



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRIA EN GESTIÓN DE CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Determinación de la eficiencia de los procesos de potabilización en la remoción de la carga microbiológica (coliformes totales y fecales) en la planta de tratamiento de Tixán.

***Tesis de Grado previa a la
obtención del título de Magíster
en Gestión de Calidad y
Seguridad Alimentaria***

REALIZADO POR: Ing. Juan Diego Espinoza Gárate

DIRECTORA: Ing. Mirian Briones García, Mg.Sc

CUENCA-ECUADOR

2015

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación, lo dedico con mucho cariño a mis queridos padres, a mis hermanos, a mi esposa MARIA LORENA MOLINA M. y a mis hijos MARIA EMILIA ESPINOZA M. y JUAN DIEGO ESPINOZA M., quienes con su esfuerzo y apoyo supieron guiarme por el camino del bien, la honradez y responsabilidad para cumplir mi objetivo.

Ing. Juan Diego Espinoza Gárate.

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento a la Universidad de Azuay, así como al personal docente de la de la Maestría de Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria quienes con sus sabios conocimientos hicieron *posible la culminación de mi Maestría*.

A la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Saneamiento, en especial a la Administración y al personal del Laboratorio de Control de Calidad de Agua Potable que labora en Tixán ya que me apoyaron para la realización de esta investigación.

De manera particular al Ing. Miriam Briones Directora del presente trabajo investigativo quien nos guio de una manera muy acertada.

RESUMEN

Debido a que el agua es una necesidad básica del hombre, es importante investigar la eficiencia de los procesos de potabilización del agua en la planta de Tixán en cuanto a remoción de carga bacteriana mediante la utilización de insumos químicos que permitan la potabilización del recurso hídrico con resultados óptimos en la calidad del agua potable obtenida y en la reducción de impactos ambientales.

Los métodos de análisis bacteriológicos utilizados en el presente estudio para la determinación de coliformes totales y fecales, con la finalidad de estimar la eficiencia del tratamiento y garantizar al consumidor lo que se le está suministrando, así como también controlar la calidad final del agua potable fueron los siguientes:

- Análisis de Microorganismos mediante el Método de Tubos múltiples.
- Análisis de Microorganismos mediante el Método de Filtración por Membrana.

Con el estudio realizado y con las diferentes acciones correctivas tomadas durante el proceso del mismo se logró alcanzar el nivel máximo de eficiencia de remoción de carga bacteria en los diferentes procesos de potabilización de agua de la planta de tratamiento de Tixán, con el fin de garantizar la continuidad, la calidad del servicio a través del tiempo cumpliendo con la Norma INEN 1108, reduciendo significativamente los costos de los químicos utilizados en el proceso de tratamiento.

PALABRAS CLAVES:

Potabilización, coliformes, remoción, turbiedad, coliformes fecales, coliformes totales

ABSTRACT

Because water is a basic human need, it is important to investigate the efficiency of water treatment processes in the *Tixán* plant in regard to the removal of bacterial load by the use of chemical inputs; process that allows the purification of water resources, obtaining optimum results in the quality of drinking water and in the reduction of environmental impacts.

The following bacteriological methods of analysis for the determination of total and fecal coliforms were used in this study with the objective to estimate the efficiency of treatment and ensure the consumer what is being supplied, as well as control the quality of drinking water.

- Analysis of Microorganisms by multiple tubes method.
- Analysis of microorganisms by membrane filtration method.

By means of the study performed and the different corrective actions taken during its process, it was possible to achieve maximum removal efficiency of bacteria load in the different treatment processes at the *Tixán* water treatment plant. The objectives were to ensure continuity, quality of service over time, compliance with the INEN 1108 Standard, and obtain a significant reduction in the cost of chemicals used in the treatment process.

KEY WORDS: Water Treatment, Coliform, Removal, Turbidity, Fecal Coliforms, Total Coliforms.



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INDICE	1
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPITULO I	5
1. GENERALIDADES DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE TIXÁN DEL CANTÓN CUENCA.....	5
1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
1.2. PROCESOS DE TRATAMIENTO	6
1.2.1 Captación	6
1.2.2 Canal de Conducción Externo	7
1.2.3 Canal de Conducción Interno.....	7
1.2.4 Coagulación – Mezcla Rápida.....	8
1.2.5 Floculación	9
1.2.6 Sedimentación	10
1.2.7 Filtración	11
1.2.8 Desinfección.....	12
1.2.9 Tanques de Distribución	13
1.2.10 Diagrama del Proceso	14
1.2.11 Lay Out de la Planta	15
1.2.12. Sistema de Producción de Agua Potable	16
CAPITULO II	17
2. MUESTREO Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES.....	17
2.2. MUESTREO	17
2.3. TÉCNICA DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES MEDIANTE EL MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA.....	18
2.4. TÉCNICA DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES MEDIANTE EL MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE.....	22
CAPITULO III	28

3.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	28
3.2.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL MES DE MARZO	28
3.2.1.	Resultados Microbiológicos del Agua Cruda.....	28
3.2.2.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.....	29
3.2.3.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.....	30
3.2.4.	Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento.....	31
3.3.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MES DE ABRIL.	33
3.3.1.	Resultados Microbiológicos del Agua Cruda.....	33
3.3.2.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.....	34
3.3.3.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.....	35
3.3.4.	Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento.....	36
3.4.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MES DE MAYO.	37
3.4.1.	Resultados Microbiológicos del Agua Cruda.....	37
3.4.2.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.....	38
3.4.3.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.....	39
3.4.4.	Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento.....	40
3.5.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MES DE JUNIO.	41
3.5.1.	Resultados Microbiológicos del Agua Cruda.....	41
3.5.2.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.....	42
3.5.3.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.....	43
3.5.4.	Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento.....	44
3.6.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISI MICROBIOLÓGICOS DEL MES DE JULIO	45
3.6.1.	Resultados Microbiológicos del Agua Cruda.....	45
3.6.2.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.....	46
3.6.3.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.....	47
3.6.4.	Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento.....	48
3.7.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MARZO A JULIO	49
3.7.1.	Resultados Microbiológicos del Agua Cruda.....	49
3.7.2.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.....	49
3.7.3.	Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.....	50

3.7.4. Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento.....	51
3.8. DETERMINACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE REMOCIÓN BACTEREOLÓGICO.....	52
3.8.1. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Marzo.....	52
3.8.2. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Abril.	52
3.8.3. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Mayo.....	52
3.8.4. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Junio.	53
3.8.5. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Julio.....	53
3.9. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LOS DIFERENTES PROCESOS DE TRATAMIENTO... ..	54
3.10. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE REMOCIÓN BACTEREOLÓGICO.....	57
CAPITULO IV.....	60
4.1. Discusión	60
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES:	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
ANEXOS.....	67

Espinoza Gárate Juan Diego.
Trabajo de graduación.
Ing. Mirian Briones García, Mg.Sc
Diciembre, 2015.

“Determinación de la eficiencia de los procesos de potabilización en la remoción de la carga microbiológica (coliformes totales y fecales) en la planta de tratamiento de Tixán”.

INTRODUCCIÓN

Debido a que el agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública, lo que significa que en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades, ya que según datos de la OMS 1,8 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades diarreicas (incluido el cólera); un 90% de esas personas son niños menores de cinco años, principalmente procedentes de países en desarrollo.

Se piensa que un 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento y una higiene deficientes. La mejora del abastecimiento de agua reduce entre un 6% y un 21% la morbilidad por diarrea, si se contabilizan las consecuencias graves. La mejora del saneamiento reduce la morbilidad por diarrea en un 32%.

Razón por lo cual ETAPA EP, en lo referente a la gestión del agua, actúa en tres fases, que son: 1) gestión de las cuencas hidrográficas (provisión); 2) servicio de agua potable y alcantarillado (aprovechamiento) y 3) tratamiento de las aguas residuales (retorno). La empresa trabaja en toda la cadena del agua con una visión integradora y eco sistémico.

ETAPA E.P a través de su la Subgerencia de Operaciones de agua potable y saneamiento ejecuta desde hace varios años diferentes programas que buscan que el agua potable que disponemos los cuencanos sea libre de contaminantes perjudiciales para la salud pública y que exista un abastecimiento satisfactorio (suficiente, salubre y accesible), además la mejora del acceso al agua potable la misma que proporciona beneficios tangibles para la salud.

ETAPA E.P proporciona el servicio de agua potable al 50% de la población urbana de Cuenca a través de la Planta de Tixán la misma que es del tipo convencional integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración rápida y desinfección.

En la planta de potabilización de Tixán se establecen controles que permiten operar la planta en función de la turbiedad y el color de la fuente de agua cruda que proviene del río Machangara, de la manera que los parámetros mencionados se van removiendo en cada etapa del proceso de potabilización, por lo que en éste estudio el objetivo primordial es realizar una evaluación de la eficiencia en cuanto a la remoción de la carga microbiológica conforme se va cumpliendo cada etapa del proceso de potabilización del agua.

El más importante requerimiento individual del agua potable es que debe estar libre de cualquier microorganismo que pueda transmitir enfermedad al consumidor. Procesos tales

como almacenamiento, coagulación-floculación, sedimentación filtración, reducen un grado variable el contenido bacteriológico del agua. Estos procesos no pueden asegurar que el agua que producen sea bacteriológicamente segura, por lo que es necesaria una desinfección final.

DESINFECCIÓN DEL AGUA

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución.

La función principal de la desinfección es la eliminación de microorganismos no deseados en el agua a tratar. Estos microorganismos pueden afectar la salud humana y necesariamente deben ser eliminados si estamos produciendo agua potable.

Los microorganismos más comunes que vamos a encontrar en aguas a tratar son: bacterias, virus, hongos y algas.

En el caso de tratamiento para agua potable, es necesario eliminar toda posibilidad de que ésta sea portadora de enfermedades muy graves del tipo del cólera, tifus, hepatitis B, y otras como la disentería y todas las afecciones intestinales.

Las condiciones que debe tener un desinfectante ideal para ser usado en las plantas de purificación son:

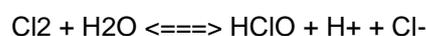
- Debe ser capaz de destruir los organismos causantes de enfermedades.
- Deber ser capaz de realizar esta labor a la temperatura del lugar y en un tiempo adecuado.
- No debe hacer el agua tóxica, peligrosa para la salud o de sabor desagradable.
- Debe ser de fácil obtención, sencillo manejo y bajo costo.
- La concentración en el agua debe poderse determinar rápidamente.
- Debe dejar un efecto residual.

CLORO

El cloro es un excelente desinfectante y cumple la mayoría de las condiciones que se exige a un desinfectante ideal: barato, fácil de aplicar, fácil de dosificar, deja efecto residual, no afecta a formas superiores de vida en las concentraciones en que es mortal para todo tipo de microorganismo, actúa en un amplio grado de temperatura y de pH (aunque a determinados pH la especie presente pueda tener más poder desinfectante que a otros pH).

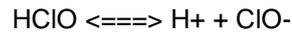
Las dificultades que se deben considerar son, básicamente, que es muy irritante y altamente tóxico a altas concentraciones, por lo que debe ser manipulado con mucha precaución y, si se aplica en exceso, deja un sabor característico en el agua tratada.

Aplicando gas cloro en el agua a tratar, se verifican los siguientes equilibrios:



Para $\text{pH} > 4$ el equilibrio está totalmente desplazado a la derecha, por lo que ya no hay presencia de gas cloro disuelto y prácticamente todo se encuentra bajo forma de hipocloroso.

El hipocloroso se comporta como ácido débil:



Cualquiera sea la especie que se agregue, dependiendo del pH, siempre tendremos, en mayor o menor medida, la coexistencia de las especies cloro, hipocloroso e hipoclorito. A la suma de estas concentraciones le llamamos CLORO DISPONIBLE O CLORO RESIDUAL.

CINETICA DE LA DISINFECCION QUIMICA

El proceso de desinfección del agua no es instantáneo si no que se realiza progresivamente con más o menos velocidad a través del tiempo y se considera terminado cuando el 100% de los organismos que se tratan de destruir han muerto.

La forma como este proceso se realiza puede describirse matemáticamente, considerado que se trata de una remoción de primer orden y que por tanto el número de microorganismos destruidos en la unidad de tiempo es proporcional al número de microorganismos remanentes en el t esto se conoce como ley de Chick.

Bajo condiciones ideales, una célula expuesta contiene un solo centro activo, vulnerable a una sola unidad de desinfectante. En este caso la velocidad de destrucción sigue la LEY DE CHICK.

Esta establece que y, número de organismos destruidos en la unidad de tiempo t, es proporcional a N, número de organismos remanentes, siendo N₀, el número de organismos inicial, o sea:

$$dy / dt = k (N_0 - y)$$

k es la constante de velocidad de reacción y tiene unidades de tiempo⁻¹

Si integramos para y = 0 a t = 0 e y = y a t = t

$$\ln [(N_0 - y) / N_0] = \ln (N / N_0) = -kt$$

o, lo que es lo mismo:

$$N / N_0 = \exp (-kt)$$

En general no se cumplen las condiciones ideales planteadas y la ley toma la forma de

$$\ln (N / N_0) = -km t$$

m es una constante que depende del tipo de microorganismo. Esta constante se obtiene empíricamente y está tabulada para diferentes tipos de microorganismos.

EFICIENCIA DE LA CLORACIÓN EN LA DESTRUCCION DE MICROORGANISMOS

Los compuestos clorados atacan a los organismos bacterianos en concentraciones bajas (0,1 a 2,0 mg/l), para actuar sobre el microorganismo, en el caso de las bacterias y los microorganismos eucariotas, el agente oxidante debe atravesar la membrana plasmática, que es de naturaleza fosfolipídica y oxidar enzimas respiratorios que contengan grupos sulfhidrilo (-SH), esto se explica considerando que afecta al sistema enzimático de la célula, por ser este muy sensible a sustancias inhibidoras. Según esto los compuestos de cloro reaccionan con los grupos sulfhídricos presentes en las enzimas celulares paralizando el proceso metabólico de la oxidación de la glucosa y en especial interfiriendo en la transformación del ácido triosefosfórico en ácido fosfoglisérido con lo que la actividad enzimática de la célula queda destruida presente en casi todos los organismos, esto explica porque concentraciones bajas de cloro pueden ser efectivas.

El ataque del cloro se da en dos etapas:

- Penetración de la membrana celular por el compuesto
- Reacción con las enzimas celulares (deshidrogenasa triosefosfórica).

Una de las enzimas más afectadas es la succinato deshidrogenasa que interviene en el Ciclo de Krebs, cuando ésta enzima se afecta se frenan los mecanismos celulares de obtención de energía.

En el caso de los virus parece ser que los agentes oxidantes actúan directamente produciendo oxidaciones sobre los ácidos nucleicos aunque los mecanismos íntimos no están bien estudiados.

En resumen, la eficacia de la desinfección con cloro depende del, pH, de la temperatura, de la presencia de partículas en suspensión, de la composición química del agua, de la concentración del desinfectante y del tiempo de contacto.

Poder germicida de las distintas formas:

$\text{Cl}_2 > \text{HOCl} > \text{OCl}^- > \text{NHCl}_2 > \text{NH}_2\text{Cl} > \text{R-NHCl}$

Objetivo general:

Determinar la eficiencia de los diferentes procesos de potabilización de agua de la planta de Tixán utilizando como indicador la remoción de carga bacteriana (coliformes totales y fecales).

Objetivo específico:

Determinar la eficiencia de los procesos de potabilización en función del porcentaje de remoción de carga bacteriana.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE TIXÁN DEL CANTÓN CUENCA

1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La planta de tratamiento de Tixán abastece de agua a la a una fracción aproximada del 45% de la población de la ciudad de Cuenca, está situada cercana a la población de Tixán en la parroquia Chiquintad cantón Cuenca provincia del Azuay, su ubicación es en la margen izquierda del canal de riego Machángara en las coordenadas WGS84 $x = 723118$ $Y = 9686744$ en la cota 2.690 m.s.n.m Fig. 1.1.

El proyecto de la planta de Tixán comprende dos etapas de las cuales la primera fue construida desde enero de 1.994 hasta abril de 1.996, inaugurándose en Noviembre de 1996, la capacidad inicial de tratamiento es de 840 l/s.



Fig. 1.1 Ubicación Geográfica de la Planta de Tratamiento de Agua Tixán

La fuente de abastecimiento para la planta de tratamiento de Tixán es el río Machángara, se trata de un río típicamente andino con las características propias del sur del Ecuador, nace en la cordillera del mismo nombre, cuya cuenca de aporte tiene una extensión de 208 Km² la misma se encuentra regulada en la zona alta por las presas de Chanlud con una capacidad de 17 Hm³ y Labrados con una capacidad de 5 Hm³ las cuales son empleadas por las centrales hidroeléctricas de Saucay y Saymirin Fig.1.2.

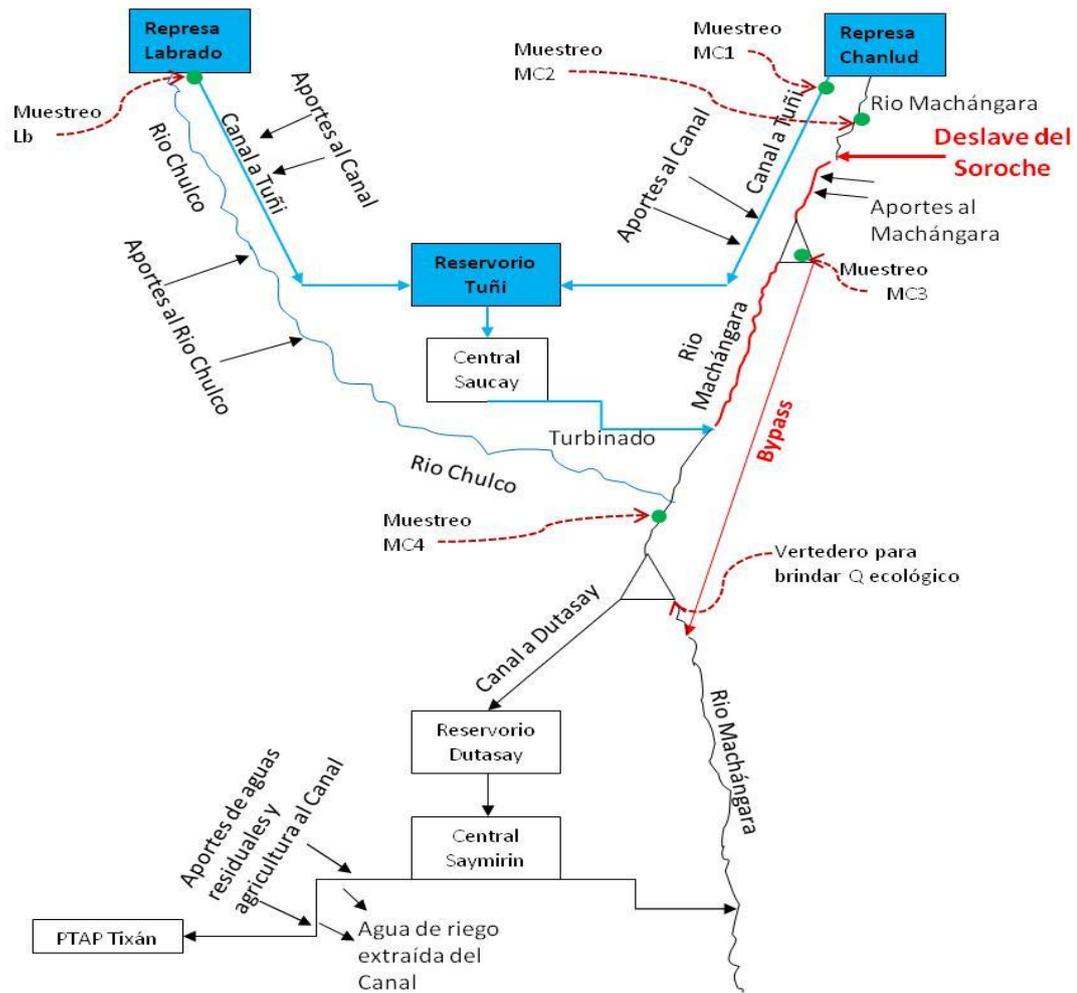


Fig. 1.2 Fuentes de Abastecimiento de Agua Cruda para la Planta de Tixán

1.2. PROCESOS DE TRATAMIENTO

La Planta de Tixán es de la tecnología denominada convencional integrado por los procesos de: Mezcla Rápida, Coagulación, Floculación mecánica e hidráulica, Sedimentación, Filtración Rápida, Estabilización y Desinfección.

1.2.1 Captación

La planta de tratamiento de agua potable de Tixán se abastece de agua del canal de riego Machángara cuya fuente principal es el río del mismo nombre, para garantizar el abastecimiento continuo del agua cruda se cuenta con una captación ubicada aguas arriba de la descarga de las tuberías de la central hidroeléctrica de Saymirin Fig. 1.3, esta captación fue construida en el margen izquierdo del cauce del río Machangara, tiene una capacidad de 2500 l/s, el agua emplazada pasa a un desarenador la cual descarga en una cámara de interconexión de la empresa eléctrica regional centro sur ubicada a la salida de las turbinas de la central de Saymirin, esta cámara de interconexión permite la descarga de las turbinas y facilita la regulación de los caudales de agua que serán transportados por el canal de riego hacia la Planta.



Fig. 1.3 Captación de Agua Cruda para la Planta de Tixán

1.2.2 Canal de Conducción Externo

El agua desde el canal de interconexión es transportado por el canal de riego Machángara a lo largo de 5 Km, atravesando centros poblados como Chiquintad y bordeando el pueblo de Tixán, razón por la cual pueden presentarse algunas alteraciones como contaminación bacteriológica, materia orgánica y sobre todo cuando llueve el material circundante resbala hacia el canal, aumentando rápidamente la turbiedad y el color. Al llegar el canal de riego a la altura de la planta de Tixán existe una toma lateral por donde ingresa el agua, luego de pasar por una rejilla de eliminación de sólidos de 2.80 x 0.95 m, con varillas de 12.5 mm espaciadas donde quedan retenidos los sólidos de mayor volumen que se incorporaron en el trayecto llega a un tanque de carga en donde el agua se acumula y permite la operación de la compuerta de entrada.

1.2.3 Canal de Conducción Interno

Cuenta con una compuerta de entrada que permite el paso del agua cruda, regula el caudal de ingreso a ser procesado, en este sitio se encuentra instalado un medidor de caudal ultrasónico el cual emite una señal a la computadora de control instalada en la sala de operaciones registrándose de esta manera los caudales de entrada.

El Canal de Ingreso está construido sobre un terreno en pendiente razón por la cual presenta diferentes cambios horizontales y verticales teniendo dentro de estas tres zonas amortiguadoras que apaciguan la velocidad del agua.



Fig. 1.4 Captación de Agua Cruda para la Planta de Tixán

1.2.4 Coagulación – Mezcla Rápida

El proceso de coagulación es aquel donde una sustancia inocua “coagulante” en nuestro caso sulfato de aluminio forma partículas subvisuales en suspensión, donde los cationes trivalentes de aluminio neutralizan las cargas negativas que tienen las partículas que forman la turbiedad y el color de las aguas naturales.

Tres fenómenos ocurren en esta reacción química como son:

- La neutralización de las cargas negativas de las impurezas con el ion coagulante.
- La reacción del coagulante con la alcalinidad del agua.
- La adsorción de impurezas por los floculos que resultan de las reacciones anteriores

La solución del coagulante sulfato de aluminio en la planta de Tixán es preparada en la sala de químicos donde se dispone de tres tanques con capacidad de 20m^3 cada uno, en cada tanque se vierte 650 Kg de sulfato de aluminio manualmente para poder tener una solución madre con una concentración del 3,25%, cada tanque se halla provisto de una paleta giratoria impulsada por un motor que permite la homogeneización de la solución.

La solución de sulfato de aluminio preparada pasa a un dosificador del tipo tornillo micrométrico con una capacidad de 4000 litros por hora, el mismo que dosifica la solución requerida por gravedad de acuerdo a las características físico-químicas que se determinan en el agua cruda, la solución se esparce rápidamente en el agua cruda mediante un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro con 56 perforaciones que se encuentra colocado en forma transversal sobre la zona de mezcla rápida la misma que se realiza con un resalto hidráulico con una gradiente de velocidad de 1000 s^{-1} y un tiempo de retención de 1 segundo, constituyéndose este tramo de la mezcla rápida debido a que en esta zona se presenta la agitación suficiente para este fin.

El agua pasa a cuatro canales de longitud variable que alimentan a cada unidad de floculación Fig. 1.5.



Fig. 1.5 Canal de mezcla rápida y coagulación.

1.2.5 Floculación

La floculación es el fenómeno en el cual las partículas ya desestabilizadas en el proceso de coagulación chocan unas con otras para formar coágulos o flocúlos mayores.

El agua recorre en cada uno de los cuatro canales los mismos que alimentan a las unidades de floculación. Estas unidades están constituidas por un floculador mecánico e hidráulico.

El floculador mecánico Fig. 1.6 está compuesta por dos cámaras alineadas horizontalmente, cada una está provista de agitadores de paletas de eje vertical con una velocidad variable impulsadas por un motor eléctrico con su respectivo panel de control, estas pueden operar con diferentes gradientes de velocidades las mismas que pueden ser reguladas en un rango de 20 a $60s^{-1}$. El agua que entra en la primera cámara de la unidad está sometida a un gradiente de velocidad mayor que la segunda, el agua ingresa luego a un floculador hidráulico de flujo vertical Fig. 1.7 que está constituido por 13 cámaras, al ingreso de este floculador se añade el polímero Praestol 650 en una dosis promedio de 0.045mg/l como ayudante de floculación.



Fig. 1.6 Floculadores Mecánicos.



Fig. 1.7 Floculadores Hidráulicos

El polímero es preparado en la sal de químicos para lo cual se tiene dos tanques de $3,618 m^3$ los cuales están provistos de paletas giratorias que permiten la homogeneización de la solución, a la salida de estos tanques se encuentra instalada una bomba dosificadora que impulsa la solución hacia los puntos de aplicación.

El agua floculada pasa luego a los sedimentares mediante un canal inferior, este es regulado por una compuerta volante.

1.2.6 Sedimentación

El proceso de sedimentación consiste en promover el depósito del material en suspensión por acción de la gravedad, por lo que en la planta se dispone de ocho unidades de placas paralelas de flujo ascendente (dos por módulo) con una tasa superficial de diseño de $128 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$. La tasa real de decantación entre las placas es de $12,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$.

