



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN LA COMUNIDAD DE PUSNIAG SAN PATRICIO,
PARROQUIA ILAPO DEL CANTÓN GUANO”**

TESIS DE GRADO

**Previa la obtención del Título de:
INGENIERO QUÍMICO**

Autor: JACQUELINE MARIBEL TENESACA CAYAMBE

Tutor: ING. JOSÉ USIÑA MANZANO

RIOBAMBA – ECUADOR

- 2015 -

AGRADECIMIENTO

“Solo triunfa en el mundo quien se levanta y busca a las circunstancias y las crea si no las encuentra” **Bernard Shaw**

Cuando llegamos a la meta, creemos que el camino ha sido bueno, pero el progreso no se logra sin la ayuda de personas que incentivan el continuar de nuestros pasos.

Agradezco a Dios por guiar mi camino y hacer de éste un sendero lleno de bendiciones y logros.

A mis padres y hermanos por ser el motor fundamental de mi vida.

Al prestigioso centro de educación Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial al Ing. José Usiña y a la Ing. Mónica Andrade por los conocimientos impartidos, su valiosa colaboración y asesoramiento en el desarrollo de la presente tesis, de igual forma agradezco a la BQF Verónica Orozco y al Ing. Raúl Allán por contribuir con su experiencia y facilidad de recursos para la realización del proyecto.

A mis amigos, les debo mi cariño por sus palabras de aliento, horas de estudio y el compartir con todos ellos momentos de alegrías y tristezas.

Jacqueline Maribel Tenesaca Cayambe

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con infinito amor a cada una de las personas que forman parte de mi vida, en especial:

A mi Dios por darme el don maravilloso de la vida, por todo lo que me ha dado y lo que está por venir, por colocar en mi camino personas especiales quienes me dieron la fortaleza necesaria en momentos de debilidad.

A mis padres, José y Aída, por ser mí más valioso tesoro y ejemplo a seguir ya que gracias a sus esfuerzos han hecho de mí una persona de bien.

A mis hermanos Víctor, Geovanny y Shirley por su apoyo incondicional, cariño, fortaleza y por la alegría de las batallas que hemos librado juntos.

A mis amigos por hacer de este tiempo un recuerdo inolvidable.

Jacqueline Maribel Tenesaca Cayambe

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de investigación “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE PUSNIAG SAN PATRICIO, PARROQUIA ILAPO DEL CANTÓN GUANO” de responsabilidad de la señorita Jacqueline Maribel Tenesaca Cayambe ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Nancy Veloz DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
Ing. Marcelo Ramos DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
Ing. José Usiña DIRECTOR DE TESIS
Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
NOTA DE TESIS	

“Yo, Jacqueline Maribel Tenesaca Cayambe, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”.

Jacqueline Maribel Tenesaca Cayambe

INDICE DE ABREVIATURAS

a	separación entre tabiques
a_f	Ancho del filtro
A	Sección Transversal de los canales
Ab	Área de cada bandeja
A_s	Área de sedimentación acelerada
A_T	área total del aireador
A_{TC} :	Área del tanque para la mezcla de cloro
B	Ancho del vertedero
B_F	Ancho del floculador
B_s	Ancho del sedimentador
C	Concentración de la solución
C_a	Altura de la capa de agua
CH	Carga Hidráulica
C_s	Altura de capa de soporte
CU	Coefficiente de uniformidad de la arena
C_v	Profundidad del canal del vertedero
d	Profundidad del agua
D	Dosis de cloro necesario
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
e_p	Distancia entre placas
F	Número de Froude
F_c	Altura del drenaje
F_s	Factor de seguridad
g	Aceleración de la Gravedad
GAD	Gobierno Autónomo descentralizado
G_t	Numero Adimensional de Camp
ha	Pérdidas Adicionales
hc	profundidad crítica del flujo
hf	Pérdidas por fricción en el tanque
hp	Pérdida de energía en el resalto
h_T	Pérdidas de energía total

h_1	Profundidad supercrítica
h_2	Profundidad Subcrítica
$H_{lámina}$	Altura de agua sobre las bandejas
H_{Tc}	Altura del tanque para la mezcla de cloro
H_{torre}	Altura de la Torre
K	Coefficiente de pérdida de carga
K_c	Coefficiente de mínimo costo
K_1	Coefficiente de Consumo máximo diario
L	Distancia total recorrida por el agua
l_p	longitud de las placas
L_a	Altura del lecho filtrante
L_c	Longitud relativa corregida
L_f	Longitud del filtro
L_j	Longitud de resalto
L_m	Longitud de salto
L_r	Longitud relativa del sedimentador
L_T	Longitud total de la cámara de floculación
L/d	Litros por día
$L/hab*\text{día}$	Litros por habitante por día
L/s	Litros por segundo
m	Metros
min	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mg/L	Miligramos por litro
N_p	número de perforaciones
NMC	niveles máximos de contaminantes
N_{Re}	Número de Reynolds
NTE	Norma técnica Ecuatoriana
NTU	unidades de turbidez nefelométrica
P	Altura de la pared del vertedero
P_a	población actual
PAC	Policloruro de Aluminio

P_{Cl}	Peso de cloro necesario
P_f	población futura
Q	Caudal de diseño
Q_d	Caudal de dosificación
Q_{md}	Caudal medio diario
Q_{Md}	Caudal máximo diario
r	tasa de crecimiento poblacional
rpm	Revoluciones por minuto
R	Radio Hidráulico
RAS	Reglamento técnico del sector del agua potable y saneamiento básico.
s	segundos
SSA	Normas de la Subsecretaria de saneamiento Ambiental
t	Tiempo de contacto o mezcla
t_l	Tiempo óptimo de lavado
TE	Tamaño efectivo de la arena
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
v	Velocidad del flujo
v_{sc}	Velocidad crítica de sedimentación
v_{so}	Carga superficial después de instalar las placas
v_l	Velocidad óptima de lavado del filtro
V	Volumen de agua
V_H	Volumen del hipoclorador
V_{Ts}	Volumen del sedimentador
V_l	Cantidad de agua para el lavado del filtro
Z_f	Altura del filtro
Z_s	Altura del sedimentador
γ	Peso específico del agua
μ	Viscosidad Dinámica del agua
ν	Viscosidad cinemática del fluido

TABLA DE CONTENIDOS

	Pp.
RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
INTRODUCCIÓN	III
ANTECEDENTES.....	IV
JUSTIFICACIÓN	V
OBJETIVOS	VI

CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO	1
1.1	Agua	1
1.1.1	<i>Agua cruda.....</i>	<i>1</i>
1.1.2	<i>Agua potable</i>	<i>1</i>
1.2	Importancia del agua	1
1.3	Fuentes de abastecimiento de agua	2
1.3.1	<i>Aguas subterráneas.....</i>	<i>2</i>
1.3.2	<i>Aguas superficiales</i>	<i>2</i>
1.3.3	<i>Diferencia entre aguas subterráneas y superficiales</i>	<i>2</i>
1.4	Fuentes de contaminación del agua	3
1.5	Calidad del agua.....	3
1.5.1	<i>Características físicas del agua</i>	<i>3</i>
1.5.2	<i>Características químicas</i>	<i>4</i>
1.5.3	<i>Características microbiológicas</i>	<i>7</i>
1.6	Consideraciones para un sistema de potabilización	7
1.6.1	<i>Estudios preliminares</i>	<i>7</i>
1.6.1.1	<i>Muestreo</i>	<i>7</i>
1.6.1.1.1	<i>Tipo de muestras.....</i>	<i>8</i>
1.6.1.1.2	<i>Precauciones generales en el muestreo.....</i>	<i>8</i>
1.6.1.2	<i>Caracterización del agua</i>	<i>9</i>
1.6.1.3	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	<i>11</i>
1.6.1.3.1	<i>Test de Jarras</i>	<i>14</i>
1.7	Selección del esquema tratamiento para la potabilización	15

1.7.1	Aireación	15
1.7.1.1	<i>Tipo de Aireadores</i>	16
1.7.2	Coagulación-Floculación	16
1.7.3	Coagulación	17
1.7.3.1	<i>Dosificación de Coagulantes</i>	17
1.7.3.2.	<i>Mezcla rápida</i>	18
1.7.3.2.1	<i>Unidades de mezcla rápida</i>	19
1.7.4	Floculación	19
1.7.4.1	<i>Clasificación de los Floculadores</i>	20
1.7.5	Sedimentación	20
1.7.5.1	<i>Características de un sedimentador</i>	21
1.7.6	Filtración	22
1.7.6.1	<i>Estructuras para la filtración</i>	22
1.7.6.2	<i>Clasificación de los filtros</i>	22
1.7.7	Desinfección	23
1.7.7.1	<i>Formas de desinfección</i>	23
1.7.7.2	<i>Formas de Aplicación del desinfectante</i>	24
1.8	Parámetros de diseño para un sistema de potabilización	25
1.8.1	Población	25
1.8.1.1	<i>Población diseño</i>	25
1.8.1.1.1	<i>Población actual</i>	25
1.8.1.1.2	<i>Índice de crecimiento poblacional</i>	25
1.8.1.1.3	<i>Periodo de diseño</i>	25
1.8.1.1.4	<i>Cálculo de la población diseño</i>	26
1.8.1.2	<i>Nivel de complejidad del sistema</i>	26
1.8.2	Abastecimiento y consumo de agua	27
1.8.2.1	<i>Dotación neta</i>	27
1.8.2.2	<i>Dotación bruta</i>	27
1.8.3	Caudal de diseño	28
1.8.3.1	<i>Caudal medio diario</i>	28
1.8.3.2	<i>Caudal máximo diario</i>	28
1.9	Componentes de un sistema de agua potable	29
1.9.1	Obras de captación	29
1.9.2.	Líneas de Aducción y Conducción	29

1.9.2.1	<i>Tipos de Aducciones</i>	30
1.9.2.2	<i>Tipos de Conducciones</i>	30
1.10	Dimensionamiento del sistema de tratamiento	31
1.10.1	<i>Diseño aireador de bandejas</i>	31
1.10.1.1	<i>Área total del aireador</i>	31
1.10.1.2	<i>Altura total de la torre</i>	32
1.10.1.3	<i>Número de bandejas</i>	32
1.10.1.4	<i>Dimensionamiento de cada bandeja</i>	32
1.10.1.5	<i>Caudal sobre cada bandeja</i>	33
1.10.1.6	<i>Número de perforaciones en cada bandeja</i>	33
1.10.2	<i>Coagulación</i>	34
1.10.2.1	<i>Dosificación del coagulante</i>	34
1.10.2.2	<i>Vertedero Rectangular para la mezcla rápida</i>	34
1.10.2.2.1	<i>Canal del vertedero</i>	34
1.10.2.2.2	<i>Ancho del vertedero</i>	35
1.10.2.2.3	<i>Caudal por unidad de ancho</i>	35
1.10.2.2.4	<i>Profundidad crítica del flujo</i>	35
1.10.2.2.5	<i>Longitud de salto</i>	36
1.10.2.2.6	<i>Profundidad supercrítica</i>	36
1.10.2.2.7	<i>Velocidad del agua en el salto</i>	36
1.10.2.2.8	<i>Numero de Froude</i>	37
1.10.2.2.9	<i>Profundidad Subcrítica</i>	37
1.10.2.2.10	<i>Velocidad del agua en el resalto</i>	37
1.10.2.2.11	<i>Pérdida de energía en el resalto</i>	38
1.10.2.2.12	<i>Longitud de resalto</i>	38
1.10.2.2.13	<i>Velocidad media en el resalto</i>	38
1.10.2.2.14	<i>Tiempo de mezcla</i>	39
1.10.2.2.15	<i>Gradiente de velocidad</i>	39
1.10.3	<i>Diseño floculador hidráulico de flujo horizontal</i>	40
1.10.3.1	<i>Distancia total recorrida por el agua</i>	40
1.10.3.2	<i>Volumen del agua</i>	41
1.10.3.3	<i>Sección transversal de los canales</i>	41
1.10.3.4	<i>Profundidad del agua</i>	42
1.10.3.5	<i>Espacio libre entre la pared del tanque y los tabiques</i>	42

1.10.3.6	<i>Longitud efectiva de cada canal</i>	42
1.10.3.7	<i>Número requerido de canales</i>	42
1.10.3.8	<i>Longitud total de la cámara de floculación</i>	43
1.10.3.9	<i>Radio hidráulico</i>	43
1.10.3.10	<i>Pérdidas por fricción en el tanque</i>	43
1.10.3.11	<i>Pérdidas adicionales</i>	44
1.10.3.12	<i>Pérdida de energía total</i>	45
1.10.3.13	<i>Gradiente de velocidad</i>	45
1.10.3.14	<i>Número adimensional de Camp</i>	46
1.10.4	<i>Diseño sedimentador laminar</i>	46
1.10.4.1	<i>Carga superficial después de instalar las placas</i>	46
1.10.4.2	<i>Área de sedimentación acelerada</i>	47
1.10.4.3	<i>Longitud del área de sedimentación acelerada</i>	47
1.10.4.4	<i>Longitud relativa del sedimentador</i>	48
1.10.4.5	<i>Longitud relativa en la región de transición</i>	48
1.10.4.6	<i>Longitud relativa corregida</i>	49
1.10.4.7	<i>Velocidad crítica de sedimentación</i>	49
1.10.4.8	<i>Número de Reynolds</i>	50
1.10.4.9	<i>Volumen del sedimentador</i>	50
1.10.4.10	<i>Tiempo de retención en el tanque de sedimentación</i>	51
1.10.4.11	<i>Número de placas</i>	51
1.10.5	<i>Diseño filtro rápido de arena</i>	51
1.10.5.1	<i>Número de filtros</i>	52
1.10.5.2	<i>Área del filtro</i>	52
1.10.5.3	<i>Coefficiente de mínimo costo</i>	53
1.10.5.4	<i>Longitud del filtro</i>	53
1.10.5.5	<i>Ancho del filtro</i>	53
1.10.5.6	<i>Composición del lecho filtrante</i>	54
1.10.5.7	<i>Altura del filtro</i>	54
1.10.5.8	<i>Sistema de drenaje</i>	54
1.10.5.8.1	<i>Área de los orificios laterales</i>	54
1.10.5.8.2	<i>Caudal que ingresa a cada orificio</i>	55
1.10.5.8.3	<i>Número de laterales</i>	55
1.10.5.9	<i>Diámetro de la tubería de entrada al filtro</i>	56

