



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUA
PARA EL CANTÓN COLTA (CABECERA CANTONAL)”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

GLENDA SUSANA QUINCHUELA ANDINO

Riobamba-Ecuador

2013

AGRADECIMIENTO

A Dios creador del universo, por ser la luz que ilumino y guio mi camino para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi padre que desde el cielo me guio y a mi madre por ser la inspiración y pilar fundamental en todo momento, por su apoyo incondicional que me ayudaron a ser la persona que soy.

A mis hermanos, hermana y mis sobrinas por saber darme paz y tranquilidad en momentos de angustia y pesimismo mostrando una sonrisa para alegrar mi vida. A mis compañeros de clase por brindarme su amistad, compañerismo y su apoyo en todo momento.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por haberme permitido adquirir conocimientos científicos, técnicos y éticos.

A mí querida FACULTAD DE CIENCIAS donde encontré compañerismo y amistad. Al ilustre municipio de COLTA por brindarme todas las facilidades y confianza para la realización de esta investigación.

Mi agradecimiento especial al Ing. César Ávalos, Director de Tesis y a la Ing. Mónica Andrade Asesor de tesis.

Por último, a todas aquellas personas que de alguna forma han influido, para dar este gran paso, MIL GRACIAS

DEDICATORIA

Estas páginas dedico a la memoria de mi padre, por permitirme ver la luz inclusive cuando todo pareció gris, quien es mi orgullo e inspiración en todo momento de mi vida .A mi madre por ser el pilar fundamental en buenos y malos momentos, por su apoyo moral, ético y económico ayudándome a ser una persona de bien.

A mis hermanos, hermana y sobrinas por saber brindarme su confianza, amor, paz, tranquilidad y brindarme todo su apoyo en momentos difíciles.

A esas personas con las que compartimos muchos momentos gratos y que en situaciones difíciles extendieron su mano para darnos apoyo y juntos salir adelante, a ellos que son como hermanos, AMIGOS y AMIGAS, gracias, por siempre y hasta siempre.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE ING. QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de investigación:

“REDISEÑO DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA PARA EL CANTÓN COLTA (CABECERA CANTONAL)”, de responsabilidad de la Srta. Egresada Glenda Susana Quinchuela Andino ha sido prolijamente revisada por los Miembros del Tribunal de Tesis quedando autorizada su presentación:

HOJA DE FIRMAS

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez
DECANO FAC. CIENCIAS		
Ing. Mario Villacrés
DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA		
Ing. César Ávalos
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. Mónica Andrade
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Tec. Carlos Rodríguez
DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN		

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo GLENDA SUSANA QUINCHUELA ANDINO, soy responsable de las ideas, doctrinas, y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

INDICE DE ABREVIATURAS

g:	Aceleración de la gravedad (m/s ²)
B:	Ancho del canal (m)
Aus:	Ausentes
h _c :	Altura crítica
a	Área transversal requerida de un canal entre bafles
R	Cálculo del radio hidráulico
q:	Caudal por unidad de ancho del vertedero
Q	Caudal total de tratamiento
UTC	Color
CS	Carga superficial
d _f	Distancia entre bafles
L	Distancia total recorrida
l	Espacio libre
e ₁	Espacio libre entre tabiques y pared del tanque
G	Gradiente de velocidad
L _T	Longitud total interior de la cámara de floculación
L _j	Longitud del resalto
L _R	Longitud relativa de sedimentadores
L'	Longitud relativa para la región de transición
L _c	Longitud relativa de sedimentador de tasa alta en flujo laminar
N	Número de canales requerido para floculadores
N _F	Número de filtros totales

F_1	Número de Froude
N_{RE}	Número de Reynolds
H	Pérdida adicional
h	Pérdida de energía en el resalto
h_f	Pérdida por fricción en el tabique
H	Pérdidas totales
pH	Potencial de hidrógeno
h_1	Profundidad antes del resalto
h_2	Profundidad luego del resalto
h_t	Profundidad total del tanque
d	Separación mínima entre tabiques
t_m	Tiempo de mezcla
t_{RC}	Tiempo de retención en las celdas
t_{RT}	Tiempo de retención en el tanque
NTU	Turbiedad
v_0	Velocidad inicial
v_{sc}	Velocidad crítica de asentamiento
v_m	Velocidad media
v_1	Velocidad de entrada al resalto
v_2	Velocidad de salida del resalto
V	Volumen de agua a mezclar cada 30 min

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA	3
HOJA DE FIRMAS	4
HOJA DE RESPONSABILIDAD	5
RESUMEN	i
SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	v
ANTECEDENTES	iv
JUSTIFICACIÓN	v
OBJETIVOS	7
CAPITULO I.....	8
1.1 EL AGUA	9
1.1. DEFINICION	9
1.2. FUENTES.....	10
1.3. TIPOS DE AGUA	11
1.3.1. PROPIEDADES FISICO - QUIMICO DEL AGUA	11
1.3.1.1. Propiedades Físicas Del Agua.....	11
1.3.1.2. Propiedades Químicas Del Agua	12
1.3.2. CALIDAD DEL AGUA	13
1.3.3. CONTAMINACION DEL AGUA	16
1.3.3.1. Contaminantes Directos	18
1.3.3.2. Contaminantes Indirecto.	18
1.3.4. PURIFICACION DEL AGUA.....	18
1.3.4.1. Potabilización.....	19
1.4. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	20
1.4.1. MUESTREO.....	21
1.4.2. CONDICIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	21
1.4.3. TRANSPORTE.....	22
1.5. ANÁLISIS FÍSICOS.....	22

1.6.	ANÁLISIS QUÍMICOS.	23
1.7.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	26
1.7.1.	Esterilización.	26
1.7.1.1.	Esterilización por calor seco.	26
1.7.1.2.	Esterilización por calor húmedo.....	26
1.7.1.3.	Desinfección de superficies.....	27
1.7.2.	MICROORGANISMOS INDICADORES.....	27
1.7.3.	RECuento DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESÓFILOS.	28
1.7.4.	RECuento DE COLIFORMES.	28
1.8.	SISTEMA DE POTABILIZACIÓN.....	29
1.8.1.	DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD.....	29
1.8.1.1.	TOPOGRAFIA Y CLIMA.	29
1.8.1.2.	SERVICIOS EXISTENTES.....	29
1.8.1.3.	RIESGOS NATURALES.....	30
1.8.1.4.	CAUDALES DE LAS FUENTES AGUA.....	30
1.8.1.5.	SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTUAL.....	30
1.8.1.5.1.	Captación del Agua.....	30
1.8.1.5.2.	Conducción.....	31
1.8.1.5.3.	Planta de tratamiento.....	31
1.8.1.5.4.	Filtración.....	31
1.8.1.5.5.	Tanque de tratamiento.....	31
1.9.	REDISEÑO DEL AGUAS SUBTERRANEAS.....	31
1.9.1.	SISTEMAS DE CAPTACIÓN.....	31
1.9.1.1	Captación en embalses.....	32
1.9.1.2.	Captación en ríos.....	33
1.9.2.	SISTEMA DE CONDUCCIÓN.....	33
1.9.2.1	Conducciones por gravedad.....	33
1.9.2.2	Conducción forzada.....	33
1.9.3.	DOSIFICACION DE PRODUCTOS QUÍMICOS.....	34
1.9.4.	MEZCLA RAPIDA.....	35
1.9.4.1.	Mezcladores Rápidos Mecánicos.....	37
1.9.4.2.	Mezcladores Rápidos Hidráulicos.....	37

1.9.4.2.1.	Ecuaciones de diseño para mezcladores hidráulicos.	38
1.9.5.	FLOCULACION.	40
1.9.5.1.	TIPOS DE FLOCADORES.	41
1.9.5.1.1.	Ecuaciones de diseño para floculadores hidráulicos de flujo horizontal.	43
1.9.6.	SEDIMENTACION.	45
1.9.6.1.	TIPOS DE SEDIMENTACIÓN.	46
1.9.6.1.1.	Ecuaciones de diseño para sedimentadores de tasa alta.	47
1.9.7.	FILTRACION.	50
1.9.7.1.	TIPOS DE FILTROS.	51
1.9.7.2.	SISTEMAS DE FILTRACIÓN.	52
1.9.7.3.	Ecuaciones de diseño de filtros.	54
1.9.8.	DESINFECCIÓN.	54
CAPÍTULO II.	57
GENERALIDADES	57
2.	CARACTERIZACION DEL AGUA	58
2.1.	MUESTREO.	58
2.1.1.	LOCALIZACION DE LA INVESTIGACION.	58
2.1.2.	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	59
2.1.3.	PLAN DE TABULACIÓN Y NÁLISIS.	59
2.2.	METODOLOGIA.	60
2.2.1.	METODOLOGÍA DE TRABAJO.	60
2.2.2.	TRATAMIENTOS DE MUESTRAS.	60
2.2.3.	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.	60
2.2.3.1.	Equipos:.....	60
2.2.3.2.	Materiales:	61
2.2.3.3.	Reactivos:.....	61
2.2.4.	METODOS Y TECNICAS.	62
2.2.4.1.	METODOS	62
2.2.4.2.	TECNICAS	63
2.3	DATOS EXPERIMENTALES	77
2.3.1.	DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA.	77
2.3.1.1.	CAPTACIÓN.	77

2.3.1.2.	PREFILTROS.....	78
2.3.1.3.	FILTROS	78
2.3.1.4.	CASETA DE CLORACIÓN	79
2.3.1.5.	TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	79
2.3.2.	DATOS EXPERIMENTALES.....	79
2.3.2.1.	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS CAPTADA Y TRATADA	79
CAPÍTULO III.....		91
3.	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	92
3.1.	DATOS ADICIONALES	93
3.1.1.	PRUEBAS DE JARRAS UTILIZANDO SULFATO DE ALUMINIO.	93
3.2.	CÁLCULOS DE INGENIERÍA.....	97
3.2.1.	CALCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR	97
3.2.2.	CALCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE FLOCULADOR	99
3.2.3.	CALCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE SEDIMENTADOR	101
3.2.4.	CALCULO DEL FILTRO DE SEDIMENTOS.....	103
3.3.	RESULTADOS	106
3.3.1.	TANQUE HOMOGENIZADOR (MEZCLA RÁPIDA HIDRAULICA).....	106
3.3.2.	TANQUE FLOCULADOR HIDRÁULICO	107
3.3.3	SEDIMENTADOR DE TASA ALTA	108
3.3.4.	FILTROS	109
3.4.	PROPUESTA	110
3.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	111
3.4.1	PARÁMETROS FÍSICO–QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	111
3.4.2	PRUEBA DE JARRAS	115
CAPÍTULO IV.....		117
4.1.	CONCLUSIONES.....	117
4.2.	RECOMENDACIONES	119

INDICE DE TABLAS

Tabla		Pp.
1.3.2-1	Calidad microbiológica del agua	13
1.2.1-1	Numero de muestras para análisis bacteriológico	20
1.3.1.4-1	Caudales actuales de las fuentes de agua cantón Colta	28
1.3.2.6.1.1-1	Cargas superficiales típicas	45
2.2.4.2-1	Potencial de hidrogeno pH	59
2.2.4.2-2	Conductividad	60
2.2.4.2-3	Turbidez	61
2.2.4.2-4	Alcalinidad total	62
2.2.4.2-5	Dureza total	63
2.2.4.2-6	Color	64
2.2.4.2-7	Sólidos totales disueltos	65
2.2.4.2-8	Hierro	66
2.2.4.2-9	Cloruros	67
2.2.4.2-10	Nitritos y Nitratos	68
2.2.4.2-11	Aluminio	69
2.2.4.2-12	Calcio	70
2.2.4.2-13	Sulfatos	71
2.2.4.2-14	Arsénico	72
2.2.4.2-15	Flúor	73
2.3.2.1.1-1	Análisis físico-químico y bacteriológico del agua a la entrada de la Planta Rio Dique	76

2.3.2.1.2-1	Análisis físico-químico y bacteriológico del agua a la entrada de la Vertiente de Guacona	78
2.3.2.1.3-1	Análisis físico-químico y bacteriológico del agua a la entrada Vertiente de Cunugpogio	80
2.3.1.1.4-1	Análisis físico-químico y bacteriológico del agua a la entrada Vertiente de Compania	82
2.3.1.1.5-1	Análisis físico-químico y bacteriológico del agua cruda y tratada actualmente.	84
3.1.1-1	Prueba de jarras del cantón Colta Semana 1	88
3.1.1-2	Prueba de jarras del cantón Colta Semana 2	88
3.1.1-3	Prueba de jarras del cantón Colta	89
3.1.2-1	Análisis físico-químico y bacteriológico del agua cruda y tratada De la planta propuesta.	90
3.2.1-1	Resultado de mezcla rápida	99
3.2.2-1	Resultados floculadores hidráulicos	100
3.2.3-1	Resultados sedimentadores	101
3.2.4-1	Resultados filtros	102

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figuras		Pp
3.2.4-a	Tipos de mezcladores.	33
3.2.4-b	Movimiento de paletas en mezcladores.	34
3.2.7.1-1	Filtración	47
3.2.7.2-1	Dirección del flujo en un filtro	49
3.2.7.2-2	Tipos de lechos filtrantes	50

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación		Pp
3.2.4.2.1-1	Para distancia óptima de adición de coagulante.	35
3.2.4.2.1-2	Para determinación de profundidad crítica.	36
3.2.4.2.1-3	Para la aceleración (caudal/ ancho del vertedero)	36
3.2.4.2.1-4	Para la profundidad del agua en la sección 1	36
3.2.4.2.1-5	Para las profundidades antes y después del resalto.	36
3.2.4.2.1-6	Para el cálculo del número de Froude.	36
3.2.4.2.1-7	Para velocidad.	36
3.2.4.2.1-8	Para velocidad.	36
3.2.4.2.1-9	Para pérdida de energía en el resalto.	37
3.2.4.2.1-10	Para resalto estable.	37
3.2.4.2.1-11	Para tiempo de mezcla.	37
3.2.4.2.1-12	Para velocidad media.	37
3.2.4.2.1-13	Para gradiente de velocidad.	37
3.2.5.1.1-1	Numero de colisiones por tiempo	40
3.2.5.1.1-2	Para pérdidas totales	40
3.2.5.1.1-3	Para pérdidas por fricción	41
3.2.6.1.1-1	Para el tiempo de retención	45
3.2.6.1.1-2	Para el volumen del tanque de sedimentación	45
3.2.6.1.1-3	Número de Reynolds	46
3.2.6.1.1-4	Para el tiempo de retención	46
3.2.7.3-1	Para el número de filtros	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Pp.
A	Resultado de la caracterización físico – química y microbiológica del agua cruda	116
B	Resultado de la caracterización físico – química y microbiológica del agua cruda	117
C	Resultado de la caracterización física – química y microbiológica del agua distribuida actualmente.	118
D	Resultado de la caracterización física – química y microbiológica del agua tratada.	119
E	Esquema de la ubicación de las captaciones	120
F	Costos estimativos para la construcción del sistema de tratamiento propuesto	121
G	Costos estimativos para la construcción del sistema de tratamiento propuesto	122
H	Sistema actual de tratamiento	123
I	Sistema propuesto para tratamiento aplicado el rediseño	124
J	Norma técnica INEN 1108	125

RESUMEN

Se rediseño la planta de tratamiento de agua potable “CANTON COLTA” Cabecera cantonal, pretendiendo así la implementación de nuevas estructuras en el sistema de tratamiento para mejorar la calidad, mediante la evaluación del sistema de tratamiento existente.

Con el método deductivo e inductivo: se diagnosticó problemas causados por la calidad del agua, con el método experimental se realizó mediante la caracterización físico-químicos y microbiológicos del agua de las diferentes fuentes antes y después del tratamiento durante 3 semanas en diferentes condiciones climáticas, utilizando métodos y técnicas basados en el Estándar Methods en el laboratorio de aguas del cantón, se utilizó equipos portátiles de medición de color y turbiedad para realizar análisis in situ.

Los resultados promedios del análisis del agua actual arrojaron Color =15.67 UTC, Turbiedad= 5.12 NTU, Dureza= 276.80mg/L, Fósforo= 0.57mg/L los mismos indican que la calidad del agua de salida no cumple con los requerimientos de la normativa establecida, lo permitieron establecer que el rediseño constará de: un canal de mezcla rápida con velocidad de entrada al resalto= 3.22m/s, longitud del resalto $L_j = 1.14\text{m}$; tiempo de mezcla $t_m = 0.786\text{ s}$. Canal de floculación hidráulica con una distancia total recorrida $L = 300\text{ m}$ y un volumen de agua a mezclar cada 25 min = 33.75m^3 . Un sedimentador de tasa alta con una carga superficial $CS = 155.52\text{ m/día}$ y un tiempo de retención en el tanque $t_{RT} = 28\text{ min}$. Y finalmente la implementación de 3 filtros rápidos para un caudal total de tratamiento $Q = 1944\text{ m}^3/\text{día}$.

De la implementación de este sistema a través de pruebas piloto se concluye mediante

resultados del agua tiene las siguientes características: Color =2.5 UTC, Turbiedad= 0.82 NTU, Dureza= 196 mg/L, Fósforo= 0.063mg/L, determina que están dentro de la normativa 1108 del agua potable alcanzando mejorar la calidad del agua del cantón Colta.

Por lo que se recomienda a las autoridades del Cantón Colta de turno, la construcción de las nuevas estructuras propuestas para mejorar así el sistema de tratamiento y brindara a la población agua de calidad que cumpla con la norma NTE INEN 1108 para agua potable.

SUMMARY

It was redesigned the drinking water treatment plant "CANTON COLTA" (cantonal header) proposing the implementation of new structures in the system of treatment for improving the quality, through the evaluation of the existing system.

It was used the deductive method to diagnose problems caused by the quality of the water, also the experimental method for the physicochemical and microbiological characterization of the water of the different sources before and after treatment for three weeks in different climatic conditions using methods and techniques based on the standard methods in the laboratory of waters of the canton, there were used portable equipments of measurement of color and turbidity to perform in situ analyzes.

The average results of the current water analysis threw Color = 15.67 UTC, Turbidity = 5.12 NTU, Hardness = 276.80mg/L, Phosphorus = 0.57mg/L. The same ones indicate that the exit water quality does not comply with the requests of the established regulation, what allowed to establish that the redesign will consist of a channel of fast mixing with speed of entry to the ledge = 3.22m/s, length of the ledge $L_j = 1,14\text{m}$; miscellany time $t_m = 0.786\text{ s}$. Channel of hydraulic flocculation with a covered entire distance $L = 300\text{ m}$ and a water volume to be mixed every 25 min = 33.75m³. A sedimentation tank of high valuation with a superficial load $CS = 155.52\text{ m} / \text{day}$ and a retention time in the tank $t_{RT} = 28\text{ min}$. And finally the implementation of 3 rapid liters for an entire treatment wealth $Q = 1944\text{ m}^3 / \text{day}$.

Of the implementation of this system through pilot tests it is concluded that they have the characteristics of the water: Color = 2.5 UTC, Turbidity = 0.82 NTU, hardness = 196 mg / L, Phosphorus = 0.063 mg/L, which determines that they are inside the regulation 1108 of the drinking water, getting to improve the water quality of the Canton Colta.

INTRODUCCIÓN

El cantón Colta en constante crecimiento dedicada a la actividad agropecuaria, comercial y turística se encuentra situada en una altitud promedio de 3.212msmn en la parte noroccidental de la Provincia de Chimborazo, a 18 Km de la ciudad de Riobamba, con una temperatura media es de 12 °C. El suministro de agua para esta población es uno de los más importantes ya que de una buena calidad de agua depende la salud de la misma.

En la zona mencionada se encuentra ubicada la planta de tratamiento de agua potable del mismo nombre que dota de este preciado recurso a la mayoría de habitantes de la zona el agua que se potabiliza es agua superficial proveniente de vertientes de este mismo cantón que se dirige hasta el interior de la planta mediante tubería de asbesto-cemento, posee de pre filtros, tres filtros lentos de arena un tanque de cloración en donde se suministra cloro por goteo, el mismo tanque es de almacenamiento de agua potable. El caudal máximo de 22 .5L/s que se trata en la planta se captan en el tanque de almacenamiento donde se mezcla con aproximadamente 6 L/s que son bombeados desde la vertiente Cunugpogio.

El caudal total oscila entre 28 L/s se distribuyen a toda la población que cuenta con el servicio.

El rediseño del sistema de tratamiento pretende implementar nuevas estructuras para realizar un mejor proceso de potabilización; de este modo se garantizaría a la población un suministro adecuado para el consumo cumpliendo la norma técnica de calidad NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión Agua Potable Requisitos.

ANTECEDENTES

Colta es un cantón de la Provincia de Chimborazo. Se encuentra ubicada en la parte noroccidental de la Provincia de Chimborazo, a 18 Km de la ciudad de Riobamba, con una temperatura media es de 12 °C, Está formada por dos parroquias urbanas Cajabamba y Sicalpa denominadas Villa La Unión y cuatro parroquias rurales.

En el cantón Colta, la utilización de agua entubada se beneficiaban gracias a los gobernantes en turno, la cual suministraban a la cabecera cantonal mediante el sistema de tuberías de dos vertientes, pero estos no abastecían las necesidades totales de consumo de agua de la cabecera cantonal ya que existen más de 3000 habitantes.

Por lo que en años posteriores concesionaron la obtención de dos nueva vertientes de agua que tienen un caudal aproximado de 25 L/ s en total que nacen en los cerros la Compañía y Guacona pertenecientes a la parroquia Sicalpa, cantón Colta, Provincia de Chimborazo, aguas que luego de un recorrido desembocan en un tanque.

El cantón Colta cuenta con un sistema dedicado a la desinfección del agua para consumo humano, cuya función básica es reducir la contaminación del agua antes de ser vertidas por el sistema de tubería, para que no causen daños a la salud (el sistema consta de captación del agua de las vertientes de Guacona , La Campania, Cunucpogio que se une con el agua del riachuelo Dique , conducción por gravedad y por bombeo, filtración a la llegada del agua , tanque de desinfección, tanque de distribución, este sistema esta en funcionamiento mas de 40 años). Actualmente no se han hecho ningún estudio técnico del sistema de potabilización de agua.

JUSTIFICACIÓN

El agua apta para el consumo humano es aquella que no se encuentra contaminada y que su consumo no cause alteraciones en el organismo, por lo tanto esta agua debe ser potable cumpliendo los parámetros establecidos según la NORMA INEN de Técnicas para el análisis de Agua.

El agua de las vertientes utilizadas por el Cantón Colta(Cabecera Cantonal) es captada , filtrada y desinfectada pero no potabilizada a pesar de ello es distribuida en el sector para uso doméstico y demás, Con esta intención trata de mejorar estas condiciones mediante el rediseño del sistema de potabilización de agua para el Cantón, propiciando con esto la calidad de agua apta para el ser humano con el fin de mejorar la calidad de vida de las familias de este sector, así como también la salud de cada una de las personas.