Los sedimentadores de la planta se dividen en cuatro zonas:

Zona de entrada. En esta zona las partículas se encuentran en turbulencia, se caracteriza por tener cierta agitación; la ubicación de las partículas varía y las “nubes” de flóculos cambian de lugar constantemente, el agua hace su ingreso al módulo a través de una compuerta volante, que regula el paso del agua floculada la cual es llevada mediante un canal de distribución central hasta cada unidad de decantación mediante una serie de orificios ubicados en la pared lateral del canal.

Zona de decantación.- Es la zona donde las “nubes” de flóculos se mantienen aparentemente inmóviles o estacionarias. En esta zona no hay agitación y el agua se distribuye a las dos unidades y asciende con flujo laminar atravesando las placas y depositando el floc en las mismas, las placas se hallan ubicadas a lo largo de cada unidad, inclinada a 60 grados con la horizontal, son de material sintético denominado ABS (acrílico butilo estireno), el floculo acumulado en las placas desciende al fondo de la unidad por gravedad.

Zona de recolección o de salida.- Esta zona es relativamente tranquila, como la segunda. El sistema de recolección de agua sedimentada está constituido por un sistema compuesto por 15 tubos de acero ubicados transversalmente en la parte superior, donde ingresa el agua y este flujo descarga en un canal de recolección que recorre por toda la unidad, sin embargo, en la salida, los flóculos que no llegaron a depositarse en la zona de reposo siguen el movimiento ascendente del agua y traspasan la estructura de salida.

Zona de depósito de lodos o tolvas de almacenamiento de lodos.- Es la zona de reposo, donde finalmente se acumula el lodo, el mismo que es almacenado en dos tolvas corridas de 1,8 m de profundidad; ubicadas debajo de cada módulo de placas los mismos que son eliminados mediante un canal de desfogue ubicado en fondo y reglado por una válvula de purga.

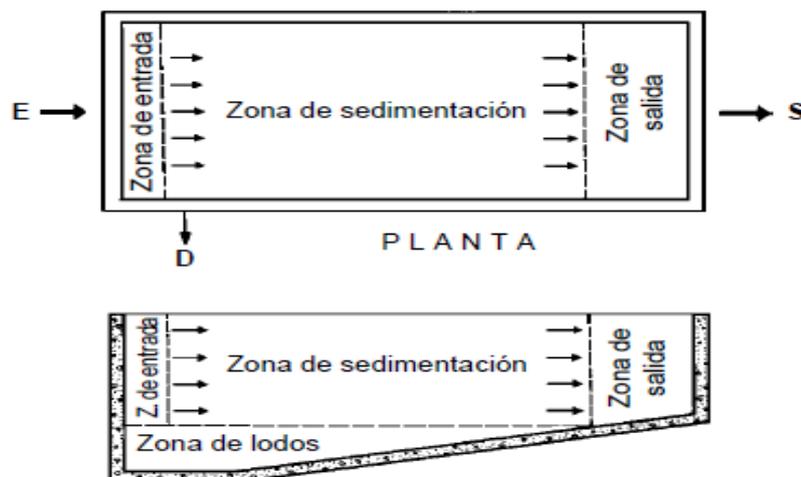


Fig. 1.8 Corte Longitudinal del sedimentador



Fig. 1.9 Proceso de Sedimentación

1.2.7 Filtración

La filtración del agua consiste en hacerla pasar por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas impurezas; por lo que cada módulo de sedimentación alimenta un canal de distribución común hacia los 8 filtros rápidos descendentes.

El agua que ingresa al filtro se pone en contacto con el lecho mixto (arena y antracita) atravesando este por gravedad y dejando en su paso depositado el floc remanente de los sedimentos; el agua filtrada pasa hacia un canal de recolección común y por 2 vertederos llega el agua filtrada a las cámaras de contacto de cloro.

Con el paso del agua a través del lecho mixto arena y antracita se produce lo siguiente:

- La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales;
- La reducción de las bacterias presentes;
- La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

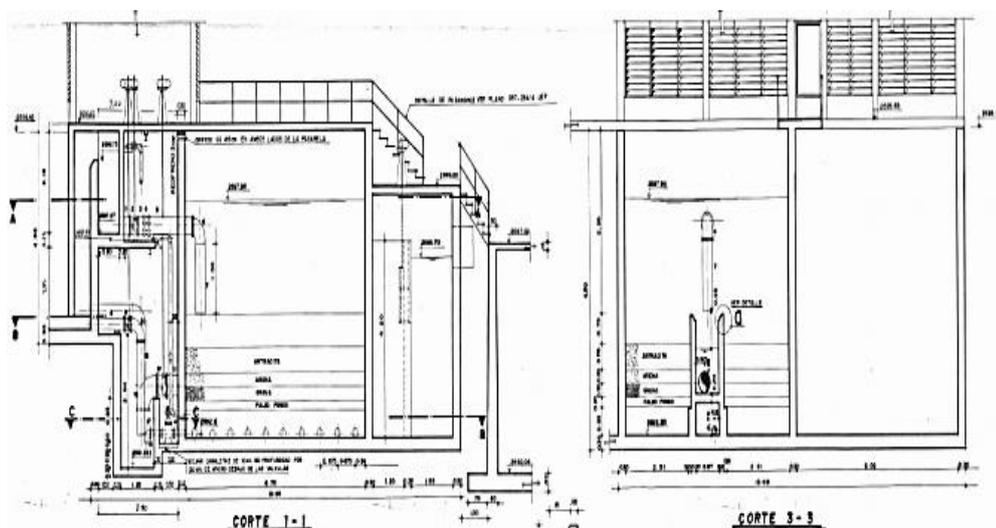


Fig. 1.10 Cortes Longitudinales de los Filtros Rápidos de Tixán.

Para el lavado del filtro se invierte el proceso de trabajo normal, se desfoga el contenido mismo, se inyecta aire a presión desde la parte inferior, se realiza el reto lavado con el agua proveniente del canal de recolección común por un tiempo determinado (10m), luego se pone el filtro en operación normal.



Fig. 1.11 Proceso de Retrolavado de los Filtros

1.2.8 Desinfección

La desinfección es una medida que se debe adoptar en todos los sistemas de abastecimiento, bien con carácter correctivo y preventivo. Esto se debe a que toda agua pura o purificada en una estación de tratamiento puede tener un largo recorrido hasta el momento en que es consumida.

El sistema de desinfección de la Planta de Tixán es el denominado “dosificación de cloro gas, operación en vacío, alimentación en solución”, el edificio donde se alojan los cilindros de cloro gas y los complementos para el proceso de desinfección se encuentran situados en la parte inferior de los tanques de reserva actuales, ocupa un área aproximada de 200 m² y se encuentra dividido en dos secciones:

- **Área para recepción, bodega y alimentación de gas.**

Se trata de un espacio cubierto sin paredes exteriores. Cuenta con dos áreas separadas por un andén central, cada una de las cuales puede alojar 14 cilindros de 1000 kg de capacidad Fig 1.12. Los cilindros se colocan en estructuras de hormigón conformadas para mantener fijas cada una de las unidades



Fig. 1.12 Bodegas de cloro gas.

En el extremo de esta área se encuentran instalados los cilindros de alimentación de cloro gas. Se dispone de dos conjuntos de dos cilindros en paralelo que operan alternativamente. Se dispone de una válvula de transferencia automática (Switch Over) que regula la transferencia de un grupo a otro de cilindros cuando se agota el cloro gas disponible en los mismos.

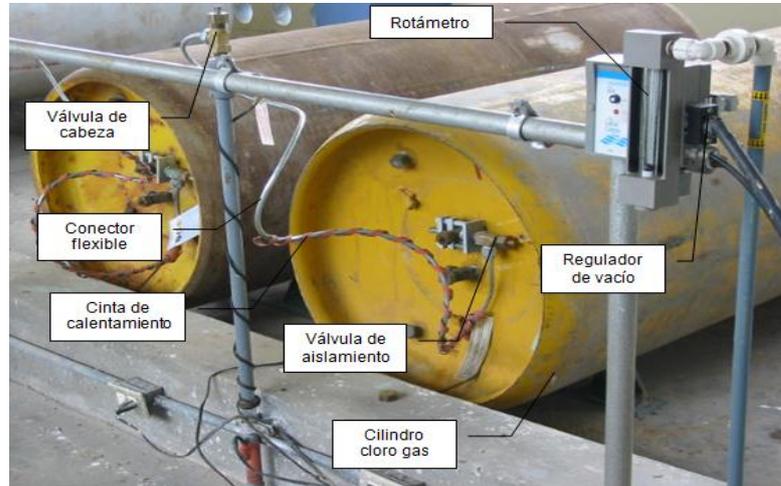


Fig. 1.13 Cilindros de alimentación de cloro gas

- **Sala de dosificación**

La sala de dosificadores ocupa un espacio cerrado separado de la zona de cilindros. Se encuentran implementados y en operación los siguientes equipos e instrumentos:

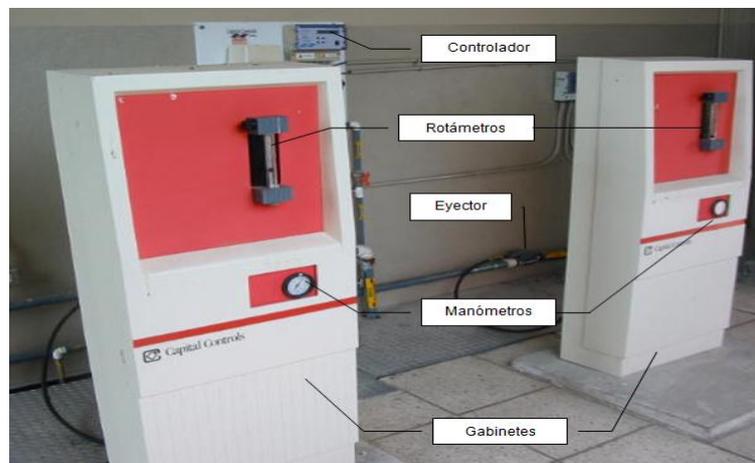


Fig. 1.13 Sala de dosificación de cloro gas

1.2.9 Tanques de Distribución

El agua desinfectada es acumulada en dos tanques de distribución con un volumen útil de 1600 m³ cada uno, el objetivo de estos es garantizar la continuidad de la distribución a los tanques externos y mantener la misma en casos de emergencia o mantenimiento en donde sea necesario interrumpir la operación de la planta por algunas horas, por lo regular se mantiene estos tanques con un nivel que sobrepasa el 30% de volumen total.

1.2.10 Diagrama del Proceso

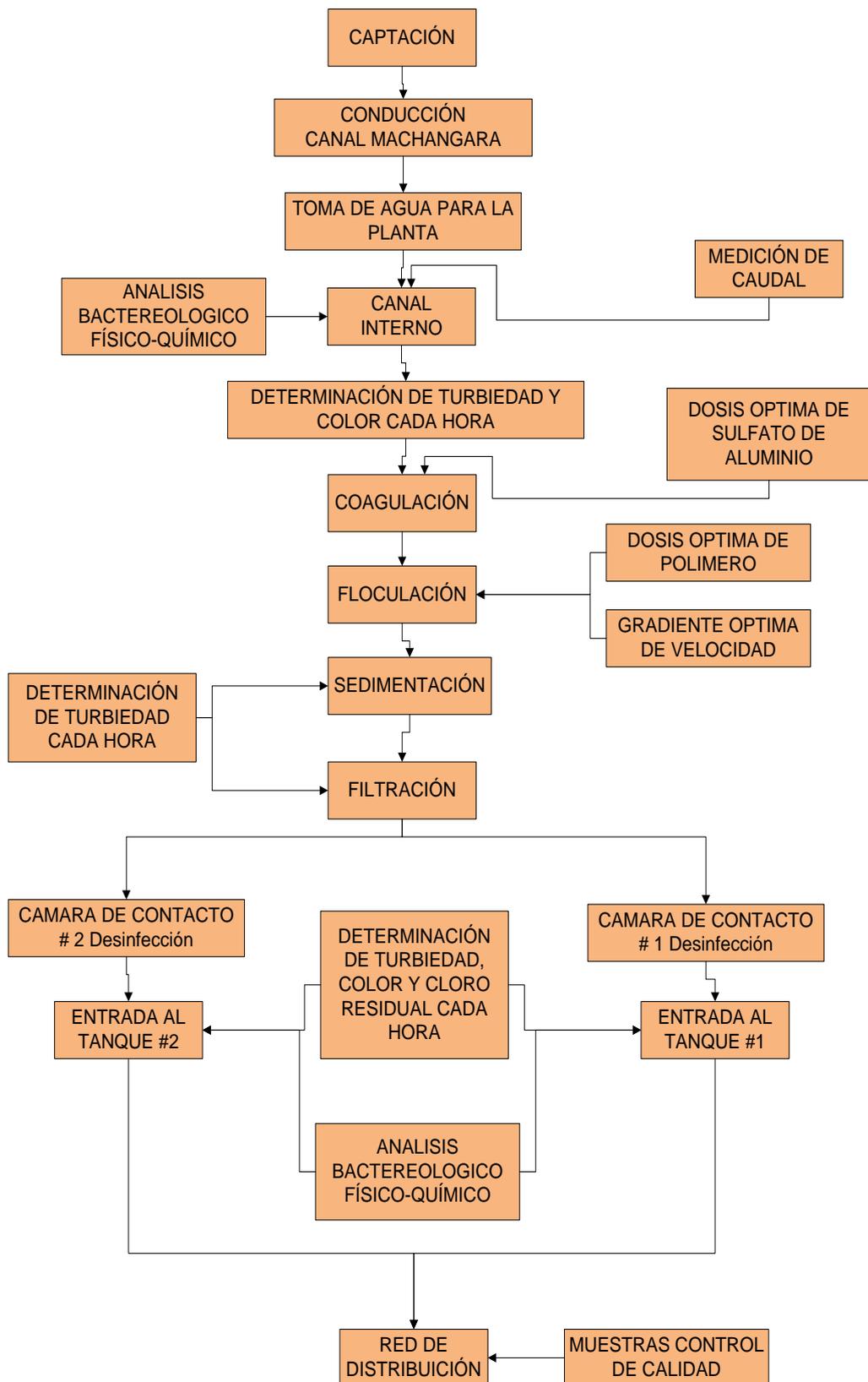


Fig. 1.14 Diagrama de procesos realizado por el Autor

1.2.11 Lay Out de la Planta

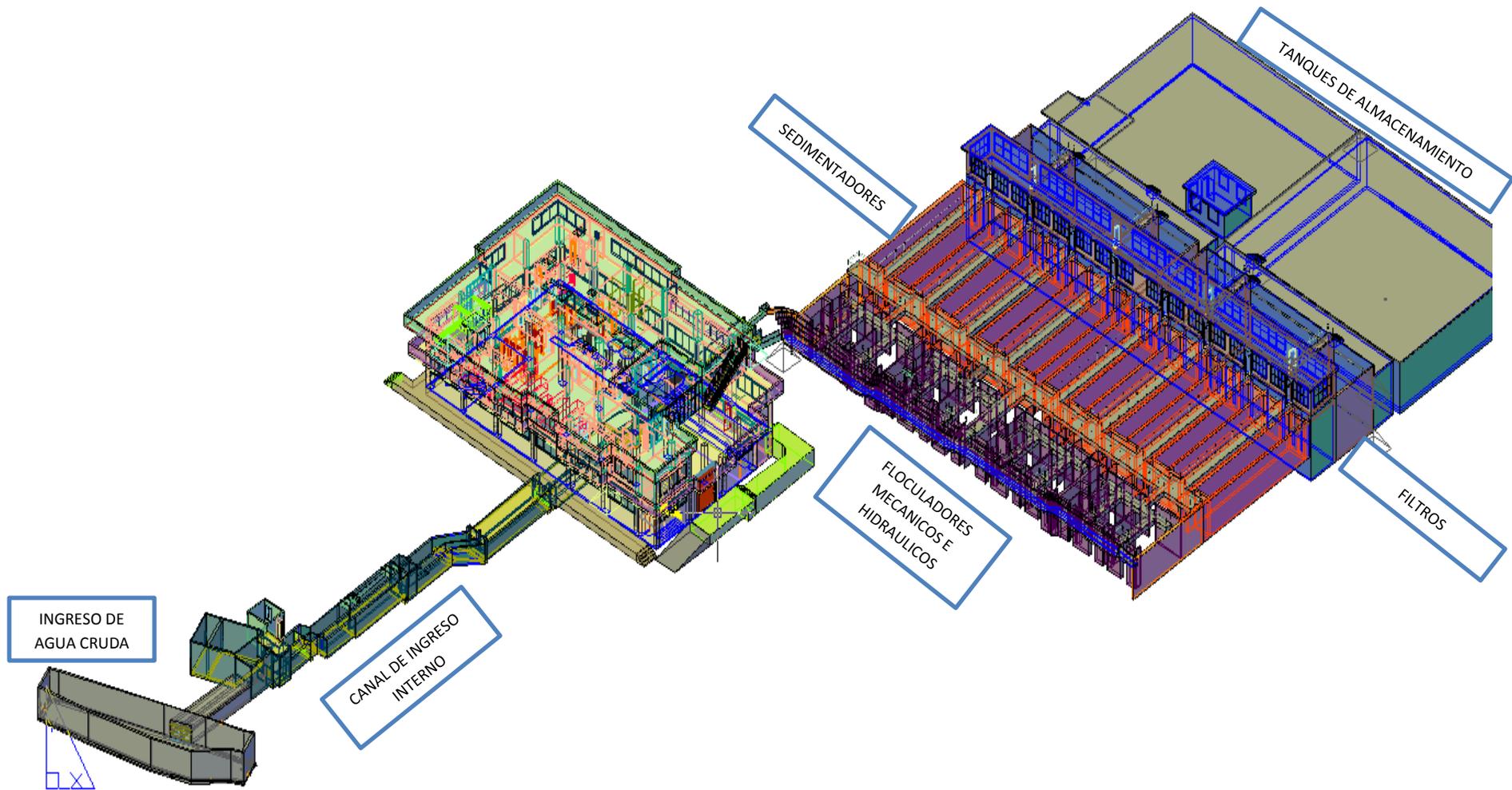


Fig. 1.15 Lay Out de la Planta realizado por el Autor

1.2.12. Sistema de Producción de Agua Potable

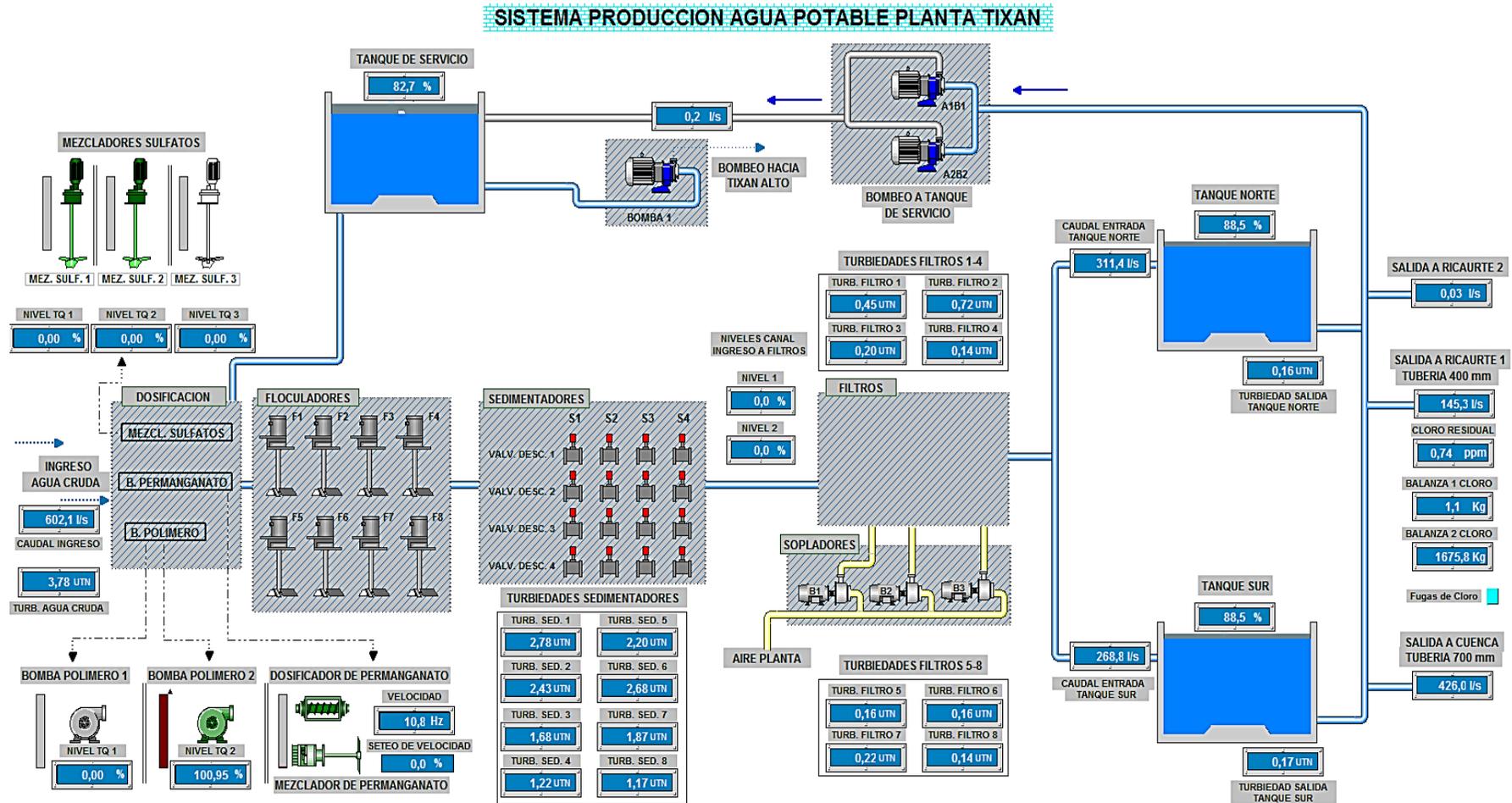


Fig. 1.16 Diagrama del sistema de producción de la planta de Tixán obtenido del sistema SCADA (ETAPA E.P)

CAPITULO II

2. MUESTREO Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES

2.2. MUESTREO

Las actividades de recolección y posterior manejo de las muestras, son algunos de los aspectos más importantes en la caracterización de calidad de aguas, ya que la confiabilidad de los resultados analíticos finales, dependerá no solo del desempeño de los métodos de ensayo aplicados, sino que también y en forma muy trascendente de la representatividad de la muestra. Este principio implica que la porción de agua recolectada para análisis, debe ser realmente representativa del agua potable o fuente de abastecimiento que se quiera caracterizar y que la muestra debe ser manipulada en forma tal, que no ocurran cambios significativos en su composición antes de la realización de los ensayos.

2.1.1. Número de muestras mensuales para los análisis bacteriológicos.

Tab. 2.1 Número de Muestras Planteadas para los Procesos de la Planta de Tixán

PROCESOS	TIPO DE AGUA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL DE MUESTRAS A LA SEMANA	TOTAL DE MUESTRAS AL MES
INGRESO DE AGUA (Canal de Conducción Interno)	AGUA CRUDA	x	x	x	x	x	5	20
SEDIMENTADOR 1	AGUA SEDIMENTADA	x		x			16	64
SEDIMENTADOR 2		x		x				
SEDIMENTADOR 3		x		x				
SEDIMENTADOR 4		x		x				
SEDIMENTADOR 5			x		x			
SEDIMENTADOR 6			x		x			
SEDIMENTADOR 7			x		x			
SEDIMENTADOR 8			x		x			
FILTRO 1	AGUA FILTRADA	x		x			16	64
FILTRO 2		x		x				
FILTRO 3		x		x				
FILTRO 4		x		x				
FILTRO 5			x		x			
FILTRO 6			x		x			
FILTRO 7			x		x			
FILTRO 8			x		x			
TANQUES DE ALMACENAMIENTO (Tanque 1)	AGUA POTABLE	x	x	x	x	x	10	20
TANQUES DE ALMACENAMIENTO (Tanque 2)								
TOTAL DE MUESTRAS							47	168

2.1.2. Técnica de Muestreo

El objetivo de la toma de muestra es que ésta sea lo más representativa para los análisis que se desarrollen en el laboratorio y obtener resultados confiables sin que varíe su naturaleza desde el lugar de procedencia hasta el laboratorio.

Descripción

Los frascos de vidrio para toma de muestra microbiológica son aptos para resistir la temperatura de esterilización de 175 °C durante 1 h y no producen cambios químicos a esta temperatura que inhiban la actividad biológica; inducir la mortalidad o incentivar el crecimiento.

Las muestras deben estar contenidas en frascos debidamente esterilizados, previa adición de 0,1 ml de Tiosulfato de sodio al 5%, para los análisis bacteriológicos.

Los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental.

2.3. TÉCNICA DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES MEDIANTE EL MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA.

Este método de análisis bacteriológico fue tomado de los procedimientos del laboratorio de control de calidad de agua potable de ETAPA E.P y sirve para la determinación de coliformes totales y fecales, en aguas de consumo para estimar la eficiencia del tratamiento y como medio de garantizar al consumidor lo que se le está suministrando.

Rango de trabajo

El volumen a filtrar en este método es de 100 ml de agua para consumo, solo si la turbiedad se apreciara elevada, a simple vista, debe filtrarse volúmenes duplicados de 50 ml., en todo caso se debe seleccionar un volumen de muestra que de un resultado entre 20 a 80 y no más de 200 UFC.

Rango de medida del método ≥ 1 UFC/100 ml hasta 200UFC/ 100 ml – la ausencia de crecimiento bacteriológico se reporta como <1 que significa ausencia de bacterias.

Método de Referencia

- ✓ Estándar Método. 22 Edición. Método 9222 B

Interferencias

En las aguas tratadas la presencia del cloro interfiere en el ensayo por ello se le agrega 0.1 ml (2 gotas) de tiosulfato de sodio al 5 %, en cada frasco de muestra de 250 ml. para anular el efecto de éste.

Generalidades

El principio del método de filtración por membrana se basa en la concentración de microorganismos a partir de muestras relativamente grandes sobre la superficie de un filtro de membrana y el subsecuente cultivo de éstos microorganismos en almohadillas con medio de cultivo, es altamente reproducible y se consigue resultados definidos más rápido que en el procedimiento de tubos múltiples.

El volumen estándar para filtración por membrana es 100 ml de muestra. Esta puede ser distribuida en membranas múltiples si es necesario.