1.10.5.10	<i>Diámetro de la tubería de salida del filtro</i>	56
1.10.5.11	<i>Sistema de lavado del filtro</i>	57
1.10.5.11.1	<i>Velocidad óptima de lavado del filtro</i>	57
1.10.5.11.2	<i>Cantidad de agua para el lavado del filtro</i>	57
1.10.6	<i>Diseño del sistema de cloración</i>	57
1.10.6.1	<i>Peso de cloro necesario</i>	57
1.10.6.2	<i>Volumen del hipoclorador</i>	58
1.10.6.3	<i>Tanque del contacto para la mezcla de cloro</i>	58
1.10.6.4	<i>Altura del tanque para la mezcla de cloro</i>	59

CAPITULO II

2	PARTE EXPERIMENTAL	60
2.1	Muestreo	60
2.1.1	Área de muestreo	60
2.1.2	Método de recolección de información	60
2.1.3	Procedimiento para la recolección de información	60
2.2	Metodología	61
2.2.1	Técnicas de recolección	61
2.2.2	Tratamiento de muestras	61
2.3	Métodos y técnicas	63
2.4	Datos experimentales	65
2.4.1	Situación Actual	65
2.4.2	Caracterización del agua de captación	66
2.4.3	Parámetros fuera de los límites permisibles	68
2.5	Pruebas de tratabilidad	69
2.5.1	Prueba de jarras	69

CAPITULO III

3	DISEÑO	72
3.1	Cálculos	72
3.1.1	Caudal de diseño	72
3.1.1.1	Población diseño	72
3.1.1.2	Nivel de complejidad del sistema	73
3.1.1.3	Dotación neta	73
3.1.1.4	Dotación bruta	73
3.1.1.5	Caudal medio diario	73

3.1.1.6	<i>Caudal máximo diario</i> -----	74
3.1.2	<i>Aireador de bandejas</i> -----	74
3.1.2.1	<i>Área total del aireador</i> -----	74
3.1.2.2	<i>Altura total de la torre</i> -----	75
3.1.2.3	<i>Número de Bandejas</i> -----	75
3.1.2.4	<i>Dimensionamiento de cada bandeja</i> -----	76
3.1.2.5	<i>Caudal sobre cada bandeja</i> -----	77
3.1.2.6	<i>Número de perforaciones en cada bandeja</i> -----	77
3.1.3	<i>Coagulación</i> -----	78
3.1.3.1	<i>Dosificación del coagulante</i> -----	78
3.1.3.2	<i>Vertedero rectangular (Mezcla rápida)</i> -----	80
3.1.3.2.1	<i>Canal del vertedero</i> -----	80
3.1.3.2.2	<i>Ancho del vertedero</i> -----	80
3.1.3.2.3	<i>Caudal por unidad de ancho</i> -----	81
3.1.3.2.4	<i>Profundidad Crítica del flujo</i> -----	81
3.1.3.2.5	<i>Longitud de salto</i> -----	81
3.1.3.2.6	<i>Profundidad supercrítica</i> -----	82
3.1.3.2.7	<i>Velocidad del agua en el salto</i> -----	82
3.1.3.2.8	<i>Número de Froude</i> -----	82
3.1.3.2.9	<i>Profundidad Subcrítica</i> -----	83
3.1.3.2.10	<i>Velocidad del agua en el resalto</i> -----	83
3.1.3.2.11	<i>Pérdida de energía en el resalto</i> -----	84
3.1.3.2.12	<i>Longitud de resalto</i> -----	84
3.1.3.2.13	<i>Velocidad media en el resalto</i> -----	84
3.1.3.2.14	<i>Tiempo de mezcla</i> -----	85
3.1.3.2.15	<i>Gradiente de velocidad</i> -----	85
3.1.4	<i>Floculador hidráulico de flujo horizontal</i> -----	85
3.1.4.1	<i>Distancia total recorrida por el agua</i> -----	86
3.1.4.2	<i>Volumen del agua</i> -----	86
3.1.4.3	<i>Sección transversal de los canales</i> -----	86
3.1.4.4	<i>Profundidad del agua</i> -----	87
3.1.4.5	<i>Espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque</i> -----	87
3.1.4.6	<i>Longitud efectiva del canal</i> -----	87
3.1.4.7	<i>Número requerido de canales</i> -----	88

3.1.4.8	<i>Longitud total de la cámara de floculación</i>	88
3.1.4.9	<i>Radio hidráulico</i>	88
3.1.4.10	<i>Pérdida por fricción en el tanque</i>	89
3.1.4.11	<i>Pérdidas adicionales</i>	89
3.1.4.12	<i>Pérdida de energía total</i>	89
3.1.4.13	<i>Gradiente de velocidad</i>	90
3.1.4.14	<i>Número adimensional de Camp</i>	90
3.1.5	<i>Sedimentador laminar</i>	90
3.1.5.1	<i>Carga superficial después de instalar las placas</i>	91
3.1.5.2	<i>Área de sedimentación acelerada</i>	91
3.1.5.3	<i>Longitud del área de sedimentación acelerada</i>	92
3.1.5.4	<i>Longitud relativa del sedimentador</i>	92
3.1.5.5	<i>Longitud relativa en la región de transición</i>	92
3.1.5.6	<i>Longitud relativa corregida</i>	93
3.1.5.7	<i>Velocidad crítica de sedimentación</i>	93
3.1.5.8	<i>Número de Reynolds</i>	93
3.1.5.9	<i>Volumen de sedimentador</i>	94
3.1.5.10	<i>Tiempo de retención en el tanque de sedimentación</i>	94
3.1.5.11	<i>Número de placas</i>	95
3.1.6	<i>Filtro rápido de arena y Grava</i>	95
3.1.6.1	<i>Número de Filtros</i>	95
3.1.6.2	<i>Área del filtro</i>	95
3.1.6.3	<i>Coefficiente de mínimo costo</i>	96
3.1.6.4	<i>Longitud del filtro</i>	96
3.1.6.5	<i>Ancho del filtro</i>	96
3.1.6.6	<i>Composición del lecho filtrante</i>	97
3.1.6.7	<i>Altura del filtro</i>	97
3.1.6.8	<i>Sistema de drenaje</i>	97
3.1.6.8.1	<i>Área de los orificios laterales</i>	97
3.1.6.8.2	<i>Caudal que ingresa a cada orificio</i>	98
3.1.6.8.3	<i>Número de laterales</i>	98
3.1.6.9	<i>Diámetro de la tubería de entrada al filtro</i>	99
3.1.6.10	<i>Diámetro de la tubería de salida del filtro</i>	99
3.1.6.11	<i>Sistema de lavado del filtro</i>	100

3.1.6.11.1	<i>Velocidad óptima de lavado del filtro</i>	100
3.1.6.11.2	<i>Cantidad de agua para el lavado del filtro</i>	100
3.1.7	<i>Desinfección</i>	100
3.1.7.1	<i>Peso del cloro necesario</i>	101
3.1.7.2	<i>Volumen del hipoclorador</i>	101
3.1.7.3	<i>Tanque de contacto para la mezcla de cloro</i>	101
3.1.7.4	<i>Altura del tanque para la mezcla de cloro</i>	102
3.2	Ánàlisis Económico	103
3.2.1	<i>Presupuesto General</i>	103
3.2.2	<i>Costo operacional al día</i>	105
3.3	Resultados de los procesos de potabilización	106
3.3.1	<i>Caudal de diseño</i>	106
3.3.2	<i>Aireador de bandejas</i>	106
3.3.3	<i>Dosis òptima de Coagulante</i>	106
3.3.4	<i>Vertedero rectangular</i>	107
3.3.5	<i>Floculador hidráulico de flujo horizontal</i>	107
3.3.6	<i>Sedimentador laminar</i>	108
3.3.7	<i>Filtro rápido de arena</i>	108
3.3.8	<i>Desinfección</i>	109
3.4	Resultado de los análisis físico-químico y microbiológicos del agua tratada	110
3.5	Diagrama del proceso	113
3.6	Discusión de resultados	114
	CONCLUSIONES	118
	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFÍA	120
	ANEXOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

		Pp.
Tabla 1-1	Diferencias entre aguas subterráneas y aguas superficiales -----	2
Tabla 2-3	Nivel de importancia de las determinaciones analíticas -----	10
Tabla 3-1	Estándares de calidad de agua para consumo y posibles tratamientos -----	11
Tabla 4-1	Vida útil para sistemas de agua potable -----	26
Tabla 5-1	Nivel de complejidad del sistema en función de la población -----	26
Tabla 6-1	Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema -----	27
Tabla 7-1	Porcentajes de pérdidas técnicas -----	28
Tabla 8-1	Coefficiente de consumo máximo diario K_1 -----	29
Tabla 9-1	Parámetro de diseño para aireador de bandeja -----	31
Tabla 10-1	Propiedades físicas del agua a 1 atm -----	39
Tabla 11-1	Parámetros de diseño para floculadores hidráulicos de tabique -----	40
Tabla 12-1	Valores típicos de coeficientes de Rugosidad de Manning -----	44
Tabla 13-1	Parámetros de diseño de las placas planas de asbesto-cemento -----	46
Tabla 14-1	Parámetros de diseño de sedimentadores laminares -----	47
Tabla 15-1	Viscosidad cinemática del agua a 1 atmosfera -----	48
Tabla 16-1	Valores Sc típicos -----	50
Tabla 17-1	Parámetros de diseño de filtros rápido de arena -----	52
Tabla 18-1	Parámetros de Diseño de laterales -----	55
Tabla 19-1	Velocidades de diseño para tuberías del filtro -----	56
Tabla 20-1	Demanda de cloro para aguas -----	58
Tabla 21-1	Parámetros de diseño para tanques -----	59
Tabla 1-2	Recolección de muestras -----	60
Tabla 2-2	Parámetros de caracterización del agua potable -----	62
Tabla 3-2	Métodos y Técnicas de Análisis -----	63
Tabla 4-2	Caracterización. Análisis Físico-Químico y Microbiológico del agua cruda de la comunidad Pusniag San Patricio -----	67
Tabla 5-2	Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos fuera de norma -----	68
Tabla 6-2	Parámetros de operación para la Prueba de Jarras -----	70
Tabla 7-2	Ensayos del Test de Jarras -----	71

Tabla 1-3	Presupuesto General	103
Tabla 2-3	Costo operacional al día	105
Tabla 3-3	Resultados del caudal de diseño	106
Tabla 4-3	Resultados del aireador de bandejas	106
Tabla 5-3	Resultados dosis óptima del coagulante	106
Tabla 6-3	Resultados del vertedero rectangular	107
Tabla 7-3	Resultados del floculador hidráulico de flujo horizontal	107
Tabla 8-3	Resultados del sedimentador laminar	108
Tabla 9-3	Resultados del filtro rápido de arena	108
Tabla 10-3	Resultados de la desinfección	109
Tabla 11-3	Resultados del tanque de contacto para la mezcla de cloro y almacenamiento	109
Tabla 12-3	Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua tratada	110
Tabla 13-3	Porcentajes de Remoción del agua tratada	117

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
Figura 1-1	Equipo de Test de Jarras 14
Figura 2-1	Diagrama de flujo de un sistema de potabilización típico para aguas subterráneas: desinfección, remoción de hierro, manganeso y ablandamiento. 15
Figura 3-1	Tipos de Aireadores 16
Figura 4-1	Depósito de coagulación, mezcla y floculación 17
Figura 5-1	Tipos de rebosaderos en los vertederos 19
Figura 6-1	Partes de un sedimentador 21
Figura 7-1	Lecho de filtro de arena rápido tradicional 22
Figura 8-1	Hipoclorador 24
Figura 1-2	Situación Actual de Abastecimiento de Agua 66
Figura 2-2	Diagrama de bloques del sistema actual de abastecimiento de agua 66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pp.
Gráfica 1-2	Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos fuera de norma ----- 68
Gráfica 1-3	Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos del agua tratada ----- 111
Gráfica 2-3	Parámetros Físico-Químicos del agua tratada ----- 112
Gráfica 3-3	Resultados del hierro ----- 114
Gráfica 4-3	Resultados del Color ----- 115
Gráfica 5-3	Resultados de la turbidez ----- 115
Gráfica 6-3	Resultados de Coliformes Totales ----- 116
Gráfica 7-3	Resultados de Coliformes Fecales ----- 116