La constante tendencia de los procesos hacia la mejora de la calidad y las necesidades del cantón de contar con un suministro de excelentes características justifica la importancia del desarrollo de este tema de tesis ya que en la planta de tratamiento “ CANTON COLTA (CABECERA CANTONAL)” no se han realizado investigaciones de esta índole, siendo este el primer estudio que ofrece una reingeniería del sistema de agua potable con la implementación de nuevas estructuras como mezcladores rápidos, floculadores, sedimentadores, filtros rápidos que aporten al mejoramiento además de preparar a la planta para el crecimiento de dicha población produciendo agua que cumpla con las normas de calidad INEN que son las que rigen nuestro medio.

Tomando en cuenta estas consideraciones la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Colta apoya y facilita los estudios para el rediseño de la Planta de

tratamiento de Agua Potable “CANTON COLTA (CABECERA CANTONAL)” a través del diagnóstico del estado actual y poder establecer los posibles cambios e implementaciones al sistema de tratamiento de agua.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

- Rediseñar el Sistema de Potabilización del agua para el Cantón Colta (Cabecera cantonal).

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Efectuar el diagnóstico del estado actual de la Planta.
- Determinar el caudal máximo de tratamiento de la Planta.
- Caracterizar cada una de las fuentes de abastecimiento y el agua que se consume actualmente mediante el análisis físico- químico y bacteriológico.
- Realizar los Cálculos de Ingeniería para el rediseño del sistema de tratamiento para potabilizar el agua de vertientes y realizar el respectivo dimensionamiento de dicho sistema.
- Caracterizar el agua después del tratamiento propuesto mediante el análisis físico- químico y bacteriológico y comprobar la calidad del agua basándose en los requerimientos señalados en la norma INEN

CAPITULO I

PARTE TEÓRICA

CAPITULO I

1. IEL AGUA

1.1. DEFINICION

Según la química inorgánica el agua nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H₂O. En 1781 el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire. Sin embargo, los resultados de este experimento no fueron interpretados claramente hasta dos años más tarde, cuando el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto de oxígeno e hidrógeno.

Estado Natural

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, o sea, sólido, líquido y gas. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gas, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes. El agua está presente también en la porción superior del suelo, en donde se adhiere, por acción capilar, a las partículas del mismo. En este estado, se le denomina agua ligada y tiene unas características diferentes del agua libre.

Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que

abastecen a pozos y manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.

El Agua en la Vida

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. El protoplasma, que es la materia básica de las células vivas, consiste en una disolución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares en agua. El agua actúa como disolvente transportando, combinando y descomponiendo químicamente esas sustancias. La sangre de los animales y la savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que sirve para transportar los alimentos y desechar el material de desperdicio.

Agua potable

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, y que satisface las características físicas, químicas, bacteriológicas, biológicas y radiológicas que establece la autoridad sanitaria competente con sus correspondientes normas y que abastece una población.

1.2. FUENTES.

El cantón Colta cuenta fuentes de agua subterránea y superficial. El agua esta presente en la porción superior del suelo, en forma de arroyos, ríos, lagunas, por su exposición directa al ambiente tiende a cambiar sus propiedades en función de la variación climática.

El agua superficial por acción capilar puede adherirse a las partículas del suelo. En este estado se denomina agua ligada y tiene características diferentes del agua libre. Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos, vertientes y manantiales, manteniendo el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.

1.3. TIPOS DE AGUA

Según la cantidad y tipos de sales minerales presente, el agua puede ser:

Aguas Duras.- Son aquellas que poseen importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco solubles, principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.

Aguas Blandas.- Su composición principal está dada por sales minerales de gran solubilidad.

Aguas neutras.- Compone su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no alteran sensiblemente el valor del pH.

Aguas alcalinas.- Son aquellas que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, las que proporcionan al agua reacción alcalina elevando el valor de pH.

1.3.1. PROPIEDADES FISICO - QUIMICO DEL AGUA

1.3.1.1. Propiedades Físicas Del Agua.

- Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- Color inodora
- Sabor insípida
- Olor inodora
- Densidad: 1 g./c.c. a 4°C
- Punto de congelación: 0°C
- Punto de ebullición: 100°C
- Presión crítica: 217,5 atm.
- Temperatura crítica: 374°C

1.3.1.2. Propiedades Químicas Del Agua

- Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- Color inodora
- Sabor insípida
- Olor inodora
- Densidad: 1 g./c.c. a 4°C
- Punto de congelación 0°C.
- Reacciona con los óxidos ácidos.
- Reacciona con los óxidos básicos

- Reacciona con los metales
- Reacciona con los no metales
- Se une en las sales formando hidratos.

1.3.2. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del depende directamente del uso al cual se designe el agua; así en general se acepta que el agua es proporcionada para uso doméstico debe ser clara, agradable al gusto, no corrosiva, exenta de organismo que produzcan infección intestinal, etc. Es decir el agua de consumo humano debe cumplir ciertos requerimientos para su distribución, los mismos que están estipulados en las normas correspondientes.

Según la American Public Health Association Standart Methods for the examination of water and wastewaters, desde el punto de vista sanitario se tiene la siguiente clasificación:

Tabla 1.3.2-1 Calidad microbiológica del agua

CALIDAD DEL AGUA	Número de gérmenes ml
Excesivamente pura	0 a 10
Muy Pura	10 a 100
Pura	100 a 1000
Mediamente Pura	1000 a 10.000
Impura	10.000 a 100.000
Muy Impura	Más de 100.000

FUENTE: Ing. Marco Yépez. MIDUVI - QUITO

Para especificar la calidad del agua debe hacerse primero una evaluación sensorial, ya que el sabor, olor, color pueden ser indicios de contaminación. En el caso del agua de consumo humano, la mayoría de las quejas de los consumidores se relaciona con su sabor, olor, color, lo que determina en gran medida la aceptabilidad de un tipo de agua en particular.

La calidad del agua varía de acuerdo al tipo y cantidad de sustancia presentes en la misma, así tenemos.

Cloruros.- La concentración de iones cloruros es de 200 – 300 mg/L; cuando es superior proporciona sabor desagradable al agua, además corroe los metales en el sistema de distribución, especialmente el agua de escasa alcalinidad y el tratamiento no elimina el cloruro existente en el agua.

Nitrilos y nitratos.- Los nitritos pueden descomponerse en presencia de bacterias talofíticas ³, convirtiéndose en NO₂ que luego se oxida a NO₃. Se admite concentraciones en trazas, pero en la actualidad ningún valor es permisible debido a su nocividad.

Nitrógeno Amoniacal.- La presencia de grandes cantidades indica generalmente una contaminación reciente por materia orgánica en descomposición, siendo viable una contaminación bacteriológica. El amoníaco favorece la proliferación de ciertas bacterias que otorga olores desagradables.

Dureza.- Es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición.

Bicarbonatos y carbonatos.- Estos iones constituyen los componentes alcalinos principales de casi todas las fuentes de agua, y son las que caracterizan la alcalinidad.

Oxígeno disuelto.- Las aguas subterráneas son generalmente pobres en oxígeno disuelto, esta ausencia no puede considerarse como contaminación, ya que el oxígeno contenido en el inicio del recorrido subterráneo ha podido tomar parte en un proceso de autodepuración natural. En estos casos se hace necesario airear el agua antes de su utilización.

Hierro.- La presencia de hierro en el agua es siempre perjudicial, aunque su contenido sea pequeño, ya que se precipita en contacto con el oxígeno del aire, en

forma de floculos rojizos que enturbian el agua y ensucian la ropa. El agua debe poseer máximo 0.3 mg/L, cuando excede este límite se forma un precipitado color pardo rojizo y proporciona sabor desagradable.

Fosfatos.- El mayor problema de existencia de fosfatos en el agua es que ayudan a la proliferación de organismos, especialmente algas; en los sistemas de tuberías.

Sulfatos.- Concentraciones mayores a 4000 mg/L afectan el sabor de las aguas, además esta agua tiene un efecto laxante y más aún cuando está acompañado de magnesio.

Sólidos totales disueltos.- Están constituidos fundamentalmente por sustancias inorgánicas, las principales son calcio, magnesio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Su principal efecto es en el sabor y su concentración debe ser inferior a 600mg/L.

Sustancias orgánicas.- Su presencia produce olores desagradables en el agua, incluso el mal olor producido puede ser un indicativo de aumento en la actividad biológica.

1.3.3. CONTAMINACION DEL AGUA

La contaminación no es más que la alteración en la composición de la atmosfera del agua o del suelo, por todos aquellos materiales extraños y por algunos no extraños que por las excesivas emisiones comienzan a detectarse o aumentar su concentración. En condiciones normales los ríos pueden auto-depurarse; las aguas arrastran los desechos hacia los océanos, las bacterias utilizan el oxígeno disuelto en

las aguas y degradan los compuestos orgánicos, que a su vez son consumidas por los peces y las plantas acuáticas devolviendo el oxígeno y el carbono a la biosfera. A medida que la humanidad va progresando, esto se hace cada vez más difícil. Diariamente se acumulan residuos productos de la lluvia, de actividades naturales y de todas las muestras actividades en el hogar, el comercio, en fábricas, talleres, actividades agrícolas y ganaderas.

La contaminación del agua se produce por:

La erosión del suelo constituye un factor importante en la contaminación del agua en especie en épocas de lluvia, ya que se incrementa la cantidad de sólidos suspendidos.

Descarga de aguas municipales, eliminación de residuos industriales, microorganismos patógenos o productores de enfermedades.

Aplicación descontrolada de productos químicos al suelo (pesticidas nitratos y fosfatos usados como abonos de plantas, sedimentos sólidos erosionados del suelo, etc.), que más tarde son arrastrados por el agua.

Agregado de combustibles, aceites, sustancias nucleares o insecticidas a las aguas. El manejo indebido del desperdicio animal puede tener un efecto serio en los pozos y en la calidad de nuestra agua potable, si el estiércol no es manejado apropiadamente, existe una mayor posibilidad de que los contaminantes y las bacterias entren en las fuentes de agua subterránea. La aplicación de estiércol en el riego de tierras de cultivo con fertilizante conteniendo nitrógeno y otros nutrientes cerca de arroyos o cunetas, da un gran potencial para que los contaminantes se

filtren dentro de las fuentes o corrientes de agua subterránea. Según la FAO (1981), los contaminantes según su efecto se pueden dividir en dos grupos principales:

1.3.3.1. Contaminantes Directos

Estos contaminantes tienen efectos bien definidos y nocivos en las poblaciones de organismos acuáticos. Este grupo abarca los contaminantes térmicos y químicos tóxicos que pueden degradarse fácilmente, como el fenol o las sustancias tóxicas persistentes y posiblemente bioacumulativa, tales como plaguicidas clorados orgánicos.

1.3.3.2. Contaminantes Indirecto.

Estos contaminantes son capaces de modificar el medio ambiente acuático de un modo que afecta perjudicialmente a la flora y fauna. Este grupo incluye las sustancias sólidas, orgánicas o inorgánicas, no tóxicas que pueden quedar en suspensión y que por ello estorban la penetración de la luz y que en consecuencia la acción fotosintética de las algas, o bien puede sedimentarse, con lo cual afectan a los seres bentónicos⁴, y las aguas residuales con elevada demanda bioquímica de oxígeno, que son la causa de que en el medio haya bajas concentraciones de oxígeno.

1.3.4. PURIFICACION DEL AGUA.

Considerando que el agua tiene una doble acción sobre la salud del hombre ya que en condiciones normales disminuye la posibilidad de contraer enfermedades, y aleja

los materiales excrementicios y residuales. La purificación del agua se ha convertido en una técnica delicada y complicada.

1.3.4.1. Potabilización.

La calidad del agua potable es un problema fundamental de salud pública, el problema consiste en la contaminación del agua por los escapes de sustancias tóxicas que penetran en los sistemas de distribución del agua y en el intenso empleo de agentes purificadores, como el cloro, a ello se añaden algunos flagelos milenarios derivados de enfermedades transmitidas por el agua como el cólera y la fiebre tifoidea. El agua que nos proporciona, en sus distintas formas, la naturaleza, no reúne los requisitos para ser consumida por el ser humano debido a la contaminación. Para lograr la calidad de agua potable se realizan procesos de purificación, a los que se les denomina potabilización. Entre los métodos más utilizados de purificación de agua potable tenemos:

La filtración o la decantación, es indispensable si hay arrastres de barros o limos.

El ablandamiento, tiene como objeto evitar la presencia de sales de calcio y magnesio, responsables de las incrustaciones. Las aguas duras pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua.

La desmineralización, evita un elevado contenido en sales disueltas; algunos métodos tienen fines específicos, como evitar la presencia de sílice, hierro o manganeso, etc.

La desgasificación, elimina gases disueltos, generalmente oxígeno y anhídrido carbónico, que producirán corrosiones.

La cloración, elimina la mayor cantidad de microorganismos presentes.

Para las impurezas suspendidas y disueltas en el agua natural, los materiales indeseables, orgánicos e inorgánicos, se extraen por métodos de criba y sedimentación que eliminan los materiales suspendidos. Otro método es el tratamiento con ciertos compuestos, como el carbón activado, que eliminan los sabores y olores desagradables.

En la ventilación o saturación de agua con aire, se hace entrar el agua en contacto con el aire de forma que se produzca la máxima difusión; esto se lleva a cabo normalmente en fuentes o piscinas de ventilación, esparciendo agua en el aire. La ventilación elimina los olores y sabores producidos por la descomposición de la materia orgánica, al igual que los desechos industriales como los fenoles, y gases volátiles como el cloro.

El método a utilizar en la purificación de un agua determinada depende básicamente de las características del agua cruda. La selección del proceso generalmente se lo realiza en base a la experiencia, considerando los posibles efectos que sufrirá la misma (anexo)

1.4. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.

1.4.1. MUESTREO.

El muestreo consiste en separar un número determinado de muestras de un lote para obtener resultados analíticos fiables, estos deben ser representativos para que los resultados sean significativos desde el punto de vista estadístico.

El número necesario de muestras que debe examinarse puede estar indicado en programas de muestreo preestablecidas para determinados productos, para agua de consumo humano se tienen las siguientes especificaciones:

TABLA 2. 1-1 NÚMERO DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.

Número de habitantes	# mn. muestras/mes
6701 – 7600	8
7601 – 8500	9
8501 – 9400	10
9401 – 10300	11
10301 – 11100	12
11101 – 12000	13
12001 – 12900	14
12901 – 13700	15
13701 – 14600	16
14601 – 15500	17
15501 – 16300	18

FU

ENTE: NTE INEN 1108 (primera revisión)

1.4.2. CONDICIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS.

La toma de muestra debe hacerse en condiciones tales que evite la alteración de sus características y/o el crecimiento de microorganismos durante el transporte,

almacenamiento o manipulación. Los parámetros a considerar en el momento de tomar una muestra de agua son el pH, temperatura, y, hora de muestreo.

La cantidad de muestra debe ser por lo general el doble de lo necesario y como mínimo es 2 L para análisis físico químico o 100 ml para el análisis microbiológico por triplicado. Los recipientes para la toma de muestras deben ser de vidrio o plástico autoclavables de boca ancha y deben estar limpios secos y estériles.

1.4.3. TRANSPORTE.

Una vez que se tienen las muestras, estas se rotulan y empaquetan apropiadamente para evitar su ruptura o deterioro, así las bocas de los envases deben sellarse con cinta adhesiva o para film, luego envolver en papel aluminio asegurar con ligas de goma en los dos extremos, llevar al laboratorio cuando se necesita un lapso de tiempo largo debe transportarse con hielo.

1.5. ANÁLISIS FÍSICOS.

Temperatura Y pH.

En lo posible deben medirse en el lugar de muestreo, de no ser posible debe medirse el momento en el que la muestra llega al laboratorio.

Conductividad.

Es un indicativo de la cantidad de sales metálicas que tiene el agua, esta relacionado directamente con la cantidad de sólidos en el agua.

Turbiedad.

La turbiedad está relacionada con la presencia de materias en suspensión y nos da una idea el contenido de materias coloidales de origen mineral u orgánico. Las

unidades de turbiedad que se utilizan: JTU Jackson Turbidity Units, FTU Normaine Turbidity Units, NTU Nephelometric Turbidity Units

Color.

Se trata de comparar la luz difundida a 90° por la muestra, con la de una solución patrón que generalmente viene incluida en el equipo con una serie de estándares estables expresados en concentración de formación.

1.6. ANÁLISIS QUÍMICOS.

Cloruros.

En una solución neutra o ligeramente alcalina, se puede usar el cromato de potasio para indicar el vire en la titulación de cloruros con nitrato de plata; se precipita cuantitativamente el cloruro de plata antes de que se forme el cromato de plata de color pardo.

Interfieren los iones sulfuro, sulfito y tiosulfato; se puede eliminar con peróxido de hidrógeno el sulfito en solución neutra, y los otros en solución alcalina.

Dureza.

Cuando la dureza es mayor que la suma de alcalinidad de carbonato y bicarbonato la dureza igual a la alcalinidad es dureza de carbonato y la excedente dureza de no carbonato. Cuando la dureza es igual o menor a la suma de alcalinidades solo es dureza de carbonato.

Se determina mediante un método complejo métrico, en el que el agente complejante es la sal sódica del ácido etiléndiaminotetraacético (EDTA) y sus sales

de sodio, que tienen la capacidad de formar complejos altamente estables con metales pesados especialmente calcio y magnesio.

Calcio.

Se cuantifica directamente con EDTA, solo cuando el pH es lo bastante alto para que haya precipitado el magnesio precipite como hidróxido, y se utiliza un indicador adecuado como la murexida que da vire de color cuando todo el calcio a formado un complejo con el EDTA a un pH de 12 — 13.

Magnesio.

El método es matemático, se da por la diferencia entre los volúmenes de titulante utilizado en la dureza total y en el calcio.

Alcalinidad.

Se utiliza Fenolftaleína como indicador que permite cuantificar la alcalinidad del hidróxido y la mitad del carbonato, y naranja de metilo que permite determinar la alcalinidad restante.

Sulfatos.

El ión sulfato precipita con cloruro de bario en presencia de ácido clorhídrico, en condiciones que permitan la formación de cristales de sulfato de bario de tamaño microscópico.

Amonios.

El amoniaco con el reactivo de Nessler forma un compuesto coloreado de color amarillo o amarillo anaranjado dependiendo de la concentración de amonio.

Nitritos

Se determina mediante la formación de un compuesto nítrico de color púrpura rojizo, que se da en un rango de pH de 2 - 2.5 por copulación del ácido sulfamildiazotizado con clorhidrato de naftil amina

Nitratos

Al entrar en contacto los nitratos en medio ácido con hidróxido de sodio, forma un complejo de color amarillo que permite su cuantificación colorimétrica

Hierro total

Se reduce al estado ferroso por ebullición con ácido e hidroxilamina, reaccionando luego con 1-10- fenantrolina con pH de 3,2 - 3,3 Cada átomo ferroso forma con tres moléculas de fenantrolina un complejo rojo anaranjado.

Fosfatos

Se cuantifica mediante el método colorimétrico de azul de molibdeno en solución diluida de fosfato. El molibdato de amonio reacciona en medio ácido para formar un complejo que es el ácido fosfomolibdico, que por acción del cloruro estañoso se reduce a un complejo azul intenso de molibdeno.

Sólidos totales.

Es el residuo que permanece en una cápsula después de secada la muestra, la misma que es evaporada a baño María en una cápsula tarada.

Sólidos disueltos.

Se los cuantifica matemáticamente, mediante la relación entre sólidos totales y la conductividad.

1.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

Antes de proceder al análisis microbiológico es necesario que el material a utilizar este completamente limpio y estéril, para evitar contaminación.

1.7.1. Esterilización.

La esterilización de medios de cultivo, envases e instrumentos, es esencial para el aislamiento y mantenimiento de cultivos puros, y materiales exentos de microorganismos. La esterilización puede darse por dos vías que son:

1.7.1.1. Esterilización por calor seco.

Flameado al rojo con el mechero Bunsen. Este método emplea para esterilizar instrumentos metálicos que se han utilizado para sembrar y que son resistentes al fuego. Si se están cultivando patógenos muy infecciosos, es indispensable disponer de quemadores con cono protector o con esterilizadores de asas diseñadas a propósito para protegerse del material que se salpique. Flameado después de sumergir el instrumento en etanol.

Este método se utiliza corrientemente para esterilizar escalpelos, espátulas, etc., sin calentarlos al rojo vivo. No garantiza esterilización completa.

1.7.1.2. Esterilización por calor húmedo.

Este es el método más eficaz para esterilizar medios de cultivo y debe utilizarse para aquellos medios resistentes a temperaturas elevadas, se da en autoclaves. También se emplea para material de vidrio y para Esterilizar cultivos y material contaminado antes de proceder a su lavado, la esterilización debe ser en autoclave durante 20 minutos a 121° C.

1.7.1.3. Desinfección de superficies.

La superficie limpia y seca frotar con solución acuosa al 1% de TEGOS. Se puede utilizar cualquier desinfectante químico que tenga poder germicida

1.7.2. MICROORGANISMOS INDICADORES

La gran variedad de bacterias patógenas que pueden encontrarse en una muestra de agua y la complejidad de la mayor parte de las técnicas de enriquecimiento y aislamiento, hacen inviable el control rutinario de todos los microorganismos con importancia sanitaria. Ello ha hecho necesario elegir microorganismos indicadores, que deben cumplir los siguientes requisitos:

- Ser fáciles de aislar, cultivar e identificar en el laboratorio.
- Ser relativamente inocuos para el hombre y los animales.
- Su presencia y concentración en el agua debe estar relacionada, cualitativa y cuantitativamente, con la de otros microorganismos, patógenos y/o de aislamiento más difícil.
- Ser más resistentes que los patógenos frente a los agentes desinfectantes.

Entre los microorganismos indicadores están: coliformes totales, fecales, y E. coli, estreptococos fecales, enterococos intestinales, Pseudomonasa eruginosa, y, aerobias totales. El tipo de microorganismos a determinar en agua potable son aerobios mesófilos⁷, coliformes totales y fecales.

1.7.3. RECUENTO DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESÓFILOS.

En este recuento se estima la flora total, pero sin especificar tipos de gérmenes. Esta determinación refleja la calidad sanitaria del agua, indicando además las condiciones higiénicas, eficiencia de los tratamientos de potabilización.

Tiene un valor limitado como indicador de la presencia de patógenos o sus toxinas.

Un recuento total de aerobios mesófilos bajo no asegura que un Microorganismos que se desarrollan en presencia del oxígeno del aire a temperaturas que están entre 25 y 45 °C.

Alimento está libre de patógenos o sus toxinas, tampoco un recuento total alto significa presencia de flora patógena. Valores altos de aerobios mesófilos puede significar

Altos recuentos suelen ser signo de inmediata alteración del producto. Tasas de 10^6 - 10^7 gérmenes por gramo o mililitro suelen ser ya inicio de descomposición.

La posibilidad de que existan patógenos ya que esta flora es mesófila.

Deficientes métodos de manipulación

1.7.4. RECUENTO DE COLIFORMES.

Se refiere al recuento de coliformes fecales y totales, este tipo de bacterias no deben encontrarse en el agua de ninguna manera, porque son un indicativo de contaminación fecal y de que existen otros organismos productores de enfermedades contagiosas

Este grupo de bacterias se caracteriza por su capacidad de fermentación de la glucosa. Pertenecen a este grupo bacterias como Escherichia, Klebsiella, y algunas

especies de Serratia, Citrobacter, etc. Todos los coliformes pueden ser independientes o intestinales, excepto el Escherichia que tiene origen fecal.