Medidas de seguridad

- El Técnico deberá utilizar indumentaria adecuada tales como: mandil, mascarilla, zapatones guantes descartables, pipeteadores, desinfectante para el área de trabajo.
- Las placas utilizadas son siempre autoclavadas, incluso cuando no se observa crecimiento de colonias con la finalidad de desinfectarlas antes de ser desechadas.

- La muestra sobrante de los frascos se descarta directamente en el desagüe del área de lavado manteniendo la llave de agua abierta, no es necesario ningún tratamiento previo debido a que se trata de muestras de agua potable que serán conducidas directamente a la red de aguas servidas.

Equipos

- Cabina de Seguridad Biológica
- Bomba de Vacío
- Incubadoras
- Autoclaves
- Dispensador de Membrana
- Dataloger
- Termómetro Millipore
- Hemoteca

Materiales

- Portafiltros para filtración por membrana
- Filtros de membrana de éster de celulosa de 47 mm, estériles.
- Cajas Petri con almohadillas de 50 mm: Se deben abrir al momento de usarse para mantener su esterilidad. Los paquetes abiertos deben mantenerse en el dispensador utilizado para estos fines.
- 2 Kitazatos de vidrio recolectores
- Porta pipetas
- Pinzas para sujetar las membranas
- Pipetas de 1 y 10 ml
- Frascos para toma de muestras autoclavables

El material de vidrio debe ser vidrio borosilicato u otro vidrio resistente a la corrosión, libre de astillas y grietas.

Los elementos plásticos deben ser claros y no tóxicos para los microorganismos.

Reactivos

- **Medios de Cultivo Coliformes Totales:** El medio Endo para Coliformes Totales viene preparado, esterilizado y contenido en ampollas de plástico listo para ser colocado en la almohadilla de la caja petri.

- **Medios de Cultivo Coliformes Fecales:** m-FC medium para Coliformes fecales viene preparado, esterilizado y contenido en ampollas de plástico listo para ser colocado en las almohadillas de las cajas petri.
- **Condiciones de almacenamiento de los medios de cultivo:** Los medios de cultivo se mantienen refrigerados entre 2 -10 °C en sus respectivas fundas en las que vienen empacados, una vez abierta una funda si no se utilizó en su totalidad su contenido, el sobrante debe guardarse en recipientes herméticamente cerrados.
- **Tiosulfato de sodio al 5%:** Se pesan 5 g. de Tiosulfato de sodio, se disuelve con aproximadamente 50 ml. de agua destilada grado reactivo cuya conductividad sea < 2 uS, finalmente se enrasa a un volumen final de 100 ml.

Esta solución se la coloca en un frasco de vidrio, color ámbar debidamente etiquetada, la misma que tiene un tiempo de expiración de 6 meses.

- **Patrones de materiales de referencia:** Para el control de calidad se utilizan cepas de control de Escherichia coli certificadas: E. Coli ATCC25922 de MicroBiologics y S. Aureus ATCC 6538P MicroBiologics.
- Agua grado reactivo calidad 2 con una conductividad para el ELix: < 2 µS/cm.

Control de condiciones ambientales

El área es independiente, con ventilación e iluminación adecuada.

- T°C = 16 °C – 28 °C
- %H = 20 - 70%

Es recomendable que las incubadoras se instalen en lugares que se mantengan a una temperatura menor que la temperatura de incubación.

Preparación de los equipos

Autoclave: Se enciende la autoclave previamente antes de colocar el material a esterilizarse.

Los tiempos requeridos para la autoclave a 121 °C se enumeran a continuación en la Tab. 2.2. Los materiales deben estar a la temperatura durante este tiempo requerido. A excepción de los filtros de membrana, almohadillas y medios que contienen carbohidratos, los tiempos indicados son tiempos mínimos que pueden requerir ajuste de acuerdo a volúmenes, envases y cargas.

Tab. 2.2 Materiales y Tiempos de esterilización

Material	Tiempo (min)
Materiales utilizados/contaminados	30'
Portafiltros del equipo de filtración	15'
Frascos de recolección de muestras	15'
Material de vidrio individual	15'

Los porta filtros deben auto clavarse antes de iniciar la primera serie de filtración.

Incubadora: Este elemento debe estar equipado con un control de temperatura y ser capaz de mantener una temperatura uniforme correcta.

La incubadora debe encontrarse a una temperatura de $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$, lo cual se verificará con el termómetro Millipore.

Procedimiento

- Tomando todas las medidas que aseguren la completa asepsia procedemos a cortar la funda que contiene las cajas petri, en forma invertida colocamos dentro del dispensador para retirar una a una las que vamos a utilizar y las identificamos debidamente.
- Dentro de la cámara abrimos la caja Petri (cajas de petri estériles cargadas con un almohadilla absorbente estéril), y cuidadosamente cortamos la ampolla de 2ml. del medio de cultivo m-Endo total para coliformes totales o medio de cultivo m-FC con ácido Rosólico para coliformes fecales, lo vertemos sobre la almohadilla absorbente distribuyéndolo por toda la superficie. Se cierra la caja petri.
- Preparamos el sistema de filtración para seis muestras colocando los filtros estériles y fríos. Retiramos los embudos de los porta filtros colocándolos sobre la superficie de la cámara.
- Con la ayuda de la pinza, que debe estar sumergida en alcohol, tomamos los filtros de membrana del dispensador EZ-pack (accionando la palanca posterior del dispensador, el mismo que nos proporciona la membrana libre de las hojas protectoras) y las colocamos sobre las bases de los filtros con la cuadrícula hacia arriba
- Regresamos cada uno de las embudos a los porta filtros
- Homogenizamos la muestra en su propio recipiente y vertemos 100 ml en el embudo con la mayor precisión posible.
- Prendemos la bomba, conectamos el vacío y filtramos, en este proceso todos los microorganismos presentes en la muestra se retienen sobre la superficie del filtro.
- Desconectamos el vacío y retiramos el embudo, tomamos la membrana con la pinza y la colocamos con la cuadrícula hacia arriba en la placa de Petri preparada anteriormente.
- Evitamos que se formen bolsas de aire entre la membrana y la almohadilla, esto provocaría que hubiesen zonas en la membrana sin empapar de medio de cultivo dificultando el crecimiento bacteriano.
- Cerramos la caja Petri
- Se Invierte (para evitar que el vapor condensado caiga sobre la superficie de la membrana) y se incuba a $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ por un tiempo de 24 ± 2 horas para coliformes totales, mientras que para coliformes fecales se incuba a $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ por un tiempo de 24 ± 2 horas.

- Transcurridas este tiempo, extraemos las cajas Petri de la incubadora y contamos las colonias típicas de color rojo con un brillo verde metálico que aparecen en la placa para coliformes totales y contamos las colonias típicas de color azul que aparecen en la placa para coliformes fecales.

Criterios para reporte de Resultados.

Si no hay crecimiento de bacterias coliformes totales en la membrana se reporta en la hoja de trabajo <1 , lo que significa ausencia para el informe.

Si se cuentan hasta 200 se reporta el número de colonias contadas, mayor a este valor se reportará $> a 200$.

Si se ha filtrado 2 porciones de 50ml se suman los contajes de cada una de las placas y se expresan como UFC/100ml.

DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO

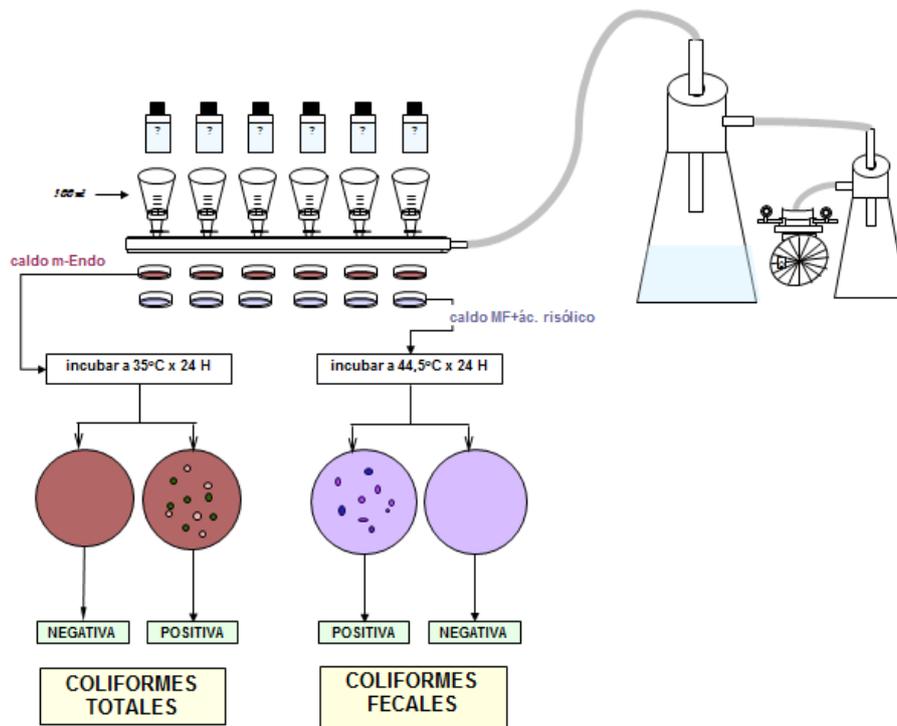


Fig. 2.1 Diagrama de procedimiento para análisis microbiológico por Filtración con Membrana.

Fuente: Laboratorio de control de calidad de agua potable ETAPA E.P

2.4. TÉCNICA DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES MEDIANTE EL MÉTODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE.

Este método proporciona una estimación de los microorganismos viables existentes en un sustrato. Este es un concepto estadístico derivado de la teoría de probabilidades, aplicable a la enumeración de microorganismos.

El éxito de la prueba se basa en la obtención de crecimiento (tubos positivos) en las diluciones más bajas y ausencia de crecimiento (tubos negativos) en las diluciones altas, es

decir se debe obtener combinaciones de tubos positivos y negativos que nos indiquen que el rango de las diluciones empleadas sea el correcto, porque de lo contrario no se podrá hacer la lectura en las tablas, ya sea en el caso en que todos los tubos sean positivos lo cual nos da una pauta para realizar más diluciones o el caso contrario en el que se deben disminuir el número de diluciones.

Este método de análisis bacteriológico fue tomado de los procedimientos del laboratorio de control de calidad de agua potable de ETAPA E.P

- **Método de referencia**

- ✓ Estándar Método. 22 Edición. Método 9222 B

- **Generalidades**

La determinación del NMP de bacterias coliformes en una muestra se hace a partir de la técnica de los tubos múltiples, en la cual los volúmenes decrecientes de la muestra (diluciones consecutivas) son inoculadas en un medio de cultivo adecuado, las combinaciones de los resultados positivos y negativos es usada en la determinación del NMP.

La técnica se fundamenta en que el grupo coliformes que incluye todos los bacilos Gram-negativos aerobios o anaerobios facultativos no esporulados en un medio de cultivo líquido lactosado fermentan y dan producción de ácido, gas y aldehídos en un período de 24-48 horas a 35 °C, mediante la utilización del indicador purpura de bromo cresol en el medio, permite la fácil y rápida identificación de contaminación tanto en los medios como en las muestras de agua analizadas debido al cambio de color de purpura a amarillo al fermentarse la lactosa a ácido láctico.

Las bacterias coliformes termoresistentes son un grupo de organismos coliformes que fermentan la lactosa a 44.5°C y es muy poco probable que vuelvan a desarrollarse en los sistemas de distribución a no ser que entren sustancias extrañas y no exista cloro libre residual.

Si consideramos este grupo en relación con la familia Enterobacteriaceae se verá que incluye los géneros: Escherichia, Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella.

Medidas de seguridad

- El Técnico deberá utilizar indumentaria adecuada tales como: mandil, mascarilla, zapatones guantes descartables, pipeteadores, desinfectante para el área de trabajo.
- Los tubos que den presencia de coliformes totales y fecales son siempre autoclavados antes de ser desechados.
- La muestra sobrante de los frascos se descarta directamente en el desagüe del área de lavado manteniendo la llave de agua abierta.

Equipos

- Cabina de Seguridad Biológica
- Incubadoras
- Autoclaves
- Baño Incubador para Coliformes fecales a una temperatura constante de 44,5°C (+- 0.2 °C).
- Incinerador bacteriológico.
- Refrigeradora

- Balanzas
- Destilador de Agua

Materiales

- Tubos de vidrio de 20 ml con tapa rosca
- Pipetas automáticas de 10 ml y de 1 ml
- Asa Bacteriológica
- Gradillas metálicas para tubos
- Toallas
- Desinfectante y alcohol

Reactivos

Caldo Lauryl Sulfato para determinar Coli. Total (Un litro de medio preparado contiene 20 gr. de tryptosa, 5 gr. de lactosa, 5 gr. de cloruro de sodio, 0.1 gr de la sal sódica de laurilsulfato, 2.75 gr de fosfato monoácido de potasio y 2.75 gr de fosfato diácido de potasio).

Caldo EC para determinar Coli. Termoresistentes.(un litro de medio preparado contiene 20 gr. de peptona de caseína, 5 gr. de lactosa, 1.5 gr. de sales biliares, 5 gr. de cloruro de sodio, 4gr. de fosfato monoácido de potasio y 1.5 gr de fosfato diácido de potasio)

Preparación de Reactivos

CALDO LAURYL SIMPLE: Pesar 35.5 gr. y disolver con agitación en 1 litro de agua destilada añadir 0.01 gr de púrpura de bromocresol, introducir 10 cc en cada tubo de ensayo y esterilizar en autoclave a 121°C por 15 minutos, dejar enfriar, sacar del autoclave, colocarlos en las gradillas y guardarlos en refrigeración. Controlar que el pH sea de 6.8, (para evitar confusiones identificar las gradillas).

CALDO LAURYL DOBLE: Pesar 71.0 gr. y disolver con agitación en 1 litro de agua destilada añadir 0.01 gr de púrpura de bromocresol, introducir 10 cc en cada tubo de ensayo y esterilizar en autoclave a 121°C por 15 minutos, dejar enfriar, sacar del autoclave, colocarlos en las gradillas y guardarlos en refrigeración. Controlar que el pH sea de 6.8 (para evitar confusiones identificar las gradillas)

CALDO EC. Disolver 35.0 gr. en un litro de agua destilada, introducir 10 cc en cada tubo de ensayo y esterilizar en autoclave a 121°C por 15 minutos, dejar enfriar, sacar del autoclave, colocarlos en las gradillas y guardarlos en refrigeración. Controlar que el pH sea de 6.8 (para evitar confusiones identificar las gradillas).

Preparación de aguas de Dilución.

1. Solución buffer de fosfato: disolver 34 gr de fosfato diácido de potasio en 500cc de agua destilada, ajustar el pH 7.2 y diluir a un litro con agua destilada.
2. Disolver 50 gr de Sulfato de magnesio en 1000 cc de agua destilada

En un litro de agua destilada añadir 1.25 cc de buffer de fosfato y 5.0 cc de solución de sulfato de magnesio, con el dispensador colocar en cada frasco de dilución 90 cc y esterilizar los frascos en autoclave a 121°C por 15 minutos. Luego guardar en refrigeración.

Control de Condiciones Ambientales

El área es independiente, con ventilación e iluminación adecuada.

- T°C = 16 °C – 28 °C
- %H = 20 - 70%

Es recomendable que las incubadoras se instalen en lugares que se mantengan a una temperatura menor que la temperatura de incubación.

Preparación de los Equipos

Autoclave: Se enciende la autoclave previamente antes de colocar el material a esterilizarse.

Los tiempos requeridos para la autoclave a 121 °C se enumeran a continuación. Los materiales deben estar a la temperatura durante este tiempo requerido, los tiempos indicados son tiempos mínimos que pueden requerir ajuste de acuerdo a volúmenes, envases y cargas.

Tab. 2.3 Materiales y Tiempos de esterilización

Material	Tiempo (min)
Materiales utilizados/contaminados	30'
Frascos de recolección de muestras	15'
Medios de cultivo preparados	15'
Solución Buffer de sulfatos (aguas de dilución)	15'
Puntas para Pipetas automáticas de 1 ml y 10 ml	15'

Incubadora: Este elemento debe estar equipado con un control de temperatura y ser capaz de mantener una temperatura uniforme correcta.

La incubadora debe encontrarse a una temperatura de 35±0.5°C, y el baño maría a 44,5°C (+- 0.2 °C).

Procedimiento

Como control y para eliminar los falsos positivos, los medios de caldo lauril sulfato esterilizados se mantienen a 35°C por 24 horas antes de su utilización, cualquier tubo que presente algún tipo de crecimiento es desechado.

La utilización del indicador púrpura de bromo cresol en el medio, permite la fácil y rápida identificación de contaminación tanto en los medios como en las muestras de agua analizadas, evitando también la utilización de tubos de fermentación.

Las muestras de agua sin cloro se siembran en 15 tubos, en los 5 primeros 10 cc de muestra en caldo lauril sulfato doble, los 5 siguientes 1 cc de muestra en caldo lauril simple y en los 5 últimos 0.1 cc de muestra en caldo lauril simple por 24/48 horas a 35°C (determinación de coli total). Los tubos positivos se pasan a caldo EC por 24 horas a 44.5°C (determinación de coli termoresistente).

Una muestra positiva para coliformes termoresistentes es tomada nuevamente y sembrada.

La presencia de Coliformes Termoresistentes determina tomar acciones para identificar las causas de la contaminación y eliminarlas.

Lectura de tubos positivos

Coliformes Totales

Después de la incubación por 24 – 48 horas a 35 - 37°C se observan los tubos que han formado gas y/o han cambiado de pH y se toman como positivos.

Coliformes Termoresistentes

Los tubos positivos de coli total se siembran en caldo EC e incuban 24 horas a 44,5°C en baño de María, se observa luego los tubos que dan crecimiento y/o presencia de gas (positivos).

Cálculos

De acuerdo a los tubos positivos en las pruebas confirmativas para Coliformes Totales y Fecales, establecer los códigos correspondientes para calcular por referencia en las tablas estadísticas (Tabla 2.4) el NMP de Coliformes Totales y Fecales en 100 ml de agua.

Tab. 2.4 Índice de NMP /100 ml: (5 tubos x dilución: 10,1 y 0,1) ml
Fuente: Laboratorio de control de calidad de agua potable

ÍNDICE DE NMP / 100 ml: (5 tubos x dilución: 10,1 y 0,1) ml											
Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP	Cód	NMP
000	< 1,8	130	8,8	300	7,8	351	26,7	442	47,0	524	150
001	1,8	131	10,0	301	11,0	352	29,7	443	44,0	530	79,0
002	3,6	140	10,0	302	13,0	400	13,0	444	48,3	531	110,0
010	1,8	200	4,5	310	11,0	401	17,0	450	41,0	532	140,0
011	3,6	201	6,8	311	14,0	402	21,0	451	48,0	533	170,0
012	5,5	202	9,1	312	17,0	403	25,0	500	23,0	534	210,0
020	3,7	203	11,3	313	19,0	410	17,0	501	31,0	535	123,4
021	5,5	210	6,8	320	14,0	411	21,0	502	43,0	540	130,0
022	7,4	211	9,2	321	17,0	412	26,0	503	58,0	541	170,0
030	5,6	212	12,0	322	20,0	413	31,0	510	33,0	542	220,0
100	2,0	213	14,0	323	22,3	420	22,0	511	46,0	543	280,0
101	4,0	220	9,3	330	17,0	421	26,0	512	63,0	544	350,0
102	6,0	221	12,0	331	21,0	422	32,0	513	84,0	545	430,0
110	4,0	222	14,0	332	24,0	423	38,0	514	66,3	550	240,0
111	6,1	230	12,0	333	25,6	430	27,0	515	73,8	551	350,0
112	8,1	231	14,0	340	21,0	431	33,0	520	49,0	552	540,0
120	6,1	232	16,5	341	24,0	432	39,0	521	70,0	553	920,0
121	8,2	240	15,0	342	26,2	440	34,0	522	94,0	554	1600,0
122	10,2	241	16,8	350	25,0	441	40,0	523	120,0	555	>1600
ÍNDICE NMP para 10 tubos x 10 ml											
Cód	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NMP	<1.1	1,1	2,2	3,6	5,1	6,9	9,2	12	16,1	23	>23

En caso de no encontrar en las tablas la combinación de tubos adecuada, emplear para los cálculos la siguiente ecuación:

$$NMP/100ml = \frac{No \cdot de \cdot tubos \cdot positivos * 100}{\sqrt{(ml \cdot de \cdot muestra \cdot en \cdot tubos \cdot negativos) (ml \cdot de \cdot muestra \cdot en \cdot todos \cdot lo \cdot tubos)}}$$

DIAGRAMA DEL PROCEDIMIENTO

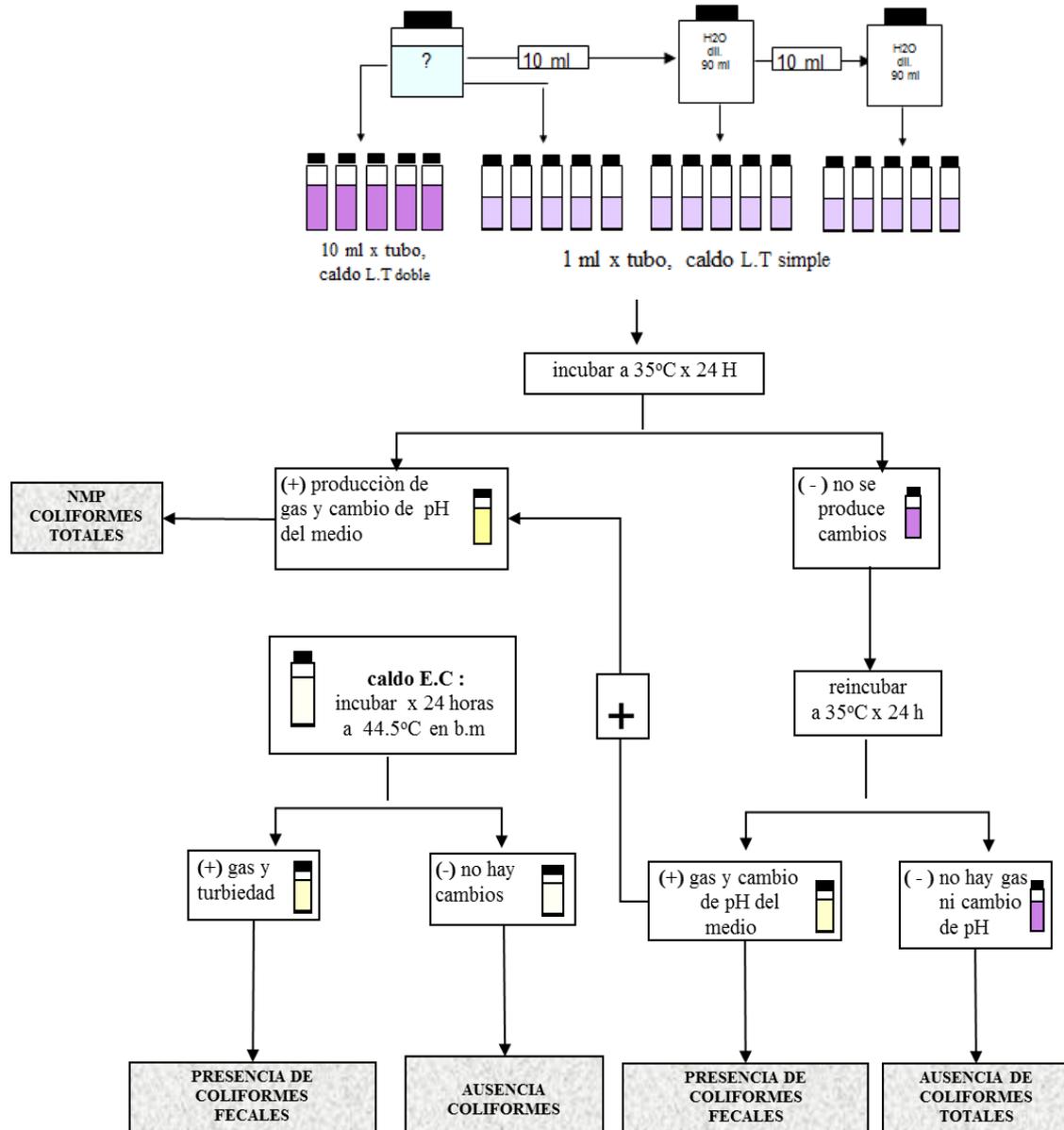


Fig. 2.2 Diagrama de procedimiento para análisis microbiológico NMP
Fuente: Laboratorio de control de calidad de agua potable.

CAPITULO III

3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los análisis microbiológicos tanto para coliformes totales como coliformes fecales obtenidos durante el desarrollo de la investigación, con el fin de determinar el porcentaje de remoción microbiológico en los diferentes procesos de la planta de tratamiento de agua potable de Tixán, la investigación se efectuó en un periodo de muestreo y análisis de cinco meses.

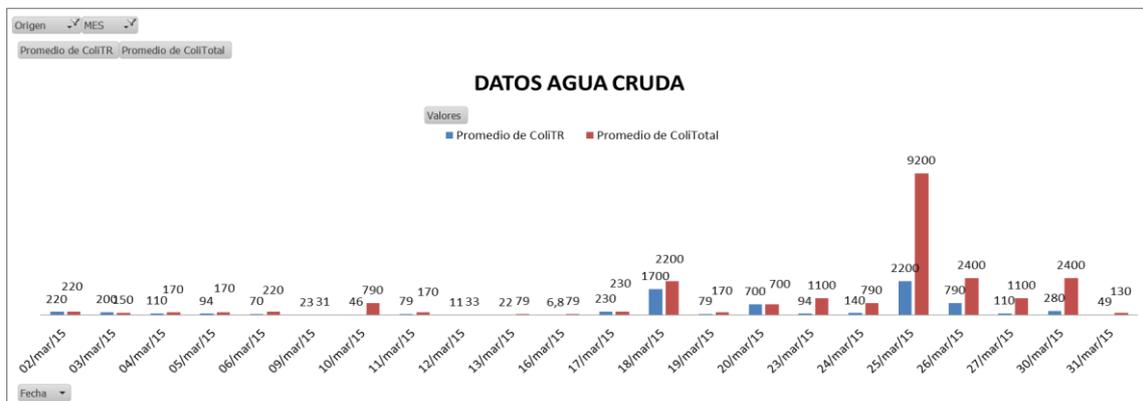
3.2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL MES DE MARZO

3.2.1. Resultados Microbiológicos del Agua Cruda

TABLA 3.1 Datos Microbiológicos del Agua Cruda.