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pp.
ANEXO I	NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 108:2011 (cuarta) Revisión. Agua Potable Requisitos 122
ANEXO II	Boletín Técnico PAC- 08 127
ANEXO III	Ficha Técnica Hipoclorito De Calcio 129
ANEXO IV	Procedimiento para la dosificación del Hipoclorito de Calcio----- 131
ANEXO V	Test de Jarras (Proceso de Coagulación) 132
ANEXO VI	Test de Jarras (Proceso de sedimentación) 133
ANEXO VII	Test de Jarras(Análisis de Hierro) 134
ANEXO VIII	Resultados Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del Agua Cruda M1----- 135
ANEXO IX	Resultados Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del Agua Cruda M2----- 137
ANEXO X	Resultados Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del Agua Cruda M3----- 139
ANEXO XI	Resultados Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del Agua Cruda M4----- 140
ANEXO XII	Resultados Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del Agua Tratada (Invierno) 141
ANEXO XIII	Resultados Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos Del Agua Tratada (Verano) 142
ANEXO XIV	Aireador de Bandejas 143
ANEXO XV	Vertedero Rectangular 144
ANEXO XVI	Floculador Hidráulico 145
ANEXO XVII	Floculador Hidráulico 146
ANEXO XVIII	Sedimentador Laminar 147
ANEXO XIX	Sedimentador Laminar 148
ANEXO XX	Filtro Rápido de Arena y Grava 149
ANEXO XXI	Tanque de Cloración 150
ANEXO XXII	Diseño de la Planta de Tratamiento 151

RESUMEN

Se diseñó una planta de tratamiento de agua potable para la comunidad de Pusniag San Patricio, Parroquia Ilapo del cantón Guano provincia de Chimborazo, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Para determinar la calidad del agua cruda se realizó análisis Físico-Químicos y microbiológicos, con muestras de la vertiente, del almacenamiento y grifo domiciliario durante un mes, los resultados obtenidos comparados con la Norma Técnica Ecuatoriana presentaron exceso de hierro, color, turbidez, coliformes totales y coliformes fecales. Mediante pruebas de tratabilidad en el Test de Jarras se determinó la aplicación de Policloruro de aluminio y adición del Hipoclorito de Calcio como mejor tratamiento para la remoción de sustancias químicas y desinfección de microorganismos.

Mediante los resultados obtenidos se determinó que el diseño debe constar de: una torre de aireación, un vertedero rectangular, un floculador hidráulico de flujo horizontal, un sedimentador laminar, un filtro rápido de arena y un tanque de cloración y almacenamiento de agua.

Se concluye que para tratar un caudal de 1,59 L/s de agua se requiere de una torre de aireación, área: 3 m², altura 2 m y con tres bandejas; coagulación con Policloruro de Aluminio; un floculador hidráulico de flujo horizontal, longitud: 10,05 m, ancho: 4 m, profundidad: 0,90 m; sedimentador laminar, longitud: 1,23 m, ancho: 1,50 m, profundidad: 3 m; Filtro rápido de arena y grava, área: 1,14 m², profundidad: 2,81 m; y desinfección en un tanque de 3,15 m³. Con la implementación del diseño se obtendrá un porcentaje de remoción de: 96,76% Turbidez, 90% Color, 95,74% Hierro y 100% para Coliformes Fecales y Totales.

Se recomienda al GAD- Municipal del Cantón Guano la implementación del sistema de tratamiento de agua potable en la comunidad de Pusniag San Patricio para brindar un servicio de calidad que contribuya al bienestar de la población.

ABSTRACT

A potable water treatment system was designed for Pusniag San Patricio, parroquia Ilapo in the town of Guano, in the province of Chimborazo in order to improve quality life of habitants.

Physical-Chemical and microbiological analysis allowed determining the raw water quality by the means of watershed samples, household water storage for month. The results obtained were compared with Ecuadorian Technical Norm and these presented excess of iron, turbidity, total and fecal coliforms. It was determined that application of Aluminium Polychloride and addition of Calcium Hypochlorite is the best reduction treatment of Chemical substances and disinfestation of microorganism according to treatment Jarras test.

Based on results obtained it was determined that the desing has to have: aeration tower, rectangular overflow, hydraulic flocculator of horizontal flow, a laminar sedimentation, a sand quick filter and chlorination and water storage tank.

It is concluded that treating a flow of 1,59 L/s of water is necessary an aeration tower, are 3 m² height: 2 m, and three trays; coagulation with Aluminium Polychloride; a hydraulic flocculator of horizontal flow, large: 10,05 m, wide: 4 m; deep: 3 m; a sand quick filter, area: 1,14 m², deep: 2,81 m; and disinfestation in the tank of 3,15 m³. Implementing this desing will allow remove: 96,76% turbidity, 90% color, 95,74% Iron and 100% for fecal and total coliforms.

Municipality of the town of Guano (GAD) is recommended to implement a potable water treatment system for Pusniag San Patricio in order to give a quality service that contributes to population.

INTRODUCCIÓN

El agua es indispensable para vivir, sin agua no hay vida por lo tanto el uso sustancial del agua es el de consumo humano. Según la Organización Mundial de la Salud, “aproximadamente un cuarto de las camas existentes en todos los hospitales del mundo están ocupadas por enfermos cuyos males se deben a la mala calidad del agua”.

Debido a que el agua nunca se presenta en un estado absoluto de pureza, es necesario realizar plantas purificadoras de agua que cumplan con las normas de potabilización vigentes del país, para luego ser distribuidas y brindar un servicio de calidad que contribuya al bienestar de la población.

Frente a la constante preocupación de los habitantes de la comunidad de Pusniag San Patricio al consumir el agua proveniente de la vertiente Chinipamba sin previo tratamiento, el Gobierno Descentralizado del Cantón Guano conjuntamente con los administrativos del departamento de agua potable, permiten investigar el agua cruda que consume actualmente la población. La finalidad es determinar los factores que afectan su calidad y proponer el tratamiento adecuado, para ofrecer a su población un agua libre de contaminantes apta para el consumo humano, y posteriormente proponer un sistema de abastecimiento de agua acorde a las necesidades, tomando en cuenta tecnologías fáciles y aspectos socioeconómicos.

De esta forma el departamento de agua bajo la tutoría del jefe de laboratorio colabora con los implementos necesarios para realizar la investigación partiendo de los muestreos desde la captación de la vertiente Chinipamba, desde donde el agua es conducida por gravedad mediante tubería PVC hasta la comunidad. Los análisis Físico-Químicos y Microbiológicos se realizaron en las instalaciones del laboratorio de aguas del Cantón Guano, rigiéndonos a su normativa Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 1 108:2011 “Agua potable Requisitos” cuarta revisión y realizando únicamente las determinaciones analizadas por el laboratorio.

ANTECEDENTES

El cantón Guano se encuentra ubicado a 8 Kilómetro al norte de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo, está formado por 11 parroquias: 2 urbanas y 9 rurales. Las parroquias urbanas son: El Rosario y La Matriz, mientras que las parroquias rurales son: San Gerardo de Paquicaguan, San Andrés, de Patulú, Valparaíso, La Providencia Santa Fe de Galán, San Isidro, Guanando, San José de Chazo, y Ilapo.

La comunidad Pusniag San Patricio perteneciente a la parroquia de Ilapo se encuentra ubicada a una altura de 3550 m.s.n.m., a 12km noreste del cantón Guano, posee un clima frío y topografía irregular. Según el último censo existen 593 habitantes.

El agua que abastece a la comunidad de Pusniag San Patricio proviene de dos vertientes: Machay y Chinipamba. El agua proveniente de la vertiente Machay es tratada antes de llegar a la población sin embargo, ocasionalmente existen fallas en el abastecimiento del agua de esta fuente, razón por la cual la población se ve obligada a consumir el de la vertiente Chinipamba.

La vertiente Chinipamba está ubicada en la comunidad Saguazo Cruz de Mayo, allí existe un sistema de captación desde donde el agua se conduce por tubería hacia una cisterna tradicional para su almacenamiento y se distribuye a la comunidad mediante tubería PVC por efecto de la gravedad.

El agua no es potable y es hervida antes del consumo humano, el agua también se usa para el consumo de los animales y para regadío de cultivos.

JUSTIFICACIÓN

Pusniag San Patricio no dispone de un verdadero y correcto sistema de abastecimiento de agua, frente a esta necesidad el Gobierno municipal del Cantón Guano promueve el estudio del agua procedente de la vertiente Chinipamba.

La necesidad de realizar el diseño de una planta de tratamiento de agua potable en la comunidad de Pusniag San Patricio, radica principalmente en abastecer de agua de calidad a la población, en cantidades necesarias y de manera periódica, evitar las infecciones por enfermedades, su propagación y la posible muerte de los pobladores, originada por el consumo de agua no potable.

De acuerdo a las normas técnicas INEN la turbiedad en el agua es originada por la presencia de plancton, sólidos suspendidos como arcilla y limo, materia fina orgánica e inorgánica y otros organismos microscópicos; por otro lado La Guía para la Calidad del Agua Potable menciona que el exceso de hierro en el agua puede ser una impureza natural o el resultado de la corrosión en las tuberías de abastecimiento; es por ello necesario realizar un estudio para determinar los factores de riesgo de contaminación del agua en este sector, definir las medidas adecuadas para asegurar que la calidad de agua que llega a los hogares sea óptima e implementar un sistema acorde a las necesidades del sector.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar una Planta de Tratamiento de Agua Potable en la Comunidad de Pusniag San Patricio, Parroquia Ilapo del Cantón Guano.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar las fuentes de abastecimiento actual del agua analizando las características físicas, químicas y microbiológicas de acuerdo a la NTE INEN 1108:2011.
- Establecer el sistema de tratamiento de agua más adecuado a nivel operacional, planteando alternativas de viabilidad técnica, de acuerdo a los parámetros identificados en la caracterización.
- Determinar las variables del proceso necesarias para el diseño de la planta de tratamiento de agua potable.
- Realizar Cálculos de Ingeniería para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua potable.
- Validar el diseño, con la caracterización del agua tratada.
- Elaborar los planos de la planta de tratamiento de agua potable acordes al diseño.

CAPITULO I

1. MARCO TEÒRICO

1.1 Agua

El agua o dihidruro de oxígeno es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, esencial para la vida animal y vegetal, solvente universal compuesto molarmente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En la práctica, llamamos agua a las soluciones y suspensiones acuosas de sustancias orgánicas e inorgánicas como las que constituyen la lluvia, el mar, los lagos y los ríos.¹

1.1.1 Agua cruda

El agua cruda es aquella que no ha sido modificada de su estado natural (características físicas, químicas y microbiológicas).

1.1.2 Agua potable

El agua potable es el agua proveniente de manantiales naturales, pozos u otras fuentes que son previamente tratadas para alcanzar una uniformidad clara, exenta de turbiedad y color; fresca y agradable al paladar, sin gérmenes patógenos y con concentraciones de iones que no sobrepasen los valores máximos fijados en las normas de calidad.

1.2 Importancia del agua

La importancia del agua potable radica en que sin ella la población no puede llevar una vida sana y productiva. El agua es una necesidad básica de los seres humanos, una persona requiere al menos de 20 a 50 litros de agua potable diario que sea limpia, y confiable para beber, para cocinar y para la higiene diaria. El agua constituye fuente de vida pero paradójicamente también es un vehículo de transmisión de enfermedades.

¹ ROMERO, J. Calidad del Agua. 3ra ed. Bogotá-Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009., Pp 337.

1.3 Fuentes de Abastecimiento De Agua

Se denomina fuentes de abastecimiento a todos los cuerpos o cursos que proveen agua, deben ser capaces de abastecer el gasto máximo diario requerido por los habitantes. Las fuentes de abastecimiento más conocidas son Superficiales y Subterráneas:

Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas son las que se encuentran confinadas en el subsuelo como: vertientes, manantiales y pozos, constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua en nuestro país.

Aguas Superficiales

Se denominan aguas superficiales a cualquier cuerpo de agua abierto a la atmosfera destinados a fluir o permanecer en reposo como: ríos, quebradas, lagos, lagunas, embalses de almacenamiento, aguas de lluvia y agua de mar.

Diferencias entre Aguas Subterráneas y Superficiales

Las aguas subterráneas presentan menor variabilidad de sustancias y parámetros que afectan la calidad del agua por lo que potabilizar este tipo de agua resulta más económico.

Tabla 1-1 Principales Diferencias entre Aguas Subterráneas y Aguas Superficiales

Características examinadas	Aguas superficiales	Aguas subterráneas
Temperatura	Variable según la época	Relativamente constante
Turbiedad	Variable, a veces elevada	Baja o nula
Hierro y manganeso	Generalmente ausentes.	Generalmente presentes.
Oxígeno disuelto	Normalmente próximo a saturación	Ausencia total en la mayoría de los casos
Nitratos	Poco abundante en general	Contenido a veces elevado.

Fuente: LOUGE, J. Diseño de plantas potabilizadoras tipo tecnología simplificada. Fuentes de abastecimiento.

1.4 Fuentes de contaminación del Agua

La contaminación es una de las principales variantes en la calidad del agua. En mayor porcentaje es consecuencia de la actividad del ser humano y en menor rango son producidas por fenómenos naturales como la erosión que provoca el arrastre de sedimentos que modifica la calidad del agua.