1.8. SISTEMA DE POTABILIZACIÓN.

1.8.1. DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD.

1.8.1.1. TOPOGRAFIA Y CLIMA.

El cantón Colta, se halla ubicado en la provincia de Chimborazo a 18 Km al oeste de la ciudad de Riobamba, a 78°42' longitud oeste y 00°58' longitud sur, en una altitud de 2941 m.s.n.m., se caracteriza por ser un sector eminentemente agrícola.

Se encuentra localizada en una superficie que presenta pendientes longitudinales pequeñas, concentrándose la población en los alrededores de la parte antigua de la ciudad. Su clima es frío húmedo influenciado principalmente por la cercanía del nevado Chimborazo, su temperatura ambiente promedio es 12 °C.

1.8.1.2. SERVICIOS EXISTENTES.

En la actualidad la ciudad y sus sectores periféricos disponen de un sistema de agua potable construido por gobernantes en turno en 1961.

Las unidades que conforman el sistema son: captación en las vertientes Cunugpogio, Guacona y La compañía que se combina con el agua del río Dique, conducción hasta el barrio milaflores donde se encuentra el campo de filtración, que se recolectan en las galerías filtrantes, para ser conducidas en la planta de tratamiento ubicada en el mismo lugar. Cuenta con un tanque de almacenamiento en donde se realiza la desinfección, posteriormente se distribuye a las conexiones domiciliarias. En lo relacionado a la cobertura del sistema actual, se debe indicar que

no satisface en calidad, por lo que se hace imprescindible buscar medidas alternativas que coadyuven o solucionen la actual situación.

1.8.1.3. RIESGOS NATURALES.

Uno de los fenómenos que tienen mayor incidencia en el aspecto ecológico es el de la erosión, por la tala de bosques; al haber deforestación en las partes altas de la cuenca hidrográfica, va a influir en el comportamiento de la fuente de abastecimiento.

1.8.1.4. CAUDALES DE LAS FUENTES AGUA

TABLA 1.8.1.4-1 CAUDALES DE LAS FUENTES DE AGUA DEL CANTÓN COLTA

Fuente	Caudal promedio (L/s)	Horas diarias de funcionamiento
La Compania	2.6	24 horas
Guacona	1.9	24 horas
Riachuelo Sicalpa	8.5	24 horas
Cunugpogio	9.5	Eventualmente
Total	22.5	

FUENTE: Glenda Quinchuela Autor

1.8.1.5. SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTUAL.

1.8.1.5.1. Captación del Agua

Se capta el agua de las vertientes de Guacona San José, La Campania, Cunucpogio que se une con el agua del río Dique , mediante una toma lateral, entre a una

captación por rejilla que impide que pase a la conducción material sólido flotante grueso.

1.8.1.5.2. Conducción

Empieza después de la captación la conducción de tres fuentes de abastecimiento por gravedad y una por bombeo va a galerías filtrante hasta la planta de tratamiento por medio de tubería PVC-P E/C, a lo largo de la trayectoria.

1.8.1.5.3. Planta de tratamiento

Está conformada por filtros lentos y rápidos por gravedad para la llegada del agua, tanque de desinfección y tanques de almacenamiento y de distribución.

1.8.1.5.4. Filtración

Recinto de forma rectangular en que los procesos filtración se da en la capa fina la separación del agua de algunas impurezas grandes, pasa por un filtro rápido reteniendo impurezas más pequeñas con tiempo de 5 a 30 minutos pero este no elimina gérmenes.

1.8.1.5.5. Tanque de tratamiento

Consiste en la desinfección del agua con cloro ($\text{Ca}(\text{ClO})_2(70\%)$) la concentración de cloro es de acuerdo al caudal de agua, pasando al tanque de almacenamiento para finalmente ser distribuido por el sistema de tuberías hasta las casas.

1.9. REDISEÑO DEL AGUAS SUBTERRANEAS.

1.9.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN.

Las aguas de origen se pueden clasificar según su procedencia en aguas superficiales, y aguas subterráneas. El sistema de captación utilizado para aguas

subterráneas, es el bombeo, mientras que para las aguas superficiales, se utilizan distintos métodos, si hablamos de tomas desde embalses, ríos, o mar.

Normalmente, para abastecimientos de grandes y medianas poblaciones se utilizan aguas superficiales, por lo que a partir de ahora, nos referiremos únicamente a las captaciones utilizadas para este tipo de agua.

1.9.1.1 Captación en embalses.

La poca cantidad de agua que circula por los efluentes de nuestro país, y el índice de contaminación que llevan, hace que hoy día, sean cada vez más numerosos los abastecimientos de poblaciones a través de embalses. Normalmente, el nivel del embalse va a ir fluctuando, en función de las aportaciones de lluvias, y las tomas de caudal. Por este motivo, las torres se construyen con diversas tomas a distintas alturas.

Las maniobras de apertura y cierre de las tomas, se realizan con compuertas reguladoras.

Para proteger dichas compuertas de entrada de cuerpos que las puedan obstruir (ramas, flotantes), se disponen previamente unas rejillas de desbaste, que impiden el paso de estos objetos que podrían dañar los cierres de las compuertas, no haciéndolos estancos. La cota del punto de toma del agua suele variarse, en función de los análisis que se realizan a distintas profundidades del embalse, y que determinan la calidad del agua en diversos estratos, deberá elegirse en cada momento la cota en la cual los contaminantes sean mínimos, lo que repercutirá en un tratamiento más liviano en la planta.

1.9.1.2. Captación en ríos.

No existe un modelo de toma ideal, pueden realizarse tomas laterales, de fondo, etc. Si el caudal es pobre, habrá que aprovechar algún azud o pequeña presa, que garantice siempre un volumen de agua suficiente para nuestro abastecimiento, se podrá aumentar ligeramente la lámina de agua en la toma de forma artificial, colocando unos gaviones aguas abajo de la toma, con lo que podremos paliar la falta de caudal. En las tomas de río, y debido a la velocidad del agua, aumentan los arrastres de flotantes, sólidos, arenas, maleza, etc. Para evitar que estas impurezas entren en las conducciones y las dañen, se suelen colocar rejillas de desbaste en la propia toma, tanto para gruesos, como para finos, llegando a ser necesaria a veces la instalación de tamices o desarenadores. Si la calidad del agua del efluente es mala, se puede montar en la propia toma del río alguna instalación de dosificación de reactivo, iniciando aquí un pre tratamiento que mejore el agua que llegará a la planta de tratamiento.

1.9.2. SISTEMA DE CONDUCCIÓN.

Al proceso de conducir el agua desde su captación a la planta de tratamiento, se denomina aducción. Se pueden distinguir dos tipos de conducciones, dependiendo de las alturas del punto de toma y la entrada en planta:

1.9.2.1 Conducciones por gravedad.

(Acueductos, canales.). El agua circula por la propia pendiente de la conducción, desde el punto de toma, que tendrá más cota o altura, hasta el punto de entrada.

1.9.2.2 Conducción forzada.

(Tuberías). Se utilizan cuando el punto de toma está situado a una cota más baja que la entrada en planta, para salvar la diferencia de alturas, se emplean grupos de bombeo. Para soportar la presión de trabajo se dimensionan con materiales resistentes, bien de chapas de acero o de hormigón reforzado con camisas de chapa.

1.9.3. DOSIFICACION DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

El agregado de productos químicos (coagulantes) se realiza para la desestabilización del coloide o turbiedad del agua.

Para la remoción de color y turbiedad del agua se aplica un polímero llamado policloruro de aluminio o sulfato de aluminio que se dosifica según las características del agua a la entrada del proceso.

Los coagulantes reducen la carga de iones, de modo que acumulan las partículas en formas más grandes llamadas flóculos. Los flóculos se depositan por gravedad en tanques de filtración o se quitan mientras que el agua atraviesa un filtro de gravedad. Las partículas más grandes que 25μ son quitadas con eficacia por la clarificación. Mediante la adición de reactivos (sales metálicas) y procesos de agitación rápida y lenta, se consiguen agrupar partículas muy pequeñas cargadas eléctricamente (coloides) y que, por su pequeño tamaño y carga no sedimentarían nunca, siendo responsables, en gran medida, del color y la turbiedad del agua.

El proceso se realiza neutralizando las cargas eléctricas que mantienen separadas a las partículas coloidales, con lo que éstas se agrupan aumentando de tamaño, se rompe el equilibrio y decantan al fondo por gravedad.

1.9.4. MEZCLA RAPIDA.

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene generalmente el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia, provocada por medios hidráulicos o mecánicos, tales como: resaltos hidráulicos en canales, canaletas Parshall, vertederos rectangulares, tuberías de succión de bombas, mezcladores mecánicos en línea, rejillas difusoras, chorros químicos y tanques con equipo de mezcla rápida. En los mezcladores hidráulicos la mezcla es ejecutada como resultado de la turbulencia que existe en el régimen de flujo; en los mecánicos la mezcla es inducida través de impulsores rotatorios del tipo de hélice o turbina. Los de hélice, semejantes a hélices de barco, generan corrientes axiales fuertes que crean gran intensidad de mezcla y se han usado para mezcla de alta velocidad con rotaciones de hasta 2000 revoluciones por minuto. Los impulsores de paletas generan principalmente corrientes radiales y tangenciales, y son más usados en floculación con velocidades rotacionales bajas, 2-150RPM, debido a la mayor área expuesta al agua. El término turbinas aplica, indistintamente, a una gran variedad de formas de impulsores; generalmente consisten en varias aletas rectas montadas verticalmente sobre una placa plana, aunque también se usan las de aletas curvas. La rotación se hace a velocidades moderadas y las corrientes generadas son principalmente de dirección radial y tangencial. Los impulsores de flujo radial descargan el líquido desde el impulsor, a lo largo de un radio, en ángulo recto con su eje; en los de flujo axial el líquido entra al impulsor y es

descargado desde él, en forma paralela a su eje.

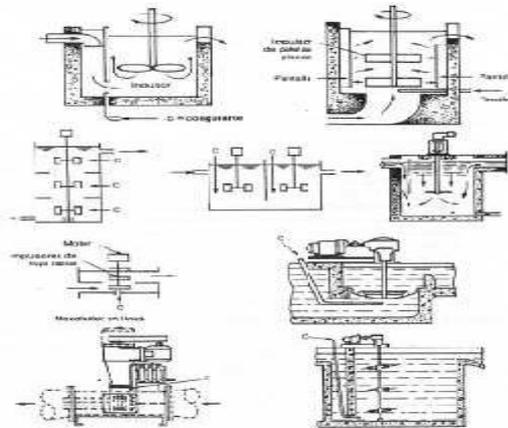


Fig.1.9.4-a (TIPOS DE MEZCLADORES)

Fuente: Romero J, Purificación del agua

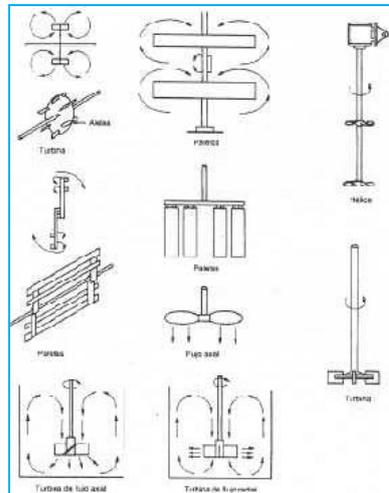


Fig.1.9.4-b (MOVIMIENTO DE PALETAS EN MEZCLADORES MECANICOS)

Fuente: Romero J, Purificación del Agua

Las flechas indican las trayectorias de flujo creadas por las unidades de agitación,
 Las unidades de paletas imparten movimiento rotatorio al agua así como cierta turbulencia interna.

1.9.4.1. Mezcladores Rápidos Mecánicos.

Los tanques de mezcla rápida mecánica se proyectan generalmente de sección circular o cuadrada. Los mezcladores mecánicos son fabricados por una gran cantidad de industrias; en general consisten en hélices, paletas, turbinas u otros elementos similares acoplados a un eje de rotación impulsado por una fuerza motriz cualquiera. Los ejes giran a un número alto de revoluciones lo cual agita el agua en forma violenta y propicia la mezcla rápida y uniforme del coagulante.

Las turbinas de flujo axial mueven el líquido paralelamente al eje del impulsor, las de flujo radial lo mueven perpendicularmente al eje de rotación. En general, se pueden visualizar tres clases de componentes de flujo inducidas por un impulsor rotatorio.

1.9.4.2. Mezcladores Rápidos Hidráulicos.

Los mezcladores rápidos hidráulicos se utilizan cuando se dispone de suficiente cabeza o energía en el flujo de entrada. En general se utilizan resaltos hidráulicos, canaletas Parshall, tubos vénturi, dispersores de tubos perforados y tanques con baffles, para disipar energía en turbulencia y aprovechar la para la mezcla del coagulante.

El mezclador hidráulico tiene la ventaja de no requerir equipo mecánico, consideración muy importante en el diseño de plantas para lugares en los que no se dispone de personal capacitado para mantenimiento ni de suministro apropiado de repuestos.

1.9.4.2.1. Ecuaciones de diseño para mezcladores hidráulicos.

El tiempo y el grado de mezcla se consideran como los factores más importantes para el diseño de este tipo de mezcladores.

Para asegurar una dispersión continua y homogénea del coagulante, este debe aplicarse a una distancia adecuada del vertedero (L_m), que puede calcularse por la ecuación de Scimeni:

$$L_m = 1.45P^{0.54}H^{0.46} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-1}$$

Dónde:

L_m = Distancia de aplicación del coagulante (m)

P = altura del vertedero (m)

H = altura de la lámina de agua (m)

Para determinar la profundidad crítica del flujo, se tiene:

$$h_c = 3 \sqrt[3]{\frac{g^2}{g}} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-2}$$

$$q = \frac{Q}{B} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-3}$$

Para determinar la profundidad crítica del flujo, se tiene:

Dónde:

h_c = profundidad crítica de flujo (m)

q = caudal por unidad de ancho de vertedero (m^2/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

Q = caudal de entrada (m^3/s)

B = ancho del vertedero (m)

Al trabajar con mezcladores hidráulicos, tenemos profundidades antes y después del resalto que están relacionadas por:

$$\frac{h_2}{h_c} = \frac{\sqrt{2}}{1.06 + \sqrt{\left(\frac{P}{h_c}\right) + 1.5}} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-4}$$

$$\frac{h_2}{h_c} = \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 8 F_1^2} - 1) \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-5}$$

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g h_1}} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-6}$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-7}$$

$$v_2 = \frac{q}{h_2} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-8}$$

Dónde:

h_1 = profundidad del agua antes del resalto (m)

h_2 = profundidad del agua después del resalto (m)

F_1 = número de Fraude antes del resalto

V_1 = velocidad antes del resalto (m/s)

V_2 = velocidad después del resalto (m/s)

La pérdida de energía en el resalto (h), está definida por Belanger, mediante:

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1 h_2} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-9}$$

La longitud adecuada del resalto (h) para obtener un resalto estable, se calcula con la fórmula de Smetana:

$$L_j = 6(h_2 - h_1) \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-10}$$

El tiempo de mezcla y el gradiente de velocidad pueden calcularse con:

$$t_m = \frac{L_j}{v_m} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-11}$$

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-12}$$

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h}{\mu T}} \quad \text{ec. 1.9.4.2.1-13}$$

Para determinar la profundidad crítica del flujo, se tiene:

Dónde:

T = tiempo de mezcla (s)

V m = velocidad media (m/s)

G = gradiente de velocidad (s⁻¹)

γ = peso específico del agua (N/m³)

μ = viscosidad dinámica del agua (Ns/m²)

1.9.5. FLOCULACION.

El término floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en

partículas flocúlenas; es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides, se provee una mezcla suave de las partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbarlos agregados preformados.

De la misma manera que la coagulación, la floculaciones influencia da por fuerzas químicas y físicas tales como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del floculo, el pH, la temperatura del agua y la concentración de los electrolitos. En partículas muy pequeñas el movimiento browniano provee cierto grado de transporte de ellas creando la floculación pericinética, pero en partículas grandes el movimiento browniano es muy lento y se requiere algún mecanismo de transporte que induzca la colisión de las partículas creando la floculación ortocinética.

Teniendo en cuenta que la influencia y magnitud del efecto de cada uno de los factores que participan en la floculación no están aún definidas exactamente, es importante, conocer el comportamiento del agua mediante ensayos de jarras o experiencias previas en plantas de tratamiento.

En la floculación, una vez introducido y mezclado el coagulante, las partículas diminutas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes, mediante agitación lenta prolongada, floculación, durante la cual las partículas se aglomeran, incrementan su tamaño y adquieren mayor densidad. El floculador es, por lo tanto, un tanque con algún medio de mezcla suave y lenta, con un tiempo de retención relativamente prolongado.

1.9.5.1. TIPOS DE FLOCADORES.

La mezcla lenta para floculación puede efectuarse mecánicamente, usando rotores

de paletas, o hidráulicamente, como resultado del movimiento del agua.

Los floculadores hidráulicos más comunes son los de flujo horizontal y los de flujo vertical. El floculador de flujo horizontal consiste en un tanque de concreto dividido por tabiques, baffles o pantallas de concreto u otro material adecuado, dispuestos en tal forma que el agua haga un recorrido de ida y vuelta alrededor de los extremos libres de los tabiques. En el floculador de flujo vertical el agua fluye hacia arriba y hacia abajo, por encima y por debajo de los tabiques, pantallas o baffles que dividen el tanque. En general, los floculadores hidráulicos, con una velocidad de flujo apropiada y un número adecuado de baffles para asegurar suficientes curvas, proveen una floculación efectiva. En la práctica, los floculadores hidráulicos de flujo horizontal se usan para plantas pequeñas, caudales menores de 50 L/s; los de flujo vertical, que se construyen más profundos (2-3m), para plantas grandes. En comparación con los floculadores mecánicos, se pueden señalar como desventajas de los floculadores hidráulicos la alta pérdida de carga (30-150cm) y la poca flexibilidad de control en el grado de mezcla para caudales variables.

Entre las ventajas se hace notar la inexistencia de equipo mecánico y el mantenimiento mínimo.

En los floculadores mecánicos se introduce potencia al agua para asegurar una mezcla lenta mediante agitadores mecánicos. El tipo de agitador mecánico más usado es el de paletas, ya sean de eje horizontal o vertical, las cuales imparten un movimiento rotatorio al agua así como cierta turbulencia interna.

También existen impulsores de turbina y de flujo axial. Como el grado de mezcla óptimo es variable, según la calidad del agua, se recomienda que el equipo

agitador mecánico sea de velocidad variable.

1.9.5.1.1. Ecuaciones de diseño para floculadores hidráulicos de flujo horizontal.

En los floculadores hidráulicos, el agua fluye de un extremo a otro por medio de los tabiques que dividen el tanque. La agitación del agua produce gradientes de velocidad cuya intensidad controla el gado de floculación producida.

$$N = \frac{GN_1N_2(d_1+d_2)^3}{6} \quad \text{ec 1.9.5.1.1-1}$$

Dónde:

N = número de colisiones por unidad de tiempo

G= gradiente de velocidad (s^{-1})

N_1 = partículas de diámetro d_1 (mm)

N_2 = partículas de diámetro d_2 (mm)

• Seguin Smethurst:

$$G = 20 - 100S^{-1}$$

$$Gt = 20000 - 150000$$

$$t = 10 - 60 \text{ min}$$

$$H = h_1 + h \quad \text{ec 1.9.5.1.1-2}$$

La pérdida de fricción adicional en las curvas de los tabiques del floculador, se obtiene por:

$$h = \frac{nV_1^2 + (n-1)V_2^2}{2g} \quad \text{ec 1.9.5.1.1-3}$$

Dónde:

h = pérdida adicional en el canal (m)

$n-1$ = número de baffles

V_1 = velocidad de flujo entre los baffles (m/s)

V_2 = velocidad de flujo en la apertura de los baffles (m/s)

Se recomienda además que la velocidad de flujo sea de 0.15 a 0.5 m/s la pérdida de carga de 0.15 - 0.6 m.

Según Arboleda:

$$G = 10 - 100 \text{ s}^{-1}$$

$$t = 15 - 20 \text{ min}$$

$$H = h_f + h$$

La pérdida de fricción adicional, se calcula mediante:

$$h = 3(N - 1) \frac{v^2}{2g}$$

Dónde:

$N-1$ = número de baffles

v = velocidad promedio de flujo (m/s)

El flujo debe tener una velocidad de 0.10 a 0.60 m/s, el espaciamiento entre baffles y pared debe ser 1.5 veces la separación de baffles.

- Según Insfopal, el tiempo de permanencia debe estar entre 15 y 60 mm, con una altura mínima de 0.90 m, separación entre baffles de 0.45 m, y, velocidad de flujo de 0.15 — 0.45 m/s.

1.9.6. SEDIMENTACION.

Se denomina también clarificación o espesamiento, aquí los materiales en suspensión se depositan por gravedad, siguiendo un movimiento horizontal en dirección del agua y del descenso por efecto de la gravedad. Los tanques de sedimentación hipotéticamente se dividen en cuatro zonas, que son:

Entrada, suministra una transición suave entre el flujo de entrada y el flujo uniforme deseado en la sedimentación.

Salida, provee un giro leve entre la zona de asentamiento y el flujo efluente.

Lodos, esta recibe el material sedimentado e impide que interfiera en el asentamiento de más partículas

Sedimentación, surte el volumen de tanque necesario para el asentamiento.

Una vez eliminada una parte de la fracción mineral sólida, y con la finalidad de remover las partículas sedimentables que se formaron en la floculación, el agua pasa a dos sedimentadores de flujo laminar (de alta tasa) que permiten trabajar con cargas superficiales altas del orden de $300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ y con un tiempo de sedimentación menor a 10 min.

Los sedimentadores son de 35 L/s de capacidad, están divididos por placas de asbesto de 2 x 1.15 m y 6 mm de espesor, con una inclinación de 60° con la horizontal y espaciamientos de 5 cm. Para su limpieza se tiene una tubería de descarga de 250 mm de ancho controlada por una válvula de compuerta, esta se conecta con la red de alcantarillado.

El agua floculada se alimenta a los sedimentadores por un canal de 45 cm de ancho, la misma que se recolecta en canales longitudinales que descargan en los canales alimentadores de los filtros de 60 cm de ancho

1.9.6.1. TIPOS DE SEDIMENTACIÓN.

La sedimentación ocurre de maneras diferentes, según la naturaleza de los sólidos, su concentración y su grado de floculación.

En el agua se pueden encontrar partículas llamadas discretas, las cuales no cambian su tamaño, forma o peso cuando se sedimentan, y partículas flocúlenlas y precipitantes en las cuales la densidad y el volumen cambia a medida que ellas se adhieren unas con otras mediante mecanismos de floculación, precipitación, arrastre o barrido.

Sedimentación tipo 1:

Se refiere a la remoción de partículas discretas no flocúlenlas en una suspensión diluida. En estas condiciones se dice que la sedimentación es no interferida y es función solamente de las propiedades del fluido y de las características de la partícula. Es el tipo de sedimentación que ocurre con partículas de características flocúlenlas mínimas en suspensión es diluidas, como sería el caso de sedimentación de materiales pesados inertes.