Fuente: Autor

FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
02/mar/15	220	220
03/mar/15	200	150
04/mar/15	110	170
05/mar/15	94	170
06/mar/15	70	220
09/mar/15	23	31
10/mar/15	46	790
11/mar/15	79	170
12/mar/15	11	33
13/mar/15	22	79
16/mar/15	6,8	79
17/mar/15	230	230
18/mar/15	1700	2200
19/mar/15	79	170
20/mar/15	700	700
23/mar/15	94	1100
24/mar/15	140	790
25/mar/15	2200	9200
26/mar/15	790	2400
27/mar/15	110	1100
30/mar/15	280	2400
31/mar/15	49	130
Promedio	329,72	1024,18



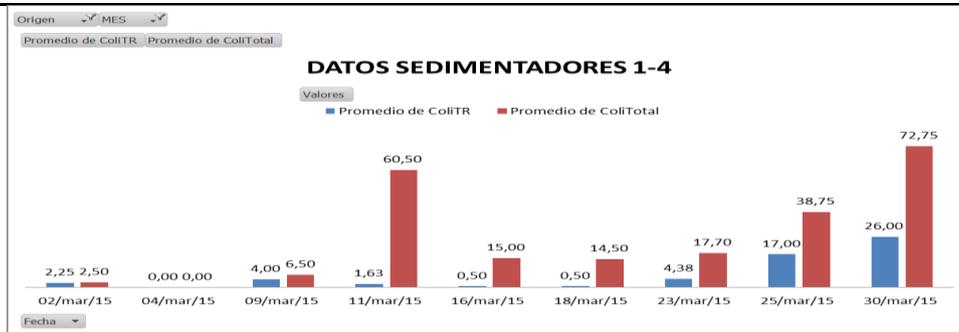
Graf. 3.1 Resultados del análisis Microbiológico del Agua Cruda

3.2.2. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.

TABLA 3.2 Datos Microbiológicos Sedimentadores 1-4.

Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 1-4		
FECHAS	Promedio Coli. Fecales NMP/100 ml	Promedio de Coli. Totales NMP/100 ml
04/mar/15	0,00	0,00
02/mar/15	2,25	2,50
04/mar/15	0,00	0,00
09/mar/15	4,00	6,50
11/mar/15	1,63	60,50
16/mar/15	0,50	15,00
18/mar/15	0,50	14,50
23/mar/15	4,38	17,70
25/mar/15	17,00	38,75
30/mar/15	26,00	72,75
Promedio	6,25	25,36

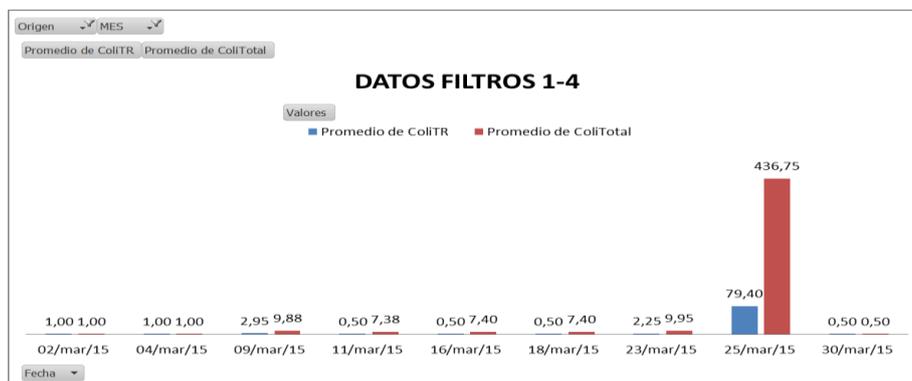


Graf. 3.2 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 1-4

TABLA 3.3 Datos Microbiológicos Sedimentadores 5-8.

Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 5-8		
FECHAS	Promedio Coli. Fecales NMP/100 ml	Promedio de Coli. Totales NMP/100 ml
02/mar/15	1,00	1,00
04/mar/15	1,00	1,00
09/mar/15	2,95	9,88
11/mar/15	0,50	7,38
16/mar/15	0,50	7,40
18/mar/15	0,50	7,40
23/mar/15	2,25	9,95
25/mar/15	79,40	436,75
30/mar/15	0,50	0,50
Promedio	9,84	53,47



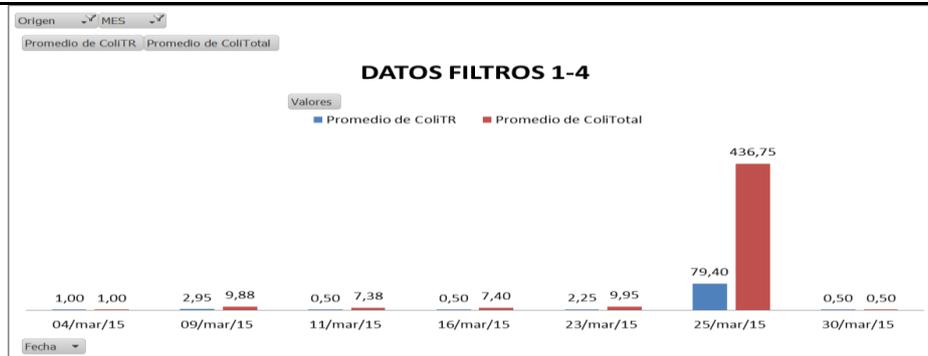
Graf. 3.3 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 5-8

3.2.3. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.

TABLA 3.4 Datos Microbiológicos Filtros 1-4.

Fuente: Autor

FILTROS 1-4			
FECHAS	Promedio Coli. Fecales NMP/100 ml	Promedio de Coli. Totales NMP/100 ml	
03/mar/15	1,00	5,00	
05/mar/15	0,50	5,50	
10/mar/15	0,00	2,75	
12/mar/15	0,00	2,75	
17/mar/15	0,00	0,50	
19/mar/15	11,00	11,50	
24/mar/15	39,15	621,70	
26/mar/15	33,95	41,25	
31/mar/15	2,75	9,63	
Promedio	9,82	77,84	

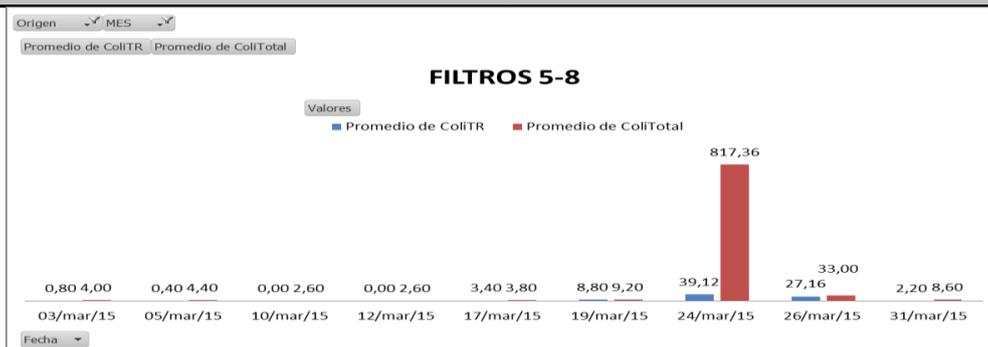


Graf. 3.3 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 1-4

TABLA 3.5 Datos Microbiológicos Filtros 5-8.

Fuente: Autor

FILTROS 5-8			
FECHAS	Promedio Coli. Fecales NMP/100 ml	Promedio de Coli. Totales NMP/100 ml	
03/mar/15	0,80	4,00	
05/mar/15	0,40	4,40	
10/mar/15	0,00	2,60	
12/mar/15	0,00	2,60	
17/mar/15	3,40	3,80	
19/mar/15	8,80	9,20	
24/mar/15	39,12	817,36	
26/mar/15	27,16	33,00	
31/mar/15	2,20	8,60	
Promedio	9,10	98,40	



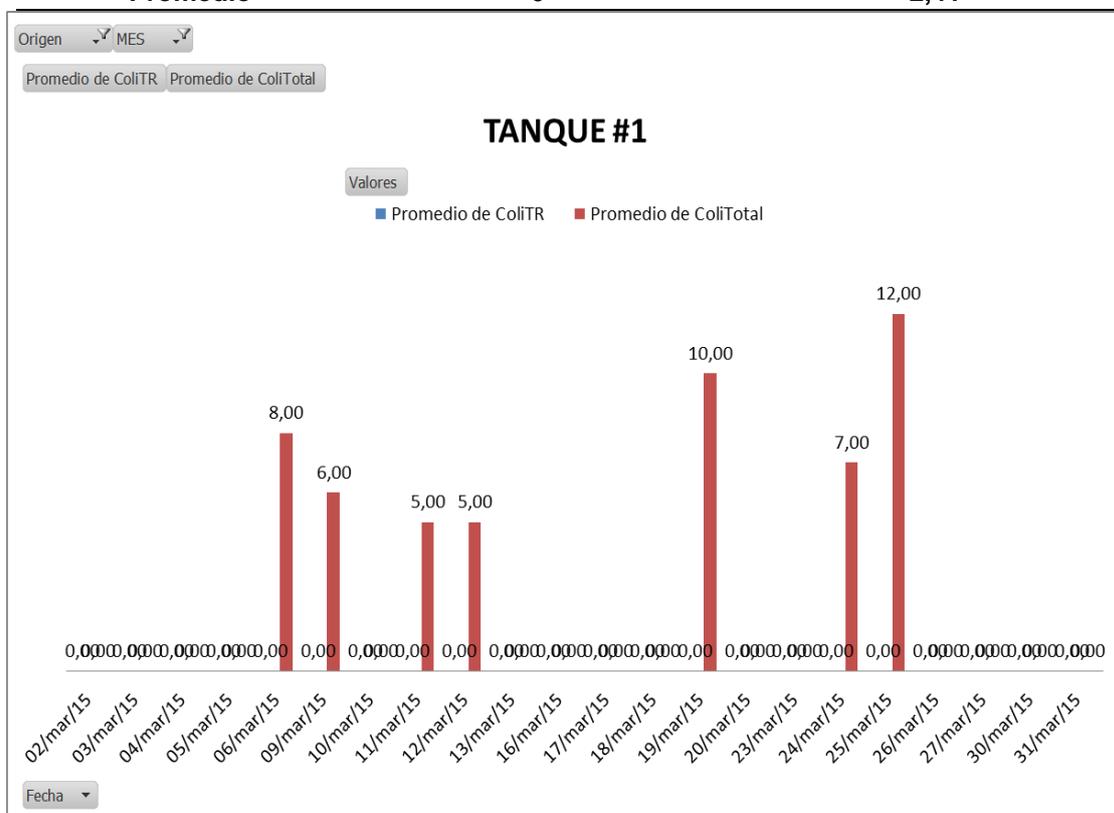
Graf. 3.4 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 5-8

3.2.4. Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento

TABLA 3.6 Datos Microbiológicos del Tanque #1.

Fuente: Autor

TANQUE #1		
FECHAS	Coli. Fecales UFC	Coli. Totales UFC
02/mar/15	0,00	0,00
03/mar/15	0,00	0,00
04/mar/15	0,00	0,00
05/mar/15	0,00	0,00
06/mar/15	0,00	8,00
09/mar/15	0,00	6,00
10/mar/15	0,00	0,00
11/mar/15	0,00	5,00
12/mar/15	0,00	5,00
13/mar/15	0,00	0,00
16/mar/15	0,00	0,00
17/mar/15	0,00	0,00
18/mar/15	0,00	0,00
19/mar/15	0,00	10,00
20/mar/15	0,00	0,00
23/mar/15	0,00	0,00
24/mar/15	0,00	7,00
25/mar/15	0,00	12,00
26/mar/15	0,00	0,00
27/mar/15	0,00	0,00
30/mar/15	0,00	0,00
31/mar/15	0,00	0,00
Promedio	0	2,41

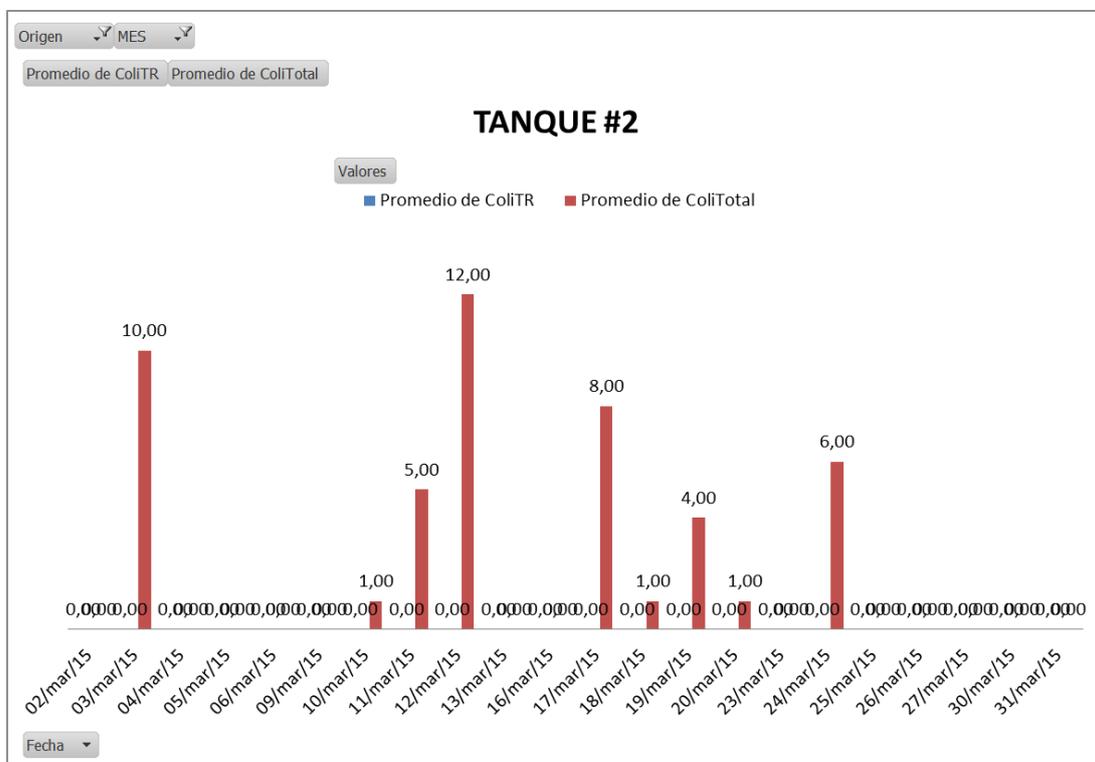


Graf. 3.5 Resultados del análisis Microbiológico del Agua del Tanque #1

TABLA 3.7 Datos Microbiológicos del Tanque #2.

Fuente: Autor

TANQUE #2		
FECHAS	Coli. Fecales UFC	Coli. Totales UFC
02/mar/15	0,00	0,00
03/mar/15	0,00	10,00
04/mar/15	0,00	0,00
05/mar/15	0,00	0,00
06/mar/15	0,00	0,00
09/mar/15	0,00	0,00
10/mar/15	0,00	1,00
11/mar/15	0,00	5,00
12/mar/15	0,00	12,00
13/mar/15	0,00	0,00
16/mar/15	0,00	0,00
17/mar/15	0,00	8,00
18/mar/15	0,00	1,00
19/mar/15	0,00	4,00
20/mar/15	0,00	1,00
23/mar/15	0,00	0,00
24/mar/15	0,00	6,00
25/mar/15	0,00	0,00
26/mar/15	0,00	0,00
27/mar/15	0,00	0,00
30/mar/15	0,00	0,00
31/mar/15	0,00	0,00
Promedio	0	2,18



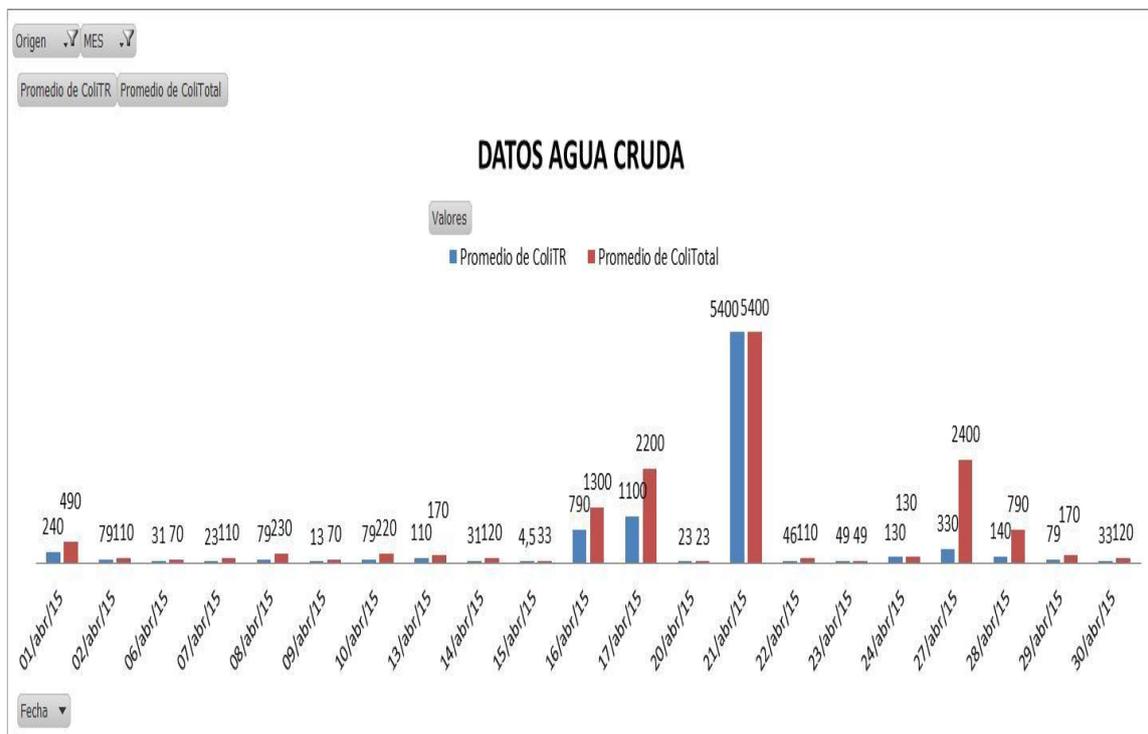
Graf. 3.6 Resultados del análisis Microbiológico del Agua del Tanque #2

3.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MES DE ABRIL.

3.3.1. Resultados Microbiológicos del Agua Cruda

TABLA 3.8 Datos Microbiológicos del Agua Cruda.
Fuente: Autor

FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/abr/15	240	490
02/abr/15	79	110
06/abr/15	31	70
07/abr/15	23	110
08/abr/15	79	230
09/abr/15	13	70
10/abr/15	79	220
13/abr/15	110	170
14/abr/15	31	120
15/abr/15	4,5	33
16/abr/15	790	1300
17/abr/15	1100	2200
20/abr/15	23	23
21/abr/15	5400	5400
22/abr/15	46	110
23/abr/15	49	49
24/abr/15	130	130
27/abr/15	330	2400
28/abr/15	140	790
29/abr/15	79	170
30/abr/15	33	120
Total general	419,50	681,67

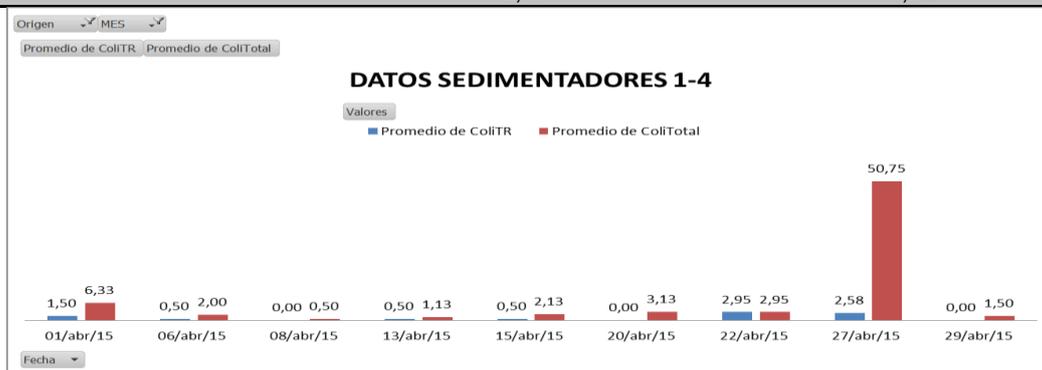


Graf. 3.7 Resultados del análisis Microbiológico del Agua Cruda

3.3.2. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.

TABLA 3.9 Datos Microbiológicos Sedimentadores 1-4.
Fuente: Autor

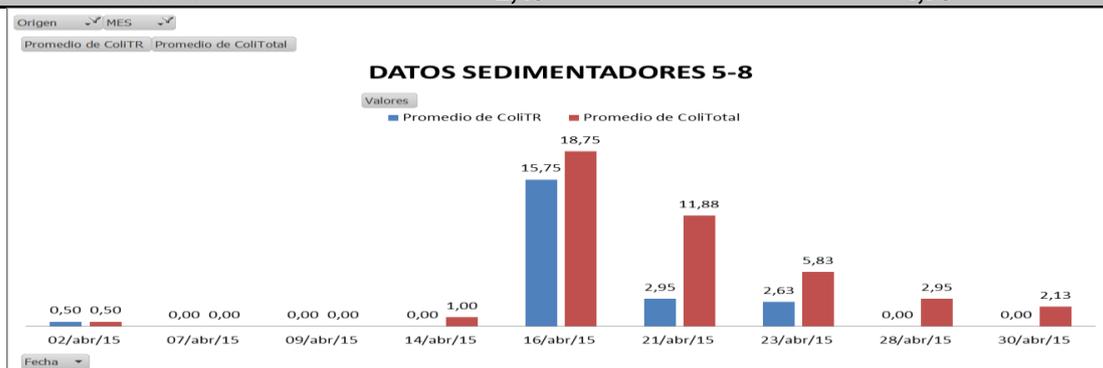
SEDIMENTADORES 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/abr/15	1,50	6,33
06/abr/15	0,50	2,00
08/abr/15	0,00	0,50
13/abr/15	0,50	1,13
15/abr/15	0,50	2,13
20/abr/15	0,00	3,13
22/abr/15	2,95	2,95
27/abr/15	2,58	50,75
29/abr/15	0,00	1,50
Promedio	0,95	7,82



Graf. 3.8 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 1-4

TABLA 3.10 Datos Microbiológicos Sedimentadores 1-4.
Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 5-8		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
02/abr/15	0,50	0,50
07/abr/15	0,00	0,00
09/abr/15	0,00	0,00
14/abr/15	0,00	1,00
16/abr/15	15,75	18,75
21/abr/15	2,95	11,88
23/abr/15	2,63	5,83
28/abr/15	0,00	2,95
30/abr/15	0,00	2,13
Promedio	2,43	4,78



Graf. 3.9 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 1-4

3.3.3. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.

