

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES



OBTENCION DE AGUA POTABLE A PARTIR DE AGUA CLASE III

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTOR:

Bach. FABRIZIO FABIÁN VALLEJOS NAMÓ

ASESOR:

Mg. MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA

Two handwritten signatures are present on the right side of the page. The top signature is in black ink and appears to be the author's name, Fabrizio Fabián Vallejos Namó. The bottom signature is in blue ink and appears to be the advisor's name, Máximo Fidel Baca Neglia.

CALLAO - PERÚ
2012

*Nada que valga la pena se
consigue sin sacrificio.
Dedico este trabajo de
investigación a todas los
que en el transcurso
conocí y a aquellos que
conozco y conoceré.*

Índice del Contenido

	Pág.
RESUMEN	06
ABSTRACT	08
INTRODUCCION	10
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	12
1.1. Identificación del problema	12
1.2. Formulación de problemas	12
1.3. Objetivos de la Investigación	13
1.4. Justificación	13
1.5. Importancia	14
II. MARCO TEORICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Ámbito del Proyecto	16
2.3. Normatividad Ambiental Aplicable	17
2.4. Bases Teóricas	18
2.5. Definiciones de Términos Básicos	21
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	25
3.1. Hipótesis General	25
3.2. Variables de la Investigación	25
3.3. Definición de las variables	25
3.4. Operacionalización de variables	25
IV. METODOLOGIA	27
4.1. Tipo de Investigación	27
4.2. Diseño de la Investigación	27
4.2.1. Etapa 1.- Tanque de homogeneización	27
4.2.2. Etapa 2.- Dosis optima, Dosificación, Coagulación y Mezcla Rápida	28
4.2.3. Etapa 3.- Floculación, Sedimentación	30
4.2.4. Etapa 4.- Filtración y Dosis de Cloro Residual	31
4.3. Población y Muestra	32
• Punto de Monitoreo A	32
• Punto de Monitoreo D	32
4.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	32
4.5. Procedimientos de Recolección de Datos	33
• Actividad de Pre - Muestreo	34
• Actividad de Muestreo y Recolección de la Muestra	34
4.6. Procesamiento Estadístico y Análisis de Datos	35
V. RESULTADOS	36
5.1. Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO ₅)	36
5.2. Remoción de los Coliformes Fecales, (CF)	37
5.3. Medición de Oxígeno Disuelto (OD)	38
5.4. Medición de Potencial Hidrogeno, (pH)	40
5.5. Medición de Conductividad Eléctrica, (CE)	41
5.6. Remoción de la Turbiedad, (Tb)	43

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

VI. DISCUSION DE RESULTADOS	Pág. 44
6.1. Contratación de hipótesis con los resultados	44
6.1.1. Contratación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO ₅)	44
6.1.2. Contratación de los Coliformes Fecales, (CF)	45
6.1.3. Contratación del Oxígeno Disuelto (OD)	46
6.1.4. Contratación del Potencial Hidrogeno, (pH)	46
6.1.5. Contratación de la Conductividad Eléctrica, (CE)	47
6.1.6. Contratación de la Turbiedad, (Tb)	48
VII. CONCLUSIONES	50
VIII. RECOMENDACIONES	51
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52
X. APENDICES	54
• ILUSTRACIONES	54
• TABLAS	58

RESUMEN

La presente Tesis, titulada: **Obtención de Agua Potable a partir de Agua Clase III**, basa su desarrollo en la problemática ambiental debida a la escasez de la fuente natural para generar agua potable, esto nos ha permitido demostrar que una fuente de agua potable puede ser el agua de Clase III obtenida a partir del efluente doméstico, esto se transformó en nuestro objetivo general, para luego definir como objetivos específicos: determinar la calidad del agua de clase III, determinar la dosis optima del coagulante y evaluar a nivel piloto los estándares de calidad del agua potable. Lo cual se logró al plantearnos como hipótesis general: "El tratamiento físico – químico, constituido de: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, lo que ha de permitir potabilizar el agua de clase III".

Para demostrar la hipótesis de investigación, hubo la necesidad de utilizar la planta piloto instalada en el jardín de la FIARN - UNAC, unidad piloto que fuera construida durante las asignaturas de "Diseño de Plantas de Tratamiento" y el de "Instrumentación y Control de Procesos", en la que participaron compañeros de estudios bajo la Dirección y Supervisión del Asesor de la presente tesis. Para lograr aplicar el tratamiento físico - químico antes planteado hicimos uso de un tanque de homogeneización para el agua de clase III, como coagulante usamos el sulfato de aluminio tipo A, se hizo uso de un mezclador rápido, se reusó un tanque de volumen aproximado de 400 L; que consta de tres subdivisiones en las cuales pudimos realizar la floculación, sedimentación y trasvase del agua tratada respectivamente, dicha agua en teoría no debe tener flocs pero la realidad en este caso es distinta por lo cual procedimos a trasvasar el agua a un filtro vertical rápido de arena de cuarzo y luego a otro de carbón activado, posterior a este tratamiento aplicamos la dosis de cloro residual como lo exige la normatividad vigente.

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

Durante las pruebas de evaluación, se trabajó con un caudal de tratamiento de 200 L/día, en la planta de potabilización, para una dosis de 2.5 mg/L de sulfato de aluminio, dosis de pre desinfección de 3 mg/L y dosis final de desinfección de 0,4 mg/L de hipoclorito de sodio.

Mientras los resultados para el caso de las características físico químicas y biológicas se hallaron dentro de los límites establecidos por Decreto Supremo D.S. N ° 003-2010-MINAM, como es el caso de la DBO₅, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, y Coliformes Fecales.

La investigación precedente se basa en los distintos métodos científico teóricos que existen para depurar aguas, los cuales llevamos a la práctica aplicando los métodos de investigación de campo, esto concluyó en la obtención de un producto final, que en comparación con los valores paramétricos dados por: OMS, EPA, LEY DEL AMBIENTE, MINSA, DIGESA y SEDAPAL se demostró que el producto final es agua potable.

ABSTRACT

The present thesis, entitled: obtaining drinking water from water class III, based its development on the environmental problem which is the scarcity of drinking water, this has enabled us demonstrate that a drinking water source may be water from class III obtained from the domestic effluent, which became our general objective, to then ask specific objectives; determine the quality of the water of class III, determine the dosage optimum coagulant and evaluate pilot level drinking water quality standards. Which was achieved to consider us as a general hypothesis: "treatment physical - chemical coagulation, flocculation, sedimentation, filtration and disinfection, will allow purify water of class III".

To demonstrate the research hypothesis, there was the need to use the pilot plant installed in the garden of the FIARN - UNAC, pilot unit that was built during the subjects of "Design of treatment plants" and "Instrumentation and process Control", which was attended by fellow students under the direction and Supervision of the Adviser of the present thesis to implement physical treatment - chemical posed before we made use of a tank of homogenization for class III water, how coagulant we use aluminum sulfate type A, made use of a fast mixer, produced a volume of approximately 400 L tank; It consists of three subdivisions in which we were able to make flocculation, sedimentation and transfer of the water treated respectively, such water in theory should not have flocs but the reality in this case is different so we proceeded to transfer water to a vertical filter fast quartz sand and then to another carbon activated, after this treatment we apply the dose of residual chlorine that standard requires it.

During the assessment tests, worked with a flow rate of 200 L/day treatment, on the floor of purification, for a dose of 2.5 mg/L of aluminum sulfate, dose of 3 mg/L disinfection pre and final dose of 0.4 mg/L of sodium hypochlorite disinfection. While the results for the case of characteristics physical chemical and biological were found within the limits established by Supreme Decree D.S. N ° 003-2010-MINAM, as it is the case of the BOD5, pH, turbidity, dissolved oxygen, conductivity, and fecal coliforms.

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

From research based on different theoretical scientific methods that exist to purify waters, which we practice applying field research methods, this ended in obtaining a final product, which in comparison with the parametric values given by: WHO, EPA, Environment Act, MINSA, DIGESA and SEDAPAL was demonstrated that the final product is drinking water.

INTRODUCCION

Con el presente trabajo de investigación queremos demostrar que la escasez de la fuente natural para generar agua potable no es un problema primordial y que sí lo es el tratamiento de las aguas residuales domésticas y el rehúso de las mismas.

El problema en nuestro país, especialmente en nuestra región es la escasa visión que se tiene del rehúso de los recursos en nuestro caso especialmente el agua, no va más de un pre tratamiento para luego enviarla al mar vía acequias o alcantarillado.

En el Perú y en el mundo el ciclo del agua o ciclo hídrico no ha variado casi nada a excepción de la aun pequeña variación consecuencia del cambio climático.

Sabemos que desde hace mucho tiempo las aguas continentales siempre terminan en el mar para ser parte del ciclo hídrico o ciclo del agua, y que una pequeña parte del agua de río se desvía a las plantas de tratamiento donde es potabilizada luego derivada a los hogares vía red de distribución para después volverse agua servida y dirigirse a la alcantarilla y terminar en el océano donde le espera el ciclo hídrico nuevamente.

Cuál es el punto al que se quiere llegar, el que sigue; la forma de llevar agua a los hogares y el ciclo hídrico no ha variado desde que este existe; seguimos confiando y esperando que el agua regrese, en nuestro caso vía ríos para almacenarla, procesarla, contaminarla y desecharla al mar sabiendo inclusive que nuestros océanos ya no tienen la capacidad natural de auto depurarse y todo esto en pleno siglo 21, y aquí en la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales que se ubica en la Ciudad Universitaria de la UNAC no somos la excepción con respecto de esa costumbre. En nuestra facultad se hace un gasto excesivo de agua potable en jardines, urinarios e inodoros pudiendo reemplazar este gran volumen de agua por agua tratada, con respecto al riego de jardines ya hay infraestructura y se riega con agua pre tratada pero esporádicamente, nosotros planteamos potabilizar el agua pre tratada y darle uso en inodoros y urinarios, para ahorrar el gasto de dicho volumen de agua potable.

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

Lo que deseamos plantear en esta investigación es un nivel más de tratamiento para llevar el agua a la calidad de potable y a la vez darle el rehúso específico y así lograr cierta independencia de este ciclo de usar el agua una sola vez, es mas en la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales debemos plantearnos ideas pequeñas y grandes que ayuden a proteger el ambiente.

Luego de un sin número de pruebas teóricas y prácticas aquí en la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, decidimos elegir los métodos de tratamiento más simples y a la vez más eficientes dentro de los tratamientos físico-químicos existentes, basándonos en un proceso total sustentado ambiental y económicamente.

Plantas que potabilicen el agua clase III que venga de un efluente domestico no hay en esta región, para ser exacto en el mundo las hay pocas que a la vez optaron por aplicar procesos muy costosos.

Para lograr nuestros objetivos, decidimos rediseñar nuestra planta piloto ubicada en el jardín a espaldas del edificio de la FIARN - UNAC con un nuevo objetivo que es procesar el agua residual doméstica, pero a un nivel que permita obtener como producto final agua potable.

Definidos los métodos de tratamiento se procedió a rediseñar y a reconstruir las diversas etapas por donde el agua ha de ser tratada siendo estas el pre tratamiento, tratamiento primario de donde se obtiene el agua clase III que es apta para riego de parques y jardines pero nosotros trasvasamos parte de esta agua a nuestro tanque de homogeneización donde se da inicio nuestro proceso de potabilización.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

1.1 Identificación del problema.-

Es muy probable que a partir del año 2025 el Perú vaya a tener serios problemas para cumplir con el abastecimiento de agua potable, especialmente para las ciudades que se encuentran en la Costa del país, este problema se acrecienta debido al incremento de la población y su demanda urbana y el desarrollo industrial, lo que aumentaría el consumo de agua, agudizándose aún más cuando la fuente para la obtención del agua potable es escasa.

El análisis a la dinámica popular evidencia que en muchos lugares y de muchas formas se consume agua potable de manera innecesaria, pudiendo ser esta reemplazada por agua pre tratada y otras por agua tratada de pureza elevada, un ejemplo de mal consumo de agua es la ciudad universitaria de la UNAC donde se demuestra un gasto excesivo de agua potable en jardines y servicios higiénicos.

A esto se suma al problema la falta de una política de nuestras autoridades en el sentido de que se disponga el tratamiento de las aguas residuales domesticas que se generan en las ciudades para su uso en el riego de áreas verdes, de modo que se derivaría el agua potable utilizada para el riego de áreas verdes a satisfacer el necesario para la población, y aun para reutilizarlas como fuente de potabilización, es decir, que las aguas residuales se convertirían en fuente para obtener agua potable.