Sedimentación tipo 2:

Se refiere a la sedimentación de suspensiones diluidas de partículas flocúlenas, en las cuales es necesario considerar las propiedades flocúlenas de la suspensión junto con las características de asentamiento de las partículas. Ocurre generalmente en el tratamiento de aguas residuales, dada la naturaleza de los sólidos en ellas presentes, y en la purificación de aguas potables cuando los sedimentadores están precedidos de floculadores y coagulación.

Sedimentación zonal:

Describe la sedimentación másica y se refiere al proceso de sedimentación de suspensiones de concentración intermedia de material floculento, en las cuales se presenta un asentamiento interferido debido a la cercanía entre partículas. Dicha cercanía permite a las partículas, gracias a las fuerzas entre ellas, tener una posición relativa fija de unas con otras; se forma una matriz porosa soportada por el fluido que desplazan, y como resultado la masa de partículas se desplaza hacia el fondo como un solo bloque, creando una interface clara de separación entre el sobrenadante clarificado y el lodo, en un régimen descrito como sedimentación zonal.

1.9.6.1.1. Ecuaciones de diseño para sedimentadores de tasa alta.

Por sedimentación de tasa alta, sedimentadores de poca profundidad, se entiende sedimentación en elementos poco profundos, en módulos de tubos circulares, cuadrados, hexagonales, octogonales, de placas planas paralelas, de placas onduladas o de otras formas, en tanques poco profundos, con tiempos de retención menores de 15 minutos. La característica principal de un sedimentador de alta tasa es su poca profundidad.

En el modelo de Hazen y Camp para tanques de sedimentación convencionales con flujo uniforme, la carga superficial del tanque de sedimentación representa la velocidad crítica de asentamiento de las partículas suspendidas; teóricamente, toda partícula con velocidad de asentamiento mayor o igual que la velocidad crítica será removida en el tanque. En el modelo de Yano, se generaliza la teoría de sedimentación de Camp a los sedimentadores inclinados, suponiendo sedimentación de partículas discretas en tanques de alta tasa con flujo laminar y unidimensional.

Carga superficial o tasa de sedimentación superficial.

Para sedimentadores de tasa alta tampoco existe un criterio unificado de valores de carga superficial; algunos de los intervalos o valores recomendados en la literatura se incluyen en el cuadro siguiente.

TABLA 1.9.6.1.1-1. CARGAS SUPERFICIALES TÍPICAS EN SEDIMENTADORES TASA ALTA

CS m/d	OBSERVACIONES
120–300	
120–240	Flujo ascensional
150–240	Flujo horizontal, $T < 4C$, $NTU < 100$
150–180	Flujo horizontal, $T < 4C$, NTU 100–
150–240	Flujo horizontal, $T > 10C$, $NTU < 100$
150–180	Flujo horizontal, $T > 10C$, NTU 100–
60–240	Valor promedio 180m/d
150	Floculo de alumbre, agua fría
216	Sedimentadores tubulares
180–300	Sedimentadores tubulares

Fuente: Romero J, Purificación del Agua

La eficiencia en del tanque de sedimentación está afectada por el tiempo de retención, para lo cual:

$$t = \frac{V}{Q} \quad \text{ec 1.9.6.1.1-1}$$

$$V = A \times d \quad \text{ec 1.9.6.1.1-2}$$

Dónde:

T = tiempo de retención (s)

V= volumen del tanque de sedimentación (m³)

Q= caudal (m³ /s)

A= area superficial (m²)

d = profundidad (m)

Otro factor importante a considerar es el número de Reynolds, teniendo:

$$N_{RE} = \frac{v_o d}{\gamma} \quad \text{ec 1.9.6.1.1-3}$$

Dónde:

v_o = velocidad promedio de flujo en el sedimentador (m/s)

d = ancho del sedimentador (m)

γ = viscosidad cinemática (m²/s)

El número de placas que debe tener el sedimentador, se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{N=L_s \sin \emptyset +d}{d +e}$$

ec 1.9.6.1.1-4

Dónde:

L_s = longitud del sedimentador (m)

\emptyset = ángulo de inclinación de placas

d = separación entre placas (m)

e = espesor de placas (m)

1.9.7. FILTRACION.

El primer factor a considerar en un sistema de filtración es la velocidad de filtración que se expresa como la cantidad de agua que atraviesa 1 m del mismo en una hora.

El filtro rápido por gravedad es el tipo de filtro más usado en tratamiento de aguas. La operación de filtración suponiendo etapas: filtración y lavado. En un filtro rápido convencional, el final de la etapa de filtración o carrera del filtro se alcanza cuando los sólidos suspendidos (turbiedad) en el efluente comienzan a aumentar; cuando la pérdida de carga es total del taque el filtro ya no produce agua a la tasa deseada, usualmente 2,4m de pérdida, o cuando la carrera de1 filtro es de 36 horas o más. Generalmente; cuando una de las condiciones anteriores se presenta, se procede a lavar el filtro para remover el material suspendido acumulado dentro del lecho filtrante y para recuperar su capacidad de filtración. Usualmente el lavado se hace invirtiendo el flujo a través del filtro, aplicando un flujo suficiente de agua para fluidizar el medio filtrante y producir el frote entre los granos del mismo, y desechando el material removido a través de las canaletas de lavado.

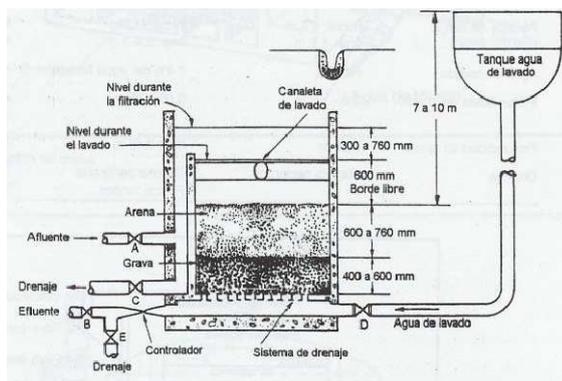


Figura 1.9.7.1- 1

Fuente Romero J, Purificación del Agua

1.9.7.1. TIPOS DE FILTROS

Filtros lentos.- Son filtros de superficie en los que el proceso de filtración se da en la capa fina del filtro; donde se forma una masa gelatinosa hasta las capas superiores de partículas sólidas y plancton del agua. La velocidad se encuentra por debajo de 0.1 m/h, para una carga de 2.5 m³/m² al día (1).

Filtros rápidos.- Son también tridimensionales puesto que por la velocidad de filtración ocupan todo su volumen. En este tipo de filtración el agua debe tener un tiempo de permanencia en el filtro, el tiempo de filtración es de 5 a 30 minutos dependiendo del grado de suciedad, no elimina gérmenes.

El agua purificada se reúne en el fondo del filtro provisto de boquillas filtrantes, es recomendable además que exista una capa filtrante de soporte de 30 cm para evitar que la arena del filtro pase al agua depurada La altura de cada capa será mayor a 30, siendo 0 el diámetro del grano más grueso de la capa. El agua debe estar siempre 10 cm. por encima del borde superior del medio filtrante.

Filtros de carbón activo.- Se logra eliminar las sustancias productoras de olores y sabores extraños, decolora el agua pantanosa o que contiene humus, elimina hierro, cloro, y las sustancias grasas. El carbón activo elimina las impurezas del agua por absorción y adsorción, 1 g de carbón activo tiene una superficie de acción de 500 m²

1.9.7.2. SISTEMAS DE FILTRACIÓN

Muchos son los sistemas de filtración propuesta y construida; sin embargo, se puede hacer una clasificación de acuerdo con la dirección de flujo, el tipo de lecho filtrante, la fuerza impulsora, la tasa de filtración y el método de control de la tasa de filtración.

Dirección de flujo

De acuerdo con la dirección de flujo, los filtros pueden ser de flujo hacia abajo, hacia arriba, o de flujo dual, como se esquematiza en la figura.

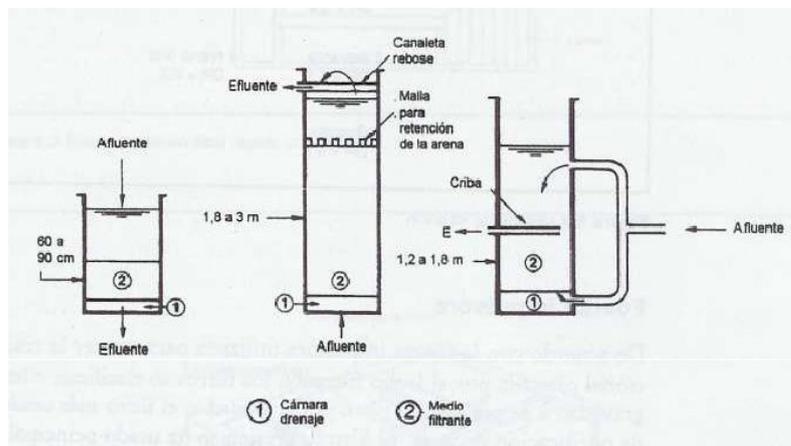


Fig.1.9.7.2-1 (DIRECCION DEL FLUJO EN UN FILTRO)

Fuente: Romero J, Purificación del Agua

Tipo de lecho filtrante

Los filtros utilizan generalmente un solo medio, arena o antracita; un medio dual, arena y antracita, o un lecho mezclado: arena, antracita y granate o ilmenita. La figura 1.6.7- c permite comparar los tres tipos de medios filtrantes comúnmente usados en tratamientos de aguas.

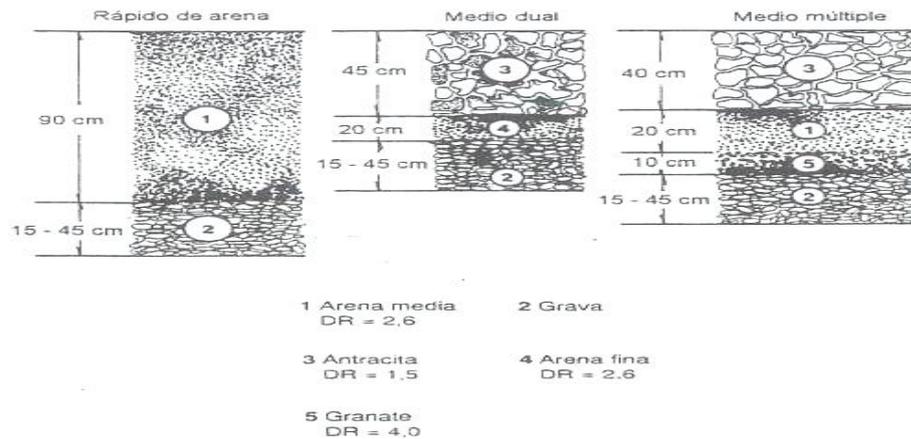


Fig.1.9.7.2-2 (TIPOS DE LECHOS FILTRANTES)

Fuente: Romero J, Purificación del Agua

Fuerza impulsora

De acuerdo con la fuerza impulsora utilizada para vencer la resistencia friccional ofrecida por el lecho filtrante, los filtros se clasifican como filtros de gravedad o de presión. El filtro por gravedad es el filtro más usado en plantas de purificación de agua. El filtro a presión se ha usado principalmente en la filtración de aguas para piscinas y en pequeñas plantas donde su instalación es ventajosa.

Tasa de filtración

Los primeros filtros usados para tratamiento de agua fueron los filtros lentos, los cuales utilizan una capa de arena fina de 1 m soportada sobre un lecho de grava de aproximadamente 0,30 m. Estos filtros fueron luego reemplazados por los filtros

rápidos, filtros de arena, generalmente con lavado ascensional, con tasas de filtración mucho mayores y, por consiguiente, con requerimientos de áreas mucho menores.

Posteriormente, con el uso de medios filtrantes duales o lechos mezclados, se lograron diseños mucho más económicos en área, al usar tasas de filtración todavía mayores que las de los filtros rápidos convencionales.

1.9.7.3. Ecuaciones de diseño de filtros

Según Morril y Wallace la expresión para calcular el número de filtros:

$$N = 0,044\sqrt{Q} \quad \text{ec 1.9.7.3-1}$$

Dónde:

Q= Caudal de la planta en m³/día

La selección del medio filtrante es determinada por la durabilidad requerida, el grado deseado de purificación, la duración de la carrera del filtro y la facilidad deseable de su lavado.

El medio ideal debe poseer un tamaño tal que permita obtener un efluente satisfactorio;

Debe ser de un material durable, capaz de retener la máxima cantidad de sólidos y ofrecer facilidad para limpiarlo con una cantidad mínima de agua de lavado.

1.9.8. DESINFECCIÓN

Si el agua proviene de aguas superficiales, subterráneas o de manantial, es preciso esterilizarla porque su procedencia no asegura la ausencia de microorganismos patógenos. La desinfección puede darse por varios métodos, pero el más aplicado es la cloración; que debe darse al final del tratamiento.

El cloro es indudablemente el elemento más importante que existe para la

desinfección del agua. Se suele usar en una dosis de 0,0001% que destruye todos los microbios en cuatro minutos.

Además se usa para:

- Eliminar olores y sabores.
- Decolorar.
- Ayuda a evitar la formación de algas.
- Ayuda a quitar el hierro y magnesio.
- Ayuda a la coagulación de materias orgánicas.

Este método asegura la calidad sanitaria del agua mediante la inyección de gas cloro a través de dosificadores automáticos a las aguas que ya fueron tratadas para eliminar la presencia de microorganismos que hayan permanecido en éstas o que se hayan incorporado luego de ser tratadas para evitar contaminaciones en la red de distribución. Cuando la fuente es agua subterránea o proviene de pozo filtrante (pozo a orillas del río que percola el agua del mismo), el único tratamiento que requiere generalmente es la desinfección.

Durante todo el proceso de potabilización se realizan control es analíticos de calidad.

La suma de las etapas para potabilizar el agua se realiza en aproximadamente 2 horas.

CAPITULO II

PARTE

EXPERIMENTAL

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

La parte experimental inicio con el reconocimiento de la planta de tratamiento de agua potable y las fuentes de abastecimiento del cantón Colta, luego se realizó una evaluación visual de los procesos de potabilización y determinación de puntos de muestreo.

Una vez realizada la inspección y seleccionados los puntos de muestreo se realizó la caracterización del agua antes durante y al final de potabilización en el laboratorio de agua del cantón Colta, EMAPA-Riobamba y en los laboratorio de análisis de agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para así proceder a la evaluación técnica del sistema para de esta manera proponer las alternativas correctivas para optimizar el sistema de tratamiento de agua y mejorar la calidad de agua potable de distribución a los habitantes

2. CARACTERIZACION DEL AGUA

2.1. MUESTREO

2.1.1. LOCALIZACION DE LA INVESTIGACION

El Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable CANTON COLTA se realizó en el mismo.

Agua corriente

No tomar muestras demasiada cerca de las orillas y no demasiado profundas, evitar lugares estancados.

Operar asépticamente para la toma de la muestra así:

Acercar la botella al lugar del muestreo, destaparla y sumergirla inmediatamente llenarla manteniendo la botella en dirección contraria a la del flujo de agua, llenarla las tres cuartas partes del envase.

Sacar la botella a pocos centímetros de la superficie del agua y taparlo al instante.

Agua no corriente (tanque de almacenamiento)

En general el agua se encuentra inmóvil, es necesario entonces:

- Crear una corriente artificial, moviendo la botella es sentido horizontal
- Sumergir la botella y tomar la muestra en el centro evitando el perímetro y el fondo.
- Para el análisis microbiológico recibir la muestra en un frasco estéril previamente preparado (0.1 a 0.2 ml _de una solución de tiosulfato de 10% antes de la esterilización del frasco) el frasco se debe contener con la mano derecha y la tapa con la mano izquierda.
- El frasco debe ser llenado las tres cuartas partes para el análisis microbiológico y 2L para físico químico.

Etiquetado de la muestra

Las etiquetas de los recipientes de muestreo contienen la siguiente información:

Punto de muestreo
Hora de muestreo
Temperatura de la muestra
Responsable del muestreo

Frecuencia del muestreo

Debido al uso que tendrá el agua de nuestro análisis será necesario tomar muestras cada semana por un periodo de 2 meses de esta manera realizar el control adecuado de la eficiencia de cada proceso de potabilización y calidad de agua de las fuentes.

2.1.2. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

El método de investigación que se utilizó para el presente trabajo fue comparativo; se relacionó entre todos los datos obtenidos durante la elaboración del tema lo que nos permitió efectuar el dimensionamiento y el rediseño del sistema de tratamiento de agua potable.

2.1.3. PLAN DE TABULACIÓN Y NÁLISIS.

Se tabuló los datos obtenidos luego de cada análisis físico-químico y microbiológico, luego se procedió a realizar un promedio comparando todos los datos obtenidos en el transcurso de las semanas. El análisis se efectuó con los datos obtenidos semanalmente tomando en cuenta variaciones atípicas en los parámetros de análisis.

2.2. METODOLOGIA

2.2.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se trabajó con dos muestras por semana de cada una de las vertientes durante tres semanas, además con dos muestras de agua una de agua captada y otra de agua tratada de la planta de tratamiento de agua potable “CANTON COLTA” dichas muestras se denominaron con los números 1 y 2 respectivamente. Las muestras fueron trasladadas el mismo día al laboratorio de Análisis de Agua del Cantón Colta, luego se realizó el análisis físico – químico y microbiológico de las aguas.

2.2.2. TRATAMIENTOS DE MUESTRAS

Se tomó 2 muestras semanales a las que se realizó la caracterización físico-química y bacteriológica como: Temperatura, pH, color, turbiedad, conductividad, sólidos totales, sal, dureza, calcio, hierro total, sulfatos, cloro residual, nitritos, nitratos, N-Amoniacal, flúor, fósforo, magnesio.. Además se realizó el análisis microbiológico Coliformes Totales y coliformes fecales a cada muestra y la respectiva prueba de tratabilidad o denominada también prueba de jarras al agua captada utilizando Sulfato de aluminio a 10 ppm.

2.2.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

2.2.3.1. Equipos:

- Espectrofotómetro
HACH
- pH-metro
- Agitador magnético

- Balanza
- Conductímetro
- Turbidímetro

2.2.3.2. Materiales:

- Enlenmeyer.
- Pipetas.
- Papel filtro.
- Vasos de precipitación.
- Balones aforados de 100mL
- Buretas 50mL

2.2.3.3. Reactivos:

- Solución de Buffer
- Solución EDTA
- Colorante negro cromo T (Indicador)
- Soluciones amortiguadoras de pH4,pH7,pH9
- Ortolidina
- Agua destilada
- Reactivo Al-1A
- Reactivo Al-2A

- Reactivo Al-3^a
- Anaranjado de metilo
- Ácido sulfúrico 0.02N
- Sulfato de Aluminio Al₂(SO₄)₃.

2.2.4. METODOS Y TECNICAS

2.2.4.1. METODOS

Los métodos que se utilizaron están adaptados al manual “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales).

2.2.4.2. TECNICAS

Potencial de hidrogeno pH

TABLA 2.2.4.2 – 1

STANDARD METHODS* 4500HB

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El pH es el parámetro que nos indica la alcalinidad o acidez del agua, tiene un rango de 1 a 14. Si el agua es ácida el pH es menor a 7, si es básica mayor a 7, si es igual a 7 es neutro	<ul style="list-style-type: none">• Ph metro• Buffer 7	<ul style="list-style-type: none">• Calibrar el equipo utilizando buffer.• Introducir el electrodo en la muestra, agitar suavemente.• Esperar unos segundos que se estabilice, y tomar la lectura.	Lectura directa

*STANDARD METHODS 2550 Edición 17.

Conductividad

TABLA 2.2.4.2 – 2

STANDARD METHODS* 2510

CONCEPTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Vaso de precipitado de 250mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar la muestra problema en un vaso de precipitación y vertimos en el recipiente que trae el Conductímetro. Tomar la lectura en el Conductímetro 	<p>Lectura directa</p>

*STANDARD METHODS 2550 Edición 17.

Turbidez

TABLA 2.2.4.2 – 3

MÉTODO HACH* 46500-88

CONCEP	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La turbidez mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación de agua cruda y luego de la filtración (agua tratada), este equipo identifica toda impureza finamente dividida, cualquiera que sea su naturaleza, que pueda ser suspendida	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro. • Celda. • Pizeta. • Agua Problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar en la celda el agua recolectada en el tanque de recepción. Y agua tomada luego del proceso de filtración. • Colocar la celda en el turbidímetro. • Leer directamente el valor según la escala deseada (0-1, 0-10, 0-100 NTU). 	Lectura directa

*HACH MODEL 2100P TURBIDIMETER

Alcalinidad total

TABLA 2.2.4.2 – 4

STANDARD METHODS* 4500HB

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>La alcalinidad del agua es la capacidad para neutralizar los ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 50ml • Pipeta de 1ml Vaso de precipitados de 250ml • Agitador magnético Magnetor • Muestra problema. Anaranjado de metilo • Ácido sulfúrico 0,02N 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 50ml de muestra • Agregar 4 gotas de anaranjado de metilo • Valorar con ácido sulfúrico 0,02N • Leer el valor de 	<p>mL valorados por 20</p>

*STANDARD METHODS 2550 Edición 17.

Dureza total

TABLA 2.2.4.2 – 5

STANDARD METHODS* 4500HB

CONCEPTO	MATERIALES REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>La dureza total mide la capacidad del agua para consumir jabón. Las aguas duras son usualmente menos corrosivas que las blandas. Contienen sales de calcio y magnesio que están disueltos generalmente en forma de carbonatos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 100 ml. • Pipeta de 1ml. • Vaso de precipitados de 250mL • Agitador magnético. • Magnetor. • Muestra problema • Solución tampón ph10 • Cianuro de Potasio • Negro de eriocromo T • Solución de EDTA 	<p>Probeta de 25 ml.</p> <p>Tomar 25 mL de agua.</p> <p>Adicionar un 1ml de Cianuro de potasio</p> <p>Adicionar 2 mL de Solución tampón pH 10.</p> <p>Agregar una pequeña porción de negro de eriocromo T.</p> <p>Valorar con la solución de EDTA hasta que nos de coloración azul.</p>	<p>mL valorados por 20</p>

*STANDARD METHODS 2550 Edición 17.