TABLA 3.11 Datos Microbiológicos Filtros 1-4.
Fuente: Autor

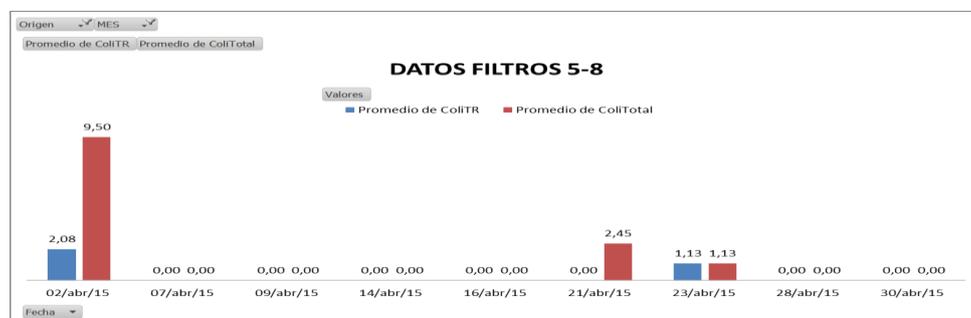
FILTROS 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/abr/15	0,40	4,16
06/abr/15	0,00	0,00
08/abr/15	0,00	0,00
13/abr/15	0,50	0,50
15/abr/15	0,00	0,00
20/abr/15	0,00	0,00
22/abr/15	4,27	53,00
27/abr/15	0,50	1,63
29/abr/15	0,50	1,00
Promedio	0,58	5,34



Graf. 3.10 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 1-4

TABLA 3.12 Datos Microbiológicos Filtros 5-8.
Fuente: Autor

FILTROS 5-8		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
02/abr/15	2,08	9,50
07/abr/15	0,00	0,00
09/abr/15	0,00	0,00
14/abr/15	0,00	0,00
16/abr/15	0,00	0,00
21/abr/15	0,00	2,45
23/abr/15	1,13	1,13
28/abr/15	0,00	0,00
30/abr/15	0,00	0,00
Promedio	0,36	1,45

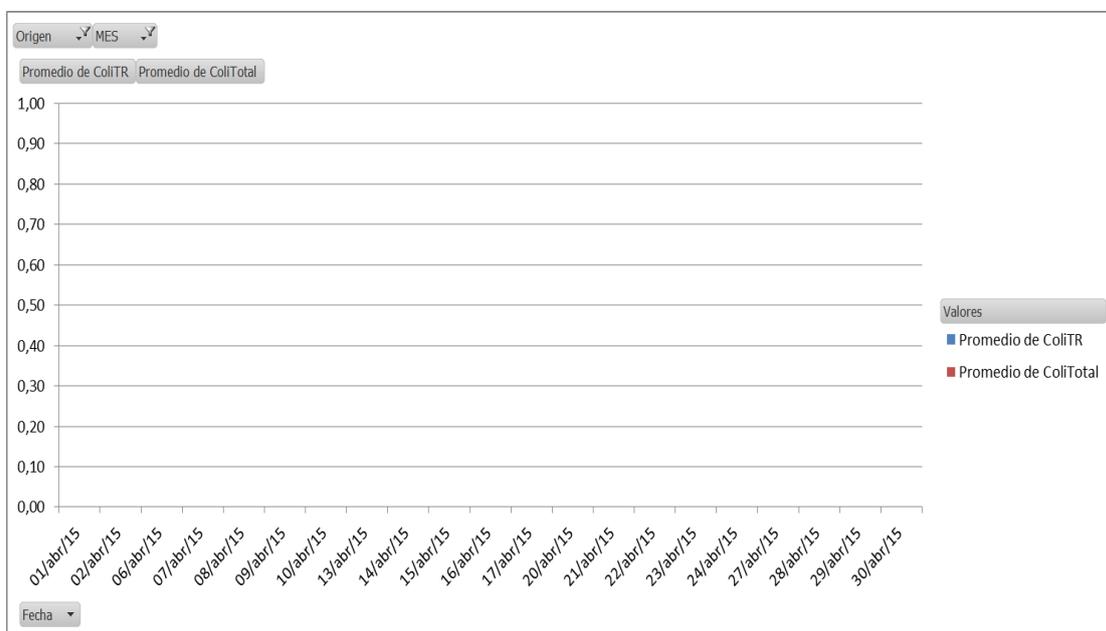


Graf. 3.11 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 5-8

3.3.4. Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento

TABLA 3.13 Datos Microbiológicos del Tanque #1 y Tanque #2
Fuente: Autor

TANQUE #1 Y TANQUE #2		
FECHAS	Coli. Fecales UFC	Coli. Totales UFC
01/abr/15	0,00	0,00
02/abr/15	0,00	0,00
06/abr/15	0,00	0,00
07/abr/15	0,00	0,00
08/abr/15	0,00	0,00
09/abr/15	0,00	0,00
10/abr/15	0,00	0,00
13/abr/15	0,00	0,00
14/abr/15	0,00	0,00
15/abr/15	0,00	0,00
16/abr/15	0,00	0,00
17/abr/15	0,00	0,00
20/abr/15	0,00	0,00
21/abr/15	0,00	0,00
22/abr/15	0,00	0,00
23/abr/15	0,00	0,00
24/abr/15	0,00	0,00
27/abr/15	0,00	0,00
28/abr/15	0,00	0,00
29/abr/15	0,00	0,00
30/abr/15	0,00	0,00
Promedio	0,00	0,00



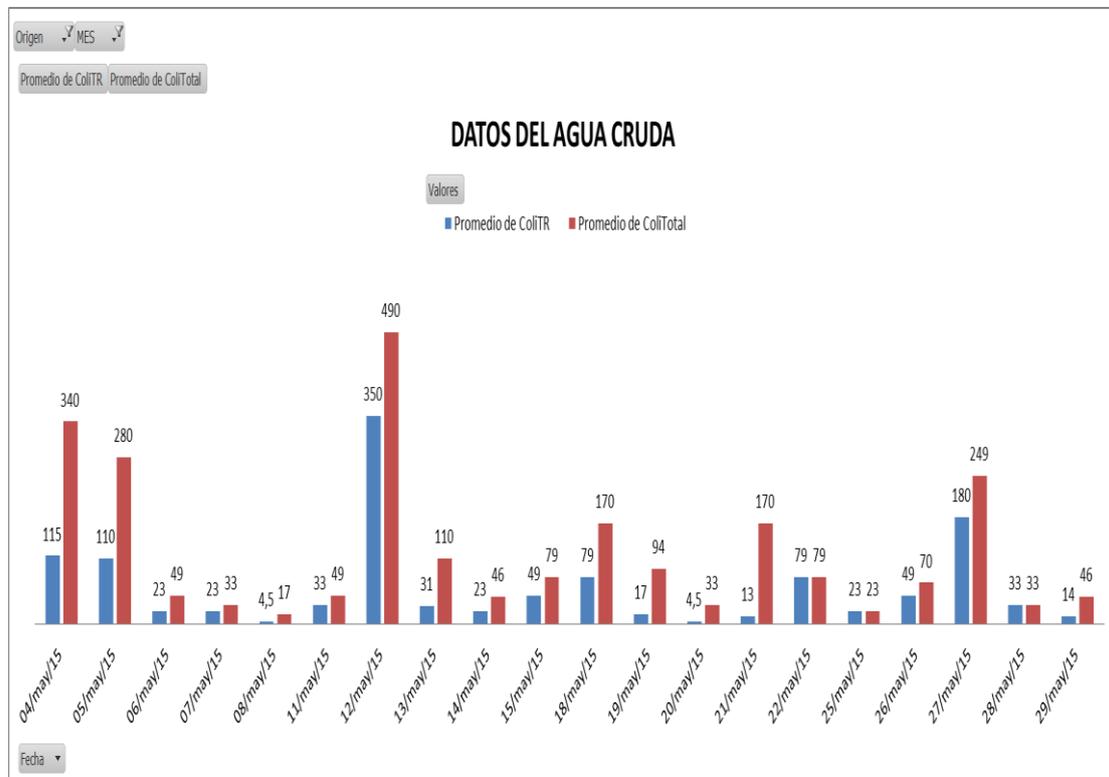
Graf. 3.12 Resultados del análisis Microbiológico del Agua del Tanque #1 y Tanque #2

3.4. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MES DE MAYO.

3.4.1. Resultados Microbiológicos del Agua Cruda

TABLA 3.14 Datos Microbiológicos del Agua Cruda.
Fuente: Autor

FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
04/may/15	115	340
05/may/15	110	280
06/may/15	23	49
07/may/15	23	33
08/may/15	4,5	17
11/may/15	33	49
12/may/15	350	490
13/may/15	31	110
14/may/15	23	46
15/may/15	49	79
18/may/15	79	170
19/may/15	17	94
20/may/15	4,5	33
21/may/15	13	170
22/may/15	79	79
25/may/15	23	23
26/may/15	49	70
27/may/15	180	249
28/may/15	33	33
29/may/15	14	46
Promedio	62,65	123,00

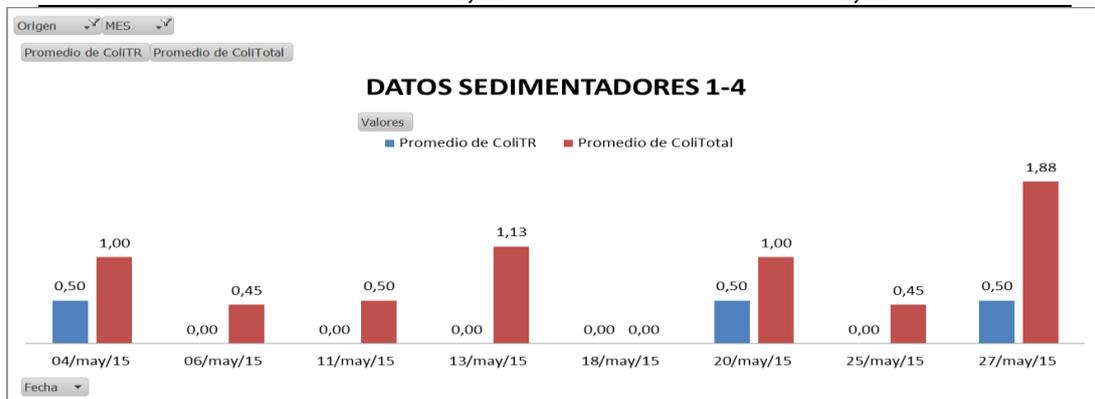


Graf. 3.13 Resultados del análisis Microbiológico del Agua Cruda

3.4.2. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.

TABLA 3.15 Datos Microbiológicos Sedimentadores 1-4.
Fuente: Autor

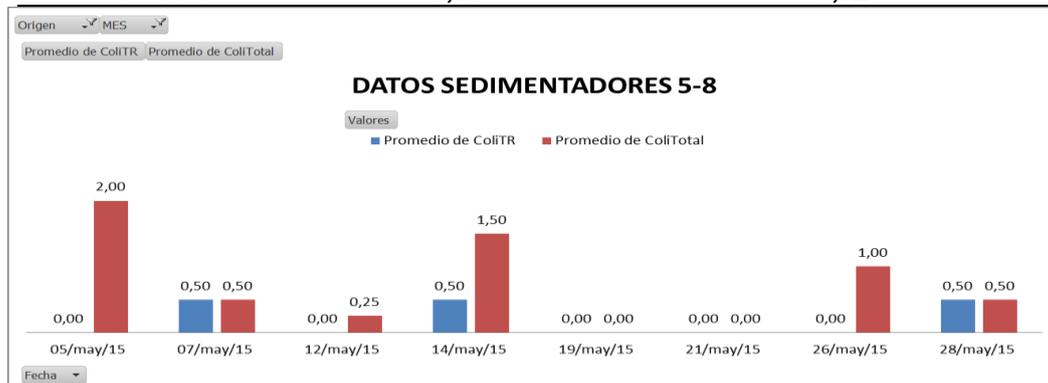
SEDIMENTADORES 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
04/may/15	0,50	1,00
06/may/15	0,00	0,45
11/may/15	0,00	0,50
13/may/15	0,00	1,13
18/may/15	0,00	0,00
20/may/15	0,50	1,00
25/may/15	0,00	0,45
27/may/15	0,50	1,88
Promedio	0,19	0,80



Graf. 3.14 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 1-4

TABLA 3.16 Datos Microbiológicos Sedimentadores 5-8.
Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 5-8		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
05/may/15	0,00	2,00
07/may/15	0,50	0,50
12/may/15	0,00	0,25
14/may/15	0,50	1,50
19/may/15	0,00	0,00
21/may/15	0,00	0,00
26/may/15	0,00	1,00
28/may/15	0,50	0,50
Promedio	0,19	0,72

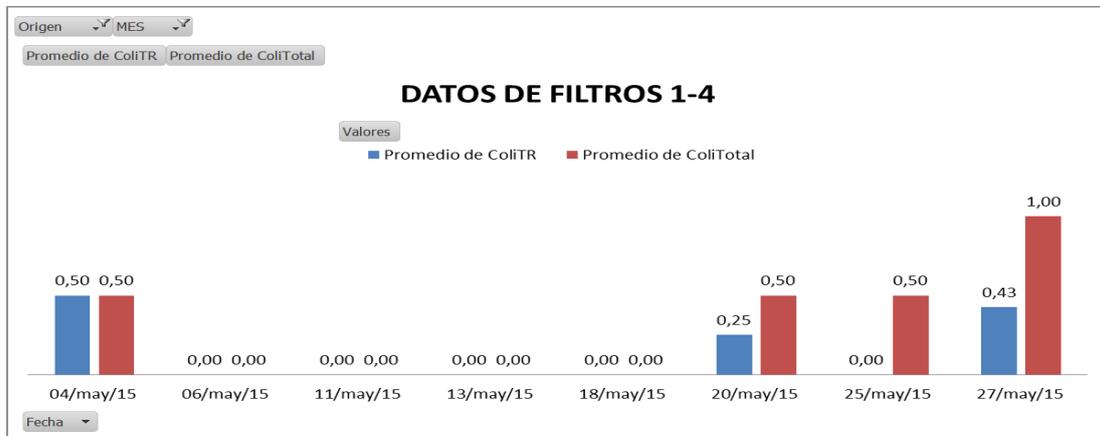


Graf. 3.15 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 5-8

3.4.3. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.

TABLA 3.17 Datos Microbiológicos Filtros 1-4.
Fuente: Autor

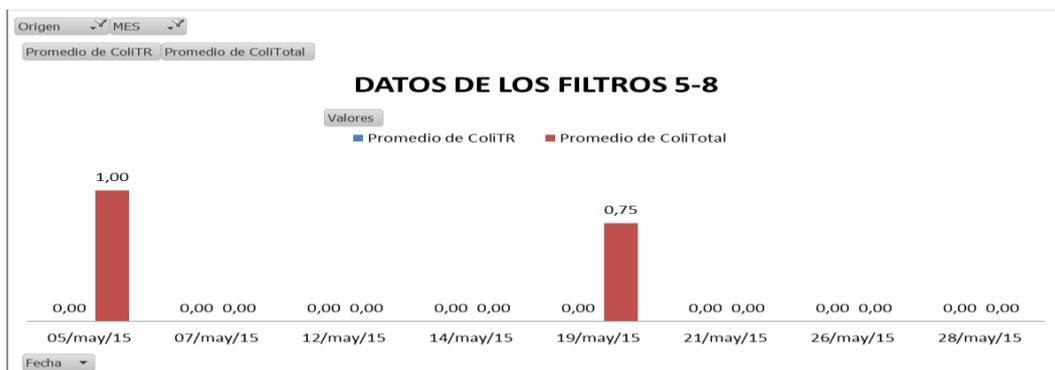
FILTROS 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
04/may/15	0,50	0,50
06/may/15	0,00	0,00
11/may/15	0,00	0,00
13/may/15	0,00	0,00
18/may/15	0,00	0,00
20/may/15	0,25	0,50
25/may/15	0,00	0,50
27/may/15	0,43	1,00
Promedio	0,15	0,31



Graf. 3.16 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 1-4

TABLA 3.18 Datos Microbiológicos Filtros 5-8.
Fuente: Autor

FILTROS 5-8		
FECHAS	Promedio de ColiTR	Promedio de ColiTotal
05/may/15	0,00	1,00
07/may/15	0,00	0,00
12/may/15	0,00	0,00
14/may/15	0,00	0,00
19/may/15	0,00	0,75
21/may/15	0,00	0,00
26/may/15	0,00	0,00
28/may/15	0,00	0,00
Total general	0,00	0,22

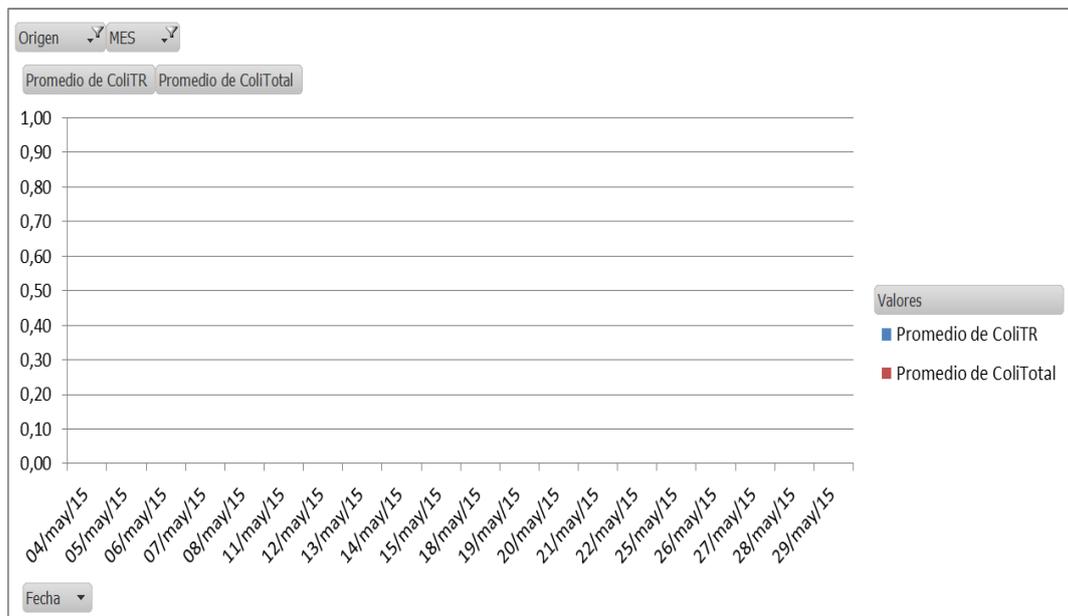


Graf. 3.17 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 5-8

3.4.4. Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento

TABLA 3.19 Datos Microbiológicos del Tanque #1 y Tanque #2
Fuente: Autor

TANQUE #1 Y TANQUE #2		
FECHAS	Coli. Fecales UFC	Coli. Totales UFC
04/may/15	0,00	0,00
05/may/15	0,00	0,00
06/may/15	0,00	0,00
07/may/15	0,00	0,00
08/may/15	0,00	0,00
11/may/15	0,00	0,00
12/may/15	0,00	0,00
13/may/15	0,00	0,00
14/may/15	0,00	0,00
15/may/15	0,00	0,00
18/may/15	0,00	0,00
19/may/15	0,00	0,00
20/may/15	0,00	0,00
21/may/15	0,00	0,00
22/may/15	0,00	0,00
25/may/15	0,00	0,00
26/may/15	0,00	0,00
27/may/15	0,00	0,00
28/may/15	0,00	0,00
29/may/15	0,00	0,00
Promedio	0,00	0,00



Graf. 3.18 Resultados del análisis Microbiológico del Agua del Tanque #1 y Tanque #2

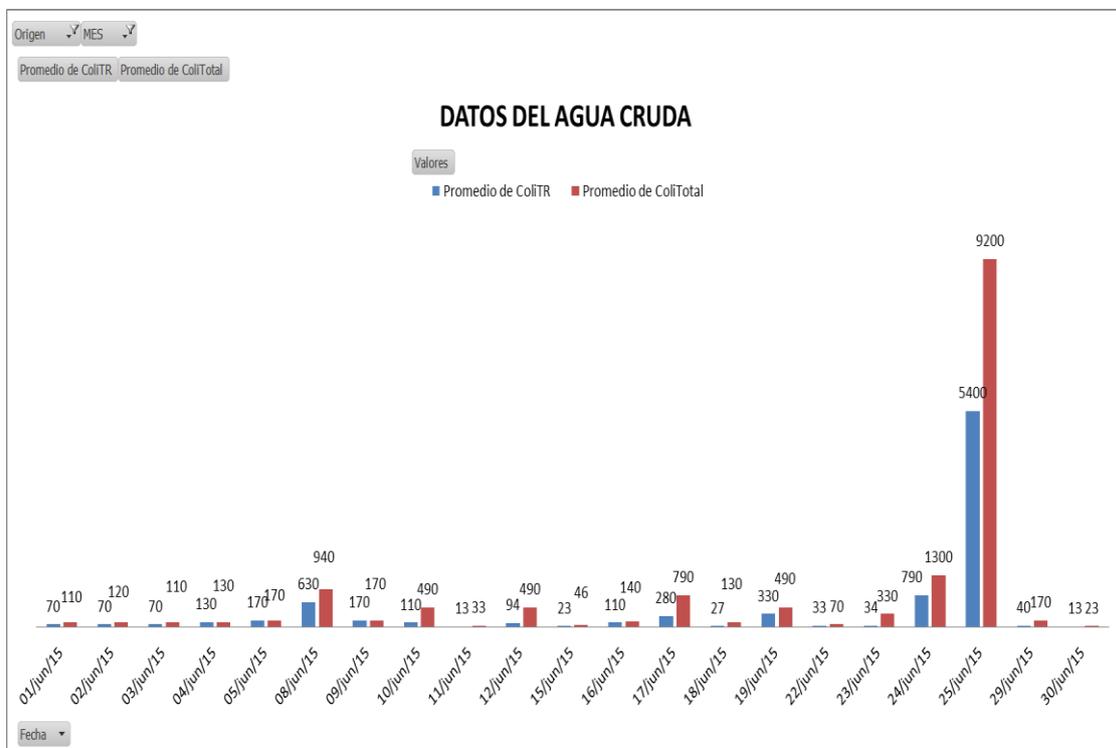
3.5. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MES DE JUNIO.

3.5.1. Resultados Microbiológicos del Agua Cruda

TABLA 3.20 Datos Microbiológicos del Agua Cruda.

Fuente: Autor

FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/jun/15	70	110
02/jun/15	70	120
03/jun/15	70	110
04/jun/15	130	130
05/jun/15	170	170
08/jun/15	630	940
09/jun/15	170	170
10/jun/15	110	490
11/jun/15	13	33
12/jun/15	94	490
15/jun/15	23	46
16/jun/15	110	140
17/jun/15	280	790
18/jun/15	27	130
19/jun/15	330	490
22/jun/15	33	70
23/jun/15	34	330
24/jun/15	790	1300
25/jun/15	5400	9200
29/jun/15	40	170
30/jun/15	13	23
Total general	409,86	735,81



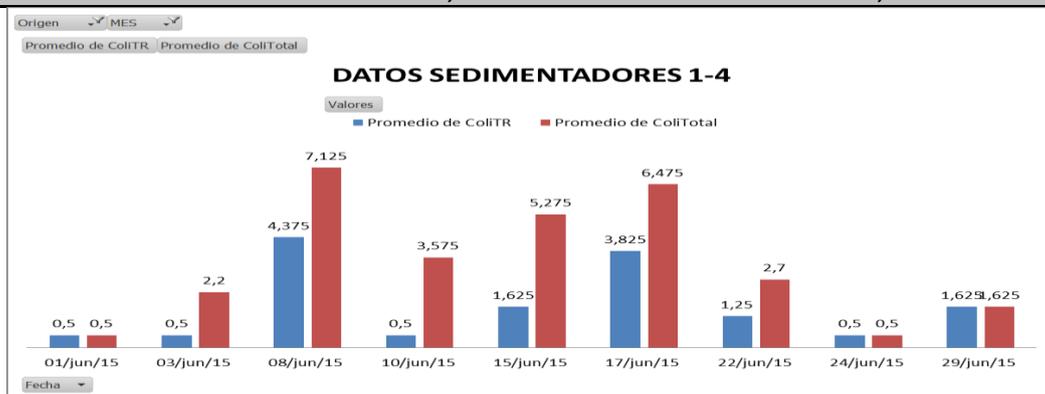
Graf. 3.19 Resultados del análisis Microbiológico del Agua Cruda

3.5.2. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.

TABLA 3.21 Datos Microbiológicos Sedimentadores 1-4.

Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/jun/15	0,50	0,50
03/jun/15	0,50	2,20
08/jun/15	4,38	7,13
10/jun/15	0,50	3,57
15/jun/15	1,63	5,28
17/jun/15	3,83	6,48
22/jun/15	1,25	2,70
24/jun/15	0,50	0,50
29/jun/15	1,63	1,63
Promedio	1,63	3,33

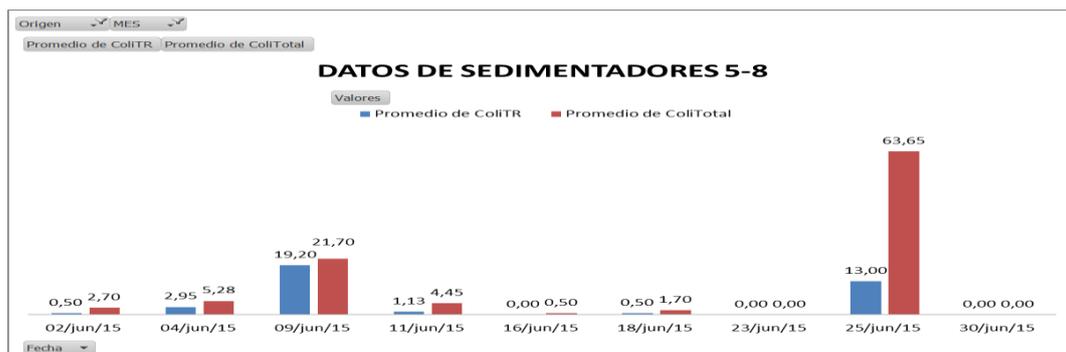


Graf. 3.20 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 1-4

TABLA 3.22 Datos Microbiológicos Sedimentadores 5-8.

Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 5-8		
Etiquetas de fila	Promedio de ColiTR	Promedio de ColiTotal
02/jun/15	0,50	2,70
04/jun/15	2,95	5,28
09/jun/15	19,20	21,70
11/jun/15	1,13	4,45
16/jun/15	0,00	0,50
18/jun/15	0,50	1,70
23/jun/15	0,00	0,00
25/jun/15	13,00	63,65
30/jun/15	0,00	0,00
Total general	4,39	11,11

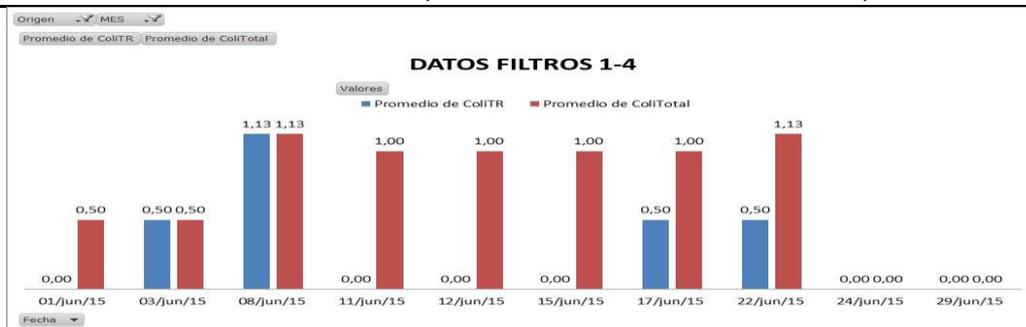


Graf. 3.21 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 5-8

3.5.3. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.

