífugo utilizando diversas metodologías de diseño para la innovación en la ciudad de Monterrey,
- Carlos García (2002) Aplicación de la ósmosis inversa y la nano filtración en el acondicionamiento de aguas para calderas en Monterrey.
- José Moreno (2011) Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotech de Colombia Ltda.,

Página web

- Química Viva, vol. 11, núm. 3, diciembre, 2012 obtenido en <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Guía de buenas prácticas. Agua potable, diversidad biológica y desarrollo obtenida de la siguiente manera en <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>
- centro de producción más limpia(2017), obtenida de <https://www.pml.org.ni/index.php/produccion-limpia>
- Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina, Especialización en Administración en Salud Pública Bogotá, Colombia 2013. Obtenido de esta manera

- en el siguiente link
- <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>
- Quivera, vol. 14, núm. 1, enero-junio, 2012. Obtenida de tal manera en la siguiente fuente <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
 - “USO, REUSO Y RECICLAJE DEL AGUA RESIDUAL EN UNA VIVIENDA”, Guatemala octubre del 2004, obtenida de http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/fulltext/uso_reuso.pdf
 - ACCIONES PREVENTIVAS, CORRECTIVAS Y DE MEJORA, noviembre 6 del 2015, obtenida en <https://www.minjusticia.gov.co/Portals/0/Documentos%20Mauricio/informes%20sig/documentos/Capacitaciones/Memoria%20-%20Accones.pdf>
 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL, marzo de 2008, obtenida de <https://www.tenerife.es/planes/PTPOYcodenDauteIslaBaja/adjuntos/MemoAmb09.pdf>
 - Interpretación de un análisis de agua para riego,(2020) obtenido en <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
 - Una manera de aprovechar el agua de rechazo de una máquina de ósmosis inversa(2019) obtenido en : <https://www.iagua.es/blogs/francisco-jose-molina-ballester/manera-aprovechar-agua-rechazo-maquina-osmosis-inversa>
 - Recuperación de los rechazos de los sistemas de ósmosis inversa: ahorre agua y dinero(2016)obtenido en :

<https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/recuperacion-de-los-rechazos-de-los-sistemas-de-osmosis-inversa-ahorre-agua-y-dinero-J8eOC>