Sólidos totales disueltos

TABLA 2.2.4.2 – 7

METODO HACH*

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 250mL. • Electrodo sensible HACH • Agua cruda • Agua tratada 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar aproximadamente 100mL de agua cruda en el vaso de 250mL. • Leer directamente la medida en el HACH series. • Realizar el mismo procedimiento con agua tratada. 	<p>Leer directamente el valor de STD.</p>

* HACH MODEL SERIES

Hierro

TABLA 2.2.4.2 – 8

MÉTODO HACH* 2165

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Es un constituyente inorgánico que está presente en las aguas de formación por lo tanto en los lodos provenientes de estas. El óxido de tubos de hierro o acero, también pueden aumentar la concentración de materiales disueltos, así como la cantidad total de hierro.	HACH 2004 Pipeta de 1mL Piceta	Ferover Agua destilada	Diluir 1mL del agua problema en 25mL de agua destilada. Programar el equipo HACH en 2165 que corresponde a la lectura de la cantidad de hierro. Encerar el equipo con la dilución anteriormente preparada.	Lectura del HACH *25

* HACH MODEL DR/4000V

Cloruros

TABLA 2.2.4.2 – 9

STANDARD METHODS

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLULOS
El cloruro en la forma de iones Cl^- , es uno de los principales aniones presentes en el lodo. Los mismos que pueden encontrarse en altas concentraciones esto depende de la formación de la que procede.	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 250mL. • Bureta. • Probeta de 100mL Pipeta de 1mL. • Agitador magnético. • Magnetor. • Pizeta. • Dicromato de Potasio. Nitrato de plata 0,01 N. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 25mL de la muestra de agua cruda en un Erlenmeyer de 100mL. • Agregar unas gotas de indicador de Dicromato de potasio Chloride² el cual nos dará una coloración amarilla. • Titular con nitrato de plata hasta cambio de color. 	Dígitos * 0.5 * factor de Dilución

*STANDARD METHODS 2550 edición 17

Nitritos y Nitratos

TABLA 2.2.4.2 – 10

METODO HACH

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLULOS
<p>Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 250mL. • HACH 2004. • Pipeta de 1mL • Reactivo NitriVer. • Reactivo NitraVer 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10mL de muestra de agua cruda con el reactivo NitriVer en la celda del HACH 2004. • Colocar la celda en el HACH 2004. • Leer el valor directamente. 	<p>Leer el valor directamente.</p>

Aluminio

TABLA 2.2.4.2 – 11

METODO HACH*

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLULOS
<p>El aluminio está en forma natural en el ambiente y constituye casi el 8% de la superficie terrestre. Siempre se encuentra combinado con otros elementos tales como oxígeno, sílice y cloro. Se recomienda que la concentración de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 250mL. • HACH 2004. • Pipeta de 1mL • Reactivo Aluver 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10mL de muestra de agua cruda con el reactivo AluVer en la celda del HACH 2004. • Colocar la celda en el HACH 2004 • Leer el valor directamente. 	<p>Leer el valor directamente.</p>

* HACH MODEL DR/4000V

Calcio

TABLA 2.2.4.2 – 12

STANDARD METHODS *

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLULOS
El calcio es el 5° elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre, su presencia en las aguas naturales se debe a su paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y dolomita	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta. • Pipeta de 1mL Vaso de precipitado de 250mL. • Erlenmeyer • Cianuro de potasio. • Hidróxido de sodio <p style="text-align: center;">1N Murexida EDTA 0,02M</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 25 mL de muestra + 1 mL de KCN + 1 mL de NaOH (1N) + pizca de indicador Murexida • Titular con EDTA (0.02M) 	Multiplicar por el factor correspondiente.

* STANDARD METHODS 2550 edición 17

Sulfatos

TABLA 2.2.4.2 – 13

STANDARD METHODS *

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLULOS
<p>Los altos niveles de sulfato pueden corroer tuberías, Particularmente las de cobre. En áreas con altos niveles de sulfato, normalmente se utilizan materiales más resistentes a la corrosión para las tuberías, tales como tubos de plástico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bureta • Pipeta de 1mL • Vaso de precipitado de 250ml • Erlenmeyer • Espectrofotómetro • Solución sulfatos Cloruro de bario 	<ul style="list-style-type: none"> • En un balón de 100 mL, colocamos una porción de muestra + 2 mL de solución acondicionadora + aproximadamente 1 g de BaCl₂, aforar con la muestra, • Medir en el fotómetro a 410 nm 	<p>Multiplicar por el factor correspondiente.</p>

* STANDARD METHODS 2550 edición 17

Arsénico

TABLA 2.2.4.2 – 14

METODO COLOR HACH

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLULOS
La ingestión de pequeñas cantidades de arsénico puede causar efectos crónicos por su acumulación en el organismo. Se ha atribuido al arsénico propiedades cancerígenas.	<ul style="list-style-type: none">• Pipeta de 1mL• Vaso de precipitado de 250mL• Reactivo arsenic	<ul style="list-style-type: none">• En el frasco de análisis colocar 25mL de agua adicionar el reactivo arsénico Introducir la cinta color para medir comparativamente el nivel de arsénico.	Leer con la escala de color comparativa

*** METODO COLOR HACH**

Flúor

TABLA 2.2.4.2 – 15

METODO HACH *

CONCEPTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLULOS
Cuando los niveles de fluor superan el valor máximo se produce el veteado en los dientes de aquellas personas que han consumido esta agua (hasta los 8 años) cuando los dientes están en formación.	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitado de 250mL. • Ionómetro • Agua cruda • Agua tratada 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar aproximadamente 100mL de agua cruda en un vaso de 250mL Introducir el ionómetro HACH series • Tomar la lectura. 	Leer directamente el valor

*METODO HACH

2.3 DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

El sistema de tratamiento de agua potable del “Cantón Colta” se abastece actualmente del agua proveniente de las vertientes Cunugpogio, Guacona y La compañía que se combina con el agua del río Dique, conducción hasta el barrio Miraflores.

En lo relacionado a la cobertura del sistema actual, se debe indicar que no satisface en calidad, por lo que se hace imprescindible buscar medidas alternativas que coadyuven o solucionen la actual situación. el río Dique, que realiza su recorrido desde los páramos del cantón Colta acarreado durante su trayecto gran cantidad de contaminantes orgánicos, que luego en su descomposición pueden generar microorganismos que se eliminan en el proceso de potabilización.

Los análisis de turbiedad y pH, se realizaron in situ en la planta de tratamiento “Cantón Colta” los demás parámetros se analizaron en el laboratorio de Control de Calidad de agua de Colta y en el laboratorio de agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

2.3.1.1. CAPTACIÓN

Se capta el agua de las vertientes de Guacona San José, La Campania, Cunugpogio que se une con el agua del río Dique, mediante una toma lateral, entre a una captación por rejilla que impide que pase a la conducción material sólido flotante grueso el caudal máximo oscila entre 20 a 22 L/s.

2.3.1.2. PREFILTROS



Existe tres prefiltros construidos de hormigón unidos es 15,0m x 8 m con una profundidad máxima en el desagüe de 3,50 m cuya altura va declinando hasta una mínima de 1,95m su función es filtrar sin ayuda de productos químicos la mayor cantidad de material es sólidos que pueden venir con el agua.

2.3.1.3. FILTROS



Existen tres filtros lentos de arena cuya dimensión total es 10m x 6,50 m cada uno. Los filtros están constituidos de aproximadamente 1 metro de arena blanca para filtros y una capa de aproximadamente de grava.. La carrera de los filtros es de 72 horas los cuales se lavan en el turno correspondiente.

No existe un mecanismo de lavado se lo hace manualmente cada operador desagua el filtro raspa alrededor de 3cm de arena y se procede a lavar dicha arena en los lavaderos ubicados a los costados de los filtros 1 y 3.

2.3.1.4. CASETA DE CLORACIÓN



La caseta de cloración donde se suministra cloro por goteo al agua filtrada y al agua tratada proveniente de los tanques para luego ser almacenada en un tanque de almacenamiento y dejar que el desinfectante actúe.

2.3.1.5. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Existen dos tanques donde solo se usa el uno en el cual se almacena el agua destinada a la distribución de los usuarios que cuentan con el servicio de agua potable del cantón Colta.

2.3.2. DATOS EXPERIMENTALES

2.3.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS CAPTADA Y TRATADA

El agua captada fue tomada en el cajón de recepción de la planta de tratamiento del “Cantón Colta”, el agua tratada fue tomada en el vertedero que reúne el agua de los

tres filtros lentos de arena de la planta, antes de la desinfección. Se determinó Temperatura, pH y turbiedad in situ y los demás parámetros en laboratorio del mismo.

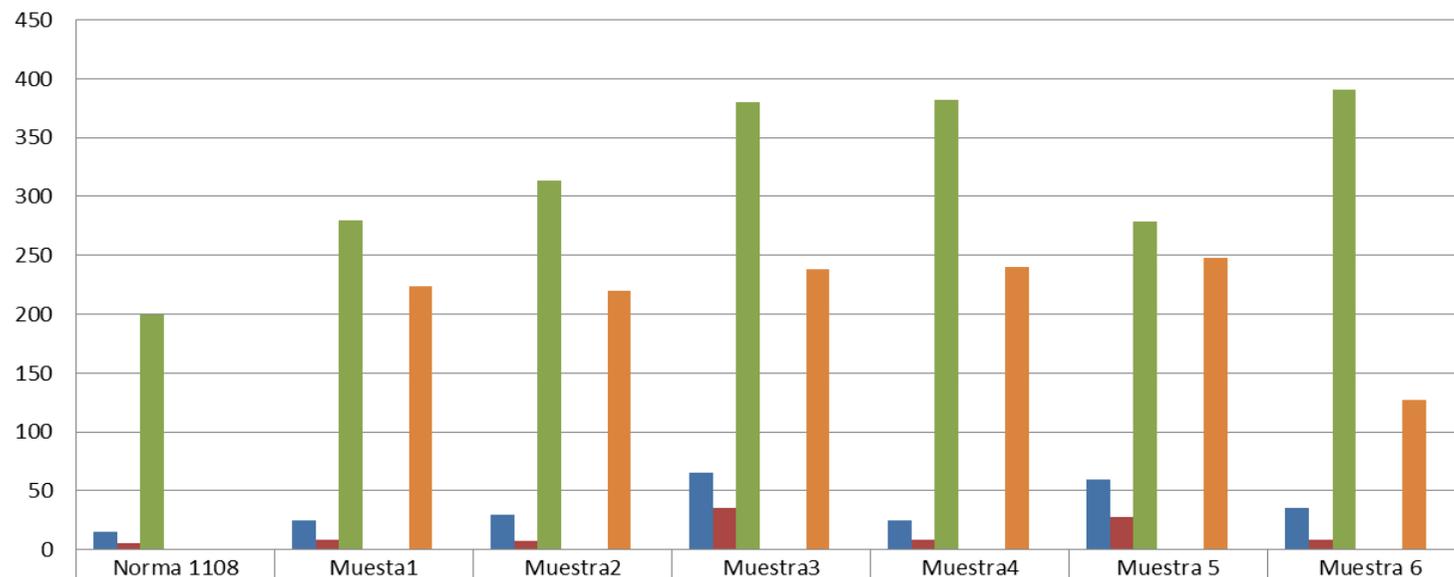
2.3.2.1.1 AGUA RIO DIQUE

Tabla 2.3.2.1.1-1 ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DEL AGUA DEL RIO DIQUE A LA ENTRADA

ANÁLISIS AGUA	UNIDAD	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra4	Muestra 5	Muestra 6	PROMEDIO
FÍSICO								
Ph	Unit	8.2	7.9	8.5	8.3	8.6	8.4	8.32
Color	Pt-Co	25	30	65	25	60	35	40
Turbiedad	UNT	8.80	7.30	35	7.92	27.50	8.05	15.76
Temperatura	°C	16.7	18.4	17.1	17.1	18.3	16.9	17.41
Conductividad	uS/cm	330	325	330	393	329	401	351.3
Sólidos totales	mg/L	176.7	160.1	157	180.1	175	184.6	172.25
disueltos	mg/L	280	314	380	382	279.1	391	337.7
Dureza	%	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.25
Sal		Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod
Olor		Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans
Aspecto								
Hierro total	mg/L	0.64	0.59	0.61	0.71	0.62	0.73	0.65
Sulfatos	mg/L	30	28	29	33	31	33	30.7
Nitritos	mg/L	0.001	0.002	0.001	0.004	0.002	0.005	0.0025
Nitratos	mg/L	1.3	1.3	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
N Amoniacal	mg/L	0.16	0.10	0.05	0.09	0.13	0.05	0.10
Flúor	mg/L	0.40	0.37	0.35	0.38	0.41	0.33	0.37
Fósforo	mg/L	0.22	0.19	0.31	0.30	0.22	0.28	0.25
Magnesio	mg/L	0.058	0.056	0.012	0.061	0.057	0.059	0.051
Coliformes Totales	mg/L	224	220	238	240	248	127	216.2
Coliformes Fecales	mg/L	0	1	0	1	0	0	0.33

FUENTE: Laboratorio de análisis de agua del Cantón “Colta”

AGUA DEL RÍO DIQUE



	Norma 1108	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra4	Muestra 5	Muestra 6
■ Color Pt-Co	15	25	30	65	25	60	35
■ Turbiedad UNT	5	8,8	7,3	35	7,92	27,5	8,05
■ Dureza mg/L	200	280	314	380	382	279,1	391
■ Hierro total mg/L	0,3	0,64	0,59	0,61	0,71	0,62	0,73
■ Fósforo mg/L	0,1	0,22	0,19	0,31	0,3	0,22	0,28
■ Coliformes Totales mg/L	0	224	220	238	240	248	127
■ Coliformes Fecales mg/L	0	0	1	0	1	0	0

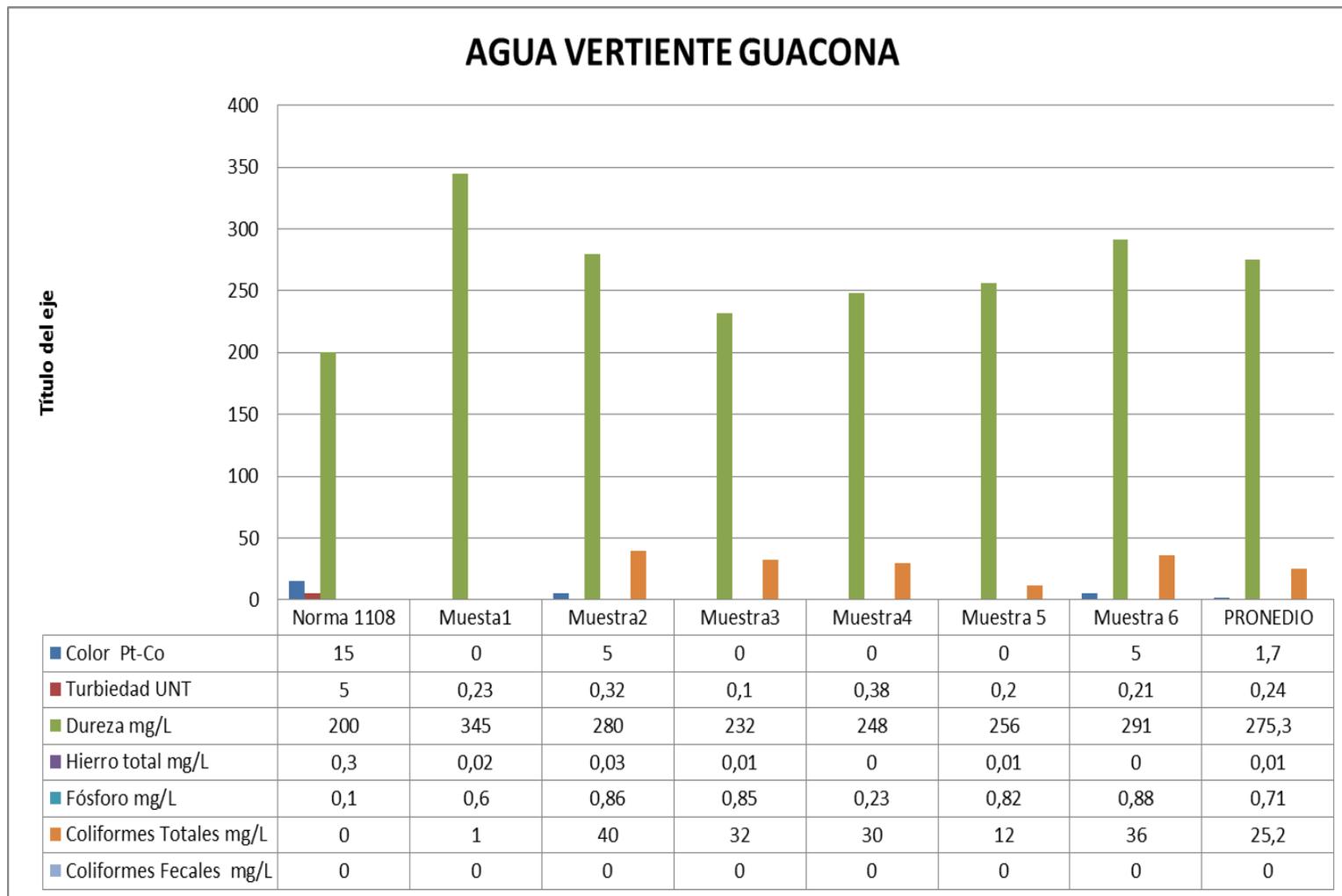
FUENTE: Glenda Quinchuela. A

2.3.2.1.2 AGUA DE VERTIENTE GUACONA

Tabla 2.3.1.1.2-1 ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DEL AGUA GUACONA A LA EMTRADA A LA PLANTA

ANÁLISIS DEL AGUA	UNIDAD	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra4	Muestra 5	Muestra 6	PRONEDIO
Físico								
Ph	Unit	7.6	7.4	7.5	7.0	7.2	7.58	7.4
Color	Pt-Co	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	5.00	1.7
Turbiedad	UNT	0.23	0.32	0.10	0.38	0.20	0.21	0.24
Temperatura	°C	17.1	17.0	16.9	17.3	17.8	17.5	17.3
Conductividad	uS/cm	603	538	510	541	598	569	559.8
Sólidos totales	mg/L	326	289	316	292	301	272	299.3
disueltos	mg/L	345	280	232	248	256	291	275.3
Dureza	%	0.30	0.10	0.30	0.30	0.20	0.30	0.25
Sal		Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod
Olor		Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans
Aspecto								
Hierro total	mg/L	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Sulfatos	mg/L	52	45	47	29	37	25	39.2
Nitritos	mg/L	0.006	0.008	0.002	0.003	0.001	0.004	0.004
Nitratos	mg/L	0.3	0.4	5.5	4.7	0.61	4.3	2.6
N Amoniacal	mg/L	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.015
Flúor	mg/L	1.41	0.79	0.94	0.91	0.81	0.84	0.95
Fósforo	mg/L	0.60	0.86	0.85	0.23	0.82	0.88	0.71
Magnesio	mg/L	0.061	0.021	0.026	0.032	0.029	0.030	0.033
Coliformes Totales	mg/L	1	40	32	30	12	36	25.2
Coliformes Fecales	mg/L	0	0	0	0	0	0	0

FUENTE: Laboratorio de análisis de agua del Cantón “Colta”



FUENTE: Glenda Quinchuela. A

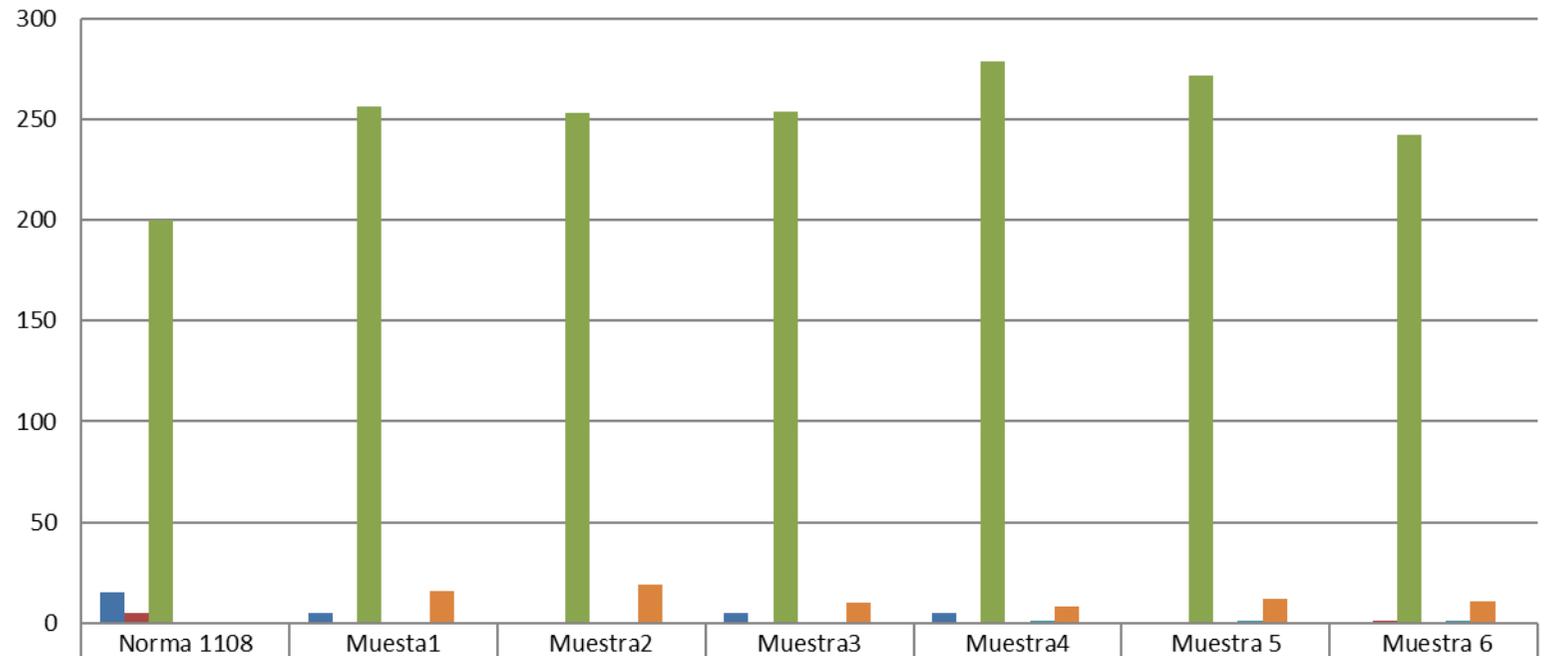
2.3.2.1.1.3 AGUA DE VERTIENTE CUNUCPOGYO

Tabla 2.3.1.1.3-1 ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DEL AGUA A LA ENTRADA A LA PLANTA

ANÁLISIS DEL AGUA	UNIDAD	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra4	Muestra 5	Muestra 6	PROMEDIO
Físico								
Ph	Unit	7.6	7.3	7.5	7.6	7.58	7.59	7.53
Color	Pt-Co	5.00	0.00	5.00	5.00	0.00	0.00	2.5
Turbiedad	UNT	0.34	0.20	0.33	0.89	0.62	0.9	0.4
Temperatura	°C	17.1	17.1	16.9	18	17.6	18.1	17.5
Conductividad	uS/cm	540	600	538	676	613	686	600.8
Sólidos totales	mg/L	291	323	289	323	312	333	310
disueltos	mg/L	256	253	254	279	271.5	242	268.3
Dureza	%	0.30	0.10	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30
Sal		Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod
Olor		Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans
Aspecto								
Hierro total	mg/L	0.01	0.01	0.002	0.00	0.005	0.00	0.006
Sulfatos	mg/L	47	49	46	47	41	48	47.5
Nitritos	mg/L	0.010	0.009	0.010	0.005	0.007	0.004	0.007
Nitratos	mg/L	1.6	1.4	1.7	1.8	1.75	1.9	1.69
N Amoniacal	mg/L	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.018
Flúor	mg/L	0.95	0.96	0.090	0.065	0.081	0.66	0.70
Fósforo	mg/L	0.88	0.86	0.89	0.91	0.9	0.92	0.89
Magnesio	mg/L	0.023	0.030	0.025	0.075	0.049	0.074	0.046
Coliformes Totales	mg/L	16	19	10	8	12	11	11
Coliformes Fecales	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE: Laboratorio de análisis de agua del Cantón “Colta”