1.5 Calidad del agua

La calidad de agua depende de tres parámetros principales: hidrología, características físico-químicas y bacteriológicas. Para establecer si el agua es apta o no para el consumo humano, el agua debe cumplir ciertos parámetros de potabilidad, llamadas Normas de Calidad del agua, dicha norma establece que el agua de consumo humano debe ser clara, libre de organismos patógenos y exentos de minerales que produzcan efectos indeseables tanto biológicos como fisiológicos sobre el ser humano.

1.5.1 Características Físicas del Agua

Son aquellas que impresionan a los sentidos como: el gusto, la vista y el olfato, e inciden directamente sobre la estética del agua. Entre ellas podemos destacar:

Turbidez

La turbidez es la falta de transparencia del agua debido a la presencia de partículas orgánicas, inorgánicas y microorganismos como: arcilla, plancton, microorganismos y limo. La turbidez de una muestra de agua se mide mediante un nefelómetro en unidades de turbidez nefelométrica (NTU).

Color

Es un indicador de la apariencia del agua y de la posible existencia de partículas coloidales y sustancias orgánicas desagradables. El color se define como el color natural o nato del agua, y es medido en mg/l de platino en la forma de ion cloroplatinato. Es indispensable medir el color conjuntamente con el pH, ya que la intensidad del color depende del pH, y por lo general al incrementarse el pH también aumenta la intensidad en el color. En el agua existe el color verdadero y el color aparente: el color verdadero

se refiere a la muestra de agua tratada (cuando su turbidez ha sido removida) y el color aparente es el agua sin previo tratamiento, aquel que contiene suspensiones coloidales.

Olor y Sabor

El olor y el sabor es una determinación organoléptica y se lo puede examinar de manera cualitativa. El mal olor y sabor en aguas de consumo es causado por la presencia de sustancias volátiles (COV's) o gaseosas como el H₂S, NH₃, productos de la descomposición de materia orgánica o por productos químicos originados en industrias o tratamientos de aguas residuales.

Temperatura

La temperatura es un factor fundamental para obtener resultados exactos, la toma de la temperatura se realiza en el lugar del muestreo, mediante un termómetro de mercurio, durante el contacto del termómetro con el agua se debe tener mucha precaución, y evitar que el mercurio del termómetro se rompa ya que este es muy venenoso.

Conductividad

Es un dato numérico de la habilidad que posee el agua para transportar un flujo de corriente eléctrica. Su valor depende de la temperatura a la cual es examinada y de la concentración de sustancias disueltas ionizadas en el agua. La conductividad es fácil de medir a través un instrumento comercial, sus unidades son $\mu\text{mho}/\text{cm}$ a 25°C, este instrumento solo posee un error menor al 1% por lo que es ampliamente utilizado.

pH

El pH permite diagnosticar la funcionalidad del agua y los tratamientos adecuados, para aguas de consumo el pH deben estar entre 6,5 y 9 para evitar incrustaciones, corrosidad y sabor amargo en caso de pH superior a 9.

1.5.2 Características Químicas

El agua por ser el solvente universal puede poseer cualquier elemento de la tabla periódica entre los elementos más importantes que determinan la calidad del agua están:

Sulfatos

El ion sulfato es uno de los aniones más frecuentes en las aguas naturales ya que se originan de forma natural siendo las rocas y suelos sedimentarios las fuentes principales de su origen. Una elevada cantidad de sulfatos produce diarrea y deshidratación en la población, e incrustaciones en calderas e intercambiadores de calor.

Fluoruros

Se originan de manera natural en el agua, especialmente en aguas subterráneas debido a la gran capacidad que posee el flúor (elemento no metálico) de reaccionar con los elementos orgánicos e inorgánicos, sin embargo estos elementos poseen baja capacidad de solubilidad por lo que sus concentraciones en aguas naturales son muy bajas.

Grupo del Nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas y los animales, debido a los diferentes estados de valencia que puede asumir este elemento, la química del nitrógeno es muy compleja. Entre las formas de mayor interés presentes en el agua están:

- Nitrógeno Amoniacal

El nitrógeno está en forma de nitrógeno amoniacal cuando una fuente hídrica recibe descargas de aguas domésticas siendo el producto inicial de la descomposición del nitrógeno orgánico, a medida que transcurre el tiempo y en contacto con oxígeno disuelto este se transforma en nitritos y nitratos. Para aguas de consumo las concentraciones de amoniaco no representan riesgos para la salud, pero para los peces si constituye un riesgo debido a su toxicidad del amoniaco no ionizado.

- Nitrógeno de Nitritos y Nitratos

Los nitritos por su facilidad de oxidación con el nitrato es poco común en el agua, los nitritos se forman por acción bacteriana sobre el nitrógeno amoniacal y el orgánico. Sin embargo la presencia de nitratos es producto de la contaminación humana y su presencia en altas concentraciones es considerada perjudicial para la salud.

Hierro

El hierro es un elemento natural presente en el ser humano ya que forma parte de la hemoglobina. En aguas naturales sus sales no constituyen toxicidad, sin embargo su presencia puede afectar el sabor, color y turbiedad del agua. En la naturaleza se presenta de dos maneras: asimilable y no asimilable.

- Asimilables

Originadas cuando las sales ferrosas (Fe II) son solubles, la más común es el bicarbonato ferroso $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Estas en contacto con el oxígeno disuelto del agua se oxidan y precipitan en forma de Hidróxido férrico, esta precipitación es inmediata con un pH superior a 7.5.

- Sales insolubles de hierro (No asimilable)

Originadas cuando las sales ferrosas son insolubles y esto ocurre a cuando el agua posee un pH mayor de 2.2, mientras que el ion ferroso es insoluble a un pH mayor de 6.

A partir de esto las aguas subterráneas por no estar en contacto con el aire, posee un medio natural fuertemente reductor, y poseen cantidades notables de hierro ferroso, el mismo que contribuye al desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos de óxido de hierro en las redes de distribución.

Mediante procesos de remoción de la turbidez se puede eliminar el hierro de aguas subterráneas. A través de las cuales se puede bajar concentraciones de 10mg/L a 0.3 mg/L que es la concentración recomendada para aguas de consumo.

Manganeso

El manganeso funciona como un activador enzimático convirtiéndose en un elemento esencial para la vida animal. Por lo general se encuentra cuando el agua posee grandes cantidades de hierro.

La remoción del manganeso es más difícil que la del hierro, requiere de la formación de sales insolubles, uso de oxidante y un pH alto.

1.5.3 Características Microbiológicas

Los Coliformes son bacterias que afectan la calidad biológica del agua y se originan de la contaminación fecal del agua debido al vertimiento de los desagües sin ningún tratamiento, defecación a campo abierto, y el arrastre de residuos fecales de corrales de animales. Los coliformes se clasifican en:

- Coliformes totales

Los coliformes totales no son producto de la contaminación fecal, estos se originan de manera natural en el ambiente y son un indicador de la calidad del proceso de tratamiento, conducción y distribución del agua.²

- Coliformes termotolerantes

Las aguas que presentan coliformes termotolerantes indican que posee contaminación fecal.

1.6 Consideraciones para un sistema de potabilización

1.6.1 Estudios Preliminares

Para la construcción de una planta de tratamiento de agua, es necesario realizar: un estudio detallado de la calidad del agua y pruebas de tratabilidad para seleccionar el esquema de tratamiento adecuado a los problemas presentes en el agua.

1.6.1.1 Muestreo

El programa de muestreo para el control de calidad del agua es el primer paso para el diseño de un sistema de agua potable. Para que un programa de muestreo tenga éxito se ha de recoger un volumen de agua representativo de la masa de agua que se quiere investigar.

² AURAZO, M., Tratamiento de Aguas para Consumo Humano, Plantas de Filtración rápida., Lima-Perú., CEPIS/OPS., 2004., Pp 91.

1.6.1.1.1 Tipo de muestras

- Muestras simples

Las muestras simples conocidas también como puntuales, consiste en obtener una muestra continua que refleje cualitativa y cuantitativamente la calidad del cuerpo de agua muestreado. Se recomienda su obtención cuando la composición de la fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de distancias considerables en todas las direcciones.

- Muestras compuestas

Es la mezcla de muestras simples tomadas en diferente horario y son utilizadas para analizar una planta de tratamiento de aguas residuales.

1.6.1.1.2 Precauciones generales en el muestreo

- ✓ Para analizar los parámetros físicos y químicos de agua naturales son adecuados botellas de polietileno y de vidrio borosilicatado.
- ✓ Se recomienda separar las muestras que van a ser usadas en los análisis químicos, microbiológicos y biológicos, debido a que el proceso y el equipo para la recolección y manejo de las muestras es diferente.
- ✓ Los frascos con muestras para los análisis físicos y químicos deben estar completamente llenos para evitar modificaciones del dióxido de carbono, pH, hierro.
- ✓ Para evitar una contaminación accidental los frascos para los análisis microbiológicos, no deben llenarse por completo dejando un espacio de aire al colocar la tapa.³

³ ECUADOR, Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo Y Conservación De Muestras.1998, Pp. 4, 5,6.

1.6.1.2 Caracterización del Agua

El objetivo de la caracterización es conocer la particularidad física, química y biológica del agua, con la finalidad de determinar la variabilidad y la calidad del agua, que permitan seleccionar el mejor tratamiento.

Para definir la calidad, lo ideal sería determinar todos los parámetros que conforman la norma del agua potable para ver cuáles se encuentran fuera de ella y en qué magnitud. Como ello no siempre es posible, y en ocasiones incluso resulta innecesario, a continuación se dan algunas recomendaciones.

Cuerpos subterráneos

Este tipo de fuente se caracteriza por ser de calidad constante, el monitoreo se puede realizar a partir de muestras simples y puntuales. Conviene llevar a cabo al menos dos muestreos, en diferentes días y observar cuales están fuera de norma. Para aguas subterráneas, los análisis por determinar serían los indicados en la primera columna de la Tabla 1.2 donde se clasifican los parámetros en las siguientes tres categorías:

- **Indispensables:**

Ayudan a determinar la fuente y el tipo de tratamiento que requiere un suministro de agua, siendo los parámetros más importantes a realizar en un principio.

- **No indispensables:**

Presentan características similares al resto de parámetros y pueden ser evaluados durante las pruebas de tratabilidad por no ser determinantes en la selección del tipo de tratamiento.

- **Eventuales:**

No son consideradas importantes porque están presentes de manera natural por las características del suelo y condiciones geohidrológicas.⁴

⁴ LUEGE, J., y otros. Diseño de plantas potabilizadoras tipo tecnología simplificada. Coyoacán México. Editorial Instituto mexicano de tecnología del agua. 2007, Pp. 63-64

Tabla 2-1 Nivel de importancia de las determinaciones analíticas

Muestreo Inicial	Muestreo Complementario
<i>Indispensables</i>	
Coliformes Fecales	Fenoles o Compuestos Fenólicos
Color	2.4 - D
Turbiedad	Tolueno
Dureza Total (CaCO ₃)	Xileno
Hierro	Nitrógeno Total
Nitrógeno Amoniacal	Nitrógeno Orgánico
Nitratos	
Nitritos	
Manganeso	
pH	
Sulfatos	
<i>No Indispensables</i>	
Coliformes Totales	Sodio
<i>Eventuales</i>	
Aluminio	Olor
Arsénico	Sabor
Cianuro	Aldrín y Dieldrín
Bario	
Cadmio	
Cloruros	
Cobre	
Cromo	
Fluoruro	
Mercurio	

Fuente: LOUGE, José. Diseño de plantas potabilizadoras tipo tecnología simplificada. Calidad del agua.

1.6.1.3 Pruebas de tratabilidad

Finalizada la caracterización del agua, se procede a las pruebas de tratabilidad, donde se somete al agua a procesos u operaciones para la remoción de los contaminantes que exceden la norma. En la tabla 1.3 se muestran los niveles máximos de contaminantes (NMC) permitidos en el agua potable por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), los posibles efectos sobre la salud por exposición que supere dichos límites, las fuentes comunes de contaminación y los procesos de tratamiento empleados para potabilizar con las pruebas de tratabilidad por desarrollar en laboratorio.

Tabla 3-1 Estándares de calidad de agua para consumo y posibles tratamientos

<i>Químicos Inorgánicos</i>
<p><i>Flúor</i></p> <p><i>Contaminante NMC- mg/L</i> 4,0</p> <p><i>Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC</i> Enfermedades óseas (dolor y fragilidad ósea). Los niños podrían sufrir de dientes manchados (fluorosis dental). En cantidades adecuadas es beneficioso para los dientes.</p> <p><i>Fuentes de contaminación comunes en agua potable</i> Erosión de depósitos naturales; efluentes de fábricas de fertilizantes y de aluminio.</p> <p><i>Tratamiento</i> Intercambio iónico, ósmosis inversa, alúmina activada</p>
<p><i>Nitrato-N - Nitrito-N</i></p> <p><i>Contaminante NMC- mg/L</i> 10 - 1</p> <p><i>Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC</i> Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga una concentración de nitratos mayor que el NMC, podrían enfermarse gravemente; ni no se tratan a tiempo, podrían morir. Entre los síntomas se incluyen dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico o azul. Metahemoglobinemia</p> <p><i>Fuentes de contaminación comunes en agua potable</i> Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales</p> <p><i>Tratamiento</i></p>

Intercambio iónico, ósmosis inversa

Hierro

Contaminante NMC- mg/L

0.3

Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC

El hierro de aguas subterráneas es soluble cuando se reduce a hierro II, este componente no causa daño.