1.2 Formulación de problemas.

En la ciudad de Lima y Callao por ejemplo, se tiene previsto el tratamiento de sus desagües previos a su disposición final, con el fin de descontaminar las Bahías de Lima y Callao que se viene utilizando como punto de disposición final, actualmente esta próxima la puesta en servicio la primera etapa de la Planta de Tratamiento de Taboada, donde se trataran hasta 16 m³/S de efluentes domésticos, los mismos que una vez tratados se dispondrán al mar, situación similar se prevé para los

desagües que se descargan en la Chira, pero ¿esta es la solución para descontaminar la bahía?

En el caso de la ciudad universitaria de la UNAC, ¿sería una solución el tratamiento de sus efluentes?, en el caso específico de la FIARN, ¿es la solución reemplazar el agua potable de la red pública, por agua potable obtenida localmente y es viable dicho tratamiento?, cuando se trata del medio ambiente no existe contaminación aislada, tarde o temprano se vuelve global.

1.3 Objetivos de la investigación.-

- **El Objetivo General:**

Obtención de agua potable a partir de agua clase III.

- **Objetivos Específicos:**

Determinación de la calidad del agua de clase III

Determinación de la dosis óptima del coagulante

Evaluar a nivel piloto los estándares de calidad del agua potable.

1.4 Justificación.-

Las razones que justifican el trabajo de investigación, se basa en la escases de este indispensable recurso natural que en realidad ya no existe como tal, una alternativa simplista son las fuentes existentes en la vertiente oriental de nuestra cordillera en el Río Amazonas y trasvasarla a las ciudades caso de Lima y Callao que culminaría en costosas inversiones y en desmedro del equilibrio ambiental.

Nuestra investigación pretende obtener agua potable a partir de agua de clase III, del tipo que se utiliza para el riego de jardines y áreas verdes (obtenida a partir del tratamiento de efluentes domésticos), por ello utilizaremos las aguas tratadas para el riego de jardines y áreas verdes de los sistemas de tratamiento pilotos que se ubican en las instalaciones de la Ciudad Universitaria del Callao, específicamente, en la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales desarrolladas en la asignaturas de "Diseño de Planta de Tratamiento" y el de "Instrumentación y Control de Procesos", la posibilidad que da esta investigación es la de reusar nuestra propia agua residual tratada y demostrar que a partir de esta es viable su

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

potabilización y así introducir a la universidad del callao dentro de las escasas instituciones académicas que aportan con hechos al desarrollo sustentable.

1.5 Importancia.-

Aspecto Ambiental: Contribuir con la descontaminación de las fuentes naturales utilizadas como puntos de disposición final, al tratarse los efluentes domésticos previos a su disposición final para su reutilización como agua de riego y/o fuente de agua para su potabilización.

Aspecto Legal: Cumplir con la Normatividad Legal Vigente para aguas residuales tratadas previas a su disposición final.

Aspecto Social: Mejorar los hábitos de consumo de agua potable.

Aspecto Económico: Reducir los costos por contar con fuente de agua para su potabilización, evitando hacer grandes obras de trasvase o reducir estas.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.- Una de las mayores preocupaciones en la historia de la humanidad ha sido el procurarse fuentes de agua lo más pura y limpia posible.

La historia del agua potable es muy remota. En Siria y Babilonia se construyeron conducciones de albañilería y acueductos para acercar el agua desde sus fuentes a lugares próximos a las viviendas. Los antiguos pueblos orientales usaban arena y barro poroso para filtrar el agua, también en Europa los romanos construyeron una red de acueductos y estanques e instalaron filtros para obtener agua de mayor calidad. (9.11)

En el antiguo Perú específicamente los Incas desarrollaron una cultura del agua, es decir la Ingeniería y el culto al agua, en las diversas obras que aún subsisten se puede observar un sinnúmero de obras hidráulicas que demuestran el alto grado de avance logrado.

Sin embargo, en años recientes, la humanidad viene reconociendo que además de controlar la contaminación, hay una nueva necesidad de recuperar y reusar el agua proveniente de aguas residuales. Esta convicción es tan válida que de hecho, en muchas partes del mundo, el uso del agua una sola vez ya no es una opción; dicho de otra manera: "la sociedad no puede seguir dándose el lujo de usar el agua una sola vez" (Takashi Asano¹. Universidad de California. Davis. USA).

El reciclaje de efluentes es una nueva alternativa se podría decir del siglo 21, porque implica tecnología avanzadas e inversiones costosas, para citar ejemplos tenemos NEWATER en Singapur, en el estado de California EE. UU., en Israel donde evidentemente no hay alternativa, es más en su plan futuro Israel dispone por ley que para el 2020 el agua potable solo será distribuida para uso exclusivo

¹ Riego con Agua Residual Municipal Regenerada, coeditado con el doctor Pettygrove, que tuvo un gran éxito en Estados Unidos.

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

de los ciudadanos, en España la legislación permite la potabilización del agua residual solo en caso de desastre nacional. Aunque no hay datos que describan el tipo de tratamiento la mayoría implica uso avanzado de tecnologías costosas.

Los más recientes avances en el tratamiento del agua han sido las mejoras alcanzadas en el desarrollo de membranas para osmosis inversa y otras técnicas como la ozonización y otras relativas a la eliminación de los cada vez mayor número y cantidad de contaminantes encontrados en el agua potable.

El tratamiento del agua es el proceso de naturaleza físico - química y biológica, mediante el cual se eliminan una serie de sustancias y microorganismos que implican riesgo para el consumo, es debido a esto q el tratamiento la transforma en agua apta para consumir.

Algunas instituciones tratan el agua residual doméstica y es apta solo para riego de parques y jardines, en otras palabras es agua de categoría III.

En Lima y Callao son los gobiernos locales los que tratan el efluente doméstico, pero es para riego de parques.

2.2 Ámbito del Proyecto.- Se utilizaran los modulo piloto de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales que tratan las aguas de características domésticas generadas por las actividades que se realizan dentro de la universidad en los comedores y restaurantes, así como, en los laboratorios y servicios higiénicos en general, todas estas aguas confluyen en una misma tubería matriz, debido a esto nos es factible captar una pequeña cantidad para tratarla y convertirla en agua de clase III para su reutilización en el riego de las áreas verdes, es esta fuente de Clase III la que utilizaremos para tratarla a nivel de pruebas de laboratorio y en un piloto de modo que pueda demostrar nuestra hipótesis. Por lo que todo nuestro trabajo de investigación se ha de realizar en la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales – FIARN, cabe decir dentro de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Del Callao, cuyas instalaciones se encuentran ubicadas en Av. Juan Pablo II # 306 Bellavista en el distrito del Callao, Lima Perú.

2.3 Normativa Ambiental Aplicable.-

- ◆ **La Constitución Política del Perú.** Promulgada el 29-12-93 y ratificada en el referéndum del 31-12-93., En el **artículo 66**, Capítulo II indica que los recursos naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación y que el Estado es soberano de su aprovechamiento.

El **artículo 67**, del mismo capítulo establece que el Estado determina la política nacional del medio Ambiente y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

En el **artículo 68**, del mismo capítulo, establece que el Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

Comentario.- El gobierno central a través de órganos e instituciones participa en la formulación de políticas, planes y proyectos que terminen en acciones concretas y en la factibilidad de la solución de problema.

- ◆ **Ley General del Ambiente.** Ley N° 28611 de fecha 13-10-2005.- En su **artículo 32** numeral 32.1 define al Límite Máximo Permisible –LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio.
- ◆ **Decreto Legislativo N° 1055.-** Decreto Legislativo que modifica la Ley ° 28611, Ley General del Ambiente.- Que, el artículo 32° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, señala que el Límite Máximo Permisible es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente;

Que, en los literales d) y f) del artículo 7° del citado Decreto Legislativo se establecen entre las funciones específicas del Ministerio del Ambiente elaborar los Límites Máximos Permisibles (LMP), y dirigir el Sistema Nacional del Información Ambiental.

- ♦ **Decreto Supremo D.S. N ° 003-2010-MINAM.-** Decreta en su artículo 1° Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR). Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

2.4 Bases Teóricas².-

2.4.1 Tratamiento del Efluente Doméstico.- Tratamiento de aguas residuales, o tratamiento de aguas residuales domésticas, es el proceso progresivo de eliminación de contaminantes de las aguas residuales de los hogares. Su objetivo es producir una corriente de fluido ambientalmente segura sin residuos sólidos sedimentables a simple vista. Estos tratamientos nos proporcionan agua residual doméstica con una carga orgánica o DBO₅ mínimas, nos referimos a aguas parcialmente descontaminadas para luego llevarla al siguiente nivel de tratamiento, dependiendo de la calidad de agua que deseamos existen los tratamientos primario, secundario, terciario y otros que implican el uso avanzado de tecnologías.

2.4.2 Homogenización.- Se realiza en un tanque, llamado tanque de igualación u homogenización cuya función es amortiguar las variaciones de las descargas de aguas residuales con el fin de tratar un gasto uniforme. La igualación se puede usar también para amortiguar las variaciones en el pH y en la concentración de

²Arboleda Valencia Jorge, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 3° Edición, Editorial Nomos S.A., Colombia 2000. 362.

constituyentes tóxicos presentes en el agua residual a tratar. La igualación del gasto no es un proceso de tratamiento, pero puede mejorar significativamente el funcionamiento de una planta existente e incrementar su capacidad útil.

2.4.3 Prueba de Jarras.- La prueba de jarras es un procedimiento que se utiliza comúnmente en los laboratorios. Este método determina las condiciones de operación óptimas generalmente para el tratamiento de aguas. La prueba de jarras permite ajustar el pH, hacer variaciones en las dosis de las diferentes sustancias químicas que se añaden a la muestra, alternar velocidades de mezclado y recrear a pequeña escala lo que se podría ver en un equipo de tamaño industrial.

Una prueba de jarras puede simular los procesos de coagulación o floculación que promueven la remoción de coloides suspendidos y materia orgánica.

La principal función de la prueba de jarras es determinar la dosis óptima para realizar la coagulación de aguas residuales.

2.4.4 Dosificación.- La dosificación es la aplicación de sustancias químicas mediante dosificadores o dispositivos capaces de liberar sustancias prefijadas de productos químicos en una unidad de tiempo. Disponen de controles que permiten fijar la cantidad que se debe liberar dentro de los límites que caracterizan su capacidad.

2.4.5 Mezcla rápida.- Se lleva a cabo en un tanque mezclador que tiene como objetivo la dispersión instantánea del coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta dispersión debe ser lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación.

2.4.6 Coagulación.- La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a

unirse entre sí. La coagulación es el proceso más importante en una planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema.

2.4.7 Floculación.- La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados sedimentadores. Los factores que pueden promover la coagulación-floculación son el gradiente de la velocidad, el tiempo y el pH. El tiempo y el gradiente de velocidad son importantes al aumentar la probabilidad de que las partículas se unan y da más tiempo para que las partículas descendan, por efecto de la gravedad, y así se acumulen en el fondo. Por otra parte el pH es un factor prominente en acción desestabilizadora de las sustancias coagulantes y floculantes.

2.4.8 Sedimentación.- Es la operación consistente en separar de una suspensión un fluido claro, que sobrenada la superficie, y un lodo con una concentración elevada de materias sólidas que se depositan por efecto gravitacional y por tener peso específico mayor que el fluido. La sedimentación se realiza en unidades o reactores en los cuales teóricamente, la masa líquida se traslada de un punto a otro con movimiento uniforme y velocidad constante.

Las partículas aglomerables se obstaculizan mediante la sedimentación antes de unirse, una vez lograda la unión ganan peso y se precipitan a velocidad creciente en el tiempo.

El principal parámetro que influye en la eficiencia remocional de una unidad de sedimentación es la carga superficial, la cual constituye la velocidad crítica de sedimentación.

2.4.9 Filtración.- El sistema de filtración por arena consiste en hacer que el agua atraviese un lecho formado por arena y gravilla. Se trata de un método natural muy útil para separar las partículas sólidas en suspensión que arrastra el agua. Los filtros de flujo descendente son un tipo de unidades muy usadas en las plantas de tratamiento de agua de los sistemas públicos de abastecimiento. Las

características del lecho filtrante varían de acuerdo al tratamiento previo que recibe el agua.

2.4.10 Desinfección.- La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos.

La desinfección se logra mediante desinfectantes químicos y/o físicos. Estos agentes también extraen contaminantes orgánicos del agua, que son nutrientes o cobijo para los microorganismos. Los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la recontaminación del agua.