VERTIENTE CUNUCPOGYO



■ Color Pt-Co	15	5	0	5	5	0	0
■ Turbiedad UNT	5	0,34	0,2	0,33	0,89	0,62	0,9
■ Dureza mg/L	200	256	253	254	279	271,5	242
■ Hierro total mg/L	0,3	0,01	0,01	0,002	0	0,005	0
■ Fósforo mg/L	0,1	0,88	0,86	0,89	0,91	0,9	0,92
■ Coliformes Totales mg/L	0	16	19	10	8	12	11
■ Coliformes Fecales mg/L	0	0	0	0	0	0	0

FUENTE: Glenda Quinchuela. A

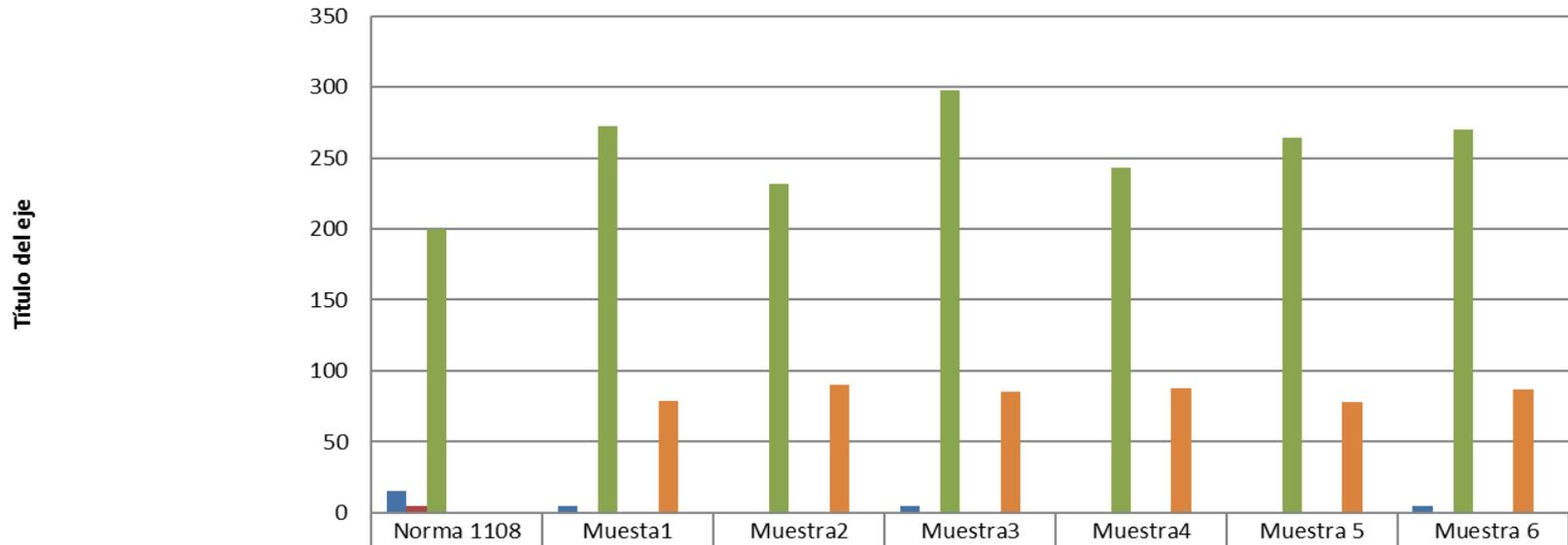
2.3.2.1.1.4 AGUA DE VERTIENTE COMPANIA

Tabla 2.3.2.1.1.4-1 ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DEL AGUA A LA ENTRADA A LA PLANTA

ANÁLISIS DEL AGUA	Unidad	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra4	Muestra 5	Muestra 6	PROMEDIO
Físico								
Ph	Unit	7.36	7.30	6.9	7.5	7.4	7.39	7.30
Color	Pt-Co	5.00	0.00	5	0	0	5	2.5
Turbiedad	UNT	0.42	0.23	0.32	0.1	0.15	0.40	0.27
Temperatura	°C	17.6	18.4	17.1	17.3	17.7	17.5	17.6
Conductividad	uS/cm	555	510	593	522	546	549	545.8
Sólidos totales disueltos	mg/L	269	316	335	326	259	226	288.5
Dureza	mg/L	272.1	232	298.	243	264	270	263.2
Sal	%	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.3	0.27
Olor		Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod
Aspecto		Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans
Hierro total	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.013
Sulfatos	mg/L	22	20	19	23	26	21	21.8
Nitritos	mg/L	0.003	0.002	0.004	0.002	0.006	0.003	0.003
Nitratos	mg/L	3.9	2.4	1.3	2.9	3.8	3.5	2.97
N Amoniacal	mg/L	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.052
Flúor	mg/L	0.88	1.1	0.91	0.86	0.89	0.87	0.92
Fósforo	mg/L	0.89	0.79	0.80	0.90	0.86	0.88	0,85
Magnesio	mg/L	0.029	0.028	0.031	0.030	0.029	0.029	0.029
Coliformes Totales	UFC/100ml	79	90	85	88	78	87	84.5
Coliformes Fecales	UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0

FUENTE: Laboratorio de análisis de agua del Cantón “Colta”

Vertiente la Compañía



	Norma 1108	Muestra1	Muestra2	Muestra3	Muestra4	Muestra5	Muestra6
Color Pt-Co	15	5	0	5	0	0	5
Turbiedad UNT	5	0,42	0,23	0,32	0,1	0,15	0,4
Dureza mg/L	200	272,1	232	298	243	264	270
Hierro total mg/L	0,3	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
Fósforo mg/L	0,1	0,89	0,79	0,8	0,9	0,86	0,88
Coliformes Totales UFC/100ml	0	79	90	85	88	78	87
Coliformes Fecales UFC/100ml	0	0	0	0	0	0	0

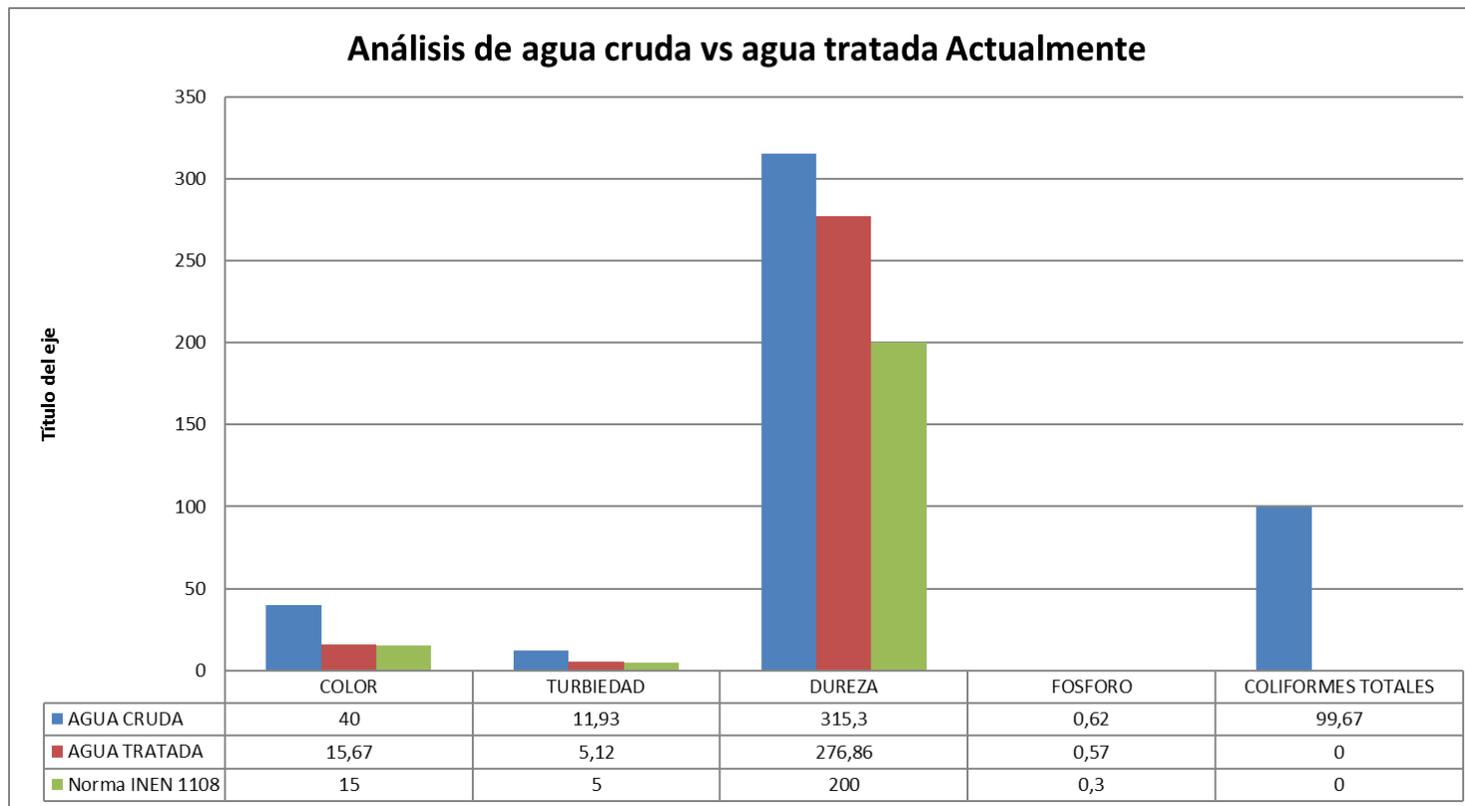
FUENTE: Glenda Quinchuela. A

2.3.2.1.1.5 AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA ACTUAL

Tabla 2 .3.1.1.6-1 ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DEL AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA

Muestra 1(agua Cruda) y Muestra 2(agua tratada actualmente)														PROM	
ANÁLISIS	Unid	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ph	Unit	8.2	7.91	7.9	7.22	8.5	7.7	8.3	8.1	8.6	7.9	8.4	8.0	8.32	7.81
Color	Pt-Co	25	5	30	25	65	5	25	20	60	5	35	10	40	15.12
Turbiedad	UNT	8.80	0.95	7.30	6.96	22	9.4	7.92	2.85	17.5	8.3	8.05	1.77	11.93	5.12
Temperatura	°C	16.7	16.8	18.4	14.6	17.1	16.4	17.1	16.1	18.3	14.6	16.9	15.6	17.42	16.18
Conductivida	uS/c	498	457	525	516	590	585	493	468	535	505	501	469	523.7	500
STD	mg/L	289	248	273	250	287	282	280.1	251	298	244	252	184	279.9	243.16
Dureza	mg/L	280	268.2	314	272	340	334	352	242	323	279	301	246	315.3	276.86
Sal	%	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.23
Olor		Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod
Aspecto		Tran	Trans	Tran	Tran	Tran	Tran	Trans	Trans						
Hierro total	mg/L	0.64	0.02	0.59	0.02	0.61	0.01	0.71	0.02	0.62	0.04	0.73	0.04	0.65	0.025
Sulfatos	mg/L	38	32	36	33	29	26	43	36	41	32	43	36	38.33	32.5
Cloro Res	mg/L	0	0.31	0	0.8	0	0.4	0	0.30	0	0.6	0	0.32	0	0.46
Nitritos	mg/L	.003	0.002	0.005	0.004	0.001	.0005	0.004	0.003	.004	0.002	0.005	0.004	.0037	0.0026
Nitratos	mg/L	2.3	2.1	3.3	2.6	3.1	2.8	2.2	1.9	2.6	2.4	2.4	1.9	2.65	2.28
N Amoniacal	mg/L	0.16	0	0.10	0.02	0.05	0.06	0.09	0.05	0.13	0.02	0.05	0.05	0.097	0.033
Flúor	mg/L	0.60	0.58	0.70	0.68	0.85	0.80	0.68	0.67	0.81	0.71	0.73	0.67	0.75	0.69
Fósforo	mg/L	0.42	0.33	0.79	0.73	0.61	0.57	0.60	0.52	0.72	0.69	0.58	0.55	0.62	0.57
Magnesio	mg/L	.058	0.023	0.096	0.09	0.012	0.020	0.061	0.019	0.05	0.017	0.059	0.021	0.056	0.032
Coliformes T	mg/L	80	0	98	0	104	0	89	0	120	0	107	0	99.67	0
Coliformes F	mg/L	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.33	0

FUENTE: Laboratorio de análisis de agua del Cantón “Colta”



FUENTE: Glenda Quinchuela. A

CAPITULO III

CALCULOS Y

RESULTADOS

CAPITULO III

3. REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El rediseño del sistema de tratamiento de agua potable para el cantón Colta consiste principalmente en la utilización de un producto químico (sulfato de aluminio) que sirva como coagulante y floculante y a su vez mejore la sedimentación garantizando de esta manera un agua que cumpla con las normas de calidad INEN1108.

De acuerdo a los análisis físicos-químicos y microbiológicos del agua cruda y tratada ya la ejecución de la prueba de jarras del agua cruda se puede considerar que el rediseño de la planta de tratamiento consiste en la implementación de nuevos procesos como: la sección de mezcla rápida con vertedero rectangular sin contracciones laterales, en caída libre que garantice el adecuado contacto del polímero con el agua cruda. Floculadores hidráulicos de flujo horizontal para mantener el agua con polímero el tiempo necesario para que se realice una adecuada sedimentación. Sedimentadores de tasa alta para aprovechar el espacio físico de la planta. Rediseño de los filtros lentos de arena con implementación de un filtro rápido.

3.1.DATOS ADICIONALES

3.1.1. PRUEBAS DE JARRAS UTILIZANDO SULFATO DE ALUMINIO.

Las pruebas de jarras se realizaron tomando muestras del agua captada en el cajón de recepción de la planta con 500 mL todas las muestra se realizó la dosificación de sulfato de aluminio a partir de 20 y 30mL dependiendo de las mediciones de color y turbiedad realizadas en el equipo de jarras del laboratorio de la EMAPA Riobamba. Fue usado sulfato de aluminio a preparado a 1 ppm.

Tabla 3.1.1-1. Prueba de jarras con sulfato de aluminio para el agua de planta

Semana 1						
ml de $Al_2(SO_4)_3$	Color	Turbiedad	ml de $Al_2(SO_4)_3$	Color	Turbiedad	PRO NTU
10	10	1.8	10	15	1,91	1.84
20	15	1.3	20	10	1,88	1.61
30	5	0.96	30	10	1,0	0.98
40	2.5	0.82	40	2.5	0.79	0.81
50	2.5	0.81	50	2.5	0.80	0.81
60	20	0.79	60	25	0,86	0.80

“Colta)

Fuente: Glenda Quinchuela. A

Tabla 3.1.1-2. Prueba de jarras con sulfato de aluminio para el agua de planta “Colta)

Semana 2						
ml de $Al_2(SO_4)_3$	Color	Turbiedad	ml de $Al_2(SO_4)_3$	Color	Turbiedad	PRO NTU
5	10	1.5	5	10	1,51	1.84
10	15	1.8	10	15	1,86	1.51
15	15	1.96	15	10	1,33	1.42
20	25	2.82	20	15	2,79	1.61
25	20	1.81	25	15	1,80	1.02
30	5	0.96	30	2.5	0,98	1.00

Fuente: Glenda Quinchuela. A

Tabla 3.1.1-3. Prueba de jarras con sulfato de aluminio para el agua de planta

Semana 3						
ml de $Al_2(SO_4)_3$	Color	Turbiedad	ml de $Al_2(SO_4)_3$	Color	Turbiedad	PRO NTU
10	15	1.5	10	10	1.8	1.65
20	10	0.82	20	10	0.87	0.84
30	5	0.49	30	5	0.69	0.59
40	2.5	0.36	40	2.5	0.39	0.38
50	2.5	0.34	50	2.5	0.31	0.33
60	5	0.36	60	2.5	0.30	0.33

Fuente: Glenda Quinchuela. A

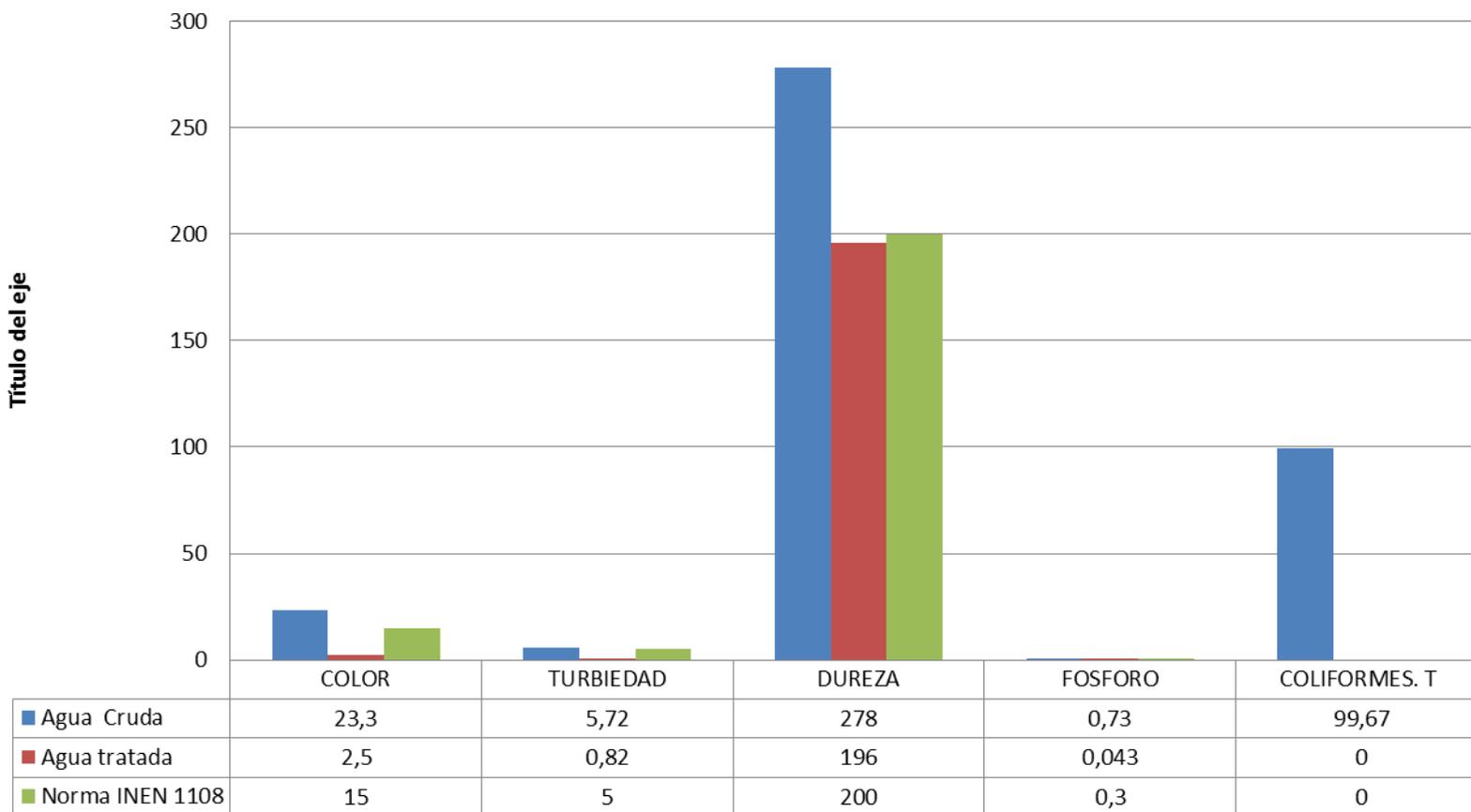
3.1.2. AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA PROPUESTA

Tabla 3.1.2-1 ANALISIS FISICO – QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DEL AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA

ANTES DEL TRATAMIENTO	ANTES DEL TRATAMIENTO			PROMEDIO	DESPUES DEL TRATAMIENTO			PROMEDIO
	Muestra1	Muestra 2	Muestra 3		Muestra1	Muestra 2	Muestra 3	
Ph	7.6	8.2	7.51	7.77	7.81	7.84	7.5	7.72
Color	15	25	30	23.3	0	2.5	5	2.5
Turbiedad	1.08	8.80	7.30	5.72	0.81	0.75	0.91	0.82
Temperatura	19.3	16.7	17.3	17.77	19.3	17.3	17.6	18.06
Conductividad	370	498	535	467.67	329	483	529	447
Sólidos Totales disueltos	178.3	289	259	242.1	158.3	239	211	202.77
Dureza	244	280	310	278	189	198	201	196
Sal	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
Olor	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod	Inod
Aspecto	Trans	Tran	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans	Trans
Hierro total	0.01	0.06	0.03	0.033	0.009	0.007	0.02	0.012
Sulfatos	46	38	49	44.3	22	18	21	20.33
Cloro residual	0	0	0	0	0.7	0.8	0.31	0.60
Nitritos	0.04	0.03	0.06	0.043	0.02	0.036	0.01	0.022
Nitratos	2.9	2.3	3.1	2.77	2.7	1.9	2.9	2.5
N Amoniacal	0.08	0.016	0.011	0.035	0.04	0.010	0.08	0.043
Flúor	0.78	0.60	0.082	0.049	0.72	0.51	0.065	0.62
Fósforo	0.87	0.42	0.91	0.73	0.050	0.028	0.063	0.043
Magnesio	0.032	0.058	0.038	0.042	0.024	0.039	0.029	0.031
Coliformes Totales	70	89	104	87.6	0	0	0	0
Coliformes fecales	0	0	0	0	0	0	0	0

FUENTE: Laboratorio de análisis de agua del Cantón “Colta”

Resultados de análisis de agua cruda vs tratada(propuesta)



FUENTE: Glenda Quinchuela. A

3.2. CÁLCULOS DE INGENIERÍA

3.2.1. CALCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR

(MEZCLA RAPIDA HIDRÁULICA)

$$Q = 22.5 \text{ (L/s)}$$

$$B = 0.35 \text{ (m)}$$

$$g = 9.8 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$q = \frac{Q}{\beta} = \frac{0.0225\text{m}^3/\text{s}}{0.35 \text{ m}} = 0.064\text{m}^2/\text{s}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{\left(0.06 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)^2}{\frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0.072\text{m}$$

$$P = 1.1 \text{ (m)}$$

$$h_1 = \frac{\sqrt[3]{2} * h_c}{1.06 + \sqrt[2]{\frac{p}{h_c} + 1.5}} = \frac{\sqrt{2} * 0.072\text{m}}{1.06 + \sqrt{\frac{1.1\text{m}}{0.072\text{m}} + 1.5}} = 0.020\text{m}$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} = \frac{0.064\text{m}^2/\text{s}}{0.020\text{m}} = 3.22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{3.22 \text{ m/s}}{\sqrt{9.8\text{m}^2/\text{s} * 0.020\text{m}}} = 7.27 \text{ (óptimo)}$$

$$h_2 = \frac{h_1 \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)}{2} = \frac{0.020\text{m} \left(\sqrt{1 + 8 * (7.27)^2} - 1 \right)}{2} = 0.21\text{m}$$

$$V_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{0.064 \text{ m}^2/\text{s}}{0.21 \text{ m}} = 0.304 \text{ m/s}$$