El hierro es insoluble en el agua cuando se oxida a hierro III, formando compuestos corrosivos de color rojo que obstruyen y manchan tuberías, sistemas de recirculación y bombas.

Las tinciones y obstrucciones son más peligrosas cuando los precipitados de hidróxido de hierro son originadas por bacterias productoras de hierro.

Se sabe que el agua está afectada por bacterias de hierro cuando: El caudal del agua disminuye, se presencia olores desagradables en el agua, las tuberías de distribución presentan precipitados pegajosos y limosos, los pavimentos se empiezan a manchar y cuando las paredes se desmoronan.

Fuentes de contaminación comunes en agua potable

Ocurre de manera natural en acuíferos, procedente del subsuelo en zonas rurales, disolución de rocas ferrosas.

Tratamiento

Aireación, Coagulación-Floculación, sedimentación, filtración, desinfección (Prueba de jarras).

Manganeso

Contaminante NMC- mg/L

0,4

Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC

Imparte sabor desagradable y mancha la ropa, no constituye riesgo para la salud y en cantidades excesivas ocasionan daños en el sistema nervioso central.

Fuentes de contaminación comunes en agua potable

Presente en las aguas de forma natural (Subsuelo, rocas)

Tratamiento

Aireación, Coagulación-Floculación, sedimentación, filtración, desinfección

Microorganismos

Coliformes totales (incluye Coliformes fecales y E. coli)

Contaminante NMC- mg/L
Negativo

Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC
Por si mismos, los Coliformes no constituyen una amenaza para la salud; su determinación se usa como indicador de bacterias posiblemente nocivas.

Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Los Coliformes se presentan naturalmente en el medio ambiente; los Coliformes fecales y la *E. coli* provienen de heces fecales de humanos y de animales.

Tratamiento
Cloración, irradiación uv.

Turbidez

Contaminante NMC- mg/
1NTU

Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC
Indica la calidad del agua y la eficiencia de la coagulación y de la filtración. Una alta turbidez suele asociarse a microorganismos patógenos como virus, protozoos y bacterias.

Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Agua de escorrentía superficial.

Tratamiento
Filtración, ultrafiltración, osmosis inversa.

Virus (antéricos)

Contaminante NMC- mg/
Remoción > 99%

Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC
Trastornos gastrointestinales, diarrea, vómitos, retortijones

Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Heces fecales de humanos y de animales.

Tratamiento
Filtración, desinfección, ultrafiltración, irradiación uv.

Fuente: ROMERO, J. Calidad del Agua. Pp. 373.

1.6.1.3.1 Test de Jarras

Es el método más eficiente para el control del proceso de coagulación, donde se reproducen las condiciones a las cuales se produce la floculación en una planta de tratamiento.

El equipo consta de una serie de agitadores acoplados para mezclar a la misma velocidad y generar turbulencia. Es indispensable realizar análisis de pH, color y turbidez antes y después del proceso.

Figura 1-1 Equipo de Test de Jarras



Fuente: Aguas Colombia. Equipos de Análisis de Aguas, Test de Jarras

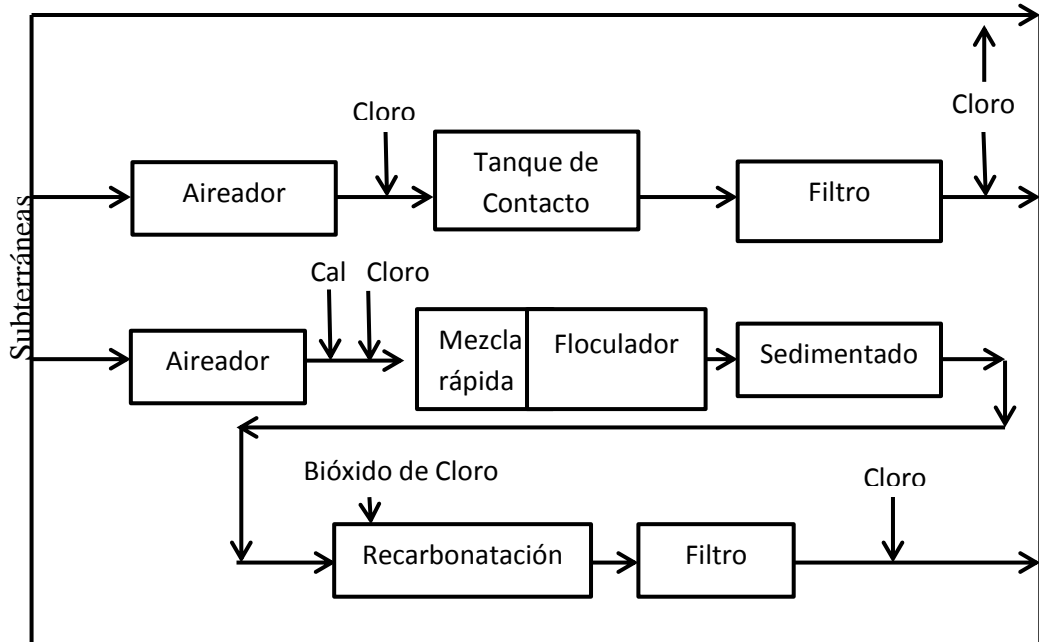
Este proceso se realiza con los siguientes propósitos:

- ✓ Selección del tipo de coagulación más efectivo
- ✓ Determinación del pH óptimo de coagulación.
- ✓ Evaluación de la dosis óptima de coagulante
- ✓ Determinación del orden más efectivo de adición de adición de los diferentes productos químicos.
- ✓ Determinación de los niveles óptimos de mezcla, gradientes de velocidad y tiempos de mezclas.
- ✓ Evaluación de la necesidad de proveer floculación y sedimentación previa y tiempos de mezcla

1.7 Selección del esquema de tratamiento para la potabilización del agua

Finalizadas las pruebas de tratabilidad, se analiza los resultados para encontrar el tratamiento más económico y eficiente. La figura 1.2 muestra una de las opciones más empleadas en plantas potabilizadoras, que incluye cloración y eliminación de hierro.

Figura 2-1 Diagramas de flujo de un sistema de potabilización típicos para agua subterránea: desinfección, remoción de hierro, manganeso y ablandamiento



Fuente: LOUGE, José. Diseño De Plantas Potabilizadoras Tipo De Tecnología Simplificada. Pruebas de tratabilidad.

1.7.1 Aireación

La aireación consiste en poner en contacto el agua cruda con el aire para modificar la concentración de sustancias volátiles presentes en ella. La aireación es recomendada para los siguientes casos:

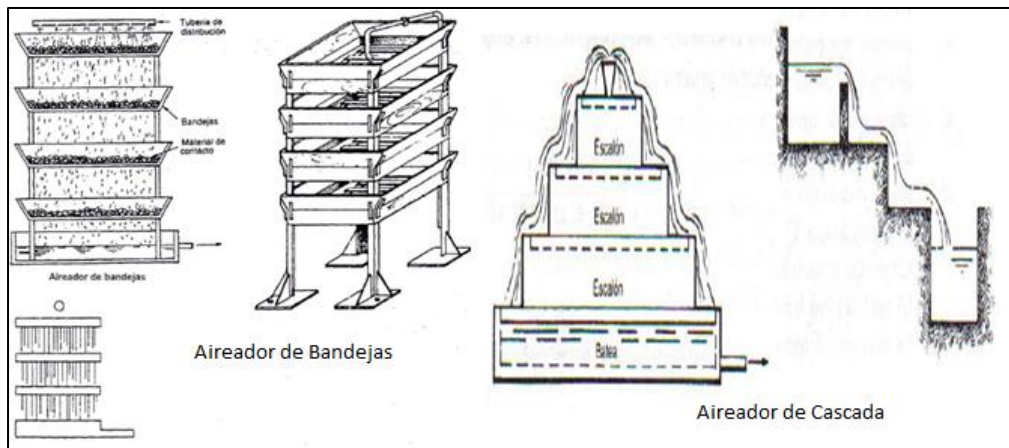
- ✓ Transmitir oxígeno al agua y elevar el oxígeno disuelto.
- ✓ Oxidar el hierro (Fe) y manganeso (Mn)
- ✓ Deducir la concentración de dióxido de carbono (CO₂)
- ✓ Remover el metano (CH₄)
- ✓ Remover compuestos orgánicos volátiles.⁵

⁵ COLOMBIA. Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento RAS. 2000., Pp 26

1.7.1.1 Tipos de Aireadores

La aireación se puede realizar por medio de Aireadores de bandeja de coque y Aireación forzada, esta última se divide en inyección de aire comprimido y Aireación mecánica. Sin embargo la aireación Forzada no es recomendable implementarse para un nivel bajo de complejidad de sistema.

Figura 3-1 Tipos de Aireadores



Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua.

Aireador de bandejas

Consiste en una serie de charolas equipadas con orificios por donde el agua es distribuida desde la parte superior para percolar a través de ellas. Dichas bandejas deben contener materia de coque. El coque favorece la eficiencia del intercambio de gases y la distribución del agua.

1.7.2 Coagulación-Floculación

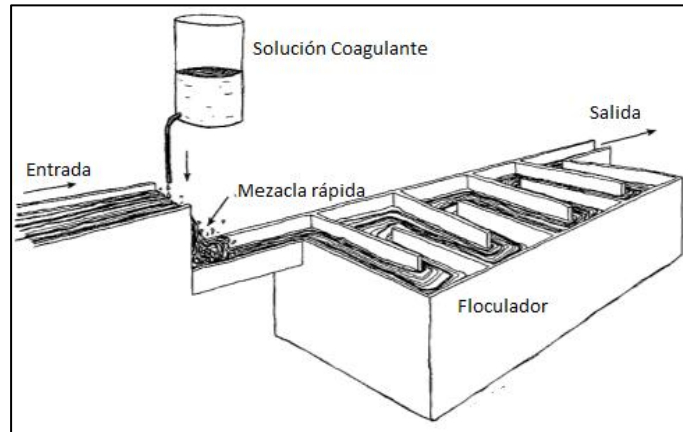
Proceso donde las partículas se aglomeran en pequeñas masas con pesos específicos superior al del agua, las cuales reciben el nombre de floc.

Este proceso se usa para:

- ✓ Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.
- ✓ Remoción de color verdadero y aparente.

- ✓ Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles a ser separados por coagulación.
- ✓ Destrucción de algas y plancton en general.
- ✓ Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos en otros.

Figura 4-1 Depósito de coagulación, Mezcla y Floculación



Fuente: Guías para la calidad del Agua potable. Coagulación, Floculación y Sedimentación.

1.7.3 Coagulación

La coagulación es un proceso químico que prepara al agua para la sedimentación, el efecto consiste en añadir un coagulante (sustancia química) que reaccione con el agua, logrando que el material no sedimentable se transforme en especies hidrolizadas con carga positiva y menor fuerza repelente entre las partículas, causando así su aglomeración y fácil sedimentación. La coagulación ayuda a la remoción de sustancias que ocasionan turbiedad en el agua.

Los procesos que se deben llevar a cabo en esta etapa del tratamiento de agua son la dosificación y la mezcla rápida.

1.7.3.1 Dosificación de Coagulantes

La dosis óptima de un coagulante se logra con el ensayo de jarras, esta prueba ayuda a elegir: la dosis que produzca la más rápida desestabilización de partículas coloidales, la

formación del floc más pesado y compacto, para que el floc se quede retenido fácilmente en los sedimentadores y no se rompan al momento de la filtración.

Los coagulantes que pueden utilizarse para el proceso de coagulación son:

- Coagulantes Metálicos

Pueden ser de tres tipos: sales de aluminio (sulfato de aluminio, sulfato de aluminio amoniacal, aluminato de sodio), sales de hierro (cloruro férrico, el sulfato férrico, sulfato ferroso.) y compuestos varios (carbonato de magnesio). Estos coagulantes actúan como polímeros y se caracterizan porque la polimerización se inicia cuando se pone el coagulante en contacto con el agua.⁶

- Polímeros Inorgánicos

Como coagulantes se puede utilizar los polímeros de Hierro (III) y aluminio. Se recomienda utilizar Policloruro de Aluminio para el tratamiento de aguas blandas y turbias.

Policloruro de Aluminio (PAC): Coagulante inorgánico que reemplaza al sulfato de aluminio utilizado para eliminar el color indeseable del agua en: plantas potabilizadoras de agua, afluentes y plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales

- Polímeros orgánicos o polielectrolitos

Dentro de este grupo están los derivados del almidón y la celulosa denominados también como ayudantes de la coagulación, actúan como polímeros y se caracterizan porque sus cadenas poliméricas ya están formadas al momento de agregarlos al agua.

1.7.3.2 Mezcla Rápida

Una vez añadidos los coagulantes, deben dispersarse de manera rápida y homogénea en el cuerpo de agua, esto se logra a través de unidades de mezcla rápida.