2.5 Definiciones de Términos Básicos

2.5.1 Efluente Doméstico³.- Agua residual: se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales.

Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

³Metcalf & Hedi, Inc., Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización Volumen I, 3ª Edición, Editorial Mc Graw-Hill, España 1995.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

2.5.2 Agua clase III o categoría III.- Por definición es el agua que se usa para riego de vegetales y para bebida de animales, por lo que sus parámetros deben cumplir con los siguientes LMP. Ver apéndice tabla N°1

2.5.3 Caudal⁴.- Cantidad volumétrica de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de un canal o tubería.

2.5.4 Gradiente de Mezcla⁴.- Energía generada para producir turbulencia, que puede ser mecánica o hidráulica y permite disipar homogéneamente el coagulante – floculante.

2.5.5 Gradiente de Floculación⁴.- Energía mecánica o hidráulica, para producir flóculos, de modo que se neutraliza el potencial Zeta por acción del floculante.

2.5.6 Carga Superficial de Decantación⁴.- No es sino la velocidad crítica mínima de sedimentación. (Caudal/Área), que se espera que en promedio tenga un cierto porcentaje (70-98%) de partículas de la suspensión.

2.5.7 Carga Superficial de Filtración⁴.- También conocida como rata normal de filtración, velocidad de filtración, (Caudal/ área del filtro/día).

2.5.8 Potencial Hidrogeno⁴ (pH).- Indica el número de la acidez o alcalinidad de un efluente. Se representa en una escala de 0 a 14. El valor de 7 corresponde al estado neutro, el valor cero al más ácido y el valor 14 al más alcalino. (9.9. Gesta Agua)

2.5.9 Turbiedad⁵.- La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1.000 nm (nanómetros) de diámetro.

⁴Arboleda Valencia Jorge, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 3° Edición, Editorial Nomos S.A., Colombia 2000. 362.

⁵GESTA AGUA Grupo de Estudio Técnico Ambiental.

La turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades.

Método de análisis Método Nefelométrico son expresados en UNT (Unidades nefelométricas de Turbidez).

2.5.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)⁵.- Es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia. El método para determinar la carga contaminante del DBO es mediante la incubación de la muestra por un periodo de 5 días a una temperatura de 20 ° C. por lo cual se le da la denominación de DBO₅.

2.5.11 Oxígeno Disuelto⁵.- El oxígeno disuelto es considerado como un indicador de la calidad del agua, si la fuente de agua está contaminada contiene microorganismos, bacterias y materia orgánica, malos olores y la concentración de oxígeno disuelto disminuye lo que indica que el agua es de mala calidad, la presencia de microorganismos genera escases de oxígeno disuelto.

2.5.12 Conductividad Eléctrica⁵.- La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición.

El agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma.

De la conductividad eléctrica, que indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica, propiedad que se utiliza en mediciones de campo o de laboratorio, expresadas en micro Siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

2.5.13 Coliformes Fecales⁵.- Las bacterias Coliformes fecales forman parte del total del grupo Coliformes. Son definidas como bacilos gram-negativos,

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de las 24 ± 2 horas. La mayor especie en el grupo de Coliformes fecales es la *Escherichiacoli*.

La presencia de Coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua 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.

Los niveles recomendados de bacterias Coliformes fecales son: Agua potable: menos de 0 colonias por 100 ml de la muestra de agua.

CAPITULO III HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis general

“El tratamiento Físico – Químico de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, permitirá potabilizar el agua de clase III

3.2. Variables de la investigación

- **Variable Independiente.-** X = Tratamiento Físico – Químico
- **Variable Dependiente.-** Y= Calidad del agua

3.3. Definición de las variables

Variable Independiente: X = Tratamiento Físico – Químico

Es toda operación incluida en el proceso general de depuración de aguas residuales domesticas que implica el uso de sustancias químicas para cambiar el estado físico-químico del efluente a tratar, en este caso la sustancia química que haga precipitar a las partículas no sedimentables en un tiempo correspondiente.

Variable Dependiente: Y= Calidad del agua

Este término es relativo a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias toxicas de procedencia antrópica o por procesos naturales.

3.4. Operacionalización de variables

3.4.1. Indicadores:

Los indicadores identificados para cada una de las variables se detallan a continuación:

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

Variable Independiente: X = Tratamiento Físico - Químico

Caudal, (M^3/seg)	X_1
Gradiente de Mezcla, (S^{-1})	X_2
Gradiente de Floculación, (S^{-1})	X_3
Carga Superficial de Decantación, ($m^3/m^2/\text{día}$)	X_4
Carga Superficial de Filtración, ($m^3/m^2/\text{día}$)	X_5
Dosis de Desinfectante (ppm)	X_6

Variable Dependiente: Y= Calidad del agua

Calidad del agua de Clase III:

Potencial Hidrogeno, (pH)	Y_1
Turbiedad (Tb)	Y_2
Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO_5)	Y_3
Oxígeno Disuelto (OD)	Y_4
Conductividad Eléctrica (CE)	Y_5
Coliformes Fecales (CF)	Y_6

Características del Agua potable:

Potencial Hidrogeno, (pH)	Y_7
Turbiedad (Tb)	Y_8
Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO_5)	Y_9
Oxígeno Disuelto (OD)	Y_{10}
Conductividad Eléctrica (CE)	Y_{11}
Coliformes Fecales (CF)	Y_{12}

CAPITULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

Como lo definiéramos inicialmente nuestro trabajo de investigación fue del tipo experimental de campo, tipología que se deduce a partir de las variables en la que la variable independiente incidirá sobre la variable dependiente (manipulada), la que fuera medida a través de sus indicadores, para ello se sometió la Muestra problema (efluentes de clase III) al Tratamiento Físico - Químico a través de la planta piloto de potabilización, en la que la variable independiente hipotéticamente será una de las causas que generó el supuesto cambio en las variables dependientes en este caso sobre el efluente de clase III, lo que se evidenció al evaluar los valores de sus indicadores durante todas las observaciones realizadas al producto final.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de nuestra investigación se base en la planta de potabilización y en las etapas que lo componen, etapas que recorre el agua clase III el cual vamos a tratar, a continuación describiremos en bloques nuestra planta consecutivamente para obtener una visión completa de lo que es nuestro tratamiento en sus diversas etapas. Ver apéndice ilustración 1

Seguidamente procedemos a describir con exactitud cada etapa correspondiente a la secuencia del tratamiento que nos permitió potabilizar el agua clase III:

4.2.1 Etapa 1.- Tanque de homogenización:

En este tanque almacenamos el agua clase III con pre desinfección en un volumen de 160 L, aquí logramos igualar el pH, el contenido contaminante y logramos un caudal constante para el volumen de agua que fijamos tratar por día el cual describimos:

Calculo del caudal a tratar: X_1

$$Q = V / T = 200 \text{ L} / 86400 \text{ S} = 0.002314 \text{ L/S}$$

$$Q = 2.314 \text{ ml/s}$$

4.2.2 Etapa 2.- Dosis óptima, Dosificación, Coagulación y Mezcla Rápida:

Dosis óptima:

Para encontrar la dosis óptima realizamos la prueba de jarras, cuyo procedimiento a continuación describimos:

Para comenzar verificamos que nuestro equipo de prueba de jarras esté operativo, para programar los tiempos de mezcla rápida, mezcla lenta y reposo, que son: 1, 15 y 10 minutos respectivamente. Luego se ajustan las revoluciones del motor, esto se hace manualmente y son: 170, 50 y 0 rpm en el orden respectivo.

Paralelo a esto tomamos del tanque de homogenización 4 litros de agua como muestra, en el laboratorio cogemos una pequeña muestra de agua para medir los parámetros básicos de entrada que son pH y turbiedad, luego llenamos 3 vasos de precipitado con un litro de muestra cada uno y a la vez 3 vasos de precipitado de 50 ml y agregamos las dosis de sulfato de aluminio de 1.5, 2 y 2.5 ml de coagulante respectivamente, luego se agrega las dosis a cada muestra de agua y se inicia la programación.

Luego del reposo se extrae una pequeña cantidad de agua clara y se procede a medir la turbiedad y se crea un gráfico, turbidez vs dosis, se proyecta la recta y el punto donde se encuentran sería la dosis óptima.

Procedimiento Ver apéndice ilustración: 2 - 11

Resultado dosis óptima de coagulante: 2.5 ml/L ver apéndice Tabla 2

Dosificación:

En esta etapa dosificamos el coagulante sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$), cuya dosis óptima en nuestro caso es 2.5 ml/L esto se realizó durante las 24 horas cuyo cálculo de volumen del coagulante usado dio el resultado siguiente:

Por pruebas de jarras en laboratorio se sabe que:

1 L necesita ——— 2.5 ml de sulfato de aluminio

200 L necesita — X ml

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

$$X = 500 \text{ ml}$$

Entonces se tiene:

$$500 \text{ ml necesita --- 1 día}$$

$$X \text{ ml necesita --- 1 seg}$$

$$X = (500 \text{ ml} \times 1 \text{ seg}) / 86400 \text{ seg} = 0.006 \text{ ml}$$

Además se sabe que: $1 \text{ ml} = 10 \text{ gotas}$

Entonces llevando la dosis a números óptimos para calcular cada cuanto tiempo se realiza la dosificación por goteo.

$$\text{En: } 1000 \text{ seg.} \longrightarrow 6 \text{ ml;}$$

Entonces se tendrá 60 gotas en 1000 seg.

Hallando cada cuanto tiempo debe caer una gota de sulfato de aluminio para el proceso de dosificación:

$$T = 1000 \text{ seg} / 60 \text{ gotas} = 16.6 \text{ seg.}$$

Para que se efectúe una dosificación óptima se considerara 15 seg. Con la finalidad que la cantidad de gotas de dosificación no disminuya.

El proceso de dosificación se realiza por medio de un tanque con capacidad de 10 litros, por lo cual se preparará la mezcla, de la siguiente forma:

$$100 \text{ ml necesita--- 1 Litro H}_2\text{O}$$

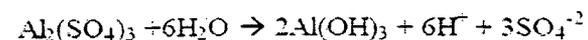
$$X \text{ ml necesita --- 10 Litros H}_2\text{O}$$

$$X = 1000 \text{ ml}$$

La mezcla en el tanque es para 20 días.

Coagulación:

La coagulación se logró usando el sulfato de aluminio (o alumbre). Esta sustancia presenta la siguiente reacción:



Esta reacción va disminuyendo su pH a medida que la reacción se lleva a cabo hasta un punto en que se detiene. Si el agua contiene bicarbonatos, el

pH puede mantenerse relativamente constante, ya que estos actúan como amortiguadores.

Mezcla rápida:

Para lograr una distribución homogénea del coagulante, dirigimos la mezcla a un mezclador rápido cuyo funcionamiento es casi constante durante las 24 horas, el tanque del mezclador es de 8 L y la potencia del motor 85 w, cuyo cálculo de gradiente es:

Gradiente de mezcla:

$$G = \sqrt{\frac{P}{V\mu}}$$

$$G = 3105.0862\text{S}^{-1} \quad \rightarrow X_2$$

Siendo G: gradiente (S^{-1})

P: Potencia del agitador (W)

V: Volumen de agua (m^3)

μ : Viscosidad dinámica (Ns/m^2)

En este tipo de mezcladores la gradiente suele estar entre 3000 y 5000 S^{-1}

Ver apéndice Ilustración 12

4.2.3 Etapa 3.- Floculación, Sedimentación:

Floculación:

La floculación se realizó en un tanque de aproximadamente 70 L, en esta área es donde los micro flocs se juntan y forman flocs de tamaños que la gravedad puede acelerar su precipitación, pero la corriente hidráulica moderada los transporta al siguiente tanque.

El tiempo de retención es de 6 minutos y la gradiente de floculación es:

Gradiente de floculación... X_3

$$G = 59.00 \text{ s}^{-1}$$

Sedimentación:

La sedimentación la realizamos en un tanque de aproximadamente 200L, del tipo lamelar estos aceleran la precipitación de sólidos sedimentables con respecto a los sistemas de decantación tradicionales, consiguiéndose

un ahorro de espacio entorno al 30-50%. Luego procedemos a encontrar la carga superficial de decantación.