TABLA 3.23 Datos Microbiológicos Filtros 1-4.
Fuente: Autor

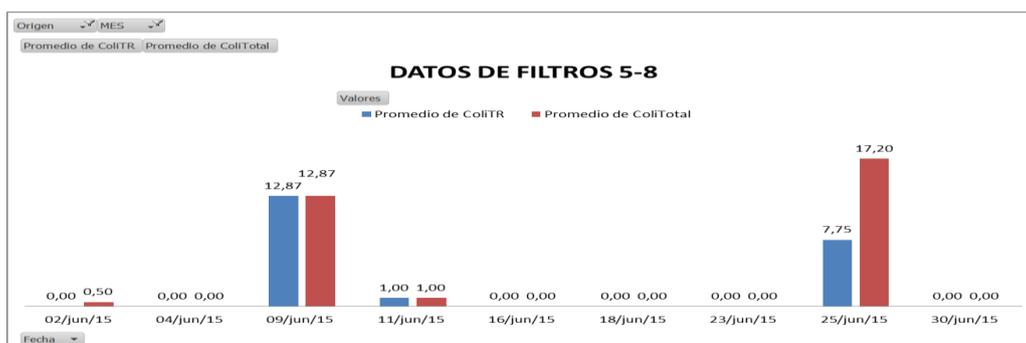
FILTROS 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/jun/15	0,00	0,50
03/jun/15	0,50	0,50
08/jun/15	1,13	1,13
11/jun/15	0,00	1,00
12/jun/15	0,00	1,00
15/jun/15	0,00	1,00
17/jun/15	0,50	1,00
22/jun/15	0,50	1,13
24/jun/15	0,00	0,00
29/jun/15	0,00	0,00
Promedio	0,29	0,69



Graf. 3.22 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 1-4

TABLA 3.24 Datos Microbiológicos Filtros 5-8.
Fuente: Autor

FILTROS 5-8		
Etiquetas de fila	Promedio de ColiTR	Promedio de ColiTotal
02/jun/15	0,00	0,50
04/jun/15	0,00	0,00
09/jun/15	12,87	12,87
11/jun/15	1,00	1,00
16/jun/15	0,00	0,00
18/jun/15	0,00	0,00
23/jun/15	0,00	0,00
25/jun/15	7,75	17,20
30/jun/15	0,00	0,00
Promedio	2,10	3,24

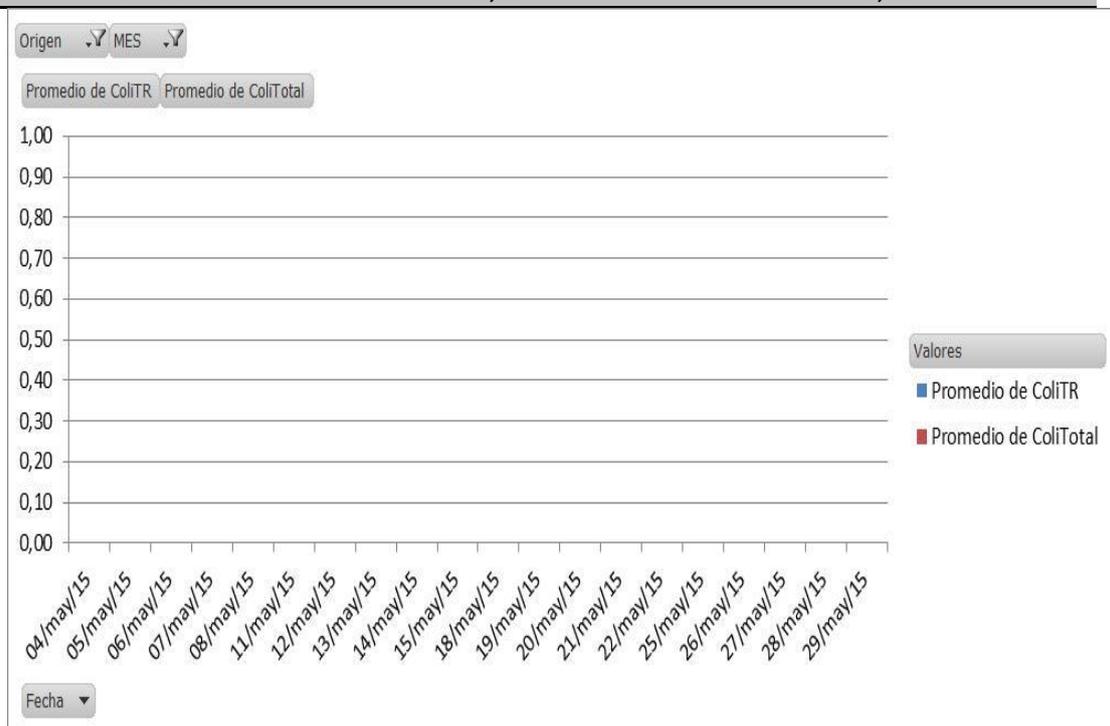


Graf. 3.23 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 5-8

3.5.4. Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento

TABLA 3.25 Datos Microbiológicos del Tanque #1 y Tanque #2
Fuente: Autor

TANQUE #1 Y TANQUE #2		
FECHAS	Coli. Fecales UFC	Coli. Totales UFC
02/jun/15	0,00	0,00
03/jun/15	0,00	0,00
04/jun/15	0,00	0,00
05/jun/15	0,00	0,00
08/jun/15	0,00	0,00
09/jun/15	0,00	0,00
10/jun/15	0,00	0,00
11/jun/15	0,00	0,00
12/jun/15	0,00	0,00
15/jun/15	0,00	0,00
16/jun/15	0,00	0,00
17/jun/15	0,00	0,00
18/jun/15	0,00	0,00
19/jun/15	0,00	0,00
22/jun/15	0,00	0,00
23/jun/15	0,00	0,00
24/jun/15	0,00	0,00
25/jun/15	0,00	0,00
29/jun/15	0,00	0,00
30/jun/15	0,00	0,00
01/jun/15	0,00	0,00
Promedio	0,00	0,00



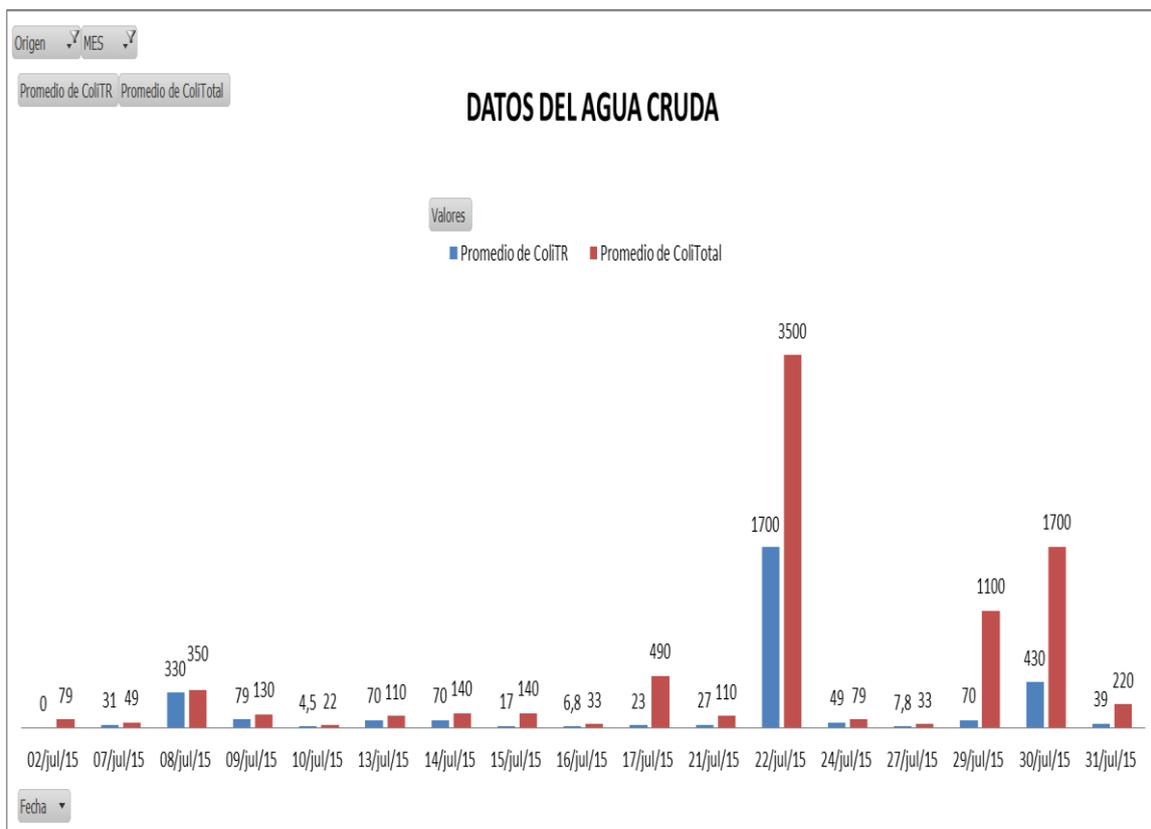
Graf. 3.24 Resultados del análisis Microbiológico del Agua del Tanque #1 y Tanque #2

3.6. RESULTADOS DE LOS ANÁLISI MICROBIOLÓGICOS DEL MES DE JULIO

3.6.1. Resultados Microbiológicos del Agua Cruda

TABLA 3.26 Datos Microbiológicos del Agua Cruda.
Fuente: Autor

FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
02/jul/15	0	79
07/jul/15	31	49
08/jul/15	330	350
09/jul/15	79	130
10/jul/15	4,5	22
13/jul/15	70	110
14/jul/15	70	140
15/jul/15	17	140
16/jul/15	6,8	33
17/jul/15	23	490
21/jul/15	27	110
22/jul/15	1700	3500
24/jul/15	49	79
27/jul/15	7,8	33
29/jul/15	70	1100
30/jul/15	430	1700
31/jul/15	39	220
Promedio	173,77	487,35



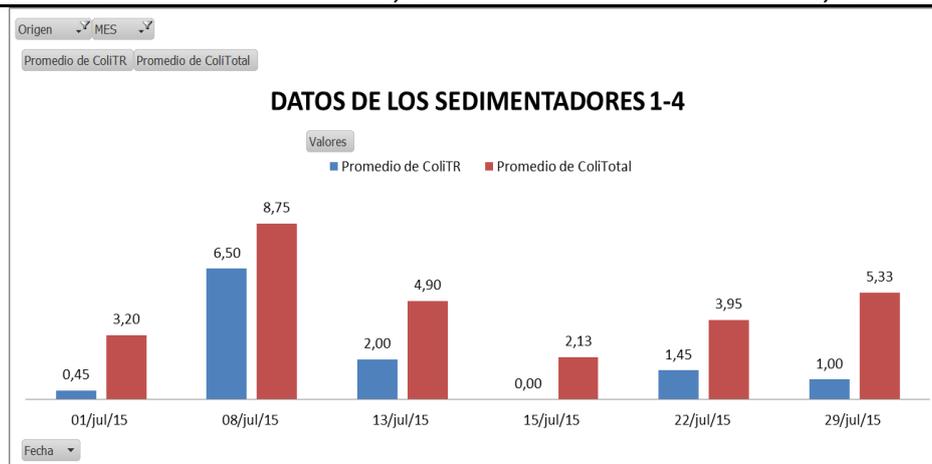
Graf. 3.25 Resultados del análisis Microbiológico del Agua Cruda

3.6.2. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.

TABLA 3.27 Datos Microbiológicos Sedimentadores 1-4.

Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/jul/15	0,45	3,20
08/jul/15	6,50	8,75
13/jul/15	2,00	4,90
15/jul/15	0,00	2,13
22/jul/15	1,45	3,95
29/jul/15	1,00	5,33
Promedio	1,43	4,29

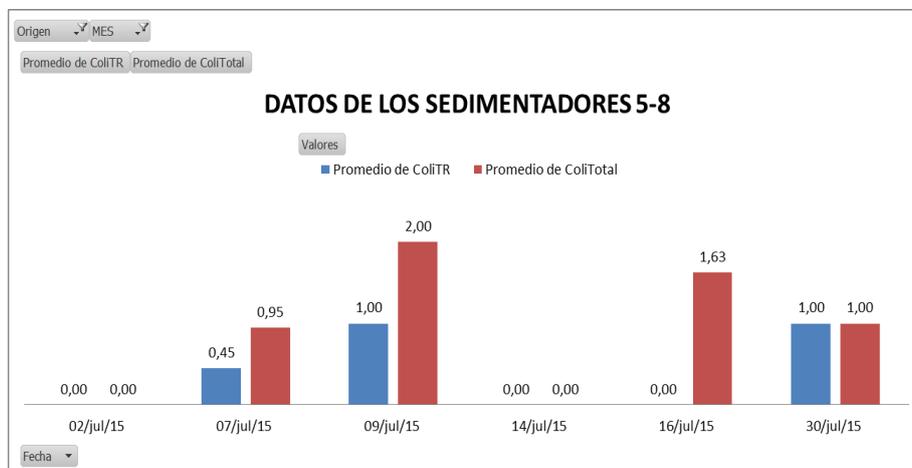


Graf. 3.26 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 1-4

TABLA 3.28 Datos Microbiológicos Sedimentadores 5-8.

Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 5-8		
Etiquetas de fila	Promedio de ColiTR	Promedio de ColiTotal
02/jul/15	0,00	0,00
07/jul/15	0,45	0,95
09/jul/15	1,00	2,00
14/jul/15	0,00	0,00
16/jul/15	0,00	1,63
30/jul/15	1,00	1,00
Promedio	0,35	0,83

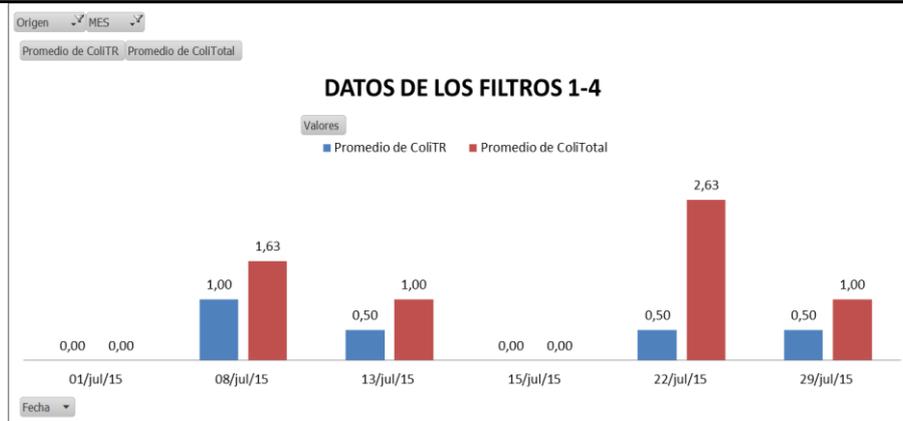


Graf. 3.27 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Sedimentadores 5-8

3.6.3. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.

TABLA 3.29 Datos Microbiológicos Filtros 1-4
Fuente: Autor

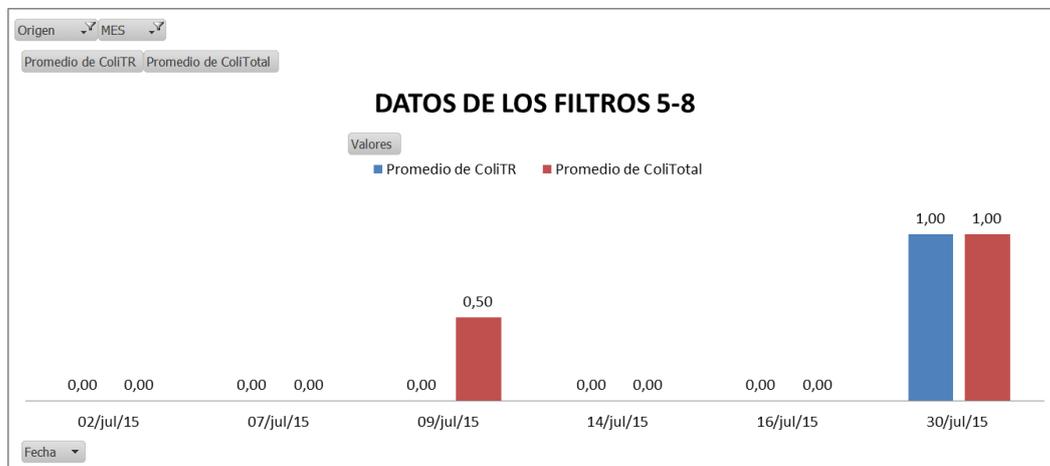
FILTROS 1-4		
FECHAS	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
01/jul/15	0,00	0,00
08/jul/15	1,00	1,63
13/jul/15	0,50	1,00
15/jul/15	0,00	0,00
22/jul/15	0,50	2,63
29/jul/15	0,50	1,00
Promedio	0,42	1,04



Graf. 3.22 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 1-4

TABLA 3.30 Datos Microbiológicos Filtros 5-8.
Fuente: Autor

FILTROS 5-8		
Etiquetas de fila	Promedio de ColiTR	Promedio de ColiTotal
02/jul/15	0,00	0,00
07/jul/15	0,00	0,00
09/jul/15	0,00	0,50
14/jul/15	0,00	0,00
16/jul/15	0,00	0,00
30/jul/15	1,00	1,00
Promedio	0,17	0,25

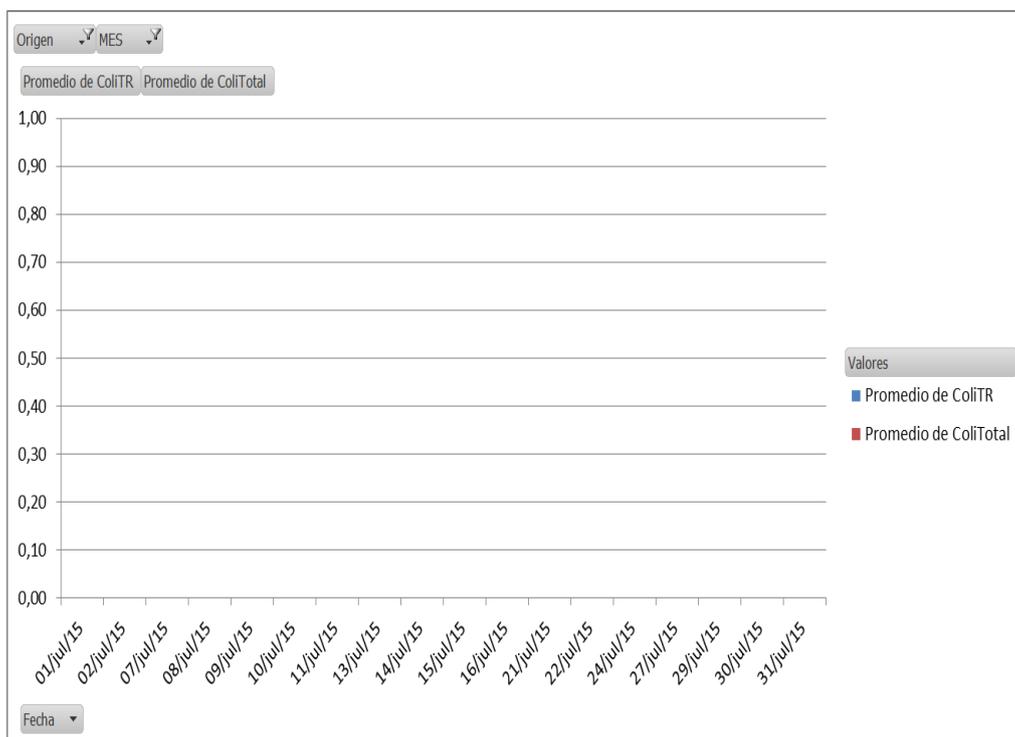


Graf. 3.23 Resultados del análisis Microbiológico del Agua de los Filtros 5-8

3.6.4. Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento

TABLA 3.25 Datos Microbiológicos del Tanque #1 y Tanque #2
Fuente: Autor

TANQUE #1 Y TANQUE #2		
FECHAS	Coli. Fecales UFC	Coli. Totales UFC
01/jul/15	0,00	0,00
02/jul/15	0,00	0,00
07/jul/15	0,00	0,00
08/jul/15	0,00	0,00
09/jul/15	0,00	0,00
10/jul/15	0,00	0,00
11/jul/15	0,00	0,00
13/jul/15	0,00	0,00
14/jul/15	0,00	0,00
15/jul/15	0,00	0,00
16/jul/15	0,00	0,00
21/jul/15	0,00	0,00
22/jul/15	0,00	0,00
24/jul/15	0,00	0,00
27/jul/15	0,00	0,00
29/jul/15	0,00	0,00
30/jul/15	0,00	0,00
31/jul/15	0,00	0,00
Promedio	0,00	0,00



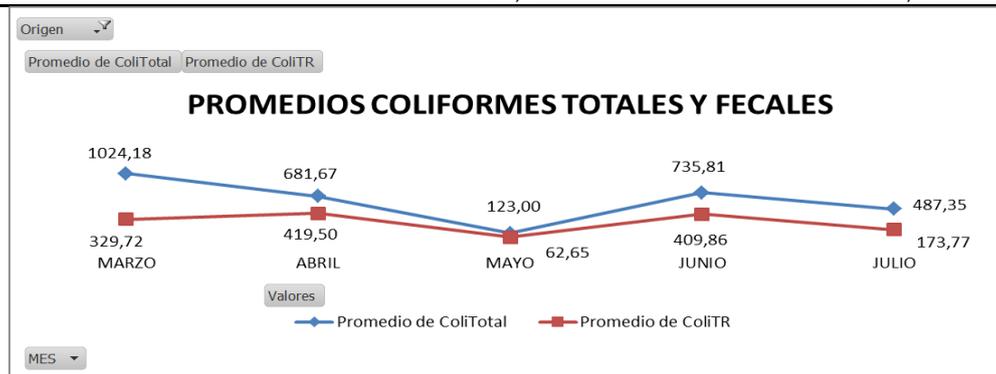
Graf. 3.24 Resultados del análisis Microbiológico del Agua del Tanque #1 y Tanque #2

3.7. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MARZO A JULIO

3.7.1. Resultados Microbiológicos del Agua Cruda

TABLA 3.26 Datos Microbiológicos del agua Cruda de Marzo a Julio
Fuente: Autor

MES	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
MARZO	1024,18	329,72
ABRIL	681,67	419,50
MAYO	123,00	62,65
JUNIO	735,81	409,86
JULIO	487,35	173,77
PROMEDIO	624,20	285,91



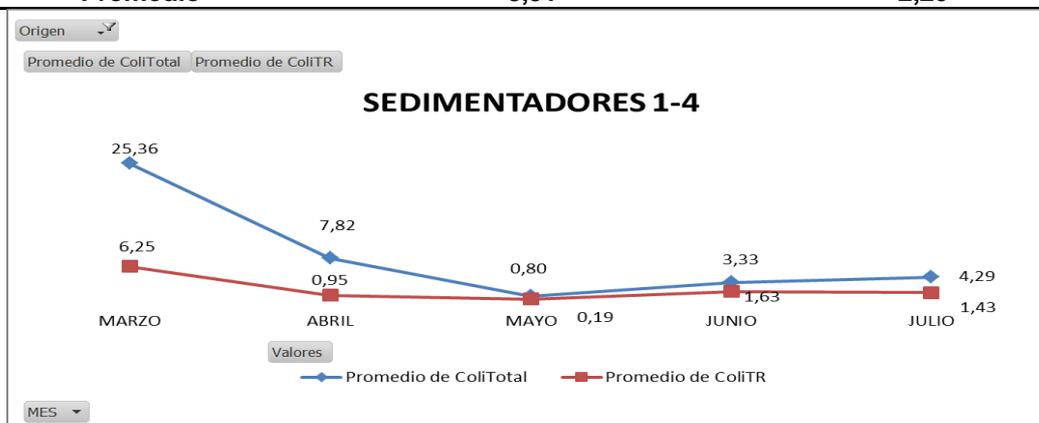
Graf. 3.25 Resultados del análisis Microbiológicos del Agua Cruda de Marzo a Julio

3.7.2. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Sedimentación.

TABLA 3.27 Datos Microbiológicos del Agua en los Sedimentadores 1-4 de Marzo a Julio
Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 1-4

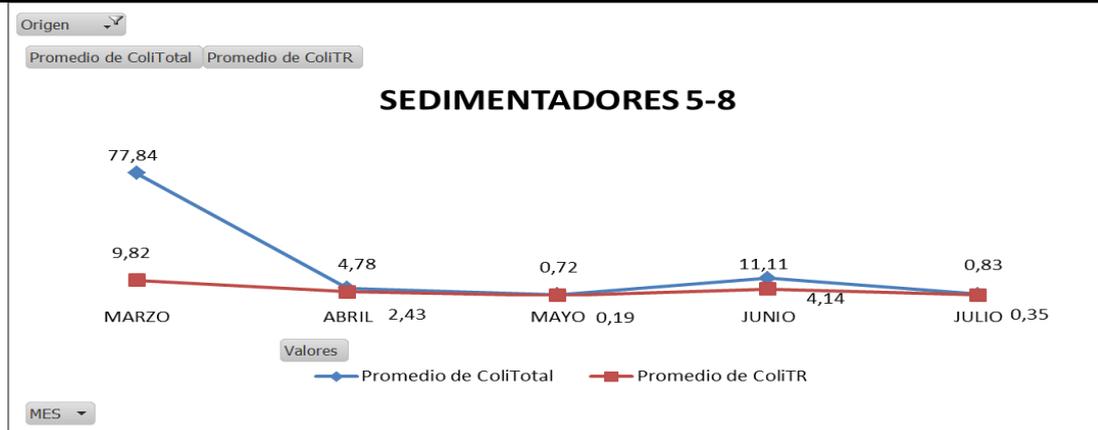
MES	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
MARZO	25,36	6,25
ABRIL	7,82	0,95
MAYO	0,80	0,19
JUNIO	3,33	1,63
JULIO	4,29	1,43
Promedio	8,91	2,20



Graf. 3.26 Resultados del análisis Microbiológicos del Agua en los Sedimentadores 1-4 de Marzo a Julio

TABLA 3.28 Datos Microbiológicos del Agua en los Sedimentadores 5-8 de Marzo a Julio
Fuente: Autor

SEDIMENTADORES 5-8		
MES	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
MARZO	77,84	9,82
ABRIL	4,78	2,43
MAYO	0,72	0,19
JUNIO	11,11	4,14
JULIO	0,83	0,35
PROMEDIO	21,08	3,73

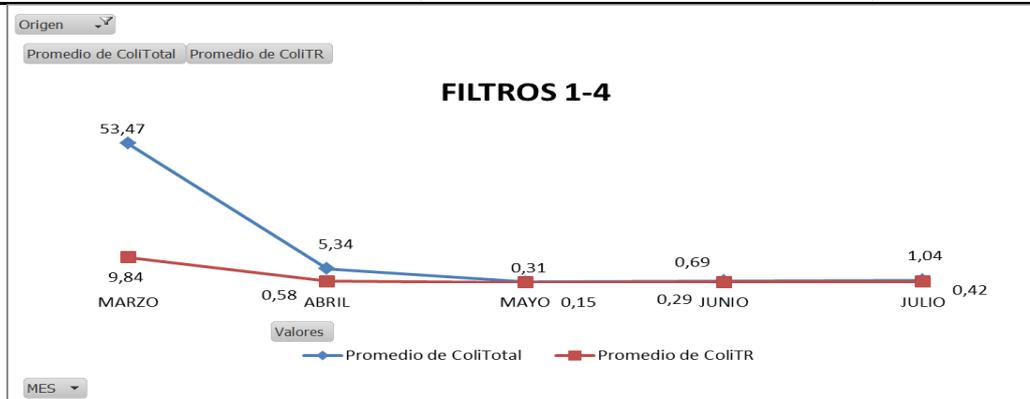


Graf. 3.27 Resultados del análisis Microbiológicos del Agua en los Sedimentadores 5-8 de Marzo a Julio

3.7.3. Resultados Microbiológicos del Agua en el Proceso de Filtración.

TABLA 3.29 Datos Microbiológicos del Agua en los Filtros 1-4 de Marzo a Junio
Fuente: Autor

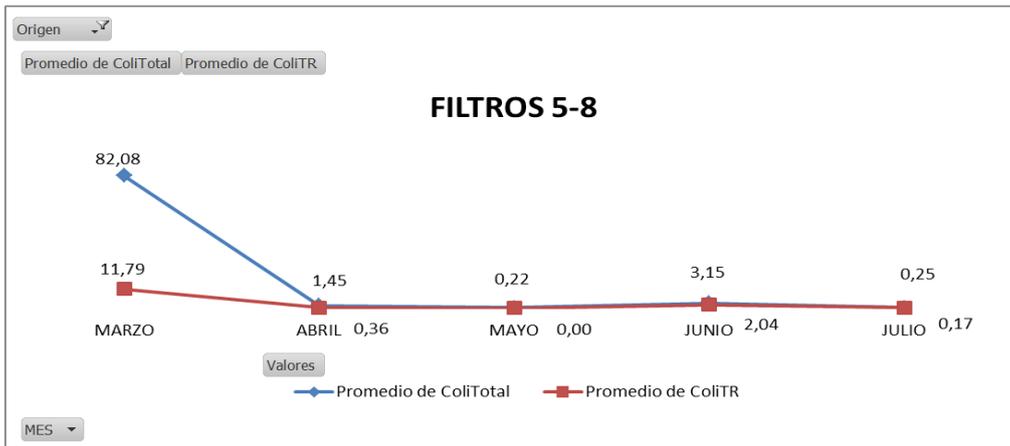
FILTROS 1-4		
MES	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
MARZO	53,47	9,84
ABRIL	5,34	0,58
MAYO	0,31	0,15
JUNIO	0,69	0,29
JULIO	1,04	0,42
PROMEDIO	13,28	2,44



Graf. 3.28 Resultados del análisis Microbiológicos del Agua en los Filtros 1-4 de Marzo a Junio

TABLA 3.30 Datos Microbiológicos del Agua en los Filtros 1-4 de Marzo a Junio
Fuente: Autor

FILTROS 5-8		
MES	Coli. Fecales NMP/100 ml	Coli. Totales NMP/100 ml
MARZO	82,08	11,79
ABRIL	1,45	0,36
MAYO	0,22	0,00
JUNIO	3,15	2,04
JULIO	0,25	0,17
PROMEDIO	19,11	3,14

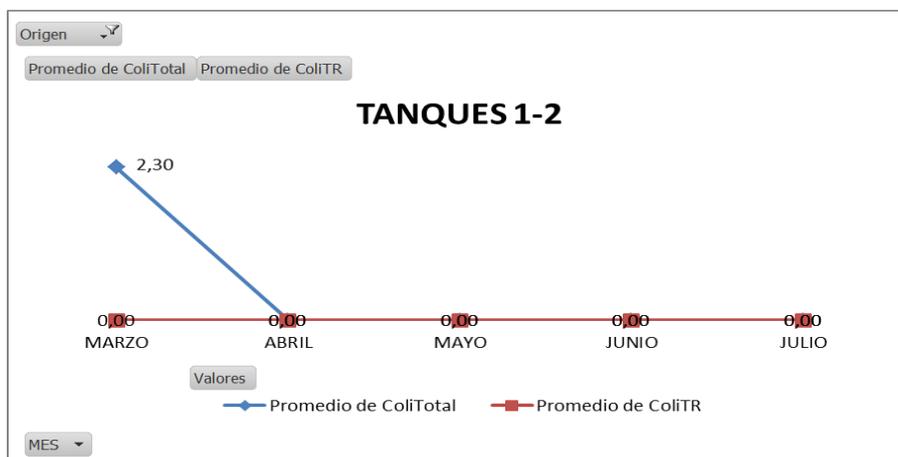


Graf. 3.29 Resultados del análisis Microbiológicos del Agua en los Filtros 1-4 de Marzo a Junio

3.7.4. Resultados Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques de Almacenamiento

TABLA 3.31 Datos Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques 1 y 2 de Marzo a Junio
Fuente: Autor

MES	Coli. Fecales UFC	Coli. Totales UFC
MARZO	2,02	0,00
ABRIL	0,00	0,00
MAYO	0,00	0,00
JUNIO	0,00	0,00
PROMEDIO	0,53	0,00



Graf. 3.30 Resultados del análisis Microbiológicos del Agua Potable en los Tanques 1 y 2 de Marzo a Junio

3.8. DETERMINACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE REMOCIÓN BACTEREOLÓGICO.

3.8.1. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Marzo.