⁶ COLOMBIA. Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento RAS. 2000. Pp 36

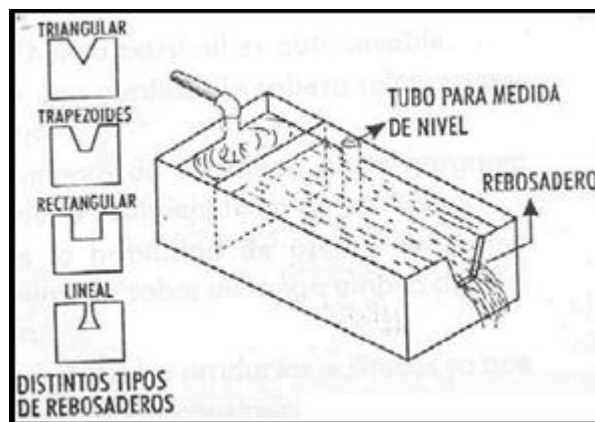
1.7.3.2.1 Unidades de mezcla rápida

Pueden ser hidráulicos como: el resalto hidráulico, vertederos rectangulares, y mezcladores estáticos, y mecánicos como: mezcladores mecánicos. Para el nivel bajo y medio de complejidad del sistema se recomienda el empleo de mezcladores hidráulicos.

- Mezcladores Hidráulicos

Se caracterizan por su bajo costo económico ya que utilizan la energía cinética del agua como fuente de generación de turbulencia, lugar ideal para la aplicación de coagulantes. Los mezcladores hidráulicos más utilizados son el canal de Parshall y el vertedero rectangular. Los vertederos son recomendados para niveles bajo de complejidad.

Figura 5-1 Tipo de rebosaderos en los vertederos



Fuente: Tipo de vertederos. Lección 5 Aforo de aguas residuales.

Los vertederos se clasifican según la escotadura así los vertederos rectangulares tienen su escotadura en forma rectangular y son los aforadores más conocidos ya que proporciona dos ventajas en las plantas de tratamiento de agua, primero ayuda como medidor de caudales y en la turbulencia que se genera a la salida de la misma (resalto hidráulico) sirve como punto de aplicación de coagulantes.

1.7.4 Floculación

Es el proceso físico que tiene como meta agrupar las partículas desestabilizadas y conformar aglomeraciones con mayor peso y tamaño para que se sedimenten con facilidad.

1.7.4.1 Clasificación de los Floculadores

Los floculadores proporcionan una agitación lenta para que los flóculos aumenten de tamaño y se conserven hasta la salida de la unidad.

Existen floculadores hidráulicos y mecánicos, para niveles bajo de complejidad es recomendable utilizar floculadores hidráulicos.

Entre los floculadores hidráulicos están los de flujo horizontal y flujo vertical.

- Floculador de flujo horizontal

Son recomendados para caudales menores a 50 litros por segundo y son tanques divididos por pantallas para que el agua gire alrededor de las mismas en sentido horizontal. Debe dejarse suficiente espacio para la limpieza de los canales.

- Floculadores de flujo vertical

Los floculadores de pantallas de flujo vertical pueden aplicarse a caudales mayores. Son más profundos, tienen 4 metros o más de profundidad. Su estructura puede ser adaptada a las adyacentes, con ventajas económicas. Ocupan menor área.⁷

1.7.5 Sedimentación

Es un fenómeno netamente físico, utilizado para la clarificación del agua, depósito y asentamiento por efecto de la gravedad de materia con peso específico mayor que el fluido. La sedimentación en función de las características de la partícula puede darse por:

- Sedimentación de partículas discretas

Llamada también sedimentación simple. Es el proceso de sedimentación de partículas discretas (partículas que no cambian de tamaño, forma, densidad durante la caída), son utilizadas en plantas de plantas de filtración rápida y lenta antes de la adición de coagulantes.

⁷ VARGAS, L. Tratamiento de agua para consumo Humano Plantas de Filtración rápida Floculación., Lima-Perú., CEPIS/OPS., 2004., Pp. 291-294.

- Sedimentación de partículas floculentas

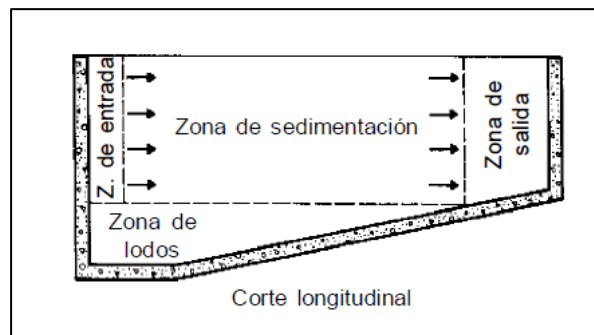
Son partículas que cambian de forma, tamaño y densidad durante la caída por la aplicación de agentes químicos y es utilizada entre la Coagulación-Floculación y la filtración rápida.

- *Sedimentación de partículas por caída libre e interferida*

La caída libre de partículas se origina cuando existe baja concentración de partículas en el agua provocando una sedimentación sin interferencias (individuales). Mientras que la caída interferida se origina cuando existen altas concentraciones de partículas provocando una sedimentación masiva de partículas aglomeradas.

8.7.1.5.1 Características de un Sedimentador

Figura 6-1 Partes de un Sedimentador



Fuente: MALDONADO, V. Planta de filtración rápida. Sedimentación.

El objetivo de un sedimentador es la remoción de partículas en suspensión y arena inferiores a 0.2 mm y superiores a 0.05mm del agua cruda, para de esta forma evitar que se formen depósitos en los sistemas de conducción, y garantizar la seguridad de las bombas de abrasión.

Un sedimentador está constituido de 4 partes:

Zona de entrada.- Es una estructura hidráulica que ayuda a la distribución uniforme del flujo en el interior de sedimentador.

Zona de Sedimentación.- Consiste en un canal rectangular, a través del cual fluye el flujo en sentido horizontal y a una misma velocidad en todos los puntos permitiendo la sedimentación de partículas. El de volumen, y longitud dependen del flujo de entrada.

Zona de salida.- Está formada por vertederos, o tubos con orificios que tienen por objeto recolectar el agua sin perturbar el proceso de sedimentación de partículas.

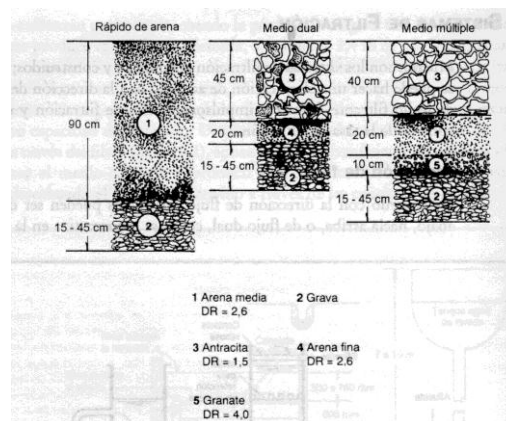
1.7.6 Filtración

La filtración es el paso final de clarificación, se caracteriza por retener partículas coloidales presentes en la solución acuosa que escurre a través de un medio poroso. La filtración favorece a la remoción de bacterias y remoción de la turbiedad.

1.7.6.1 Estructuras para la filtración

Para la filtración se utilizan estructuras denominadas filtros, son estructuras porosas donde se retienen los sólidos suspendidos que no fueron removidos en la sedimentación, las más económicas y eficientes son los filtros de arena y grava, con el tiempo los poros se obstruyen por lo que es necesario un continuo lavado a contracorriente.

Figura 7-1 Lecho de filtro de arena rápida tradicional



Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Filtración.

1.7.6.2 Clasificación de los Filtros

Existen dos clases de filtración: la filtración lenta y filtración rápida, y su diferencia está en la velocidad con que se lleva a cabo su procedimiento. Dependiendo de las fuerzas

que actuen en el proceso de filtración existen filtros a gravedad y filtros a presión, siendo los filtros a gravedad los más económicos de construir y mantener.

- *Filtros lentos*

Estos filtros se utilizan cuando se tratan aguas poco turbias que no necesitan una coagulación previa, estos filtros actúan a velocidad de filtrado inferior a $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ y se caracterizan por utilizar una granulometría fina de arena, las retenciones se producen en la superficie del lecho y no son muy utilizadas para aguas potables.

- *Filtros Rápidos*

Son los más usados para tratamientos de agua potable que han pasado por un proceso de decantación y coagulación, este sistema trabaja a una velocidad de filtrado superior a $5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.

1.7.7 Desinfección

La desinfección es el último proceso unitario del tratamiento del agua, su objetivo es garantizar la calidad del agua desde el punto de vista microbiológico.

1.7.7.1 Formas de Desinfección

La desinfección puede realizarse mediante agentes físicos y agentes químicos

- **Agentes Físicos**

Son los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

- **Agentes químicos**

Son compuestos químicos, generalmente oxidantes fuertes con gran eficiencia en la eliminación de los microorganismos, sin embargo pueden dejar remanentes tóxicos en el agua por lo que su dosificación debe ser realizada con cautela. Los agentes químicos más usados son: Halógenos como el cloro, bromo y yodo; ozono y permanganato de potasio.

Desinfección con cloro: El cloro es un oxidante poderoso, el más utilizado en la desinfección por su costo económico, fácil dosificación, y por reunir todas las ventajas requeridas de un desinfectante como: Destruir organismos patógenos en corto tiempo y en condiciones ambientales, es de manejo sencillo, fácil aplicación, bajo costo económico, la determinación de sus concentraciones en el agua es sencilla y porque la dosis utilizada en la desinfección no constituyen un riesgo para la salud del ser humano y animales. En pequeñas instalaciones donde no hay condiciones apropiadas para operar y mantener un equipo automático resulta económica y fácil la aplicación de derivados del cloro en solución como:

Hipoclorito de calcio: Es el más usado, viene en forma granular, polvo o tabletas. Su aplicación puede ser directa o mediante la preparación previa de una solución acuosa.

Hipoclorito de sodio: Se comercializa en forma líquida en diferentes concentraciones.

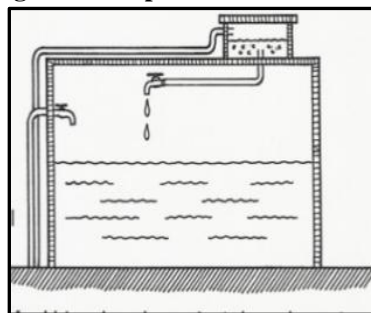
1.7.7.2 Formas de aplicación del desinfectante

Puede ser por dilución y por electrólisis en esta última se utiliza celdas electrolíticas.

- Por Dilución

La dilución de cloro se aplica por medio de un hipoclorador. Un hipoclorador es un tanque donde se coloca el cloro diluido y se gotea al tanque de almacenamiento para desinfectar el agua. Se coloca en la parte superior del tanque cuando el agua llega por gravedad y en una caseta de control cuando el agua llega por bombeo⁸.

Figura 8-1 Hipoclorador



Fuente: EL SALVADOR. Serie educativa para acciones comunitarias en agua y saneamiento ambiental.

⁸ EL SALVADOR. Serie educativa para acciones comunitarias en agua y saneamiento ambiental cartilla N°8. 1991., Pp. 21.

1.8 Parámetros para el diseño de un sistema de potabilización

1.8.1 Población

1.8.1.1 Población Diseño

También conocida como población futura es el número de habitantes que existirá en un determinado tiempo, es un parámetro fundamental para el cálculo del caudal de diseño. Para el cálculo de la población diseño se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros.

1.8.1.1.1 Población Actual

Es el número total de habitantes al momento de ejecutar el estudio.

1.8.1.1.2 Índice de crecimiento poblacional

El índice de crecimiento poblacional de un área geográfica es la constante de crecimiento anual de dicha población y se los encuentran en los censos poblacionales a través del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

1.8.1.1.3 Periodo De Diseño

Es la proyección donde el sistema funcionará con eficiencia. Los periodos de diseño no deben ser tan extensos porque obligan al sistema a funcionar por debajo de sus capacidades para soportar periodos largos, ni deben ser tan cortos porque generan complicaciones y reformas. El periodo de diseño depende del tiempo de vida útil de los materiales (periodo donde toda la infraestructura funcionará correctamente sin necesidad de gastos en mantenimiento y operación), y debe ser menor que la vida útil del material. La Norma de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Eliminación de Residuos Líquidos en poblaciones menos de 1000 habitantes CPE INEN 5 establece que para obras civiles de agua potable el proyecto se diseñará para 20 años, y el tiempo de vida útil para materiales de construcción está comprendido entre 20 y 30 tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4-1 Vida útil para sistemas de agua potable

Componente	Vida útil (años)
Obras de captación	25 a 50
Conducciones en PVC	20 a 25
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de Almacenamiento	30 a 40
Red de distribución de PVC	20 a 25

Fuente: Ecuador, Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

1.8.1.1.4 Cálculo de la Población Diseño

$$P_f = P_a \times (1 + r)^n$$

(Ecuación 1.1)

Dónde:

P_f : población futura, (hab)

n : intervalo en años, (años)

r : tasa de crecimiento poblacional, (%)

P_a : población actual, (hab)

1.8.1.2 Nivel de complejidad del sistema

El nivel de complejidad de un proyecto está en función de la población diseño.

Tabla 5-1 Nivel de Complejidad del Sistema en función de la población

Nivel	Población de diseño
Bajo	< 2500
Medio	2501 – 12500
Medio Alto	12501 – 60000
Alto	> 60000

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices.