Determinando la Carga Superficial: X_4

$C_s = \text{Caudal} / \text{área}$

Caudal = 200L /día

Caudal = 0,2 m³/día

Área = 0.56 m²

$C_s = 0.2 / 0.56 = 0.357 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$

Ver apéndice ilustración 13

4.2.4 Etapa 4.- Filtración y Dosis de Cloro Residual

Filtración:

Para logra la retención de micro flocs del agua sedimentada hacemos uso de dos filtros rápidos de arena de cuarzo, de tipo flujo descendente vertical de 2.40 m de longitud y 0.2 m de diámetro cada uno, la carga superficial de filtración y pérdida de carga es como sigue:

Carga superficial de filtración: X_5

$(\text{Caudal} / \text{Área filtro} / \text{Día}) = 0.024 \text{ m}^3/\text{m}^2 / \text{D.}$

Perdida de Carga Total:

<u>Puntos</u>	<u>H_f (cm)</u>
Entrada al Filtro	0.1554 cm.
Lecho Filtrante	74.761cm.
Toberas	11.2864 cm.
Salida de la Cámara	0.0000136 cm.
Accesorios	48.88 cm.
TOTAL:	135.0828 cm.

Luego por seguridad el agua filtrada la hacemos pasar por un juego de filtros de carbón activo, para culminar agregando la dosis de cloro residual.

Ver apéndice ilustración 15

Dosis de cloro residual:

0.4 ml/L para reposo de 15 minutos = 0.5

4.3 Población y muestra

La planta de tratamiento de aguas residuales domesticas que se encuentra a espaldas de la Facultad de Ing. Ambiental y de Recursos Naturales en la Universidad Nacional del Callao es de aproximadamente 150 m² es solo aquí donde se efectúan los tratamientos necesarios para depurar el agua.

Como referíamos anteriormente la planta de tratamiento se subdivide en etapas de tratamientos distintos. Ver apéndice ilustración 1

A continuación mostramos el cuadro siguiente de los puntos de muestreo que elegimos y su localización en la planta piloto:

A continuación se muestran los puntos de monitoreo consecutivamente.

- **Punto de monitoreo A**

Tanque de homogenización para agua clase III con pre desinfección, la medición de parámetros se realizaron durante 60 días desde las 2pm hasta las 8 pm.

- **Punto de monitoreo D**

Filtro de arena de cuarzo rápido tubos de color naranja y de carbón activo plomos, las mediciones de parámetros se realizaron durante 60 días desde las 2 pm hasta las 8 pm.

Ver apéndice ilustración 1

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se ha utilizado diversos tipos de instrumentos, los cuales serán detallados a continuación:

Equipos de gabinete:

Una computadora personal AMD 8 núcleos.

Office Word, Excel, Paint, Power Point, Acrobat Reader.

IBM SPSS STATISTIC 20

Impresora EPSON stylus 777I

Scanner HP.

Cámara digital LUMIX de Panasonic 8.5 mp.

IPHONE 3G.

Materiales de escritorio.

El internet.

Equipos de campo:

Potenciómetro: Modelo HANNA HI 9025.

Un correntómetro FlowProbe FP 101.

Medidor O.D.

Kit para medir PH y CLORO

Diversas botellas de plástico y probetas de vidrio.

Planta de tratamiento de aguas residuales FIARN UNAC.

Implementos de Seguridad

1 guardapolvo blanco

1 Par de lentes de laboratorio.

Varias mascarillas desechables.

Varias unidades de guantes quirúrgicos desechables.

Materiales de laboratorio

Turbidímetro

pHmetro

Probeta de 1000 ml

3 vasos de precipitado de 1000 ml

3 vasos de precipitado de 5 ml

1 pipeta de 10 ml

1 fiola

Sulfato de aluminio tipo B

Muestra de agua clase III

Guantes.

4.5 Procedimientos de recolección de datos

El muestreo diario que realizamos en nuestra planta era diariamente, incluso lo realizábamos al principio y al final de la jornada, referente a los parámetros in situ tales como pH, que era vital mantenerlo en un promedio de 7 para realizar una coagulación eficiente, la turbiedad que con la simple observación era aceptable su transparencia, el cloro residual que terminando la sedimentación era cero, dato

ideal para que el agua pueda ser filtrada, la conductividad que era notorio su descenso, el oxígeno disuelto que ya empezaba a recuperarse, estos datos eran de vital importancia para controlar la eficiencia de nuestra planta, distinto fue el muestreo que se hizo para entregar dicha muestra al laboratorio respectivo, todos estos muestreos se realizaron con estricta adherencia al protocolo de monitoreo y preservación de muestras respectivo.

A.- Actividades de Pre – Muestreo

A.1. Equipos e Instrumentos.- Cada equipo y cada instrumento que usamos en el campo se les dio el mantenimiento respectivo antes y después de las operaciones, es por eso que no dudamos de la eficiencia y precisión de cada uno de ellos en cada día.

A.2. Tipos de recipientes de Muestreo. La mayoría de recipientes por no decir todos eran de plástico, limpios y sellados. Ver apéndice tabla 3.

A.3. Volumen de Muestra.- Los volúmenes de muestra obtenidos de cada punto de muestreo eran de 1 litro por punto para análisis en la planta y para los laboratorios era de un promedio de 6 litros.

A.4. Preservantes químicos y soluciones de calibración.- Las muestras tomadas para nuestros análisis in situ no necesitaba ser preservadas debido a que se realizaban en línea o mejor dicho en vivo y también a la hora de entregar las muestras a los laboratorios, por la cercanía de estos las muestras eran muy frescas es por eso que si había que preservar alguna muestra era estricta responsabilidad del laboratorio respectivo.

B.- Actividades de Muestreo y Recolección de la Muestra

B.1. Toma de Muestra.- Las muestras que se obtenían eran de la corrida de agua en línea y de los puntos de monitoreo antes mencionados.

B.3. Conservación y preservación de la muestra.- Las muestras una vez que el frasco se sellaba, se embalaba correctamente para ser llevadas a su destino. Ver apéndice tabla 3.

B.4. Transporte y Almacenamiento.- Para transportar los envases una vez sellados y embalados se procedía a su entrega inmediata, desde que la muestra salía de la planta de tratamiento al laboratorio el tiempo no excedía los 15 minutos.

Ver apéndice tabla 3.

B.5. Precauciones durante el muestreo.- Cuando se tomaban las muestras para realizar los análisis in situ a diario las medidas de precaución no diferían de las que el protocolo dicta, igual cuando estas llegaban a los laboratorios ellos se encargaba de las respectivas medidas.

B.6. Mediciones in Situ.- En la planta de tratamiento de la FIARN todas las mediciones que se realizaban a diario se realizaron en vivo, al instante todos los instrumentos se preparaban previamente se identificaba el punto de muestreo o se sacaba la muestra e instantes después se procedía a medir, tales mediciones eran:

Potencial hidrogeno (pH)

Turbiedad

Conductividad

Oxígeno disuelto

Cloro residual

Luego de este procedimiento se limpiaban los equipos para su siguiente uso.

Los métodos de análisis seleccionados para realizar esta investigación son los APHA Standard Methods

Los laboratorios con los que hemos trabajado en todo el transcurso de esta investigación son MINLAB, DIGESA, CERPER dichos laboratorios tienen la certificación correspondiente a ley.

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

Para procesar nuestros datos hicimos uso del programa Excel y del programa IBM SPSS 20, esto nos fue muy útil a la hora de generar las curvas de tendencia para los valores de parámetros que están dentro y fuera de la norma y para generar los diversos cuadros estadístico de contrastación que más adelante se muestran.

CAPITULO V RESULTADOS

A continuación mostramos los cuadros de cada uno de los parámetros analizados y la gráfica que corresponde en base a los resultados que se obtuvieron durante el periodo de trabajo. Recalamos que estas pruebas se realizaron en la planta de tratamiento de agua residual domestica de la FIARN – UNAC desde las fechas de 08 marzo 2012 hasta 05 mayo 2012 para un caudal de 200 l/día con un tiempo de retención de 46.33 horas.

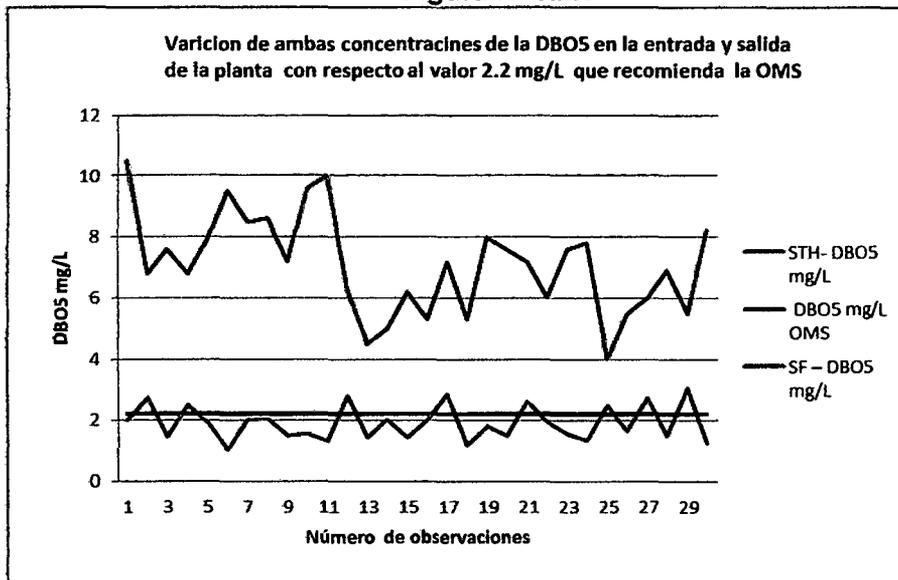
5.1. Remoción de la DBO₅.- A partir de la tabla de datos **Tabla N° 5.1.1** construimos la curva de tendencia en la que ahora podemos denotar a simple vista la diferencia entre valores en la **Figura N° 5.1.1.**, esta figura nos muestra en una secuencia de valores la concentración de la DBO₅ en la entrada del tanque de homogenización de la planta potabilizadora y a la salida de los filtros de la planta, podemos notar que en promedio el valor de salida de los filtros es casi 2 mg/L de DBO₅ cuyo valor cumple con la recomendación de la OMS para aguas de bebida que es menor que 2.2 mg/L.

**Tabla N° 5.1.1
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN 5 DÍAS
SALIDA TANQUE HOMOGENIZACIÓN VS SALIDA FILTROS**

Observación	DIA	STH- DBO ₅ mg/L	SF - DBO ₅ mg/L	Observación	DIA	STH- DBO ₅ mg/L	SF - DBO ₅ mg/L
1	08/03/12	10.50	02.00	16	07/04/12	05.30	01.98
2	10/03/12	06.80	02.75	17	09/04/12	07.20	02.85
3	12/03/12	07.60	01.48	18	11/04/12	05.30	01.20
4	14/03/12	06.80	02.50	19	13/04/12	08.00	01.80
5	16/03/12	07.90	01.92	20	15/04/12	07.60	01.50
6	18/03/12	09.50	01.05	21	17/04/12	07.20	02.60
7	20/03/12	08.50	02.02	22	19/04/12	06.00	01.95
8	22/03/12	08.60	02.05	23	21/04/12	07.60	01.55
9	24/03/12	07.20	01.50	24	23/04/12	07.80	01.35
10	26/03/12	09.60	01.55	25	25/04/12	04.00	02.50
11	28/03/12	10.00	01.30	26	27/04/12	05.50	01.65
12	30/03/12	06.20	02.80	27	29/04/12	06.00	02.75
13	01/04/12	04.50	01.44	28	01/05/12	06.90	01.50
14	03/04/12	05.00	02.04	29	03/05/12	05.50	03.05
15	05/04/12	06.20	01.45	30	05/05/12	08.20	01.25

Muestras obtenidas del 08 marzo 2012 al 05 mayo 2012 de 02:00 pm a 08:00 pm.