Según Belanger, la pérdida de energía en resalto es:

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2} = \frac{(0.21 \text{ m} - 0.020 \text{ m})^3}{4 * 0.020 \text{ m} * 0.21 \text{ m}} = 0.41 \text{ m}$$

La longitud adecuada del resalto aplicando la fórmula de Smetana:

$$L_i = (h_2 - h_1) = 6(0.21 - 0.020) \text{ m} = 1.14 \text{ m}$$

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{3.22 + 0.304}{2} \text{ m/s} = 1.458 \text{ m/s}$$

$$t_m = \frac{L_i}{V_m} = \frac{1.14 \text{ m}}{1.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.786 \text{ s}$$

3.2.2. CALCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL

$$Q = 22.5 \text{ L/s}$$

$$t = 25 \text{ min} \rightarrow 1500 \text{ s}$$

$$v = 0.20 \text{ m/s}$$

$$L = v * t = 0.20 \text{ m/s} * 1500 \text{ s} = 300 \text{ m}$$

$$V = Q * t = 0.0225 \text{ m}^3/\text{s} * 1500 \text{ s} = 33.75 \text{ m}^3$$

$$a = \frac{V}{L} = \frac{33.75 \text{ m}^3}{300 \text{ m}} = 0.1125 \text{ m}^2 ; a' = \frac{Q}{v} = \frac{0.0225 \text{ m}^3/\text{s}}{0.20 \text{ m/s}} = 0.1125 \text{ m}^2$$

$$d = \frac{a}{\emptyset} = \frac{0.1125 \text{ m}^2}{0.45 \text{ m}} = 0.25 \text{ m}$$

Como d es < 0.9
$$d = \frac{a}{a'} = \frac{0.1125 \text{ m}^2}{0.1125 \text{ m}^2} = 1$$

El espaciamiento entre baffles y pared debe ser 1.5 veces la separación de los baffles, para este caso la separación es 0.30 m. Con lo que se puede calcular la profundidad total del tanque:

$$h_t = d + 0.3 = 1 \text{ m} + 0.3 \text{ m} = 1.3 \text{ m}$$

Para determinar el número de canales (N) se debe calcular el espacio libre entre tabiques y pared (el) y la longitud efectiva (l_e), para lo que consideramos un ancho útil (a_u) de 3m.

$$el = L * 2a = 3(2 * 0.1125 \text{ m}) = 0.675 \text{ m}$$

$$l_e = a_u - el = 3 \text{ m} - 0.675 \text{ m} = 2.325 \text{ m}$$

$$N = \frac{L}{l_e} = \frac{300 \text{ m}}{2.325 \text{ m}} = 129$$

Suponiendo un espesor de cada tabique de 3 cm, la longitud total de la cámara de floculación será:

$$l_i = N_a + 0.03(N - 1) = (129 * 0.1125m) + 0.03(129m - 1) = 18.35m$$

Según Manning, para obtener la pérdida de fricción consideramos $n = 0.013$ y $R = 2.35 \text{ m/s}^2$

$$h_f = (nv)^2 \frac{L}{(aR)^{4/3}} = (0.013 * 0.20m/s)^2 \frac{300m}{(0.1125m * 2.35m/s)^{4/3}} = 1.24m$$

La pérdida adicional:

$$h_a = 3(N - 1) \left[\frac{v^2}{2g} \right] = 3 (129 - 1) \left[\frac{(0.20m/s)^2}{(2 * 9.8m/s^2)} \right] = 0.784m$$

La pérdida total:

$$H = h_f + h_a = 1.24 \text{ m} + 0.784 \text{ m} = 2.024m$$

Según Smethurst para lo que tenemos a un $T = 25 \text{ min}$, el gradiente de velocidad y un Gt de: $\mu_{25^\circ\text{C}} = 1.139 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$G = \sqrt{\frac{gH}{uT}} = \sqrt{\frac{(9.8m^2/s * 2.024m)}{(1.139 \times 10^{-6} m^2/s * 1500s)}} = 107.75 s^{-1}$$

El número a dimensional de Camp:

$$G_t = G * T = 107.75 \text{ s}^{-1} * 1500s = 161625$$

3.2.3. CALCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE

SEDIMENTADOR DE TASA ALTA

En el presente proyecto se diseña un sedimentador de tasa alta, cuyo diseño se describe a continuación. Dado que el caudal de diseño:

$$Q = 22.5 \text{ L/s}$$

$$T = 15\text{C}$$

$$\emptyset = 60^\circ$$

$$d = 5 \text{ cm.}$$

$$e = 6 \text{ mm}$$

$$a_s = 2.50 \text{ m}$$

$$L_s = 5.0 \text{ m}$$

$$a_p = 2 \text{ m}$$

$$\mu_{25^\circ\text{C}} = 1.139 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h_p = 1.15 \text{ m}$$

El área útil de sedimentación por día para este tipo de sedimentador es:

$$A = 2a_s^2 = 2(2.5\text{m})^2 = 12.5\text{m}^2$$

$$C_s = \frac{Q}{A} = \frac{0.0225\text{m}^3/\text{s}}{12.5\text{m}^2} * 86400\text{s}/\text{d} = 155.52\text{m}/\text{d}$$

$$V_s = \frac{Q}{A \sin \emptyset} = \frac{0.0225\text{m}^2/\text{s}}{12.5\text{m}^2 \sin 60} * 60\text{s}/\text{min} = 0.35\text{m}/\text{min}$$

La velocidad crítica de sedimentación para este tipo de sedimentado es:

$$h = \frac{h_p}{d} = \frac{0.115\text{m}}{0.05\text{m}} = 23$$

$$h' = \frac{0.013V_s d}{\vartheta_{25^\circ\text{C}}} = \frac{0.013 * 0.35\text{m}/\text{min} * 0.05\text{m}}{1.139 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}} * 0.016\text{min}/\text{s} = 3.19$$

$$h_c = h - h' = 23 - 3.19 = 19.81$$

$$V_{cs} = \frac{V_s}{\sin \emptyset + h_c \cos \emptyset} = \frac{0.35m/min}{\sin 60^\circ + (19.81 * \cos 60^\circ)} * 1440 \text{ min/d} = 26.28m/d$$

El número de Reynolds de caracterización es:

$$N_{Re} = \frac{V_s d}{\vartheta} = \frac{0.35m/min * 0.05m}{1.139 \times 10^{-6} m^2/s} * 0.016min/s = 245.83$$

El sedimentador está bien dimensionado cuando el tiempo de retención en celdas (T_{rc}) es menor a 10 min.

$$= T_{rc} \frac{h_p}{V_s} = \frac{1.15m}{0.35m/min} = 3.28min$$

El tiempo de retención en el tanque es:

$$T_{rt} = \frac{A(a_p + h_p)}{Q} = \frac{12.5m^2(2 + 1.15)m}{0.0225m^3/s} * 0.016min/s = 28$$

El número de placas es:

$$N = \frac{L_s \sin \emptyset + d}{d + e} = \frac{5m * \sin 60 + 0.05}{0.05m + 0.06m} = 28$$

3.2.4. CALCULO DEL FILTRO DE SEDIMENTOS

Para diseñar y calcular los filtros se realiza de acuerdo al caudal del líquido y del tiempo que se demora el líquido al ser filtrado, para retener las partículas sólidas.

- **Cálculo del caudal del filtro:** Se lo realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

$$Q = 22.5 \text{ L/s Caudal cm}^3$$

$$V = \text{volumen de filtrado mL}$$

$$t = 60 \text{ s}$$

Reemplazando tenemos:

$$V = Q \times t$$

$$V = 1944 \text{m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s}$$

$$V = 116640 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de la tasa media de filtración.** Se la realiza a partir de la ecuación de la siguiente ecuación:

$$tmf = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

tmf= tasa media de filtración $m^3/m^2 s$

Q= caudal m^3/s

A= área filtrante m^2

Reemplazando tenemos:

$$Tmf= 1944 m^3/s / 0.0140 m^2$$

$$Tmf=27.216 m^3/m^2 s$$

- **Cálculo del área total de filtración:** Se la realiza a partir de la ecuación de la siguiente ecuación:

$$At = \frac{Q}{tmf}$$

Dónde:

At= área total m^2

Q= caudal m^3/s

tmf= tasa media de filtración $m^3/m^2 s$

Reemplazando tenemos:

$$At = 1944 m^3/s / 27.216 m^3/m^2 s$$

$$At = 71.43m^2$$

- **Cálculo del número de filtros:**

Cuando se van a determinar las características de un medio filtrante, deben considerarse las propiedades del material que va a utilizarse como tal, en un filtro de arena se debe tener en cuenta el tamaño efectivo y el coeficiente de uniformidad.

T_e = tamaño del tamiz, que permite el paso del 10% del medio filtrante.

$$Q = 22.5 \text{ L/s} \rightarrow 1944 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$N_F = 0.044\sqrt{Q} = 0.044\sqrt{1944 \text{ m}^3/\text{d}} = 0.19$$

3.3. RESULTADOS

3.3.1. TANQUE HOMOGENIZADOR (MEZCLA RÁPIDA HIDRAULICA)

TABLA 3.3.1-1 RESULTADOS MEZCLA RAPIDA

CALCULO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Caudal por unidad de ancho del vertedero	q	0,064	m ³ /s
Altura crítica	hc	0,072	m
Profundidad antes del resalto	h ₁	0,019	m
Velocidad de entrada al resalto	v ₁	3,22	m/s
Número de Froude	F	7,27	
Profundidad luego del resalto	h ₂	0,205	m
Velocidad de salida del resalto	v ₂	0,304	m/s
Pérdida de energía en el resalto	h	0,410	m
Longitud del resalto	L _i	1,14	m
Velocidad media	v _m	1,458	m/s
Tiempo de mezcla	t _m	0,786	s
Gradiente de velocidad	G	1750,079	s ⁻¹

FUENTE: Glenda Quinchuela. A

3.3.2. TANQUE FLOCULADOR HIDRÁULICO

TABLA 3.3.2-2 RESULTADOS FLOCULADOR HIDRÁULICO

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Distancia total recorrida	L	300	m
Volumen de agua a mezclar cada 25 min	V	33,75	m
Área transversal requerida de un canal entre	a	0,1125	m
Separación mínima entre tabiques	d	0,25	m
Distancia entre baffles	d _f	0,18	m
Profundidad total del tanque	h _t	1,03	m
Espacio libre entre tabiques y pared del tanque	e _l	0,675	m
Espacio libre	l	2,325	m
Número requerido de canales	N	129	
Longitud total interior de la cámara de	L _i	18,35	m
Pérdida por fricción en el tabique	h _f	4,24	m
Cálculo del radio hidráulico	R	0,32	
Pérdida adicional	h	0,784	m
Pérdidas totales	H	2,023	m
Gradiente de velocidad	G	107,72	s

FUENTE: Glenda Quinchuela. A

Sedimentadores de tasa alta para aprovechar el espacio físico de la planta. Diseño de los filtros lentos de arena con implementación de un filtro rápido.

3.3.3 SEDIMENTADOR DE TASA ALTA

TABLA 3.3.3-1 RESULTADOS DE SEDIMENTADOR TASA ALTA

CALCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Carga superficial	CS	155,52	m/día
Velocidad inicial de sedimentación	v_s	0,35	m/min
Longitud relativa de sedimentadores	L	23	
Longitud relativa para la región de transición	L'	3,19	
Longitud relativa del sedimentador de tasa alta en Flujo laminar	L_c	19,81	
Velocidad crítica de asentamiento	v_{sc}	26,28	m/día
Número de Reynolds	N_{RE}	245,82	
Tiempo de retención en las celdas	Trc	3,28	m
Tiempo de retención en el tanque	Trt	28	m

FUENTE: Glenda Quinchuela. A

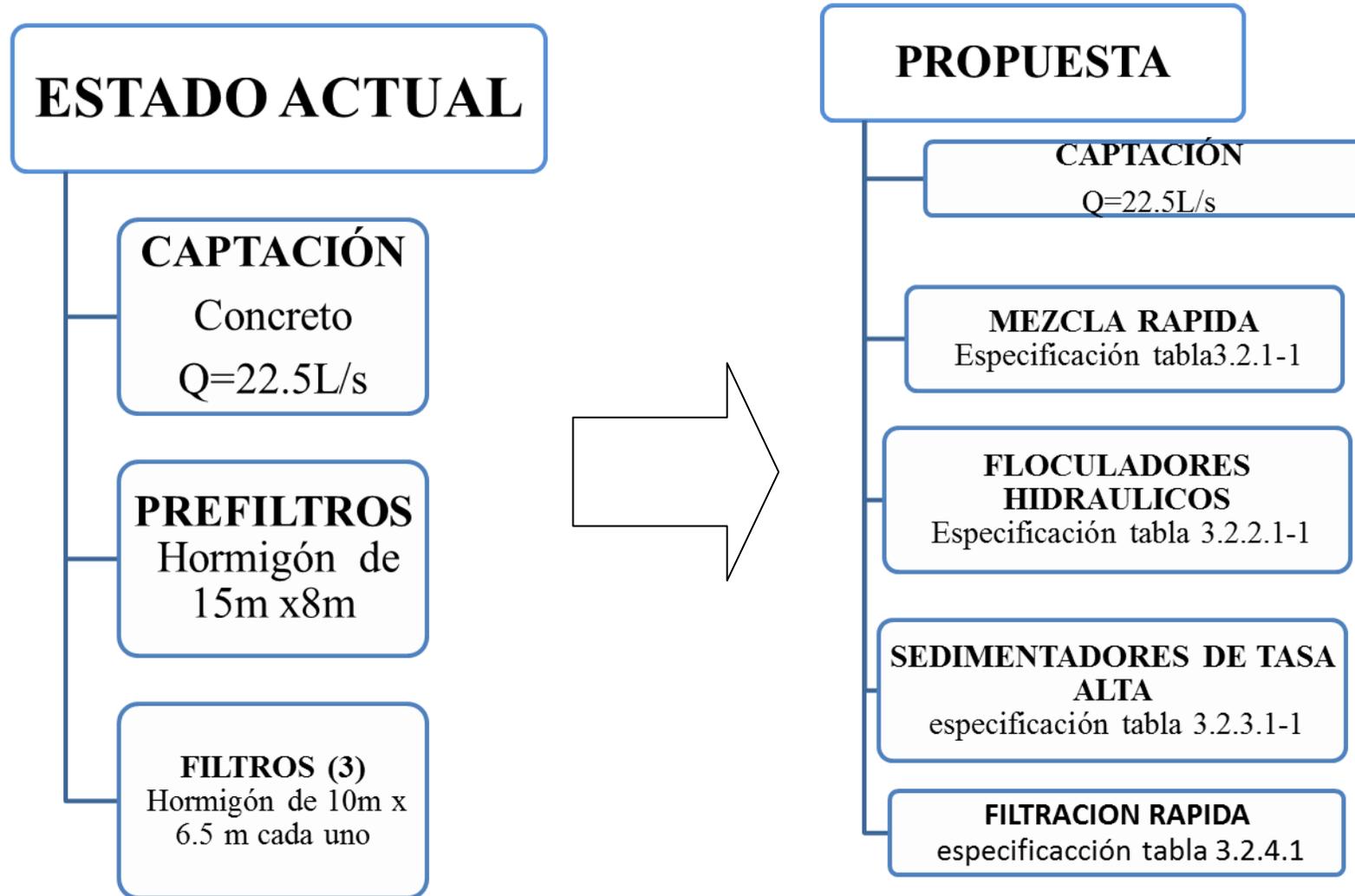
3.3.4. FILTROS

TABLA 3.3.4-1 RESULTADOS DE FILTROS

CALCULOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Caudal total de tratamiento	Q	1944	m ³ /día
Volumen del filtrado	V	116640	m ³
Tasa media de Filtración	tmf	27.216	m ³ /m ² s
Area Total de Filtración	At	71.43	m ²
Número de filtros totales	N _F	0,2	

FUENTE: Glenda Quinchuela. A

3.4. PROPUESTA



3.4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.4.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

De la caracterización del agua en su origen de resultados del promedio presentado en la **TABLA 3.2.1.1-1** se pudo determinar el aspecto físico- químico y microbiológico de parámetros como Color= 40 UTC, turbiedad= 15.76 NTU, dureza= 337.7mg/L, hierro Total = 0.65 mg/L, Fósforo= 0.25mg/L, Coliformes totales= 216.2 UFC/100ml y Coliformes fecales= 0.33 UFC/100ml, los mismos que comparados con la norma INEC 1108 para agua potable no cumplen las normas establecidas, pero parámetros de pH, conductividad, sólidos totales, sal , nitritos y nitratos, magnesio, Fluor, Sulfatos están en los rangos establecido por la Norma. Se dé notar que existe una variación atípica en datos de turbiedad y color se debió a que la muestra fue tomada en días de lluvia ya que esta agua es de río y viene a condiciones bajo el cual el agua trae consigo mayor cantidad de impurezas.

En la **TABLA 3.2.1.2.-1** se pudo determinar que los parámetros controlados mediante el análisis físico – químico comparando con la norma INEN 1108 cumplen, pero es de que notar que el aspecto microbiológico específicamente los coliformes totales = 25.2 mg/L no cumple con la norma establecida Dando nos a entender que no existe un buen proceso de filtración, y desinfección.

En la **TABLA 3.2.1.3.-1** se determinó que los parámetros controlados mediante el análisis físico químico cumplen con los valores establecidos. Se determinó que

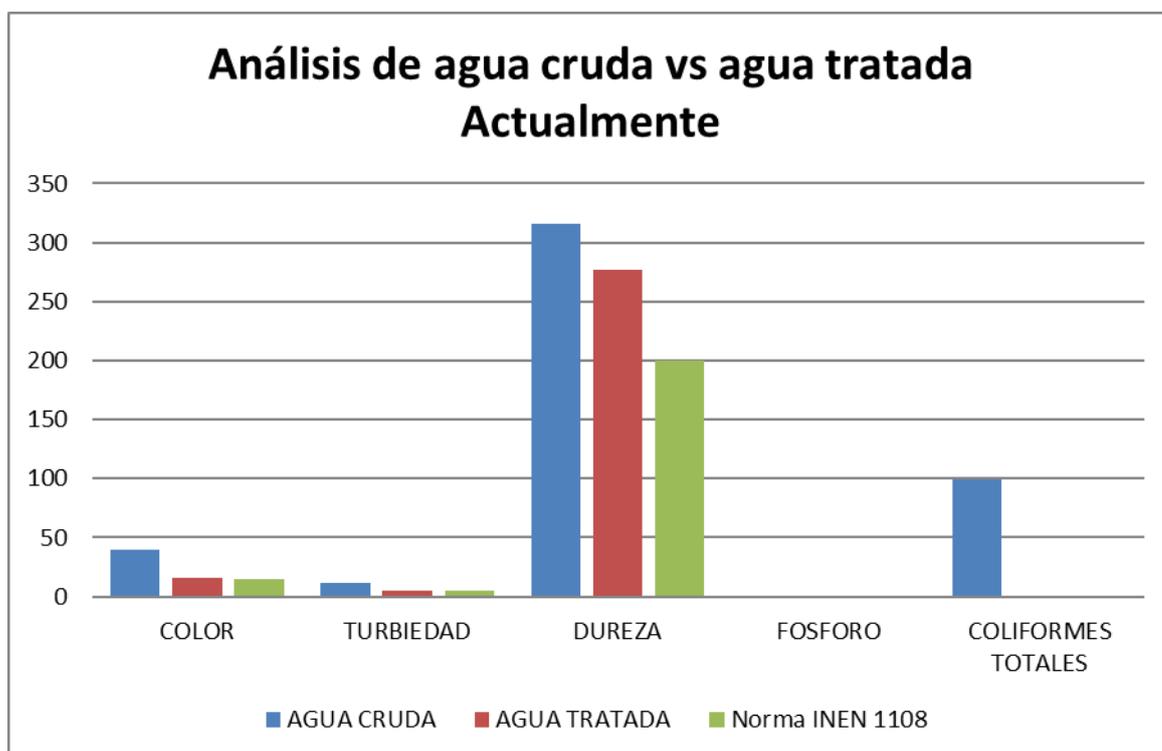
solo el aspecto microbiológico los coliformes totales = 11.3 mg/L no cumple porque está fuera de los rangos establecidos lo que indica que con desinfección se va eliminar.

En la **TABLA 3.2.1.4-.1** Se pudo determinar que los parámetros controlados mediante el análisis físico químico comparado con los de la norma INEN 1108 cumplen con los valores establecidos. Se determinó que solo el aspecto microbiológico los coliformes totales = 84.5 mg/L no cumple porque está fuera de los rangos establecidos lo que indica que con desinfección se va eliminar.

En la **TABLA 3.2.1.5-.1** se determinó que los parámetros controlados mediante el análisis físico químico de los resultados promedios obtenidos del agua cruda están parámetros fuera de la norma establecida como Color =40 UTC, Turbiedad= 11.93 NTU, Dureza= 315.3mg/L, Fosforo= 0.62mg/L y coliformes Totales= 99.67 mg/L. los demás parámetros están dentro de lo establecido por la norma, mientras que parámetros del agua tratada actualmente disminuye notablemente Color =15.83 UTC, Turbiedad= 5.12 NTU, Dureza= 276.86mg/L, Fosforo= 0.57mg/L pero sigue fuera de los rangos establecidos en lo microbiológico se determinó que existe una buena desinfección por lo que ya no presenta este problema,. Cabe indicar que existe dos muestras que son tomadas en días de lluvia que traen consigo impurezas, los valores obtenidos del agua cruda y tratada actualmente los mismos están fuera de los límites permisibles aun siendo el agua tratada por el sistema actual lo que nos permite determinar que el sistema actual no es el adecuado y requiere un sistema con nuevas estructuras para sea agua totalmente de calidad.