1.8.2 Abastecimiento y consumo de agua

La estimación de la dotación del agua para una población depende de factores como: el tamaño de la población, nivel de complejidad, clima y situación geográfica.

1.8.2.1 Dotación Neta

Es la cantidad mínima de agua que necesita un habitante para satisfacer sus necesidades básicas sin tomar en cuenta las pérdidas durante su conducción. Esta expresada en L/hab*día y está en función del nivel de complejidad, como lo indica la siguiente tabla.

Tabla 6-1 Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de Complejidad	Dotación neta mínima L/hab*día	Dotación neta máxima L/hab*día
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio Alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices.

1.8.2.2 Dotación bruta

Es la cantidad máxima de agua que se necesita para satisfacer las necesidades básicas de consumo de agua de un habitante, tomando en cuenta las pérdidas que existan en el sistema de conducción del agua. La dotación neta esta expresada en L/hab*día y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Dotación básica} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \text{pérdidas técnicas}}$$

(Ecuación 2.1)

Las pérdidas técnicas es la diferencia entre el volumen de agua tratada medida a la salida de la planta y el volumen dotado a la población medida en los domicilios.

Las pérdidas técnicas están en función del nivel de complejidad como lo indica la tabla 7-1.

Tabla 7-1 Porcentajes de pérdidas técnicas

Nivel de Complejidad	% Máximo admisible de pérdidas técnicas
Bajo	40
Medio	30
Medio Alto	25
Alto	20

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices

1.8.3 Caudal de Diseño

1.8.3.1 Caudal Medio Diario

Es el promedio de los consumos diarios durante un año, y sirve para determinar el caudal que abastecerá a la población futura. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q_{md} = P_f * \text{Dotación bruta}$$

(Ecuación 3.1)

Dónde:

P_f : Población futura, (hab)

Q_{md} : Caudal medio diario (L/día)

1.8.3.2 Caudal Máximo Diario

Es el consumo máximo de agua en un día consumido en un periodo del año. El caudal máximo diario se los calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{Md} = \frac{K_1 \times Q_{md}}{86400}$$

(Ecuación 4.1)

Dónde:

Q_{Md} : Caudal máximo diario (L/día)

K_1 : Coeficiente de Consumo máximo diario, adimensional.

Q_{md} : caudal medio diario (L/día)

K_1 , está en función de nivel de complejidad del sistema como se muestra en la tabla 8-1.

Tabla 8-1 Coeficiente de consumo máximo diario K_1 .

Nivel de Complejidad	K_1
Bajo	1,3
Medio	1,3
Medio Alto	1,2
Alto	1,2

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices

1.9 Componentes del sistema de agua potable

1.9.1 Obras de captación

Es una infraestructura capaz de extraer cantidades necesarias de agua de una fuente, para proporcionar los gastos máximos diarios de consumo de agua de una población, deben ser construidos en lugares donde no se vean afectados por los fenómenos naturales.

1.9.2 Líneas de aducción y conducción

Las líneas de aducción son conductos destinados a transportar el agua desde los sistemas de captación hasta el sistema de tratamiento, estas pueden ser por gravedad o por bombeo.

Las líneas de conducción son los conductos que transportan el agua desde la planta de tratamiento hasta el tanque de almacenamiento o redes de distribución del agua.

1.9.2.1 Tipos de Aducciones

Estas pueden ser aducciones por canales (a superficie libre) y aducción a presión ya sea por gravedad o bombeo. Las líneas por presión no presentan riesgos de contaminación.

1.9.2.2 Tipos de Conducciones

Se distingue dos tipos de conducciones:

- Conducción a presión

Aquella que requiere de un sistema de bombeo para la conducción del agua.

- Conducción a gravedad

Es la más económica, y se debe tener en cuenta que la trayectoria entre la zona de captación y el destino debe ser recta y no debe pasar por zonas de difícil construcción.

Elección del tipo de conducción:

Se establece en base a los estudios de calidad del agua, tipo de fuente de abastecimiento y cantidad de agua a transportar para satisfacer los requerimientos de una población.

Diseño del sistema de conducción.

Los materiales deben ser seleccionados adecuadamente para no causar alteraciones en la calidad del agua si existiese algún tipo de daño en la misma. Entre la variedad de tuberías para la conducción del agua están:

- ✓ Tuberías de acero
- ✓ Tuberías de hierro fundido
- ✓ Tuberías de PVC, plástico.
- ✓ Tuberías de Asbesto de cemento

Las tuberías de plástico PVC son las mejores dentro del mercado ya que no sufren problemas de corrosión, son de paredes lisas, livianas, resisten al impacto, no provocan ningún tipo de olor, color y sobre todo son económicas.

1.10 Dimensionamiento del Sistema de tratamiento

1.10.1 Diseño de aireador de bandejas

Los aireadores de bandeja deben diseñarse teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

Tabla 9-1 Parámetros de diseño para aireadores de bandeja

Criterio	# de Bandejas	Separación de bandejas, h (m)	Lecho contacto		Perforaciones		Profundidad del agua en la bandeja (m)	CH (m ³ /m ² *d)
			Altura (espesor) (m)	Φ (cm)	Φ (pulg)	Separ (cm)		
Ascc-Awwa-CSSE	3-9	0.30-0.75						550-1800
Insfopal - Awwa	3-5	0.30-0.75	0.20-0.30	5-15	3/16" - 1/4"	2.5		300-900
Azevedo Netto	4	0.40 – 0.60						300 - 900
RAS 2000	3-5	0.30 – 0.75	0.15 – 0.30	5-15			0.15	<100
Otros	>3	< 0.30	0.15 – 0.30	4 - 15	3/16" -1/2"	2.5 – 7.5		

Fuente: Villegas. Purificación de Aguas. Aireación.

1.10.1.1 Área Total del Aireador

$$A_T = \frac{Q}{CH}$$

(Ecuación 5.1)

Dónde:

A_T: área total del aireador, (m²)

Q: Caudal de diseño, (m³ /s)

CH: Carga Hidráulica, (m³/s*m²)

1.10.1.2 *Altura total de la torre*

La altura recomendada por la tabla 10-1, para la remoción del hierro se halla entre 2-2.5, dato que genera una eficiencia del 90%.

1.10.1.3 *Número de Bandejas*

$$n = t \times \sqrt{\frac{g}{2 \times h}}$$

(Ecuación 6.1)

Dónde:

n: Número de bandejas

t: Tiempo de contacto, (s)

g: Aceleración de la Gravedad, (9.8 m/s²)

h: Separación entre bandejas, (m)

1.10.1.4 *Dimensionamiento de cada bandeja*

Área de cada bandeja

$$A_b = \frac{A_T}{n}$$

(Ecuación 7.1)

Dónde:

A_b: Área de cada bandeja, (m²)

A_T: Área total de aireación, (m²)

n: número de bandejas

Longitud de las bandejas

$$l = \sqrt{A_b}$$

(Ecuación 8.1)

Dónde:

l: Longitud de cada bandeja, (m)

Área de los orificios de las bandejas

$$A_{\text{orificio}} = \frac{\pi d^2}{4}$$

(Ecuación 9.1)

Dónde:

A_{orificio} : Área de los orificios de cada bandeja, (m²)

d: Diámetro de las perforaciones, (m)

1.10.1.5 Caudal sobre cada bandeja

$$Q_{\text{bandejas}} = l \times A_{\text{orificio}} \times \sqrt{2 \times g \times H_{\text{lámina}}}$$

(Ecuación 10.1)

Dónde:

Q_{bandejas} : Caudal sobre cada bandeja, (L/s).

l: Lado de la bandeja, (m).

A_{orificio} : Área de cada orificio, (m²).

g: Gravedad, (9,8m/s²).

$H_{\text{lámina}}$: Altura de agua sobre las bandejas, (m).

1.10.1.6 Número de perforaciones en cada bandeja

$$N_p = \frac{Q}{Q_{\text{bandejas}}}$$

(Ecuación 11.1)

Dónde:

Q: Qd: caudal de diseño, (L/s).

Q_{bandejas} : Caudal sobre cada bandeja, (L/s).

N_p : número de perforaciones, (perforaciones).

1.10.2 Coagulación

1.10.2.1 Dosificación del coagulante

Para calcular el caudal del coagulante a dosificar se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{D}{S} \times Q_{\text{agua}}$$

(Ecuación 12.1)

Dónde:

Q_D : Caudal de dosificación (L/s).

D: Dosis de PAC según la prueba de jarras (ml)

S: Solución de la prueba de jarras (L)

1.10.2.2 Vertedero Rectangular para la mezcla Rápida

El vertedero rectangular se caracteriza por su precisión, construcción económica, y porque es un excelente dispositivo de mezcla rápida para la aplicación de coagulantes.

1.10.2.2.1 Canal del vertedero

Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$C_v = f_s \times H$$

(Ecuación 13.1)

Dónde:

H: Altura de la lámina de agua, (m)

C_v : Profundidad del canal del vertedero, (m)

f_s : Factor de seguridad, (%)

1.10.2.2.2 Ancho del Vertedero

Para un vertedero rectangular sin contracciones laterales en caída libre, el ancho del vertedero se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$B = \frac{Q}{1,84(H)^{\frac{3}{2}}}$$

(Ecuación 14.1)

Dónde:

Q: Caudal de diseño, (m³/s)

H: Altura de la lámina de agua, (m)

B: Ancho del vertedero, (m)

1.10.2.2.3 Caudal por unidad de ancho

$$q = \frac{Q}{B}$$

(Ecuación 15.1)

Dónde:

q: caudal por unidad de ancho, (m²/s)

Q: caudal de diseño, (m³/s)

B: Ancho del vertedero, (m)

1.10.2.2.4 Profundidad Crítica del flujo

Profundidad donde el caudal circula por un canal con un mínimo de energía específica. La profundidad crítica se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

(Ecuación 16.1)

Dónde:

h_c: profundidad crítica del flujo, (m)

q: caudal por unidad de ancho, (m²/s)

g: Gravedad, (9.8 m/s²).

1.10.2.2.5 Longitud de salto

Longitud donde debe aplicarse el coagulante, para que esta sea homogénea.

$$L_m = 4,3P^{0.1} h_c^{0.9}$$

(Ecuación 17.1)

Dónde:

L_m : Longitud de salto, (m)

P: Altura de la pared del vertedero, (m)

h_c : profundidad crítica del flujo, (m)

1.10.2.2.6 Profundidad Supercrítica

Llamada también altura del agua después del salto. Un flujo es supercrítico (rápido o veloz) cuando la velocidad es mayor que la velocidad crítica y esto ocurre cuando la profundidad del flujo es menor que la profundidad crítica.

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{1.06 + \sqrt{\frac{P}{h_c} + 1.5}} h_c$$

(Ecuación 18.1)

Dónde:

h_1 : Profundidad supercrítica, (m)

P: Altura de la pared del vertedero, (m)

1.10.2.2.7 Velocidad del agua en el salto

$$v_1 = \frac{q}{h_1}$$

(Ecuación 19.1)

Dónde:

h_1 : Profundidad supercrítica, (m)

q: caudal por unidad de ancho, (m²/s)

v_1 : Velocidad del agua en el salto, (m/s)

1.10.2.2.8 Número de Froude

El número de Froude debe estar entre 4,5 y 9 para lograr una mezcla eficaz y un resalto equilibrado.

$$F = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$$

(Ecuación 20.1)

Dónde:

F: Número de Froude, (adimensional)

v_1 : Velocidad del agua en el salto, (m/s)

g: Aceleración de la gravedad, (9.8 m/s²)

h_1 : Profundidad supercrítica, (m)

1.10.2.2.9 Profundidad Subcrítica

Es la altura del agua después del resalto. Un flujo es subcrítico (lento) cuando la velocidad es menor que la velocidad crítica y esto ocurre cuando la profundidad del flujo es mayor que la profundidad crítica. La profundidad Subcrítica se calcula con la siguiente fórmula:

$$h_2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F^2} - 1 \right) h_1$$

(Ecuación 21.1)

Dónde:

h_2 : Profundidad Subcrítica, (m)

F: Número de Froude, (adimensional)

h_1 : Profundidad supercrítica, (m)

1.10.2.2.10 Velocidad del agua en el resalto

$$v_2 = \frac{q}{h_2}$$

(Ecuación 22.1)

Dónde:

v_2 : Velocidad del agua en el resalto, (m/s)

q: caudal por unidad de ancho, (m²/s)

h₂: Profundidad Subcrítica, (m).

1.10.2.2.11 *Pérdida de energía en el resalto*

Son producidas por la turbulencia que se genera durante los saltos hidráulicos, al momento en que chocan el flujo supercrítico con un flujo subcrítico.