Figura N° 5.2.1



Fuente: Autoría Propia

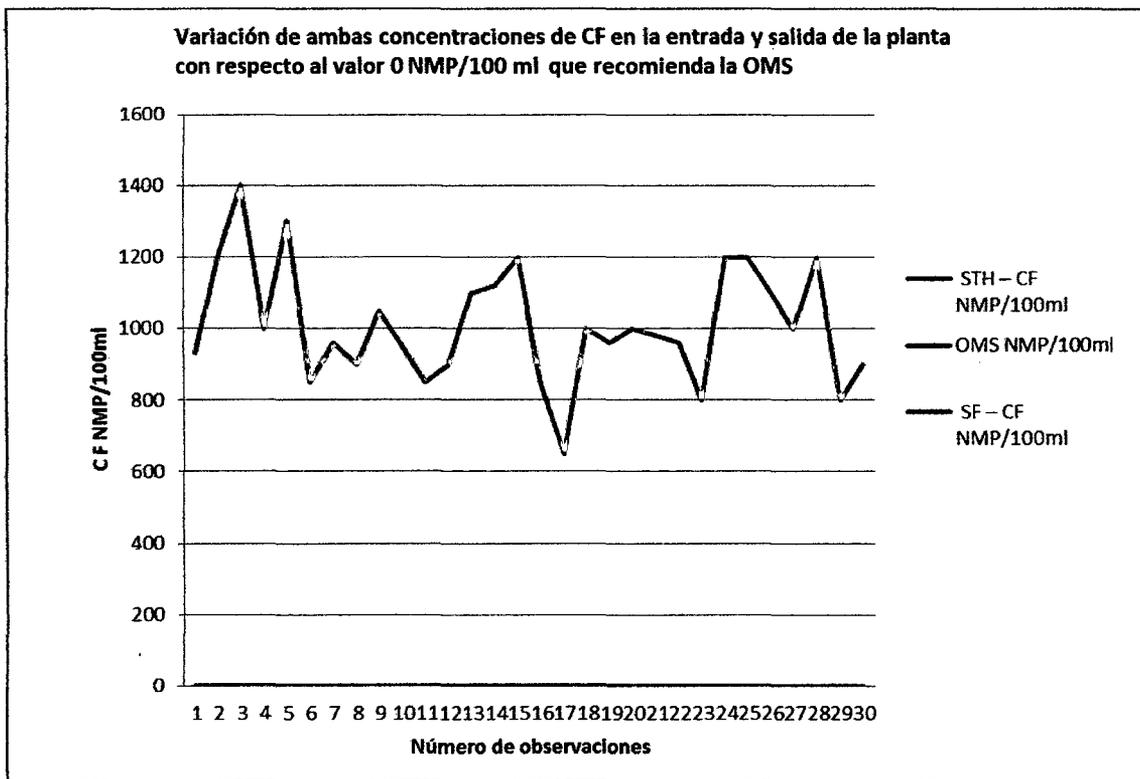
5.2. Remoción de CF.- Basados en los resultados de la Tabla N° 5.2.1 procedemos a graficar dichos valores en la Figura 5.2.2. Que demostrará de forma mucho más clara el margen de remoción a la salida del tanque de homogenización versus la salida de los filtros, notamos que la eficiencia de la planta es casi completa en lo que CF respecta, siendo 0 o ausencia total según la recomendación de la OMS.

Tabla N° 5.2.1
COLIFORMES FECALES
SALIDA TANQUE HOMOGENIZACIÓN VS SALIDA FILTROS

Observación	DIA	STH – CF NMP/100ml	SF – CF NMP/100ml	Observación	DIA	STH – CF NMP/100ml	SF – CF NMP/100ml
1	08/03/12	930	0.5	16	07/04/12	850	1.3
2	10/03/12	1200	0.8	17	09/04/12	650	0.9
3	12/03/12	1400	1.1	18	11/04/12	1000	0.6
4	14/03/12	1000	1.2	19	13/04/12	960	1.3
5	16/03/12	1300	1.05	20	15/04/12	1000	2
6	18/03/12	850	1.6	21	17/04/12	980	0.7
7	20/03/12	960	0.7	22	19/04/12	960	0.5
8	22/03/12	900	0.5	23	21/04/12	800	0.8
9	24/03/12	1050	0.4	24	23/04/12	1200	0.8
10	26/03/12	950	1.2	25	25/04/12	1200	1.1
11	28/03/12	850	1.1	26	27/04/12	1100	2.1
12	30/03/12	900	1	27	29/04/12	1000	0.7
13	01/04/12	1100	1.5	28	01/05/12	1200	0.6
14	03/04/12	1120	0.8	29	03/05/12	800	0.6
15	05/04/12	1200	0.6	30	05/05/12	900	1.1

Muestras obtenidas del 08 marzo 2012 al 05 mayo 2012 de 02:00 pm a 08:00 pm.

Figura N° 5.2.1.



Fuente: Autoría Propia

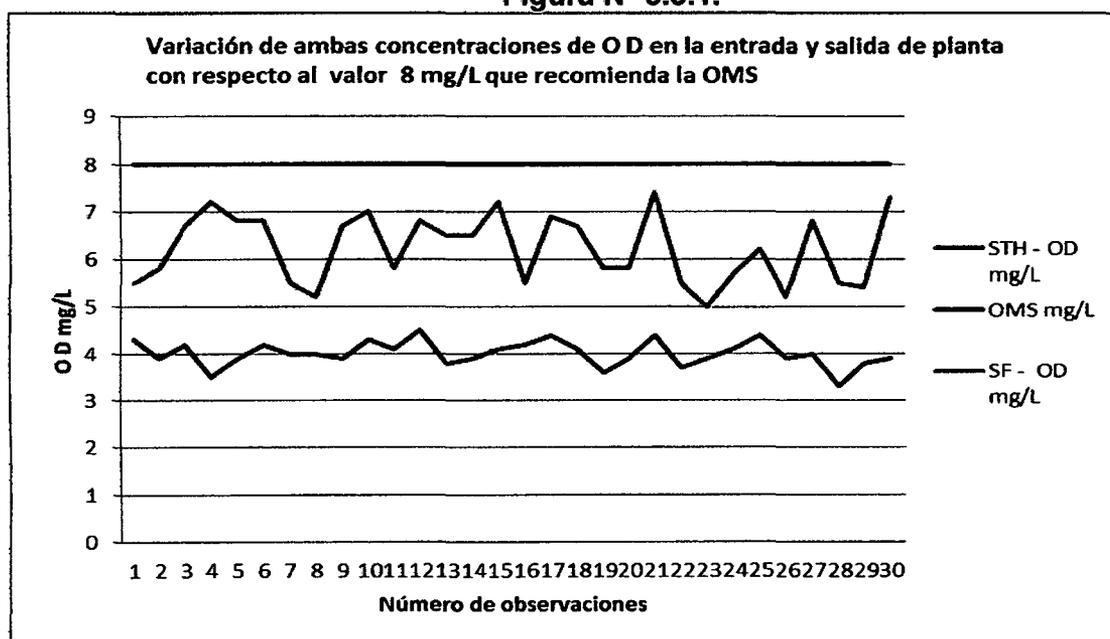
5.3. Medición de Oxígeno Disuelto.-El oxígeno disuelto a la salida del tanque de homogenización es en promedio 4 mg/l y después de la remoción de carga contaminante realizada en la planta obtenemos un promedio de 7 mg/l, la cual está dentro de las recomendaciones según OMS, que indica que el agua es de buena calidad cuando el OD se encuentra entre 5 ml/L y 8 ml/L. Con los resultados en la tabla N° 5.3.1, se procedió a hacer una representación gráfica que es la Figura N° 5.3.1. Aquí podemos notar con mucha claridad la eficiencia del tratamiento realizado en la planta potabilizadora, nótese que las líneas desde su comienzo tienen tendencia elevada esto implica que el agua progresivamente recupera el oxígeno disuelto que perdió.

Tabla N° 5.3.1
OXÍGENO DISUELTO
SALIDA TANQUE HOMOGENIZACIÓN VS SALIDA FILTROS

Observación	DIA	STH - OD mg/L	SF - OD mg/L	Observación	DIA	STH - OD mg/L	SF - OD mg/L
1	08/03/12	4.3	5.5	16	07/04/12	4.2	5.5
2	10/03/12	3.9	5.8	17	09/04/12	4.4	6.9
3	12/03/12	4.2	6.7	18	11/04/12	4.1	6.7
4	14/03/12	3.5	7.2	19	13/04/12	3.6	5.8
5	16/03/12	3.9	6.8	20	15/04/12	3.9	6.8
6	18/03/12	4.2	6.8	21	17/04/12	4.4	7.4
7	20/03/12	4.0	5.5	22	19/04/12	3.7	5.5
8	22/03/12	4.0	5.2	23	21/04/12	3.9	5.0
9	24/03/12	3.9	6.7	24	23/04/12	4.1	5.7
10	26/03/12	4.3	7.0	25	25/04/12	4.4	6.2
11	28/03/12	4.1	5.8	26	27/04/12	3.9	5.2
12	30/03/12	4.5	6.8	27	29/04/12	4.0	6.8
13	01/04/12	3.8	6.5	28	01/05/12	3.3	5.5
14	03/04/12	3.9	6.5	29	03/05/12	3.8	5.4
15	05/04/12	4.1	7.2	30	05/05/12	3.9	7.3

Muestras obtenidas del 08 marzo 2012 al 05 mayo 2012 de 02:00 pm a 08:00 pm.

Figura N° 5.3.1.



Fuente: Autoría Propia

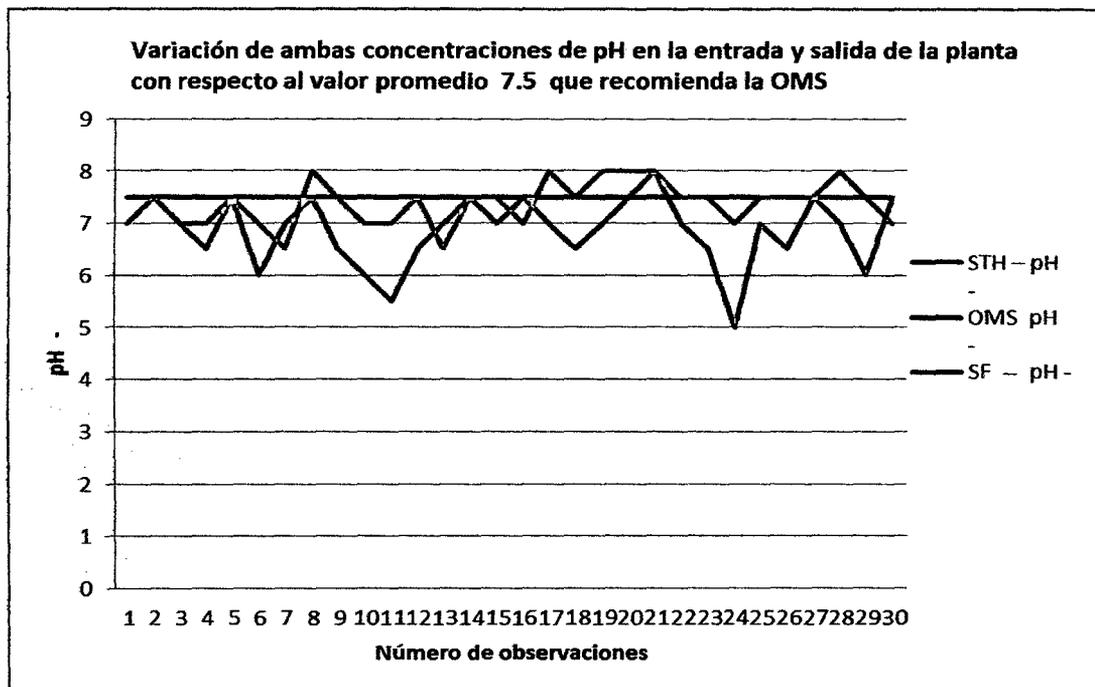
5.4. Medición del potencial Hidrógeno (pH).- Recalcamos que la medida de pH en la salida de los filtros para nosotros era crucial porque en nuestro caso el pH tiene injerencia directa con la dosis optima del coagulante que utilizamos, aunque el margen de variabilidad según la OMS es alto 6.5 hasta 8.5 nosotros cuidamos mucho que el promedio sea 7. Resultado de las observaciones en la **Tabla N° 5.4.1**, con los resultados ordenados en la anterior tabla procedemos a generar un gráfico donde vamos a distinguir con claridad las dos curvas de pH una de entrada y la otra de salida de la planta, para esto mostramos a continuación la **Figura N° 5.4.1**. Después del tratamiento, es óptimo que el pH sea de promedio 7, lo cual se logró.