TABLA 3.31 Resultados de los porcentajes de Remoción en los procesos del Mes de Marzo

Fuente: Autor

	Número de Muestras	Coli.Total NMP/100 ml			Coli. Termor NMP/100 ml			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
AGUA CRUDA	21	9200,00	31,00	1024,18	2200,00	6,80	329,72	
SEDIMENTADOR 1-4	24	240,00	0,00	25,36	79,00	0,00	6,25	
SEDIMENTADOR 5-8	24	2400,00	0,00	77,84	140,00	0,00	9,82	
Total Sedimen.	48	2400,00	0,00	51,60	140,00	0,00	8,03	
% de Remoción en Sedimentadores				94,96	% de Remoción en Sedimentadores			97,56
FILTROS 1-4	28	1600,00	0,00	53,47	280,00	0,00	9,84	
FILTROS 5-8	28	2400,00	0,00	98,40	140,00	0,00	9,10	
Total Filtrros	56	2400,00	0,00	75,93	280,00	0,00	9,47	
% de Remoción Filtrros				92,59	% de Remoción Filtrros			97,13
	Número de Muestras	Coli.Total UFC			Coli. Termor UFC			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
TANQUE #1	23	12,00	0,00	2,41	0,00	0,00	0,00	
TANQUE #2	22	12,00	0,00	2,18	0,00	0,00	0,00	
Total Tanques	45	12,00	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00	
% de Remoción Tanques				99,78	% de Remoción Tanques			100,00

3.8.2. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Abril.

TABLA 3.32 Resultados de los porcentajes de Remoción en los procesos del Mes de Abril

Fuente: Autor

	Número de Muestras	Coli.Total NMP/100 ml			Termor NMP/100 ml			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
AGUA CRUDA	21	5400,00	31,00	681,67	5400,00	6,80	419,50	
SEDIMENTADOR 1-4	28	130,00	0,00	7,82	7,80	0,00	0,95	
SEDIMENTADOR 5-8	28	49,00	0,00	4,78	49,00	0,00	2,43	
Total Sedimen.	56	130,00	0,00	6,30	49,00	0,00	1,69	
% de Remoción en Sedimentadores				99,08	% de Remoción en Sedimentadores			99,60
FILTROS 1-4	36	130,00	0,00	5,34	6,80	0,00	0,58	
FILTROS 5-8	36	17,00	0,00	1,45	4,50	0,00	0,36	
Total Filtrros	72	130,00	0,00	3,40	6,80	0,00	0,47	
% de Remoción Filtrros				99,50	% de Remoción Filtrros			99,89
	Número de Muestras	Coli.Total UFC			Coli. Termor UFC			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
TANQUE #1	22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TANQUE #2	22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total Filtrros	44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
% de Remoción Tanques				100,00	% de Remoción Tanques			100,00

3.8.3. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Mayo.

TABLA 3.33 Resultados de los porcentajes de Remoción en los procesos del Mes de Mayo.

Fuente: Autor

	Número de Muestras	Coli.Total NMP/100 ml			Termor NMP/100 ml			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
AGUA CRUDA	19	490,00	17,00	123,00	350,00	4,50	62,65	
SEDIMENTADOR 1-4	32	46,25	0,45	0,80	17,00	0,00	0,19	
SEDIMENTADOR 5-8	32	21,75	0,00	0,72	3,25	0,00	0,19	
Total Sedimen.	64	46,25	0,00	0,76	17,00	0,00	0,19	
% de Remoción en Sedimentadores				99,38	% de Remoción en Sedimentadores			99,70
FILTROS 1-4	32	4,50	0,00	0,31	2,00	0,00	0,15	
FILTROS 5-8	32	3,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	
Total Filtrros	64	4,50	0,00	0,27	2,00	0,00	0,07	
% de Remoción Filtrros				99,78	% de Remoción Filtrros			99,88
	Número de Muestras	Coli.Total UFC			Coli. Termor UFC			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
TANQUE #1	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TANQUE #2	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total Filtrros	40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
% de Remoción Tanques				100,00	% de Remoción Tanques			100,00

3.8.4. Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Junio.

TABLA 3.34 Resultados de los porcentajes de Remoción en los procesos del Mes de Junio.

Fuente: Autor

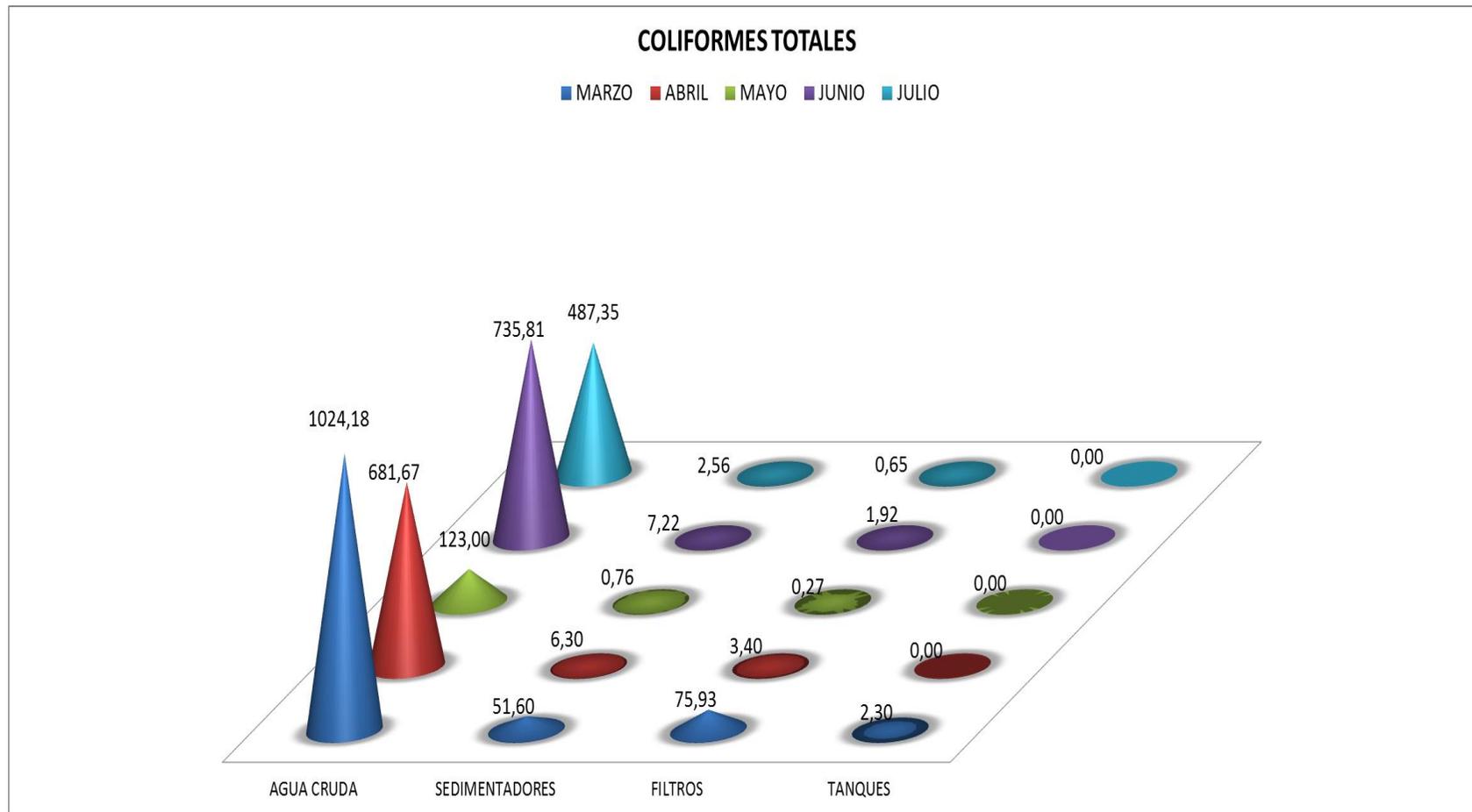
	Número de Muestras	Coli.Total NMP/100 ml			Coli Fecales NMP./100 ml			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
AGUA CRUDA	20	5400,00	13,00	735,81	9200,00	23,00	409,86	
SEDIMENTADOR 1-4	34	13,00	0,00	3,33	13,00	0,00	1,63	
SEDIMENTADOR 5-8	34	130,00	0,00	11,11	33,00	0,00	4,14	
Total Sedimen.	68	130,00	0,00	7,22	33,00	0,00	2,89	
% de Remoción en Sedimentadores				99,02	% de Remoción en Sedimentadores			99,30
FILTROS 1-4	36	4,50	0,00	0,69	4,50	0,00	0,29	
FILTROS 5-8	34	59,00	0,00	3,24	29,00	0,00	2,10	
Total Filtros	70	59,00	0,00	1,97	29,00	0,00	1,20	
% de Remoción Filtros				99,73	% de Remoción Filtros			99,71
	Número de Muestras	Coli.Total UFC			Coli. Termor UFC			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
TANQUE #1	23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TANQUE #2	22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total Tanques	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
% de Remoción Tanques				100,00	% de Remoción Tanques			100,00

3.8.5 Resultados del % de Remoción Bacteriológica en el mes de Julio.

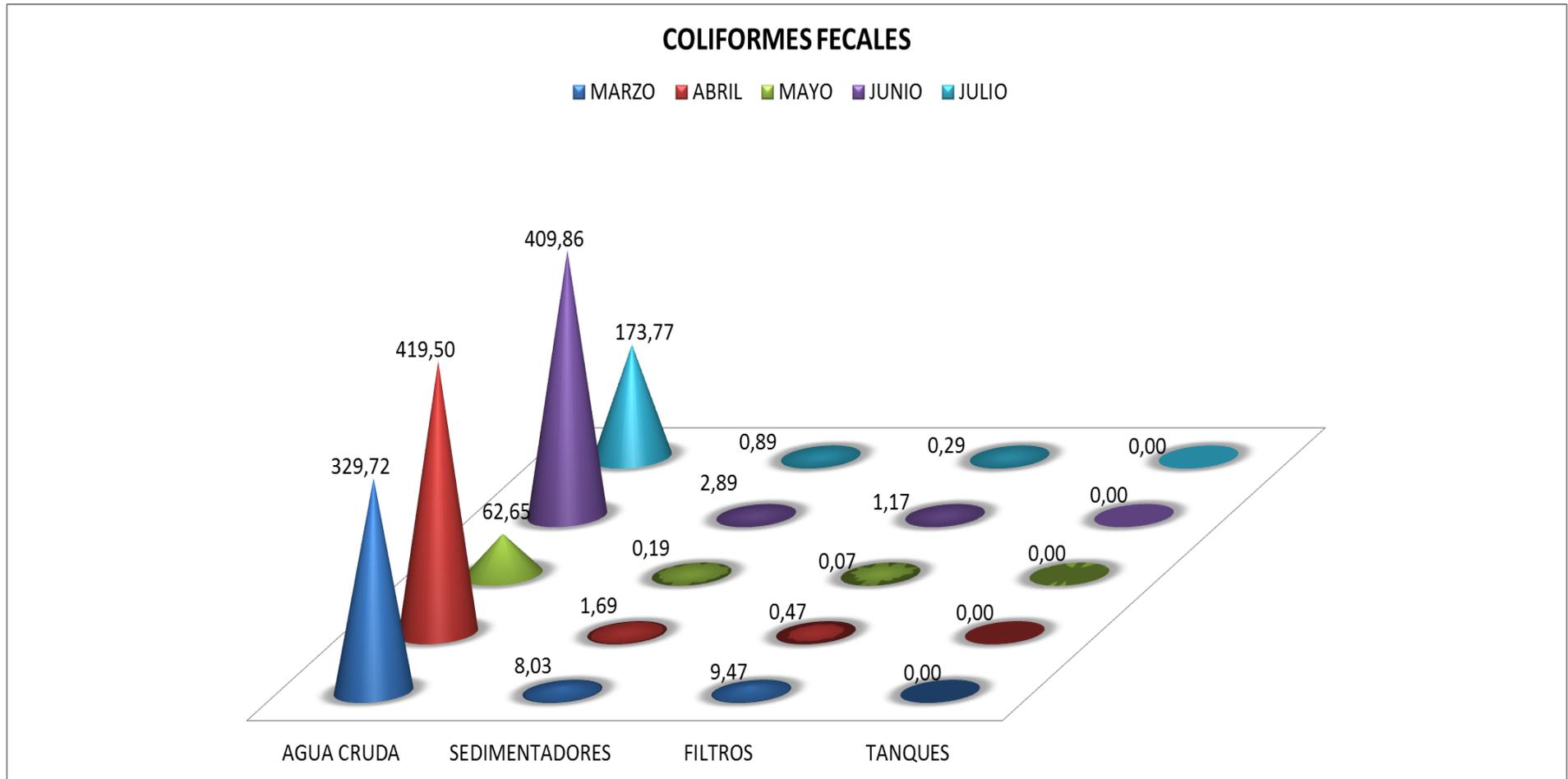
TABLA 3.35 Resultados de los porcentajes de Remoción en los procesos del Mes de Julio.

Fuente: Autor

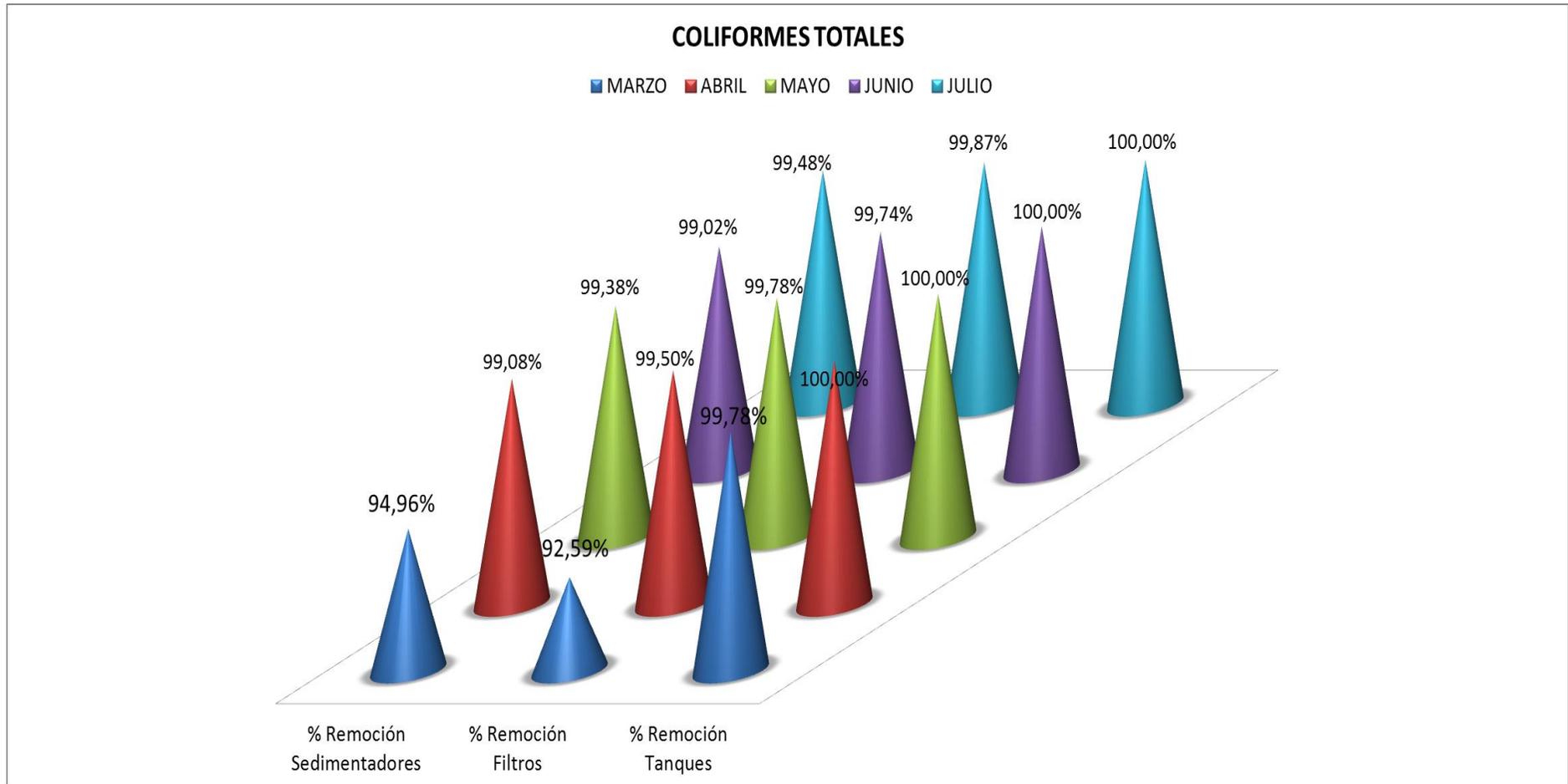
	Número de Muestras	Coli.Total NMP/100 ml			Coli Fecales NMP./100 ml			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
AGUA CRUDA	17	3500,00	13,00	487,35	1700,00	23,00	173,77	
SEDIMENTADOR 1-4	20	13,00	0,00	4,29	13,00	0,00	1,43	
SEDIMENTADOR 5-8	22	4,50	0,00	0,83	2,00	0,00	0,35	
Total Sedimen.	42	13,00	0,00	2,56	13,00	0,00	0,89	
% de Remoción en Sedimentadores				99,48	% de Remoción en Sedimentadores			99,49
FILTROS 1-4	24	4,50	0,00	1,04	2,00	0,00	0,42	
FILTROS 5-8	24	2,00	0,00	0,25	2,00	0,00	0,17	
Total Filtros	48	4,50	0,00	0,65	2,00	0,00	0,29	
% de Remoción Filtros				99,87	% de Remoción Filtros			99,83
	Número de Muestras	Coli.Total UFC			Coli. Termor UFC			
		MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	
TANQUE #1	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TANQUE #2	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total Tanques	36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
% de Remoción Tanques				100,00	% de Remoción Tanques			100,00



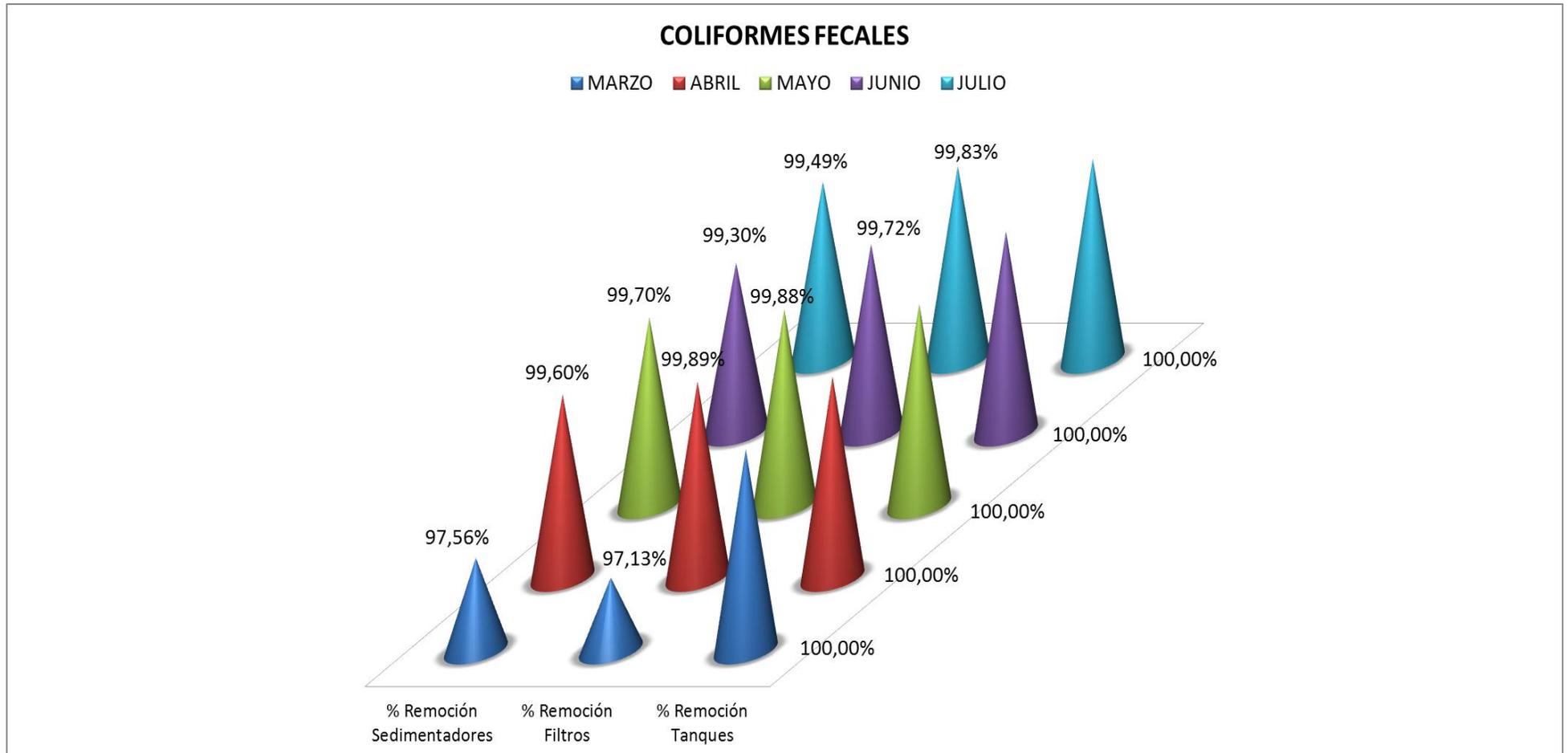
Graf. 3.31 Resultados del análisis microbiológicos coliformes totales en los diferentes procesos de Marzo a Julio



Graf. 3.32 Resultados del análisis microbiológicos coliformes fecales en los diferentes procesos de Marzo a Julio



Graf. 3.33 Resultados de Porcentajes de Remoción bacteriológica de coliformes totales en los diferentes procesos de Marzo a Julio



Graf. 3.34 Resultados de Porcentajes de Remoción bacteriológica de coliformes fecales en los diferentes procesos de Marzo a Julio

CAPITULO IV

4.1. Discusión

- En la sección 5.1.2 Requisitos microbiológicos para el Agua Potable de la Norma INEN 1108:2011 establece lo siguiente:

Tabla 4.1 Requisitos microbiológicos Norma INEN 1108

	Máximo
Coliformes fecales:	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1.1 *
- Filtración por membrana UFC/100 ml	< 1 **
Cryptosporidium, número de ooquistes/100 litros	Ausencia
Giardia, número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ o 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias.	

Por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos durante los meses de estudio se evidencia que el agua Potable que se produce en la Planta de Tixán cumple con los requisitos microbiológicos establecidos en dicha norma.