Tabla 3.4.1-1 Promedio General

PARAMETROS	PROMEDIO GENERAL		
	NORMA INEN 1108	Agua Cruda	Agua tratada Actualmente
COLOR	15	40	15.67
TURBIEDAD	5	11.93	5.12
DUREZA	200	315.3	276.86
FOSFORO	0.30	0.62	0.57
COLIFORMES. T	0	99.67	0



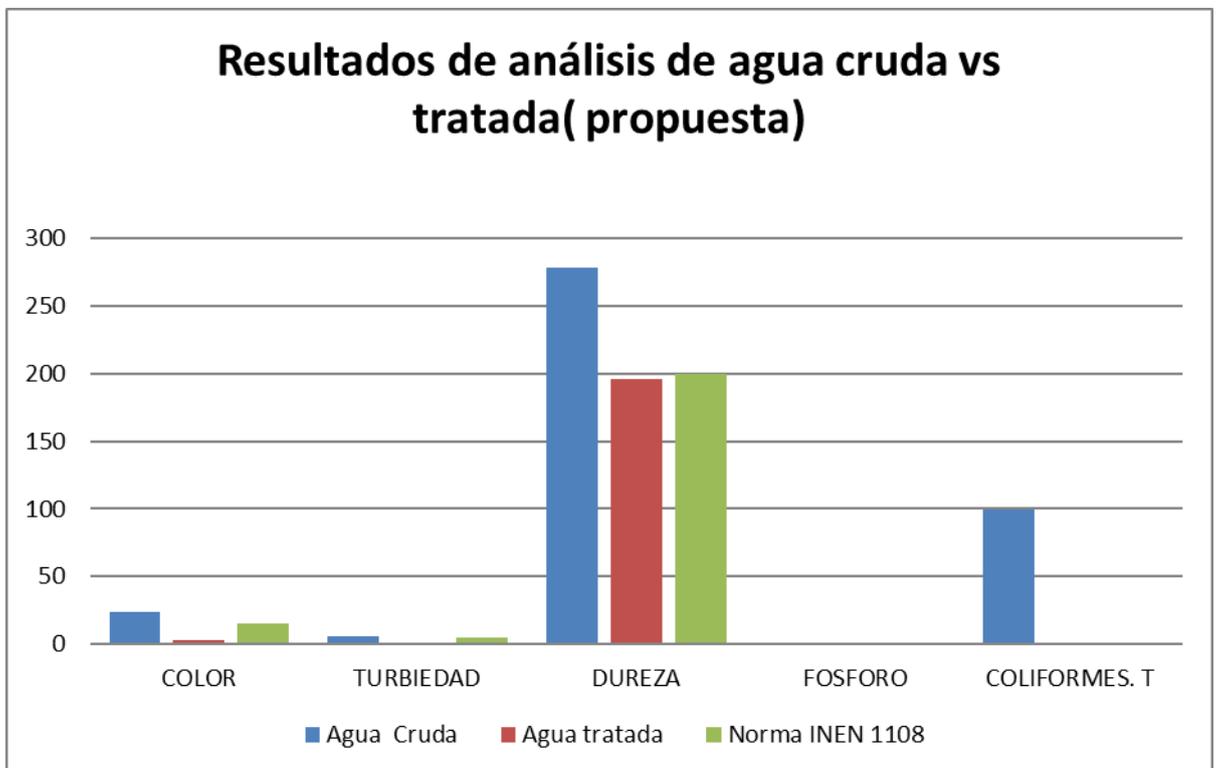
FUENTE: Glenda Quinchuela. A

En la **TABLA 3.2.1.6-.1** se determinó que los parámetros controlados mediante el análisis físico químico de los resultados promedios obtenidos del agua cruda están parámetros fuera de la norma establecida como Color =23.3 UTC, Turbiedad= 5.72

NTU, Dureza= 278mg/L, Fosforo= 0.73mg/L y coliformes Totales= 87.6 mg/L, los demás parámetros están dentro de lo establecido por la norma, mientras que parámetros del agua tratada actualmente disminuye notablemente Color =2.5 UTC, Turbiedad= 0.82 NTU, Dureza= 196 mg/L, Fosforo= 0.063mg/L lo que se determina que las nuevas estructuras aplicadas es eficaz permitiendo que ya no presenta este problema.

Tabla 3.4.1-1 Promedio General

PARAMETROS	PROMEDIO GENERAL		
	NORMA INEN 1108	Agua Cruda	Agua tratada
COLOR	15	23.3	2.5
TURBIEDAD	5	5.72	0.82
DUREZA	200	278	196
FOSFORO	0.30	0.73	0.043
COLIFORMES. T	0	99.67	0



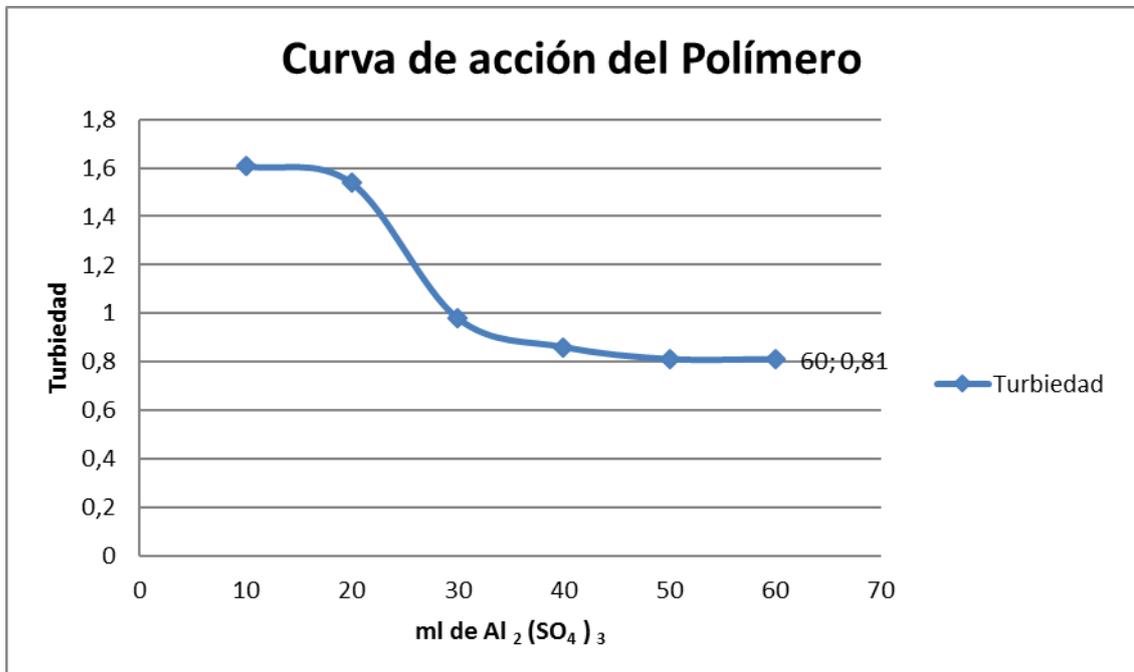
FUENTE: Glenda Quinchuela. A

3.4.2 PRUEBA DE JARRAS

En la **TABLA 2.3.2.2-1** se puede apreciar que al adicionar Sulfato de aluminio a partir de 10mL hasta 60 mL la turbiedad disminuyen al igual que el color debido a la acción coagulante del producto químico.

Tabla 3.4.2-1 Promedio de sulfato de aluminio utilizado y turbiedad

ml de $Al_2(SO_4)_3$	Turbiedad
10	1.84
20	1.861
30	0.98
40	0.81
50	0.81
60	0.81



FUENTE: Glenda Quinchuela. A

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.

- El diagnóstico del estado actual de la planta del agua que se distribuye a la población del Cantón Colta presenta problemas de turbiedad y color dureza y fosforo los mismos que varían en función del clima, condiciones que han provocado variaciones en los resultados de la caracterización.
- El caudal de tratamiento la planta se encuentra trabajando al máximo de su capacidad que son 22,5 L/s aproximadamente; el rediseño no implica un aumento de caudal ya que no existe otra fuente que provea de agua para el sistema de potabilización.
- Se caracterizó cada una de las fuentes de abastecimiento de agua, por medio de los análisis Físico – Químicos y microbiológicos del agua de captación y su comparación con la Norma INEN 1108 Agua Potable, se determinaron que el Agua del río Dique es aquella que proporciona mayor problemas, especialmente debido sus valores de turbiedad= 40 NTU, Color = 15.76, dureza = 337.7 mg/L, Hierro total= 0,65 mg/L y el aspecto microbiológico para Coliformes totales = 216.2 UFC/100ml, Coliformes fecales=0.33 UFC/100ml.
- Mediante la caracterización del agua de entrada y salida de la planta actual, se dimensionó el sistema para el adecuado tratamiento mediante los cálculos de ingeniería empezando por la determinación del

caudal máximo de tratamiento de 22,5 L/s, el canal de mezcla rápida con un tiempo de mezcla de 0,79 s, en el cual se va a añadir floculante, en este caso Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_3)_4$, llegando a ser la dosis óptima de floculante 55 mg/L el canal de floculación hidráulica de flujo horizontal de 18,35m de longitud total interior de la cámara con un tiempo de permanencia de 15 min según la prueba de jarras, los sedimentadores utilizando placas de 5m x 2m x 0,05m con una separación de placas de 0,06m teniendo un tiempo de retención en el tanque de 28,0 min y tres filtros rápidos para tratar 1944m³/día.

- Después del tratamiento propuesto y realizado las pruebas piloto se caracterizó el agua obteniendo como resultado la turbiedad=0.82NTU, color=2.5UTC, dureza=196mg/L y fosforo=0.043mg/L, Coliformes Totales=0. Siendo los porcentajes del rendimiento de: Turbiedad: 79%, Color:92% Dureza=31%, fosfatos= 66%, Coliformes fecales= 100% Evidenciando así el cambio de condiciones de agua cruda a agua tratada, cumpliendo la Norma INEN 1108.

4.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar el estudio realizado para así mejorar el sistema de tratamiento cambiando el sistema actual a un sistema de tipo convencional con mezcla rápida para el uso de productos químicos flocculantes, y procesos de floculación, sedimentación y filtración rápida para proveer a la población del Cantón Colta que cumpla con la norma de calidad establecida.
- Implementar un laboratorio de análisis de agua físico – químico y microbiológico en situ.
- Realizar un control periódico del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- **ARBOLEDA, J.**, Teoría y Práctica de Purificación de agua., 3a.ed., Colombia., Graw Hill., 1999., Pp. 110-124

- 2.- **CÁCERES, O.**, Manual de Desinfección de agua mediante cloración., 2a. ed., Perú Ministerio de Salud., 1979., Pp. 20-23

- 3.- **CASTELLAN**, Físico – Química., Fondo educativo interamericano, 2a. ed., Venezuela Vega., 1976., Pp.56-59

- 4.- **DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVAYOURT.ALBANY.** Manual de tratamiento de aguas.2^a.ed.Mexico D.F. Limusa Wiley. S.A. 1962. Pp. 13-200

- 5.- GORDON, M.,** Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales., 3a. ed., México DF., Wáter and wastewater., 1987., Pp. 29-50
- 6.- KEMMER, F.,** Manual del Agua tratamiento y Aplicaciones., México DF., ME Graw Hill., 1989., Pp. 36-40
- 7.- METCALF, Y EDDY, INC.,** Ingeniería de aguas residuales., .3ª. Ed., México DF., Mc Graw Hill., 1998., Pp. 230-290
- 8.- RAMÍREZ, F.,** Tratamiento de Desinfección del Agua., 2a. ed., España., 2005., Pp. 180-184
- 9.- ROMERO, JAIRO.,** “Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño”., 3a. ed., Bogotá – Colombia., Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004., Pp. 105-420.
- 10.- WHITTEN, K.,** y otros. Química general., 5ª. ed. Barcelona – España., Pp. 112, 28, 33, 55-56

11.- APHA. AWWA. WPCF., Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas potables y residuales., 17a. ed., Díaz de Santos., 1992., Pp. 95-110

12. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).,
Agua- Potable – Requisitos., Quito-Ecuador., Norma N°1108 – 2010., Pp. 1-8

13.- CÓRDOVA. A., Rediseño de Potabilización del agua en el Sector de Santa Rosa. Ambato., Facultad de Ciencias., Escuela de Ingeniería Química., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., **Tesis.**, 2009., Pp. 80-93.

INTERNET:

14.- AGUA potable

http://www.japac.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=55

2012/10/24

15.- CALIDAD DEL AGUA

http://html.rincondelvago.com/Agua_9.html

2012/06/20

16.- POTABILIZACIÓN DEL AGUA

<http://www.com.ar/html/Potabilización.htm>

2012/06/23

17.- PURIFICACIÓN DEL AGUA

<http://www.LaFACU.com./química/purificavióndelagua>

2012/06/23

ANEXOS



REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA:

MUESTRA N° 1

Fuente: Tanque de Distribución de La Cabecera Cantonal		Recolectado por: Dra. Ximena Lata
Fecha de recolección: 29 de Julio del 2011	Hora: 10h00	Fecha de análisis: 29 de Julio 2011
Sistema de agua potable: Cabecera Cantonal		
Parroquia: Sicalpa	Localidad:	

ANALISIS FISICO – QUIMICO

1) CARACTERISTICAS FISICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6.5-8.5	7.22
Color	Pt-Co	15	5
Turbiedad	NTU	5	0.90
Temperatura	°C		14.6
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	250
Conductividad	uS/cm		516
Sal	%		0.2

2) CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Hierro Total	mg/L Fe ⁺⁺	0.3	0.02
Hierro soluble	mg/L		-
Hierro coloidal	mg/L		-
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	200	33
Cloro Total	mg/L		-
Cloro residual	mg/L	0.3-1.5	0.8
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻ N	0.0	0.004
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	10	2.6
N Amoniacal	mg/L NH ₃ -N	1.0	0.02
Flúor	mg/L F ⁻	1.5	0.68
Fósforo	mg/L PO ₄	0.1	0.73
Manganeso	mg/L Mn ²⁺	0.1	0.029

ANALISIS BACTERIOLOGICO			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Ausencia	0
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Ausencia	0

Abreviaturas: : filtración por membrana

Límite permisible: Norma Técnica Ecuatoriana 1108 (Segunda Revisión, 2006)

Observaciones: parámetro de fósforo fuera de límites permitidos.


FIRMA DEL RESPONSABLE

Dir: Goribar y Dos de Agosto. Entre 2 de Agosto y Riobamba Antiguo.
Telf: (03)2912-202 / Fax (03) 2 912-353/ E mail: info@municipiodecolta.gov.ec
COLTA – CHIMBORAZO - ECUADOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

RESULTADO DE ANALISIS		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUINCHUELA GLENDA	1:	10/06/2013



GOBIERNO MUNICIPAL DE COLTA
LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA



REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA:

MUESTRA N° 3

Fuente: Mezcla agua de vertiente de Compañía y de Guacona		Recolectado por: Glenda Quinchuela
Fecha de recolección: 06/10/2011	Hora: 10h02	Fecha de análisis: 06/10/2011
Sistema de agua potable: Cabecera Cantonal		
Parroquia: Sicalpa	Localidad:	

ANALISIS FISICO - QUIMICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6.5-8.5	7.6
Color	Pt-Co	15	5
Turbiedad	NTU	5	0.34
Temperatura	°C		17.1
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	291
Conductividad	uS/cm		540
Sal	%		0.3

2) CARACTERISTICAS QUIMICAS

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Hierro Total	mg/L Fe ³⁺	0.3	0.01
Hierro soluble	mg/L		-
Hierro coloidal	mg/L		-
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	200	47
Cloro Total	mg/L		-
Cloro residual	mg/L	0.3-1.5	-
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻ -N	0.0	0.010
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	10	1.6
N Amoniacal	mg/L NH ₃ -N	1.0	0.02
Flúor	mg/L F	1.5	0.95
Fósforo	mg/L PO ₄	0.1	0.88
Manganeso	mg/L Mn ²⁺	0.1	0.023

ANALISIS BACTERIOLOGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Ausencia	16
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Ausencia	0

Abreviaturas: : filtración por membrana

Límite permisible: Norma Técnica Ecuatoriana 1108 (Segunda Revisión, 2006)

Observaciones: parámetro de fósforo y coliformes totales fuera de límites permitidos.

FIRMA DEL RESPONSABLE

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

RESULTADO DE ANALISIS		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUINCHUELA GLENDA	2:	10/06/2013



FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Glenda Quinchuela

Fecha de análisis: 6 de enero de 2012

Fecha de entrega de resultados: 11 de enero del 2012

Tipo de muestra: Agua de consumo. Tanque de reserva Muestra 1

Localidad: Cabecera Cantonal Cantón Colta

Código: LAT/FQ-05-12

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.88
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	113
Dureza	mg/L	200	256.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	70.1

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Atentamente,


Dra. Gina Alvarez
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

RESULTADO DE ANALISIS		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUINCHUELA GLENDA	2:	10/06/2013



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL DEL CANTÓN COLTA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA**



REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA:

MUESTRA N° 2

Fuente: Mezcla del tanque de recolección. Cabecera Cantonal		Recolectado por: Dra. Ximena Lata
Fecha de recolección: 19 de Mayo del 2013	Hora: 11h30	Fecha de análisis: 20 de Mayo del 2013
Sistema de agua potable: Cabecera Cantonal		
Parroquia:	Localidad: San Francisco	

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO

1) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6.5-8.5	7.51
Color	Pt-Co	15	5
Turbiedad	NTU	5	0.85
Temperatura	°C		17.3
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	259
Conductividad	uS/cm		535
Sal	‰		0.3%

2) CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Hierro Total	mg/L Fe ³⁺	0.3	0.01
Hierro soluble	mg/L		-
Hierro coloidal	mg/L		-
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	200	46
Cloro Total	mg/L		-
Cloro residual	mg/L	0.3-1.5	-
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻ -N	0.0	0.004
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	10	2.9
N Amoniacal	mg/L NH ₃ -N	1.0	0.08
Flúor	mg/L F ⁻	1.5	0.78
Fósforo	mg/L PO ₄ ⁻	0.1	0.87
Manganeso	mg/L Mn ²⁺	0.1	0.032

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Ausencia	70
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Ausencia	0

Técnica: filtración por membrana.

Límite permisible: Norma Técnica Ecuatoriana 1108 (Segunda Revisión, 2006)

Observaciones: parámetro de fósforo fuera de límites permitidos.

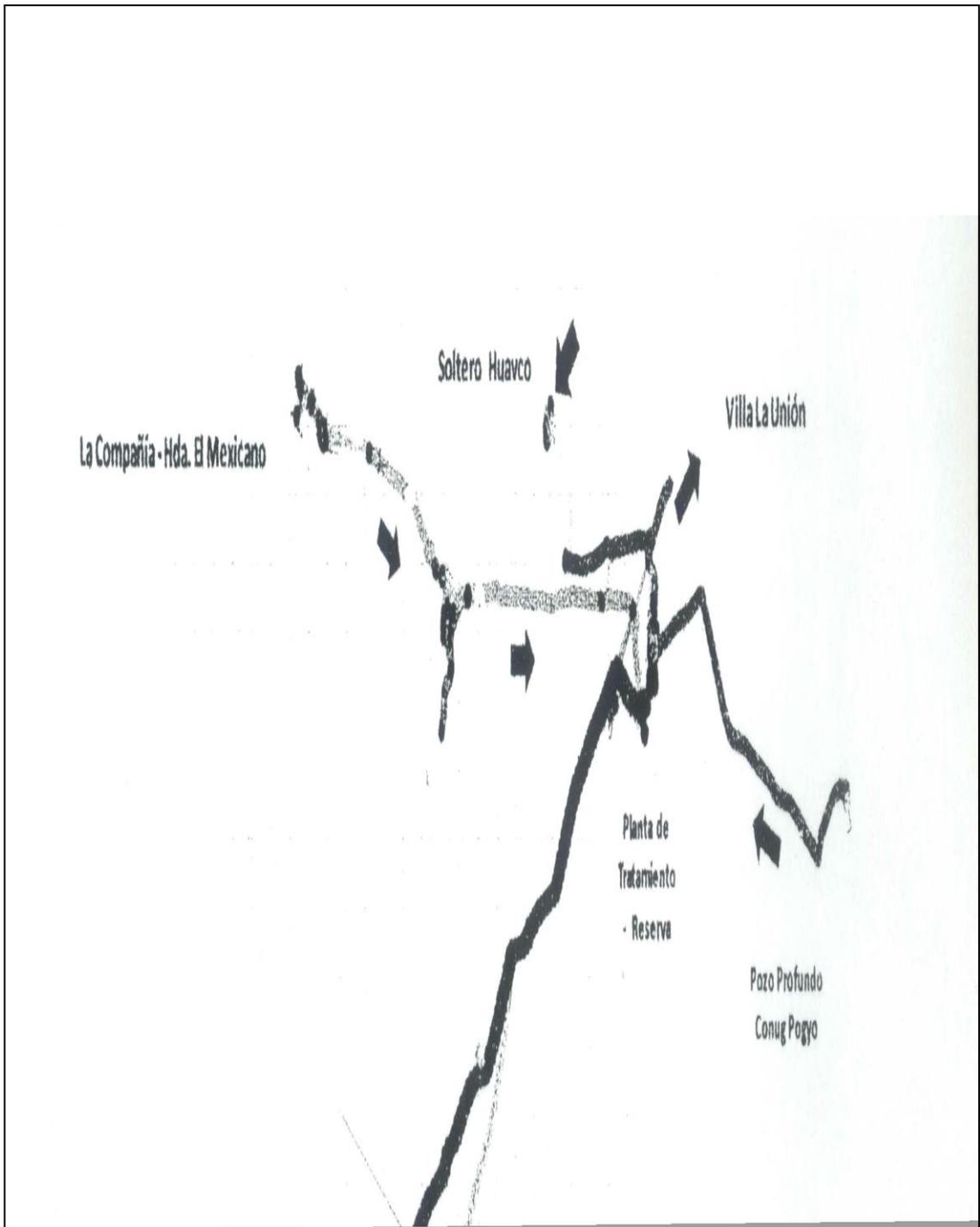
FIRMA DEL RESPONSABLE
Dra. Ximena Lata M.



Dir: Goribar y Dos de Agosto. Entre 2 de Agosto y Riobamba Antiguo.
Telf: (03)2912-202 / Fax (03) 2 912-353/ E mail: info@municipiodecolta.gov.ec
COLTA – CHIMBORAZO – ECUADOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

ANÁLISIS DEL AGUA TRATAMIENTO PROPUESTO		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUINCHUELA GLENDA	4:	10/06/2013



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

ESQUEMA DE CAPTACION		LÁMINA	FECHA
ESCUELA DE ING. QUÍMICA	QUINCHUELA GLENDA	5:	10/06/2013

ANEXO F. ESTIMADO DE COSTOS PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA

Construcción	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Total (m3)	Metros de construcción	Costo
MEZCLA RÁPIDA						
Paredes Laterales	1	0,2	0,41	1,61	3,22	285,9138
Piso	1	0,35	0,2	1,55	1,55	60
					4,77	345,9138

Construcción	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Total (m3)	Metros de construcción	Costo
FLOCULADOR						
Paredes Laterales	18,35	0,2	1,3	19,85	39,7	4093,902
Paredes Frontales	2,35	0,2	1,3	3,85	7,7	4242,612
Piso	18,35	2,35	0,2	20,9	20,9	200
					68,3	8536,514

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para información • Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Glenda. S. Quinchuela A	Costos estimativos para la construcción del rediseño		
			Fecha	Lamina	Escala
			10/06/13	6	1-100

ANEXO G. ESTIMADO DE COSTOS PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA

Construcción	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Total (m3)	Metros de construcción	Costo
SEDIMENTADOR						
Paredes Laterales	19,81	0,2	3,5	23,51	47,02	5034,96
Paredes Frontales	3,19	0,2	3,5	6,89	13,78	5183,67
Piso	19,81	3,19	0,2	23,2	23,2	200
					84	10418,63
PRESUPUESTO TOTAL		COSTO				
MEZCLA RÁPIDA		345,9138				
FLOCULADOR		8536,514				
SEDIMENTADOR		10418,63				
		19301,0578				

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> Certificado Por aprobar Aprobado Para información Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Glenda. S. Quinchuela A	Costos estimativos para la construcción del rediseño		
			Fecha	Lamina	Escala
			10/06/13	7	1-100