**Tabla N° 5.4.1
POTENCIAL HIDROGENO
SALIDA TANQUE HOMOGENIZACIÓN VS SALIDA FILTROS**

Observación	DIA	STH -pH	SF - pH	Observación	DIA	STH -pH	SF - pH
1	08/03/12	7.00	7.00	16	07/04/12	7.50	7.00
2	10/03/12	7.50	7.50	17	09/04/12	7.00	8.00
3	12/03/12	7.00	7.00	18	11/04/12	6.50	7.50
4	14/03/12	6.50	7.00	19	13/04/12	7.00	8.00
5	16/03/12	7.50	7.50	20	15/04/12	7.50	8.00
6	18/03/12	6.00	7.00	21	17/04/12	8.00	8.00
7	20/03/12	7.00	6.50	22	19/04/12	7.00	7.50
8	22/03/12	7.50	8.00	23	21/04/12	6.50	7.50
9	24/03/12	6.50	7.50	24	23/04/12	5.00	7.00
10	26/03/12	6.00	7.00	25	25/04/12	7.00	7.50
11	28/03/12	5.50	7.00	26	27/04/12	6.50	7.50
12	30/03/12	6.50	7.50	27	29/04/12	7.50	7.50
13	01/04/12	7.00	6.50	28	01/05/12	7.00	8.00
14	03/04/12	7.50	7.50	29	03/05/12	6.00	7.50
15	05/04/12	7.00	7.50	30	05/05/12	7.50	7.00

Muestras obtenidas del 08 marzo 2012 al 05 mayo 2012 de 02:00 pm a 08:00 pm.

Figura N° 5.4.1



Fuente: Autoría Propia

5.5 Medición de Conductividad Eléctrica (CE).-Como notaremos en la tabla 5.5.1 en nuestro caso la CE tiene como punto máximo 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que pide la norma y en la salida notamos que el valor máximo es prácticamente 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo cual cumple con la normativa peruana y la tendencia es cercana a la recomendación de la Comunicad Europea.

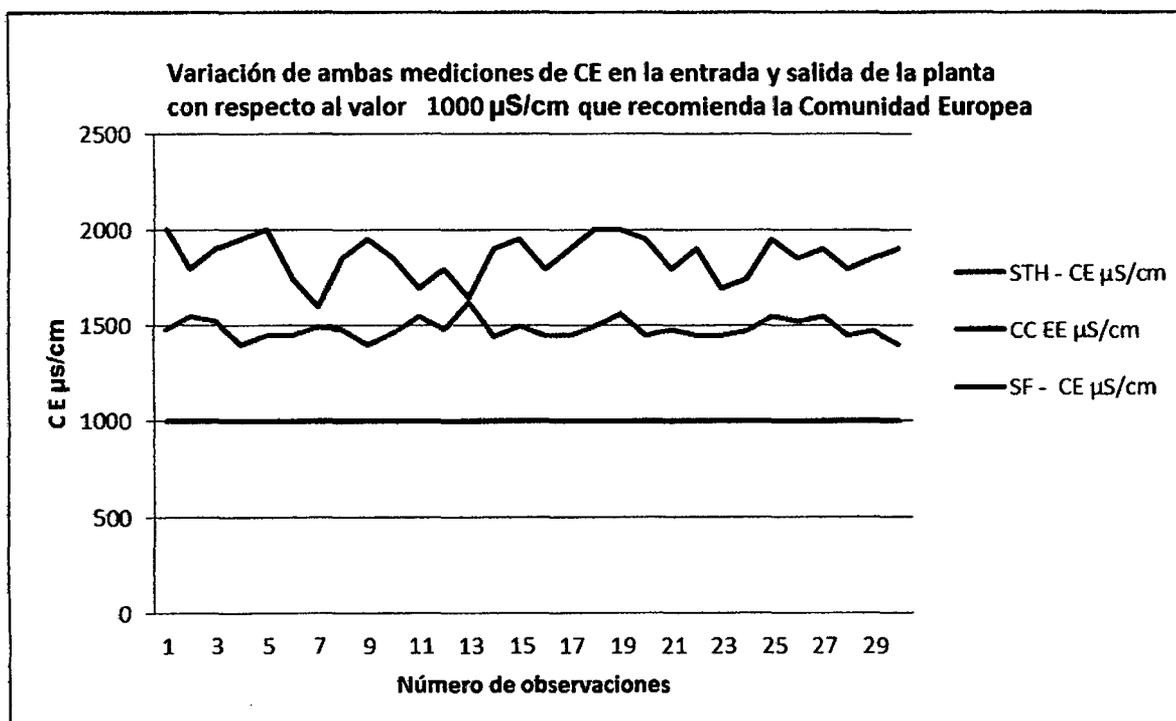
Para concluir presentamos a continuación una gráfica la **Figura N° 5.5.1**, donde recalcamos que la tendencia en ambas líneas es descendente lo que nos indica que el tratamiento de nuestra planta es estable y degrada progresivamente la carga iónica.

Tabla N° 5.5.1
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
SALIDA TANQUE HOMOGENIZACIÓN VS SALIDA FILTROS

Observación	DIA	STH - CE μS/cm	SF - CE μS/cm	Observación	DIA	STH - CE μS/cm	SF - CE μS/cm
1	08/03/12	2000	1480	16	07/04/12	1800	1450
2	10/03/12	1800	1550	17	09/04/12	1900	1450
3	12/03/12	1900	1520	18	11/04/12	2000	1500
4	14/03/12	1950	1400	19	13/04/12	2000	1560
5	16/03/12	2000	1450	20	15/04/12	1950	1450
6	18/03/12	1750	1450	21	17/04/12	1800	1480
7	20/03/12	1600	1490	22	19/04/12	1900	1450
8	22/03/12	1850	1480	23	21/04/12	1700	1450
9	24/03/12	1950	1400	24	23/04/12	1750	1470
10	26/03/12	1850	1460	25	25/04/12	1950	1550
11	28/03/12	1700	1550	26	27/04/12	1850	1520
12	30/03/12	1800	1480	27	29/04/12	1900	1550
13	01/04/12	1650	1620	28	01/05/12	1800	1450
14	03/04/12	1900	1440	29	03/05/12	1850	1470
15	05/04/12	1950	1500	30	05/05/12	1900	1400

Muestras obtenidas del 08 marzo 2012 al 05 mayo 2012 de 02:00 pm a 08:00 pm.

Figura N° 5.5.1



Fuente: Autoría Propia

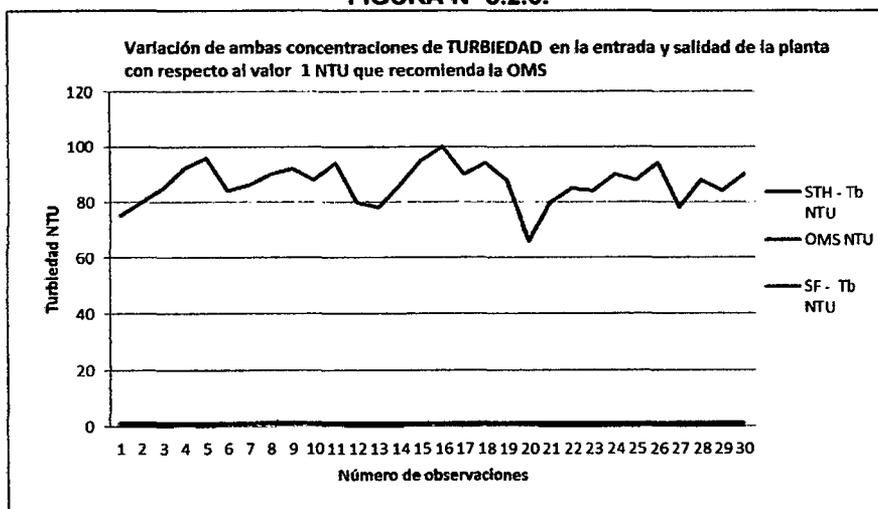
5.6 Remoción de la Turbiedad (Tb).-Con los datos obtenidos del cuadro N° 5.6.1 procedemos a confeccionar nuestra figura que nos muestra las curvas de turbiedad de entrada versus salida para así diferenciar el producto que obtuvimos de la planta, a continuación la **Figura N° 5.6.2**, ahora como podemos apreciar la diferencia es notoria, la reglamentación estipula que el valor máximo para el agua potable debe ser menor que 1 NTU (OMS) en nuestro caso es menor que 0.5 NTU y la curva es constante.

**Tabla N° 5.6.1
TURBIEDAD
SALIDA TANQUE HOMOGENIZACIÓN VS SALIDA FILTROS**

Observación	DIA	STH - Tb NTU	SF - Tb NTU	Observación	DIA	STH - Tb NTU	SF - Tb NTU
1	08/03/12	75	0.6	16	07/04/12	100	1.2
2	10/03/12	80	0.5	17	09/04/12	90	0.7
3	12/03/12	85	0.6	18	11/04/12	94	1.4
4	14/03/12	92	0.4	19	13/04/12	88	0.5
5	16/03/12	96	0.7	20	15/04/12	66	0.4
6	18/03/12	84	0.4	21	17/04/12	80	1.1
7	20/03/12	86	1	22	19/04/12	85	0.5
8	22/03/12	90	1.5	23	21/04/12	84	1.5
9	24/03/12	92	1.4	24	23/04/12	90	1.2
10	26/03/12	88	1.2	25	25/04/12	88	0.8
11	28/03/12	94	0.5	26	27/04/12	94	1.4
12	30/03/12	80	0.1	27	29/04/12	78	0.7
13	01/04/12	78	0.5	28	01/05/12	88	1.2
14	03/04/12	86	0.8	29	03/05/12	84	0.6
15	05/04/12	95	1	30	05/05/12	90	0.5

Muestras obtenidas del 08 marzo 2012 al 05 mayo 2012 de 02:00 pm a 08:00 pm.

FIGURA N° 5.2.6.



CAPITULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contratación de hipótesis con los resultados.- La verificación o contrastación de hipótesis, la realizamos recopilando los datos relevantes que nos permitieron concluir si la hipótesis debe ser aceptada o rechazada. Para lograr lo antes propuesto es fundamental conocer el grado de control que ejercemos sobre el fenómeno estudiado, esto nos indujo a aplicar el método experimental que es el único que permite establecer relaciones de tipo causa-efecto, que consiste en las relaciones existentes entre dos tipos de variables: la variable dependiente y la variable independiente. La variable que manipulamos se denomina variable independiente (Tratamiento físico químico). La variable que se refiere al producto que nos interesa medir es la variable dependiente (Calidad del agua).

6.1.1 Contratación de la DBO₅.- Para contrastar este parámetro nosotros identificamos como hipótesis nula (H_0) la recomendación de la OMS que indica como valor máximo para agua de bebida la DBO₅ debe ser 2.2 mg/L y la tendencia debe ser inferior o cero, nuestra propuesta que sería la hipótesis alterna (H_1), es el resultado promedio del producto final obtenido en nuestra planta, que con respecto al parámetro DBO₅ es 1.86 mg/L.

Para este parámetro nuestra hipótesis alterna (H_1) es ampliamente aceptada, porque no solo estamos por debajo del límite recomendado, estamos en la tendencia inferior por debajo de 2 mg/L de DBO₅, lo que definiría a nuestro resultado como óptimo.

Nos corresponde mencionar que para lograr este resultado satisfactorio con respecto a la manipulación de la variable independiente que en el caso nuestro es el tratamiento físico químico, nosotros previamente hicimos muchas pruebas y como resultado de estas decidimos escoger un excelente coagulante sulfato de aluminio, decidimos construir un mezclador rápido que distribuya totalmente el coagulante y así lograr una formación de micro flocs total o alta en porcentaje.

Realizamos una correcta prueba de jarras y producto de esta obtuvimos una dosis óptima de coagulante muy eficiente. A esto debemos agregar el estado óptimo de nuestros filtros y el mantenimiento constante de cada etapa de la planta, el monitoreo constante a cada punto respectivo de nuestra planta, realizado diariamente y con mucho énfasis en los parámetro medidos in situ, los que aportaron mucho para el control constante de la variable independiente.

6.1.2 Contrastación del pH.- Para contrastar este parámetro nosotros identificamos como hipótesis nula (H_0) la recomendación de la OMS que indica como valor máximo para agua de bebida el pH debe ser 8.5 y la tendencia debe ser inferior o 6.5, nuestra propuesta que sería la hipótesis alterna (H_1), es el resultado promedio del producto final obtenido en nuestra planta, que con respecto al parámetro pH es 7.15.

Para este parámetro nuestra hipótesis alterna (H_1) es ampliamente aceptada, porque no solo estamos por debajo del límite recomendado, estamos en la tendencia inferior por debajo de 8.5, lo que definiría a nuestro resultado como óptimo, ideal para una óptima coagulación cuyo rango es 6.8 a 7.2.

Nos corresponde mencionar que para lograr este resultado satisfactorio con respecto a la manipulación de la variable independiente que en el caso nuestro es el tratamiento físico químico, nosotros previamente hicimos muchas pruebas y como resultado de estas decidimos escoger un excelente coagulante sulfato de aluminio, decidimos construir un mezclador rápido que distribuya totalmente el coagulante y así lograr una formación de micro flocs total o alta en porcentaje.