- En cuanto a los resultados de los análisis microbiológicos de coliformes Totales y Fecales efectuados en cada una de las etapas del tratamiento de agua Potable de la Planta de Tixán se pudo evidenciar que en el primer mes de estudio (Marzo) de acuerdo al análisis de datos efectuados se obtiene que en la etapa de sedimentación se tiene un mayor porcentaje de remoción bacteriológica que la etapa de filtración ocasionando que la etapa posterior como es la cloración no sea completamente efectiva para el caso de coliformes Totales por lo que en los tanques de almacenamiento se alcanza un 99,78% de la remoción bacteriológica, por lo que los inmediatamente se realizó un análisis de datos en los Filtros y se determinan las carreras de filtración del mes de Marzo (Intervalos de tiempo entre dos lavados consecutivos de un mismo Filtro) obteniéndose un resultado promedio de 60,29 Horas.

Para los meses subsiguientes de estudio se considera tener carreras de filtración no mayores a 53 horas y se tiene mejores resultados en cuanto a remociones bacteriológicas, obteniéndose de esta manera un mayor porcentaje de remoción bacteriológica en el proceso de filtración que en el proceso de sedimentación y por ende la etapa de cloración es mucho más efectiva teniendo en los tanques de almacenamiento una remoción del 100% de carga bacteriana tanto para coliformes totales como fecales.

Tabla 4.2 Resultados microbiológicos Coliformes Totales

Fuente: Autor

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS COLIFORMES TOTALES					
PROCESOS	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
	Coli.Total NMP/100 ml				
AGUA CRUDA	1024,18	681,67	123,00	735,81	487,35
SEDIMENTADORES	51,60	6,30	0,76	7,22	2,56
FILTROS	75,93	3,40	0,27	1,92	0,65
	Coli.Total UFC				
TANQUES	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 4.3 Porcentajes de las Remociones Bacteriológicas de Coliformes Totales
Fuente: Autor

ZONAS DE REMOCION	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
% Remoción Sedimentadores	94,96%	99,08%	99,38%	99,02%	99,48%
% Remoción Filtros	92,59%	99,50%	99,78%	99,74%	99,87%
% Remoción Tanques	99,78%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabla 4.4 Resultados microbiológicos Coliformes Fecales
Fuente: Autor

PROCESOS	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
	Coli Fecales NMP./100 ml				
AGUA CRUDA	329,72	419,50	62,65	409,86	173,77
SEDIMENTADORES	8,03	1,69	0,19	2,89	0,89
FILTROS	9,47	0,47	0,07	1,17	0,29
	Coli Fecales UFC				
TANQUES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 4.5 Porcentajes de las Remociones Bacteriológicas de Coliformes Totales
Fuente: Autor

ZONAS DE REMOCION	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
% Remoción Sedimentadores	97,56%	99,60%	99,70%	99,30%	99,49%
% Remoción Filtros	97,13%	99,89%	99,88%	99,72%	99,83%
% Remoción Tanques	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

- Los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración son altamente eficientes para la remoción de bacterias vegetativas, dicha remoción se pudo confirmar que es directamente proporcional a la remoción de turbiedad y se puede lograr remociones hasta de 99,8% cuando se tiene una eficiencia muy alta en el proceso de coagulación y sedimentación, el autor Arboleda en sus estudios encuentra similares resultados en aguas sembradas con virus, encontrando que al incrementar la dosis de sulfato de aluminio y dejar sedimentar obtenía remoción de virus de hasta 99%.
- En el estudio realizado se puede afirmar que existe una correlación entre la turbidez y la carga bacteria tanto total como fecal, lo cual nos permite usar la turbidez como indicador cualitativo indirecto de riesgo de contaminación microbiológica, dichas correlaciones también existen en estudios realizados por L. Marco, R. Azario, C. Metzeler, M. C. Garcia en su estudio la turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales.
- Mediante el estudio realizado se pudo ejecutar acciones de mejora en cada uno de los procesos aumentado la eficiencia de la remoción bacteriológica, además de lograr una mayor eficiencia en cuanto a la remoción de la turbiedades (NTU) en cada uno de los procesos de floculación, sedimentación y filtración de acuerdo a lo que se muestra en la tabla y gráfico del ANEXO A1.
- Debido a la investigación y aumento de la eficiencia de la remoción bacteriológica en cada una de las etapas de producción de agua potable en la Planta de Tixán se logró optimizar el consumo de químicos tanto para la coagulación, floculación y en especial para la cloración ya que apenas un 0,1% al 0,3% de la carga bacteriológica ya sea coliformes totales o coliformes fecales se elimina mediante la utilización de cloro gas, razón por la cual se disminuye la dosis de cloro aplicada tal cual como se muestra en las tablas y gráficos del ANEXO A2.
- Se estableció una mayor frecuencia en cuanto a los mantenimientos de lavado, retrolavado y desfogue de lodos de las unidades de producción de la Planta de Tixán con el objetivo primordial de mejorar las capacidades de remociones bacteriológicas en

las unidades de floculación, sedimentación y filtración, se pudo observar un aumento en el porcentaje de consumo Interno del agua utilizada para los fines concernientes a los mantenimientos antes mencionados, pero manteniéndonos siempre por debajo del 5% que es nuestro indicador de medición de continuidad para cumplimiento de la Certificación ISO 9001-2008, se adjunta resultados obtenidos durante los meses de estudio en el ANEXO A3.

CONCLUSIONES

- El agua es fundamental para la seguridad alimentaria y la nutrición. Es la linfa vital de los ecosistemas, incluidos los bosques, lagos y humedales, de los que depende la seguridad alimentaria y la nutrición de las generaciones presentes y futuras. Es indispensable disponer de agua de calidad y en cantidad adecuadas, ya sea para beber como para el saneamiento, la producción alimentaria y la elaboración, transformación y preparación de los alimentos.
- La importancia del agua para sostener la vida, el desarrollo y la seguridad alimentaria hace que esta cuestión sea una de las más debatidas y que en torno a ella se susciten problemas, desafíos y frecuentes conflictos.
- Las normas que regulan la inocuidad de los alimentos incluyen requisitos que garantizan la existencia de suministros de agua potable suficientes para su uso en la producción de alimentos.
- Con el diagnóstico microbiológico del estado actual de la PTAP de Tixán, en cada uno de sus procesos agua cruda, sedimentación, filtración y almacenamiento se logró identificar las falencias y prioridades de mantenimientos que necesitamos en cada una de las etapas para poder tener un agua potable de mejor calidad.
- La estación de tratamiento de la Planta de Tixán es un conjunto de estructuras en las cuales se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano, a través de una serie de procesos, que van removiendo totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por la normativa legal vigente Norma INEN 1108.

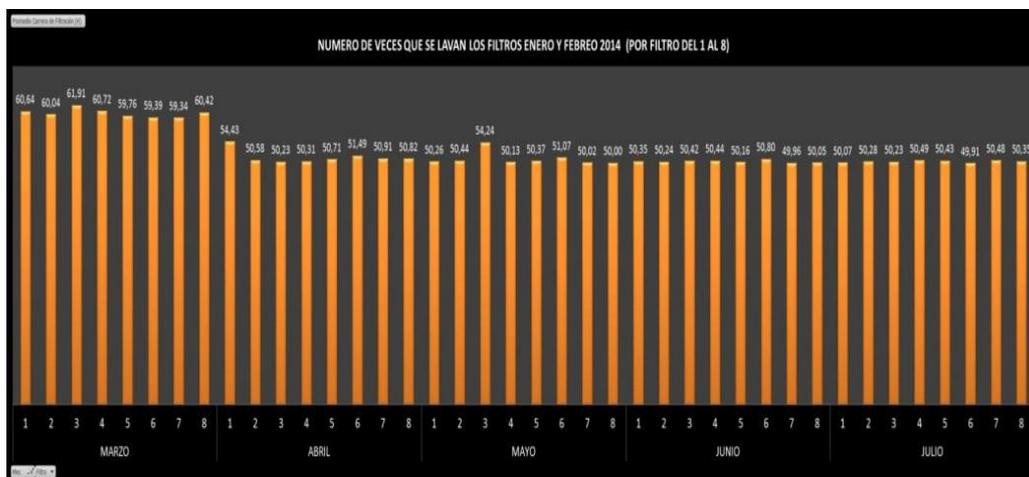
RECOMENDACIONES:

- Ejecutar el Proyecto de la nueva conducción Saymirin-Tixán, la misma que conducirá el agua cruda mediante tubería de 1400 mm, con la finalidad de ya no conducir el agua cruda por el canal de Riego Machangara ya que en temporadas de lluvias hay un incremento considerable tanto de la turbiedad como de la carga bacteriológica en el agua cruda.
- Ejecutar el muestreo cada hora por parte del personal de Operación de la Planta de Tixán de acuerdo a lo establecido en el Instructivo IE-SOAS-PT-007 en los diferentes puntos de muestreo con la finalidad de controlar cada proceso del tratamiento.
- Ejecutar cada dos meses el desfogue de los floculadores Mecánicos e hidráulicos con la finalidad de eliminar el lodo que se encuentra contenido en las unidades y extraer la arena acumulada en los mismos.
- Ejecutar el desfogue de lodos de los módulos de Sedimentación de acuerdo a lo que al Instructivo IE-SOAS-PT-006, el mismo que en su acápite Disposiciones Generales se establece el cronograma de desfogue, con la finalidad de retener los floculos en los tanques de sedimentación y evitar con esto que se suspenda logrando obtener un eficiente porcentaje de remoción de la carga bacteriana en dicho proceso.

TABLA: CRONOGRAMA DE DESFOGUE

SEDIMENTADORES	DIA	HORA	PERSONAL
1 y 2	Lunes	08:30 am	Operador de Turno, Auxiliar de Operación y personal de Mantenimiento
3 y 4	Martes		
5 y 6	Miércoles		
7 y 8	Jueves		

- Mantener las carreras de filtración de 50 horas por filtro y no esperar la pérdida de carga, se muestra en la tabla y en la gráfica las carreras de filtración de los meses de estudio las mismas que dieron resultados favorables para poder mejorar las remociones bacteriológicas en los filtros y conseguir un menor consumo de cloro gas para la completa remoción.



Graf: Carreras de Filtración de Marzo a Julio

- Realizar la limpieza de la cámara de contacto y de los tanques de almacenamiento cada seis meses, con la finalidad de mantener la remoción bacteriana del 100%.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carus Chemical Company. Municipal Drinking Water Treatment Pre-Oxidation for Disinfectant by-product Control. Tech Brief Europe disinfection by product 2006.doc.
- ETAPA E.P MEMORIA TECNICA: Estudios y Diseños Finales de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para la Ciudad de Cuenca (Ecuador) II ETAPA.
- ETAPA E.P Programa de Control de Calidad de Agua para Consumo Humano.
- Estándar Método. Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standar Methods) en su última edición. Publicado por la APHA (American Public Health Association), AWWA (American water world Association) y WEF (WaterEveronment Federation) 22 Edición. Método 9222 B
- Método Análisis Microbiológico por Filtración de Membrana del Laboratorio de Calidad de Agua Potable de ETAPA E.P.
- Método Análisis Microbiológico NMP del Laboratorio de Calidad de Agua Potable de ETAPA E.P.
- NORMA INEN 1108:2011 Cuarta Revisión: Agua Potable Requisitos
- Registros Partes Diarios de Operación de la Planta de Tixán (FO-SOAS-PT-PO)
- Registros Controles Diarios de Calidad de la Planta de Tixán (FO-SOAS-PT-CC)
- Registro Control de Consumo de Químicos (FO-SOAS-PT-CCQ)
- Registros Control de Consumo de Polímero (FO-SOAS-PT-CPCP)
- Registros Control de Consumo de Sulfato de Aluminio (FO-SOAS-PT-CPCSA)
- Registros Agua Entregada a Centros de Reserva (FO-SOAS-PT-AECR)
- Registros de Carreras de Filtración (FO-SOAS-PT-CF)
- Singley Edward J, White Clifford Geo. Taller de Internacional sobre Actualización en Desinfección de Agua, Acodal Colombia
- Spellman, frank R. Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operation, 2nd Ed.
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Escuela de Quimicofarmacobiología. Análisis Volumétrico, Oxido-Reducción. Morelia, Michoacán. Enero del 2003.

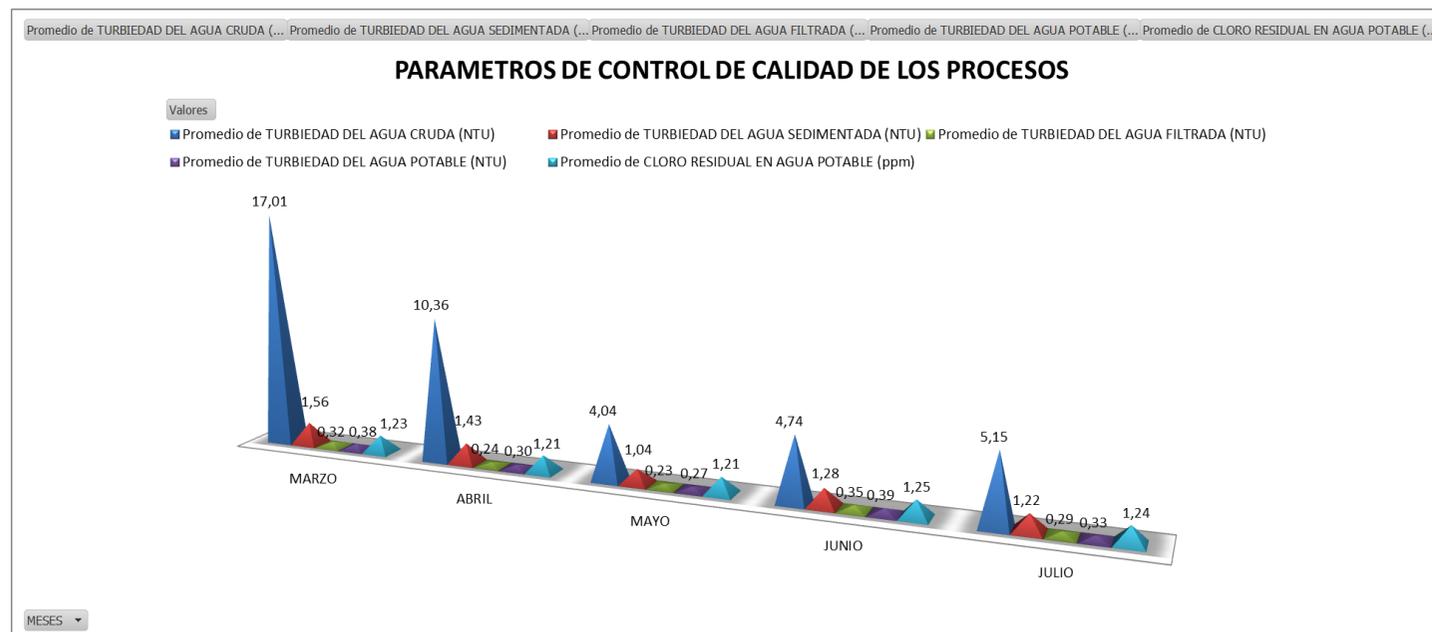
ANEXOS

The word "ANEXOS" is written in a large, bold, sans-serif font. The letters are filled with a light gray color and have a thin black outline. The text is tilted slightly upwards from left to right. Below the main text, there is a faint, semi-transparent shadow of the word "ANEXOS" that appears to be cast onto the surface below.

ANEXOS A1

Tabla de Controles de Calidad del Agua durante los diferentes procesos

MESES	TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA (NTU)	TURBIEDAD DEL AGUA SEDIMENTADA (NTU)	TURBIEDAD DEL AGUA FILTRADA (NTU)	TURBIEDAD DEL AGUA POTABLE (NTU)	CLORO RESIDUAL EN AGUA POTABLE (ppm)
MARZO	17,01	1,56	0,32	0,38	1,23
ABRIL	10,36	1,43	0,24	0,30	1,21
MAYO	4,04	1,04	0,23	0,27	1,21
JUNIO	4,74	1,28	0,35	0,39	1,25
JULIO	5,15	1,22	0,29	0,33	1,24

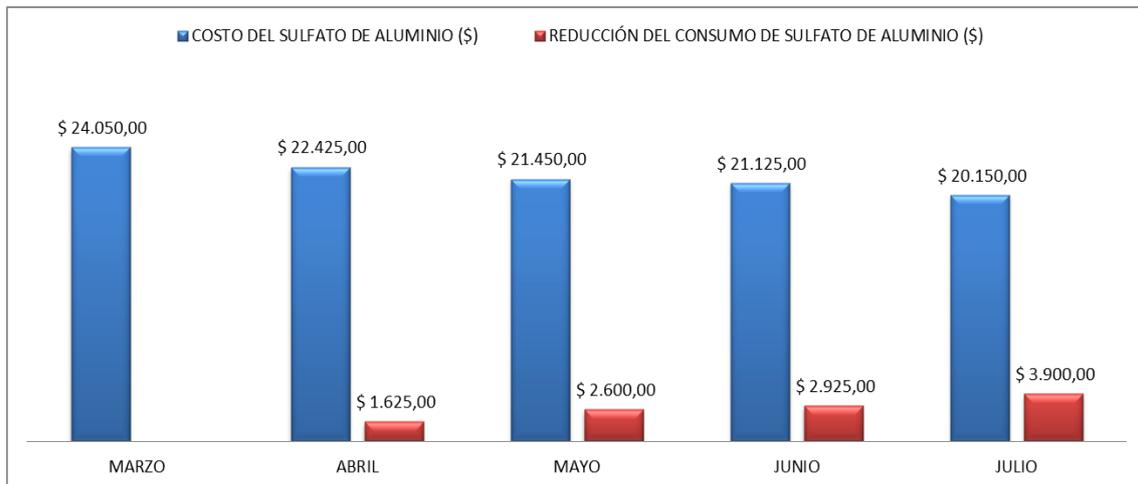


Graf: Parámetros de Control de Calidad de los Procesos

ANEXOS A2

Tablas de consumo y costo de Sulfato de Aluminio

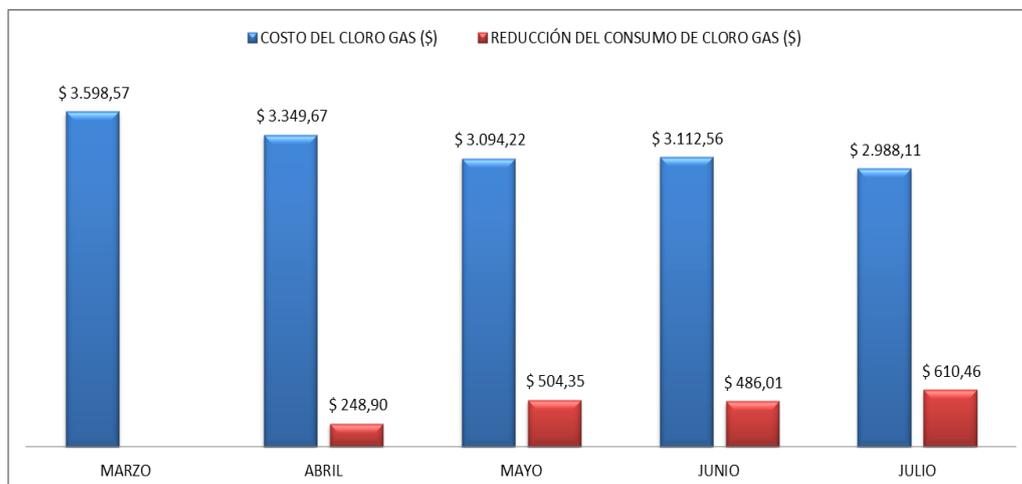
MESES	DOSIS DEL SULFATO DE ALUMINIO (mg/L)	CONSUMO DEL SULFATO DE ALUMINIO (Kg)	REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE SULFATO DE ALUMINIO (Kg)	COSTO DEL SULFATO DE ALUMINIO (\$)	REDUCCIÓN DEL CONSUMO DEL SULFATO DE ALUMINIO (\$)
MARZO	28,87	48100		\$ 24.050,00	
ABRIL	26,76	44850	3250	\$ 22.425,00	\$ 1.625,00
MAYO	25,56	42900	5200	\$ 21.450,00	\$ 2.600,00
JUNIO	25,73	42250	5850	\$ 21.125,00	\$ 2.925,00
JULIO	23,73	40300	7800	\$ 20.150,00	\$ 3.900,00
TOTAL EN Kg			22100	TOTAL EN \$	\$ 11.050,00



Graf: Reducción de costos de sulfato de Aluminio

Tabla de consumo y costo de cloro gas

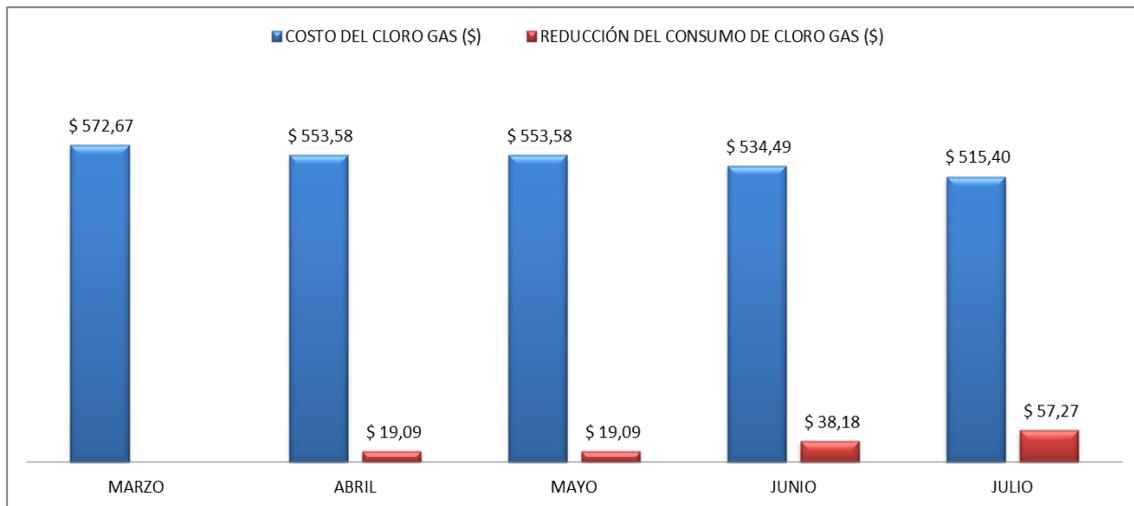
MESES	DOSIS DE DEL CLORO GAS (mg/L)	CONSUMO DE CLORO GAS (Kg)	REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CLORO GAS (Kg)	COSTO DEL CLORO GAS (\$)	REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE CLORO GAS (\$)
MARZO	1,88	2747		\$ 3.598,57	
ABRIL	1,85	2557	190	\$ 3.349,67	\$ 248,90
MAYO	1,74	2362	385	\$ 3.094,22	\$ 504,35
JUNIO	1,73	2376	371	\$ 3.112,56	\$ 486,01
JULIO	1,71	2281	466	\$ 2.988,11	\$ 610,46
TOTAL EN Kg			1412	TOTAL EN \$	\$ 1.849,72



Graf: Reducción de costos de cloro gas.

Tabla de consumo y costo de Polímero

CONSUMO Y COSTO DEL CLORO GAS					
MESES	DOSIS DEL POLIELECTROLITO (mg/L)	CONSUMO DEL POLIELECTROLITO (Kg)	REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE POLIELECTROLITO (Kg)	COSTO DEL POLIELECTROLITO (\$)	REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE POLIELECTROLITO (\$)
MARZO	0,039	56,70		\$ 572,67	
ABRIL	0,038	54,81	1,89	\$ 553,58	\$ 19,09
MAYO	0,037	54,81	1,89	\$ 553,58	\$ 19,09
JUNIO	0,038	52,92	3,78	\$ 534,49	\$ 38,18
JULIO	0,038	51,03	5,67	\$ 515,40	\$ 57,27
TOTAL EN Kg			13,23	TOTAL EN \$	\$ 133,62

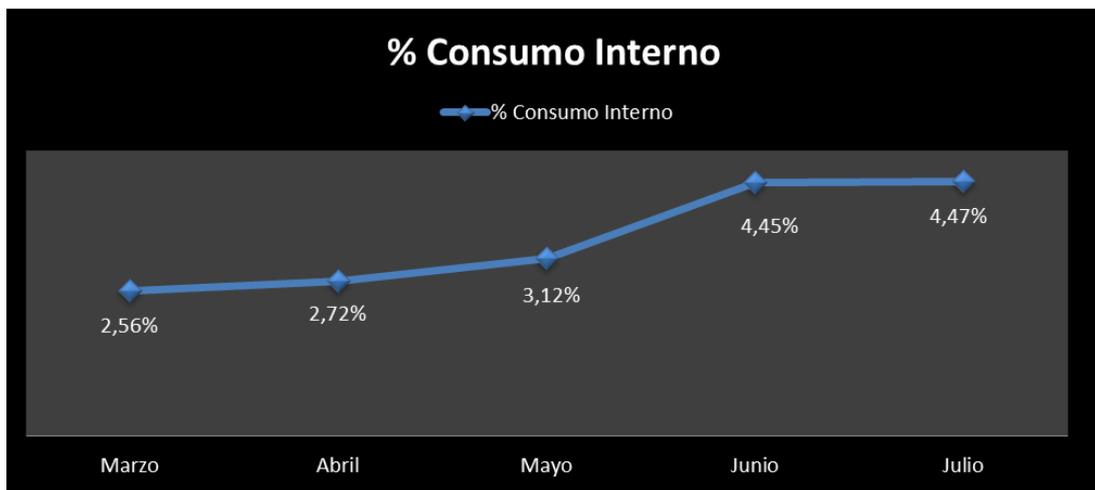


Graf: Reducción de costos de polímero.

ANEXOS A3

Tabla del % de consumo interno de la planta de Tixán

Mes	Caudal de Ingreso	Caudal de Salidas	% Consumo Interno	Volumen Ingresado	Volumen Entregado
Marzo	583,10	568,19	2,56%	1.561.765,70	1.521.830,22
Abril	577,18	561,45	2,72%	1.496.042,65	1.455.284,27
Mayo	578,31	560,24	3,12%	1.548.933,08	1.500.558,29
Junio	570,01	544,66	4,45%	1.477.469,30	1.411.769,61
Julio	572,05	546,46	4,47%	1.532.166,22	1.463.640,81



Graf: Porcentaje de Consumo Interno.