Realizamos una correcta prueba de jarras y producto de esta obtuvimos una dosis óptima de coagulante muy eficiente. A esto debemos agregar el estado óptimo de nuestros filtros y el mantenimiento constante de cada etapa de la planta, el monitoreo constante a cada punto respectivo de nuestra planta, realizado diariamente y con mucho énfasis en los parámetro medidos in situ, los que aportaron mucho para el control constante de la variable independiente.

6.1.3 Contratación de la Conductividad Eléctrica.- Para contrastar este parámetro nosotros identificamos como hipótesis nula (H_0) la recomendación de la Comunidad Europea que indica como valor máximo para agua de bebida la CE debe ser 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la tendencia debe ser inferior, pero según el D.S. N° 031-2010-SA norma peruana indica 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la tendencia debe ser inferior, nuestra propuesta que sería la hipótesis alterna (H_1), es el resultado promedio del producto final obtenido en nuestra planta, que con respecto al parámetro CE es 1482 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para este parámetro nuestra hipótesis alterna (H_1) es aceptada, porque no solo estamos por debajo del límite recomendado, estamos en la tendencia inferior según normativa peruana y con tendencia a la recomendación Europea, indicamos que resultado de posteriores medidas la Conductividad se estabilizó en 729 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nos corresponde mencionar que para lograr este resultado satisfactorio con respecto a la manipulación de la variable independiente que en el caso nuestro es el tratamiento físico químico, nosotros previamente hicimos muchas pruebas y como resultado de estas decidimos escoger un excelente coagulante sulfato de aluminio, decidimos construir un mezclador rápido que distribuya totalmente el coagulante y así lograr una formación de micro flocs total o alta en porcentaje.

Realizamos una correcta prueba de jarras y producto de esta obtuvimos una dosis óptima de coagulante muy eficiente. A esto debemos agregar el estado óptimo de nuestros filtros y el mantenimiento constante de cada etapa de la planta, el monitoreo constante a cada punto respectivo de nuestra planta, realizado diariamente y con mucho énfasis en los parámetros medidos in situ, los que aportaron mucho para el control constante de la variable independiente.

6.1.4 Contratación de los Coliformes Fecales.- Para contrastar este parámetro nosotros identificamos como hipótesis nula (H_0) la recomendación de la OMS que indica como valor máximo para agua de bebida los CF debe ser cero o menor que 1 NMP/100 ml en una muestra de 5, nuestra propuesta que sería la

hipótesis alterna (H_1), es el resultado promedio del producto final obtenido en nuestra planta, que con respecto al parámetro CF es 0.97 NMP/100 ml.

Para este parámetro nuestra hipótesis alterna (H_1) es ampliamente aceptada, porque este resultado es sin cloro residual, si aplicamos la dosis de cloro como lo estipula la norma el resultado final sería cero, lo que definiría a nuestro resultado como óptimo.

Nos corresponde mencionar que para lograr este resultado satisfactorio con respecto a la manipulación de la variable independiente que en el caso nuestro es el tratamiento físico químico, nosotros previamente hicimos muchas pruebas y como resultado de estas decidimos escoger un excelente coagulante sulfato de aluminio, decidimos construir un mezclador rápido que distribuya totalmente el coagulante y así lograr una formación de micro flocs total o alta en porcentaje.

Realizamos una correcta prueba de jarras y producto de esta obtuvimos una dosis óptima de coagulante muy eficiente. A esto debemos agregar el estado óptimo de nuestros filtros y el mantenimiento constante de cada etapa de la planta, el monitoreo constante a cada punto respectivo de nuestra planta, realizado diariamente y con mucho énfasis en los parámetros medidos in situ, los que aportaron mucho para el control constante de la variable independiente.

6.1.5 Contrastación de Turbiedad.- Para contrastar este parámetro nosotros identificamos como hipótesis nula (H_0) la recomendación de la OMS que indica como valor máximo para agua de bebida la Turbiedad debe ser 5 NTU y la tendencia debe ser a uno o cero, nuestra propuesta que sería la hipótesis alterna (H_1), es el resultado promedio del producto final obtenido en nuestra planta, que con respecto al parámetro Turbiedad es 0.41 NTU.

Para este parámetro nuestra hipótesis alterna (H_1) es ampliamente aceptada, porque no solo estamos por debajo del límite recomendado, estamos en la tendencia inferior por debajo de 0.5 NTU, lo que definiría a nuestro resultado como óptimo, debemos indicar que los valores dados por el laboratorio en su mayoría indican 0.1 NTU.

Nos corresponde mencionar que para lograr este resultado satisfactorio con respecto a la manipulación de la variable independiente que en el caso nuestro es el tratamiento físico químico, nosotros previamente hicimos muchas pruebas y como resultado de estas decidimos escoger un excelente coagulante sulfato de aluminio, decidimos construir un mezclador rápido que distribuya totalmente el coagulante y así lograr una formación de micro flocs total o alta en porcentaje.

Realizamos una correcta prueba de jarras y producto de esta obtuvimos una dosis óptima de coagulante muy eficiente. A esto debemos agregar el estado óptimo de nuestros filtros y el mantenimiento constante de cada etapa de la planta, el monitoreo constante a cada punto respectivo de nuestra planta, realizado diariamente y con mucho énfasis en los parámetro medidos in situ, los que aportaron mucho para el control constante de la variable independiente.

6.1.6 Contrastación de Oxígeno disuelto.- Para contrastar este parámetro nosotros identificamos como hipótesis nula (H_0) la recomendación de la OMS que indica como valor mínimo para agua de bebida de buena calidad el OD debe ser 5 mg/L y la tendencia debe ser superior a 8 o 12 en rango de excelente, nuestra propuesta que sería la hipótesis alterna (H_1), es el resultado promedio del producto final obtenido en nuestra planta, que con respecto al parámetro OD es 6.22 mg/L.

Para este parámetro nuestra hipótesis alterna (H_1) es ampliamente aceptada, porque no solo estamos por encima del límite mínimo recomendado, estamos en la tendencia superior hacia 8 mg/L de OD, lo que definiría a nuestro resultado como óptimo en el rango de buena calidad, indicamos que resultado de posteriores medidas el OD se estabilizó en 7.29 mg/L.

Nos corresponde mencionar que para lograr este resultado satisfactorio con respecto a la manipulación de la variable independiente que en el caso nuestro es el tratamiento físico químico, nosotros previamente hicimos muchas pruebas y como resultado de estas decidimos escoger un excelente coagulante sulfato de

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

aluminio, decidimos construir un mezclador rápido que distribuya totalmente el coagulante y así lograr una formación de micro flocs total o alta en porcentaje.

Realizamos una correcta prueba de jarras y producto de esta obtuvimos una dosis óptima de coagulante muy eficiente. A esto debemos agregar el estado óptimo de nuestros filtros y el mantenimiento constante de cada etapa de la planta, el monitoreo constante a cada punto respectivo de nuestra planta, realizado diariamente y con mucho énfasis en los parámetros medidos in situ, los que aportaron mucho para el control constante de la variable independiente.

CAPITULO VII CONCLUSIONES

7.1. El tratamiento físico químico planteado que implica coagulación, floculación, sedimentación, filtración y dosis de cloro residual es viable, según resultados finales contrastados con los valores que recomienda la OMS, La Comunidad Europea y la normativa del Perú.

7.2. Como consecuencia del tratamiento de los efluentes domésticos generados en la ciudad universitaria del callao, al ser tratados en los diversos sistemas de tratamiento implementados en la FIARN, es posible obtener agua de Clase III, cuyas características son:

DBO ₅ :	10.50 a 4.00 mg/L
Oxigeno disuelto:	4.40 a 3.30 mg/L
Turbiedad:	100 a 75 mg/L
pH:	7.00 a 6.5 unid.
Conductividad eléctrica:	2000 a 1750 μ S/cm
Coliformes fecales:	1400 a 650 NMP/100 ml

7.3. Durante las pruebas de jarras se determino la dosis de coagulante la misma que se utilizo para el funcionamiento de la planta piloto de potabilización, esta dosis optima fue de 2.5 ml/L, es decir 25 ppm., de Sulfato de Aluminio tipo B.

7.4. Los parámetros medidos en la planta, fueron decisivos para determinar la potabilización del agua de Clase III, para ello se determino los siguientes parámetro, los mismos que se hallaban dentro de los valores de calidad del agua potable, siendo estos sin desinfección final:

DBO ₅ :	2.85 a 1.05 mg/L
Oxigeno disuelto:	7.30 a 5.00 mg/L
Turbiedad:	1.5 a 0.1 mg/L
pH:	8.00 a 6.5 unid.
Conductividad eléctrica:	1560 a 1400 μ S/cm
Coliformes fecales:	2.10 a 0.50 NMP/100 ml

**CAPITULO VIII
RECOMENDACIONES**

- 8.1. Un estricto control en la calidad de agua del tanque de homogenización, porque la calidad aceptable de agua que se almacena, define la facilidad y eficiencia del tratamiento para llevarla a calidad de potable.
- 8.2. El mezclador rápido debe operar las 24 horas para que la dosis óptima de coagulante no se vuelva deficiente, esta dosis debe actualizarse como máximo cada 48 horas o en su defecto implementar la planta mínimo con un sensor de turbiedad y una bomba dosificadora para que trabajen en coordinación, para que el ajuste de la dosis óptima sea en tiempo real.
- 8.3. Con respecto al producto final obtenido de la planta de potabilización cito FIARN – UNAC es de prioridad instalar una red alterna de distribución de agua potable producto de nuestro tratamiento, especialmente en los servicios higiénicos, porque es allí donde se da el uso excesivo de agua, para que así se inicie el ciclo del reúso de nuestras aguas.

**CAPITULO IX
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS**

- 9.1. Arboleda Valencia Jorge, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 3° Edición, Editorial Nomos S.A., Colombia 2000. 362.
- 9.2. Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición Volumen1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud
- 9.3. Orellana Jorge A, Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE.
- 9.4. Metcalf & Hedí, Inc., Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización Volumen I, 3° Edición, Editorial Mc Graw-Hill, España 1995.
- 9.5. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico/Organización Mundial de la Salud Assessing microbial safety of drinking water: Improving approaches and methods.Ginebra (Suiza),. Ufour A et al., 2003
- 9.6. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas/Organización Mundial de la Salud (serie Evaluación de riesgos microbiológicos, N.º 3).Caracterización de peligros de patógenos en los alimentos y el agua: directrices. Ginebra (Suiza), FAO/OMS, 2003
- 9.7. GESTA AGUA Grupo de Estudio Técnico Ambiental.
- 9.8. WALLACE e TIERNAN, "CHLORINATION" Pennwalt Corporation, New Jersey 1999
- 9.9. Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF.
- 9.10. DECRETO SUPREMO #002-2008-MINAM
- 9.11. RESOLUCION JEFATURAL #0291-2009-ANA

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

9.12. <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm>

9.13. <http://ciencia.glosario.net/medio-ambiente-acuatico/efluente-domestico-10321.html>

9.14. <http://www.netsalud.sa.cr/aya/club/chapt05.html>"

9.15. <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/guiaseleccsistdes>

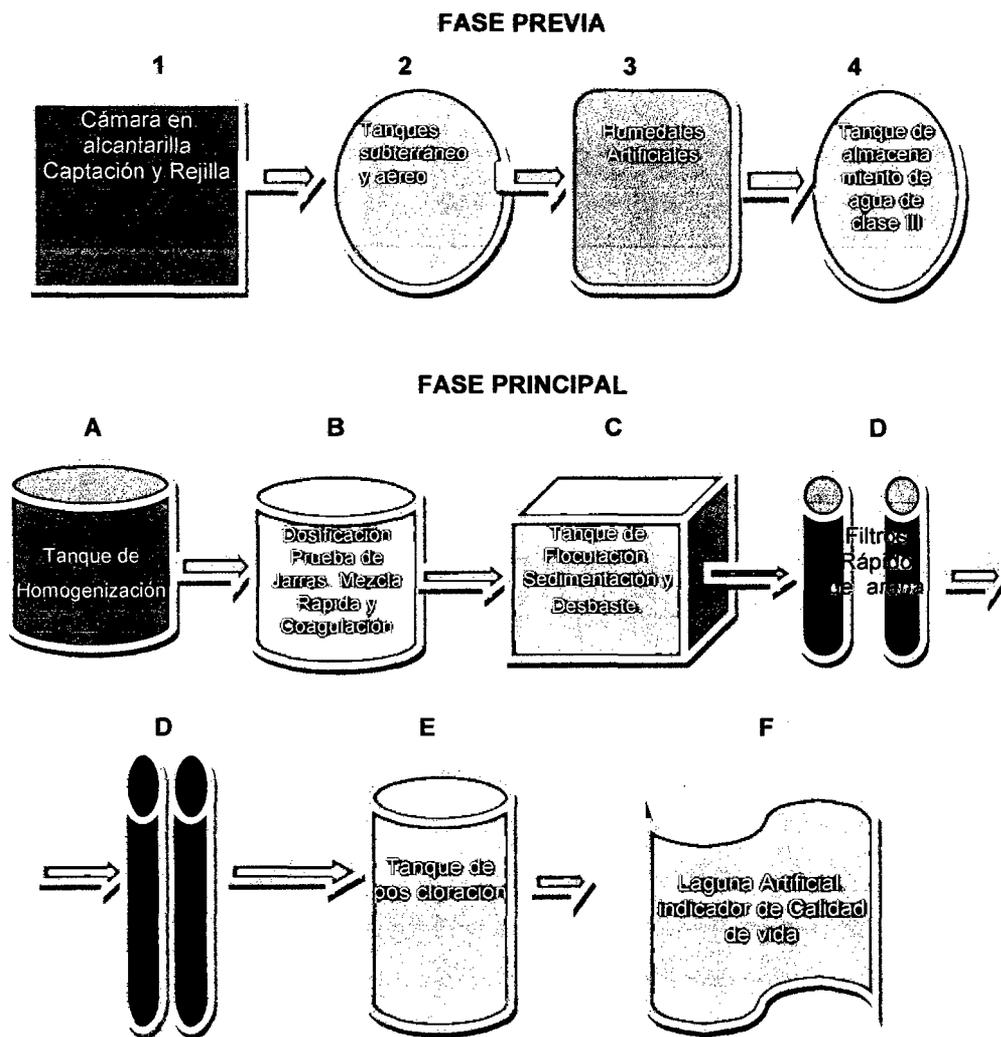
9.16. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines2/es/index.html

APENDICE

ILUSTRACIONES:

4.2. Diseño de Investigación.

1. Ilustración en Bloques de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales FIARN UNAC



(Autoría: Propia)

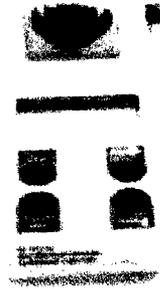
4.2.2. Etapa 2.- Dosis óptima, Dosificación, Coagulación y Mezcla Rápida:

Dosis óptima: Prueba de Jarras:

2. Muestra agua clase III

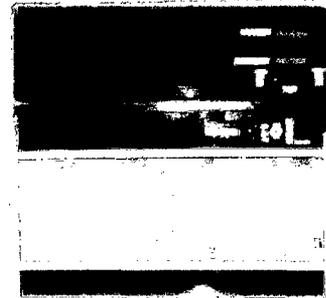


3. Turbidímetro



(Autoría: Propia)

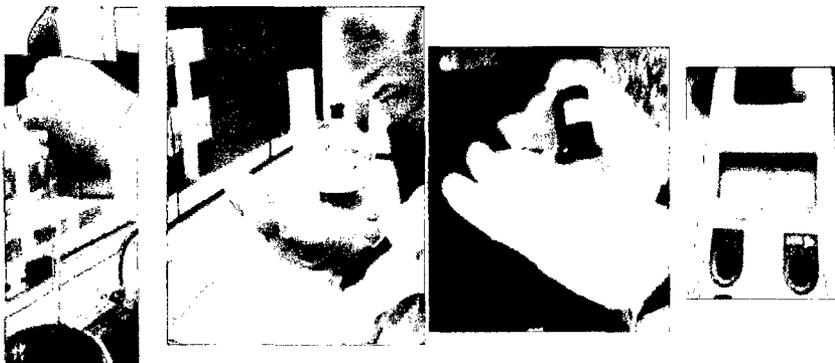
4. Equipo para prueba de jarras.



5. Jarra graduadas de 1 litro para pruebas. (Autoría: Propia)



6. Medida de turbiedad agua clase III. (Autoría: Propia)

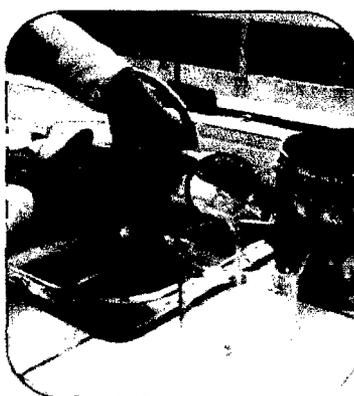


Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

7. Preparación de la solución madre de sulfato de aluminio. (Autoría: Propia)



8. Medida y llenado de las jarras respectivas con muestra de agua clase III.



(Autoría: Propia)

9.



Mezclado rápido de la muestra.

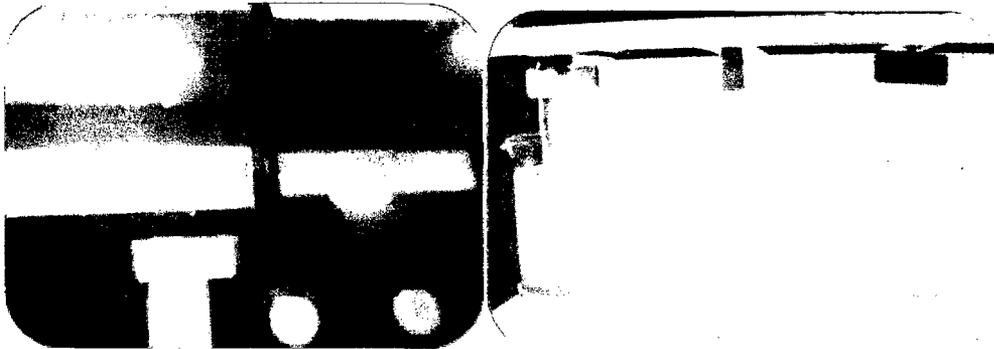
(Autoría: Propia)

10.



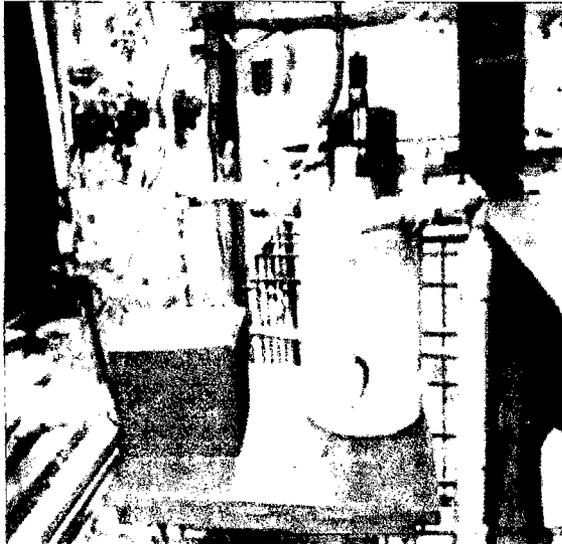
Medida de las diferentes dosis para cada jarra. (Autoría: Propia)

11. (Autoría: Propia)



Panel de Control Prueba de Jarras - Muestra luego de 10 min de reposo

12.- Mezclador rápido



(Autoría: Propia)

4.2.3 Etapa 3.- Floculación, Sedimentación y Desbaste
13.- Sedimentador con láminas



14.- Tanque de desbaste



(Autoría: Propia)

4.2.4 Filtración y Dosis de Cloro Residual

15.- Filtros



TABLAS

1.- LMP Agua categoría III

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos- P	mg/L	1
Nitratos(NO3-N)	mg/L	10
Nitritos(NO2-N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5– 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05

2.- Resultado Prueba de Jarras

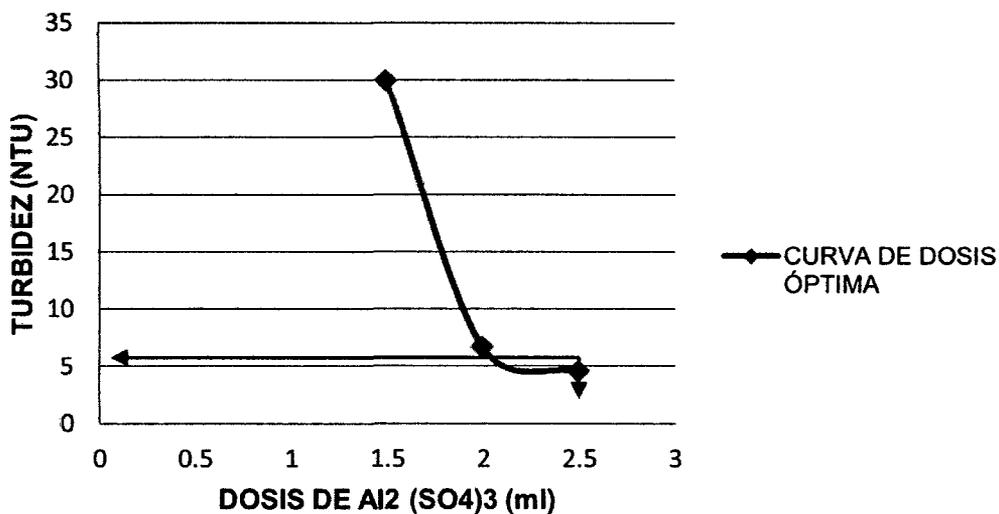
PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y RESULTADOS DE LA PRUEBA		
PARAMETRO	VELOCIDAD(RPM)	TIEMPO (min)
MEZCLADO RÁPIDO	170	1
MEZCLADO LENTO	50	15
REPOSO	0	10

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

MUESTRA	VOLUMEN (ml)	TURBIDEZ (NTU)	DOSIS (ml)
BASICA		187	
JARRA 1	1 000	29.95	1.5
JARRA 2	1 000	6.69	2
JARRA 3	1 000	4.58	2.5

(Autoría: Propia)

CURVA DE DOSIS ÓPTIMA



(Autoría: Propia)

3.- Tabla de Almacenamiento y Preservación según Parámetro

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	VOLUMEN MÍNIMO	RECIPIENTE	PRESERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Coliformes Totales	100 - 500	P o V	Refrigerar y Tiosulfato de sodio*	Máximo 24 horas
Coliformes Fecales	100 - 500	P o V	Refrigerar y Tiosulfato de sodio*	Máximo 24 horas
Recuento Total (Bacterias Heterotroficas)	100 - 500	P o V	Refrigerar y Tiosulfato de sodio*	Máximo 24 horas
Temperatura	25	P o V	-	Inmediato
PH	100 ml	P o V	-	Análisis inmediato
Conductividad eléctrica	500 ml	P o V	Refrigerar	28 días
Alcalinidad Total	100 ml	P o V	Refrigerar	14 días
Sólidos Disueltos	100 ml	P o V	Refrigerar	2 - 7 días
Sólidos Sedimentables	100 ml	P o V	Refrigerar	2 - 7 días
Sólidos Totales Suspensión	100 ml	P o V	Refrigerar	2 - 7 días

Tesis: Obtención de Agua Potable a Partir de Agua Clase III

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS	VOLUMEN MINIMO	RECIPIENTE	PRESERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
DBO ₅	1000 ml	P o V	Refrigerar	48 hrs.
DQO	100 ml	P o V	Refrigerar	28 días
			H ₂ SO ₄ , pH <2	
Oxígeno Disuelto	300 ml	V	No requiere	Análisis inmediato
Sodio	200 ml	P o V	HNO ₃ , pH <2	6 meses
Potasio	200 ml	P o V	HNO ₃ , pH <2	6 meses
Calcio	200 ml	P o V	HNO ₃ , pH <2	6 meses
Sulfato	100 ml	P o V	Refrigerar	28 días
Cloruro	50 ml	P o V	No requiere	28 días
Cloro Residual	200 ml	P o V	No requiere	Análisis inmediato
Fenol	500 ml	P o V	Refrigerar	28 días
			H ₂ SO ₄ , pH <2	
Grasa y Aceites	500 ml	V	Refrigerar	28 días
			H ₂ SO ₄ , pH <2	
Detergentes	250 ml	P o V	Refrigerar	48 horas
			Refrigerar	
Hidrocarburos	500 ml	V ámbar	H ₂ SO ₄ , pH <2	28 días