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$$

(Ecuación 23.1)

Dónde:

h_p: Pérdida de energía en el resalto, (m)

h₂: Profundidad Subcrítica, (m)

h₁: Profundidad supercrítica, (m)

1.10.2.2.12 *Longitud de resalto*

$$L_j = 6(h_2 - h_1)$$

(Ecuación 24.1)

Dónde:

L_j: Longitud de resalto, (m)

h₂: Profundidad Subcrítica, (m)

h₁: Profundidad supercrítica, (m)

1.10.2.2.13 *Velocidad media en el resalto*

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

(Ecuación 25.1)

Dónde:

v_m: Velocidad media en el resalto, (m/s)

v₁: Velocidad del agua en el salto, (m/s)

v₂: Velocidad del agua en el resalto, (m/s)

1.10.2.2.14 *Tiempo de Mezcla*

Es el tiempo que el coagulante está en contacto con el agua cruda. El tiempo de retención deben ser menores a 1 segundo, y se calcula con la siguiente ecuación.

$$t = \frac{L_j}{v_m}$$

(Ecuación 26.1)

Dónde:

t: Tiempo de mezcla, (s)

L_j: Longitud de resalto, (m)

v_m: Velocidad media en el resalto, (m/s)

1.10.2.2.15 *Gradiente de Velocidad*

El Gradientes de velocidad debe estar entre 700 y 1300 s⁻¹.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h_p}{\mu t}}$$

(Ecuación 27.1)

Dónde:

G: Gradiente de velocidad, (s⁻¹)

γ: Peso específico del agua, (N/m³)

h_p: Pérdida de energía en el resalto, (m)

μ: Viscosidad Dinámica del agua, (Pa*s)

El peso específico y la velocidad Dinámica del agua se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 10-1 Propiedades Físicas del Agua a 1 atm

Temperatura °C	Densidad ρ Kg/m ³	Peso específico γ kN/m ³	Viscosidad Dinámica μ 10 ³ Pa.s
15	999,103	9,798	1,139
17	998,778	9,795	1,081
18	998,599	9,793	1,053
19	998,408	9,791	1,027
20	998,207	9,789	1,002

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices.

1.10.3 Diseño floculador de flujo horizontal

La agitación en el floculador no debe ser ni muy lenta que favorezca a la sedimentación ni muy rápida que provoque el rompimiento de los flocúlos ya formados. Para floculadores de flujo horizontal se debe tomar en cuenta los parámetros indicados en la tabla 11-1

Tabla 11-1 Parámetros de diseño para floculadores hidráulicos de tabique

Criterio	G(s ⁻¹)	t (min)	G _t	V (m/s)	h _T	G (s ⁻¹)
RAS 2000	20 – 70	20 – 30	20-70	0.20 – 0.60	-	20-70
Awwa	5 – 100	10 – 60	30000- 150000	0.09 – 0.30	-	-
Insfopal	-	15 – 60	-	0.15 – 0.45	-	-
Fair y Geyer	-	10 – 90	-	0.10 – 0.90	0.30- 0.90	-
Hardenbergh y Rodie	-	20 – 50	-	0.15- 0.45	-	-
Arboleda	10 – 100	15 – 20	-	0.10 – 0.60	-	-
Cepis	10- 100	10 – 60	-	0.10 – 0.60	-	-
Smethurst	20 - 100	10 - 60	20000 - 150000	0.15 – 0.50	0.15 – 0.60	-

Fuente: VILLEGAS, M, Purificación de Aguas, Floculadores.

1.10.3.1 Distancia Total recorrida por el agua

La distancia Total recorrida por el agua se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$L = v \times t$$

(Ecuación 28.1)

Dónde:

L: Distancia total recorrida por el agua, (m)

t: Tiempo de mezcla o retención, (s)

v: Velocidad del flujo, (m/s)

1.10.3.2 *Volumen del Agua*

Es la cantidad de agua que se debe mezclar en un determinado tiempo.

$$V = Q \times t$$

(Ecuación 29.1)

Dónde:

V: Volumen de agua, (m³)

Q: Caudal de diseño, (m³/s)

t: Tiempo de mezcla o retención, (s)

El tiempo de retención varia con relación a la temperatura del agua, para zonas tropicales, donde las aguas están a temperaturas por encima de los 20 °C, el tiempo de floculación suele ser más breve, alrededor de 15 minutos. Para lugares fríos, donde el agua posee temperaturas de 10 a 15 °C, el proceso se optimiza con tiempos de retención iguales o superiores a 20 minutos.

1.10.3.2 *Sección Transversal de los canales*

También conocida como el área transversal que requiere un canal.

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

(Ecuación 30.1)

Dónde:

A: Sección Transversal de los canales, (m²)

Q: Caudal de diseño, (m³/s)

v: Velocidad del flujo, (m/s)

1.10.3.4 Profundidad del agua

$$d = \frac{A}{a}$$

(Ecuación 31.1)

Dónde:

d: Profundidad del agua, (m)

A: Sección Transversal de los canales, (m²)

a: separación entre tabiques, (m)

1.10.3.5 Espacio libre entre la pared del tanque y los tabiques

Debe ser 1,5 veces el espaciamiento entre los tabiques.

$$e = 1,5a$$

(Ecuación 32.1)

Dónde:

e: Espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque, (m)

a: separación entre tabiques, (m)

1.10.3.6 Longitud efectiva de cada canal

$$l = B_F - e$$

(Ecuación 33.1)

Dónde:

B_F: Ancho del floculador, (m)

e: Espacio libre entre la pared del tanque y los tabiques, (m)

l: Longitud efectiva de cada canal, (m)

1.10.3.7 Numero requerido de Canales

$$N = \frac{L}{l}$$

(Ecuación 34.1)

Dónde:

L: Distancia total recorrida por el agua, (m)

l: Longitud efectiva de cada canal, (m)

N: Número de canales, (adimensional)

1.10.3.8 Longitud total de la cámara de floculación

$$L_T = (N \times a) + (N - 1) b$$

(Ecuación 35.1)

Dónde:

L_T: Longitud total de la cámara de floculación, (m)

a: separación entre tabiques, (m)

b: Espesor del tabique, (m)

1.10.3.9 Radio Hidráulico

Es la relación entre el agua mojada y el perímetro mojado, su cálculo es indispensable para el dimensionamiento de canales, tubos y otros componentes de construcciones hidráulicas.

$$R = \frac{A}{2d + a}$$

(Ecuación 36.1)

Dónde:

R: Radio Hidráulico, (m)

A: Sección Transversal de los canales, (m²)

d: Profundidad del agua, (m).

1.10.3.10 Pérdida por fricción en el tanque

Son originadas en las vueltas que da el agua a través de los canales. Las pérdidas por fricción se calculan a través de la fórmula de Manning.

$$h_f = \frac{(vn)^2}{R^{4/3}} L$$

(Ecuación 37.1)

Dónde:

hf: Pérdidas por fricción en el tanque, (m)

v: Velocidad del flujo, (m/s)

n: Coeficiente de Manning, (Adimensional)

L: Distancia total recorrida por el agua, (m)

R: Radio Hidráulico, (m)

El coeficiente de Manning se lo puede encontrar en la siguiente tabla:

Tabla 12-1 Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad de Manning

Materia	Coeficiente de Manning (n)
Asbesto - Cemento	0.012
Concreto simple	0.013
Vidrio (Laboratorio)	0.011
Madera (duelas)	0.012
Concreto (cimbra madera)	0.015
Plástico (PVC)	0.009
Latón	0.011
Cobre	0.011
Concreto (cimbra metálica)	0.011
Hierro fundido	0.012
Acero Corrugado	0.022

Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods

1.10.3.11 Pérdidas Adicionales

Se generan al momento que el agua da la vuelta cuando pasa de un canal a otro.

$$h_a = K(N - 1) \frac{v^2}{2g}$$

(Ecuación 38.1)

Dónde:

ha: Pérdidas Adicionales, (m)

K: Coeficiente de pérdida de carga. Varía de 1.5 a 3 (comúnmente 2)

N: Número de canales, (adimensional)

v: Velocidad del flujo, (m/s)

g: Aceleración de la Gravedad, (m/s²)

1.10.3.12 *Pérdida de energía total*

Es la suma de las pérdidas por fricción y las pérdidas adicionales.

$$h_T = h_f + h_a$$

(Ecuación 39.1)

Dónde:

h_T : Pérdidas de energía total, (m)

1.10.3.13 *Gradiente de Velocidad*

Es un factor de proporcionalidad, cuanto mayor sea el gradiente de velocidad más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h_T}{\mu t}}$$

(Ecuación 40.1)

Dónde:

G: Gradiente de velocidad, (s⁻¹)

γ : Peso Específico del agua, (N/m³)

h_T : Pérdidas de energía total, (m)

μ : Viscosidad Dinámica del Agua, (Pa*s)

t: Tiempo de mezcla o retención, (s)

1.10.3.14 *Número Adimensional de Camp*

$$G_t = G \times t$$

(Ecuación 41.1)

Dónde:

G_t : Numero Adimensional de Camp

G: Gradiente de velocidad, (s⁻¹)

t: Tiempo de mezcla o retención, (s)

1.10.4 Diseño Sedimentador laminar

A diferencia del resto de sedimentadores, el sedimentador laminar posee: una gran área de sedimentación, menor altura de caída de partícula, una región de flujo laminar y son autolimpiables ya que las partículas se sedimentan sobre placas inclinadas para posteriormente caer al fondo del sedimentador.

1.10.4.1 Carga Superficial después de instalar las placas

Es la velocidad promedio en el area de sedimentación, y se calcula a partir de:

$$v_{so} = \frac{l_p}{t_{rp}}$$

(Ecuación 42.1)

Donde:

v_{so} : Carga superficial después de instalar las placas, (m/min)

l_p : longitud de las placas, (m)

t_{rp} : tiempo de retención en las placas, (min).

La longitud de las placas se toma de la tabla 13-1

Tabla 13-1 Parámetros de Diseño de las Placas Planas de Asbesto - Cemento

Parámetro	Valor
Longitud	1.20 m
Ancho	2.40 m
Espesor	0.01 m

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Sedimentación

El tiempo de retencion de toma de la tabla 14-1.

Tabla 14-1 Parámetros de Diseño de Sedimentadores Laminares

Parámetro	Valor
Tiempo de retención en las placas	15 – 25 min
Número de Reynolds	<500 (Fisherstrom) <250 (Arboleda) <200 (Montgomery) <280(Schulz y Okum)
Inclinación de las capas	60°
Distancia entre placas	5cm
Profundidad	3 – 5 m
Pendiente del fondo	>2%

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Sedimentación

1.10.4.2 Area de sedimentación Acelerada

$$A_s = \frac{Q}{v_{so} \text{sen}\theta}$$

(Ecuación 43.1)

Donde:

A_s : Área de sedimentación acelerada, (m²)

Q: caudal de diseño, (m³/d)

v_{so} : Carga superficial después de instalar las placas, (m/d)

θ : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación.

1.10.4.3 Longitud del área de sedimentación acelerada

$$L_s = \frac{A_s}{B_s}$$

(Ecuación 44.1)

Dónde:

L_s : Longitud del área de sedimentación acelerada, m

A_s : Área de sedimentación acelerada, (m²)

B_s : Ancho del sedimentador, m

1.10.4.4 Longitud relativa del sedimentador

$$L_r = \frac{l_p}{e_p}$$

(Ecuación 45.1)

Dónde:

L_r : Longitud relativa del sedimentador, adimensional

l_p : longitud de las placas, (m)

e_p : Distancia entre placas, m

1.10.4.5 Longitud relativa en la región de transición

$$L' = 0,013 \frac{v_{so} \times e_p}{\nu}$$

(Ecuación 46.1)

Dónde:

L' : Longitud relativa en la región de transición, adimensional

v_{so} : Carga superficial después de instalar las placas, (m/s)

e_p : Distancia entre placas, (m)

ν : Viscosidad cinemática del fluido, m^2/s

La viscosidad cinemática del agua se toma de la siguiente tabla.

Tabla 15-1 Viscosidad Cinemática del Agua a 1 Atmósfera

Temperatura °C	Viscosidad Cinemática $\nu \cdot 10^{-6} (m^2/s)$
15	1.140
17	1.082
18	1.054
19	1.029
20	1.004

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

1.10.4.6 Longitud relativa corregida

La longitud relativa corregida del sedimentador en la longitud de transición se puede calcular dependiendo si $L' > L_r/2$ ó $L' \leq L_r/2$ mediante las siguientes ecuaciones:

$$L_c = 2(L_r - L') \quad \text{si } L' > \frac{L_r}{2} \quad \text{(Ecuación 47.1)}$$

$$L_c = L_r - L' \quad \text{si } L' \leq \frac{L_r}{2} \quad \text{(Ecuación 48.1)}$$

Dónde:

L_c : Longitud relativa corregida, adimensional

L_r : Longitud relativa del sedimentador, adimensional

L' : Longitud relativa en la región de transición, adimensional

1.10.4.7 Velocidad crítica de sedimentación

También llamada velocidad crítica de asentamiento o sedimentación.

$$v_{sc} = \frac{S_c * v_{so}}{\text{sen}\theta + L_r \text{cos}\theta} \quad \text{(Ecuación 49.1)}$$

Dónde:

v_{sc} : Velocidad crítica de sedimentación, (m/d)

S_c : Constante para cada tipo de módulo, (adimensional)

v_{so} : Velocidad media de flujo en las placas o carga superficial después de instalar las placas, (m/d)

θ : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación.

L_r : Longitud relativa del sedimentador, (adimensional)

La constante para cada tipo de modulo se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 16-1 Valores de Sc Típicos

Tipo de módulo	Sc
Placas planas paralelas	1
Tubos circulares	4/3
Tubos cuadrados	11/8
Placas onduladas	1,30
Otras formas tubulares	1,33 – 1,42

Fuente: VILLEGAS, M. Purificación Aguas. Sedimentadores

1.10.4.8 Número de Reynolds

Para que un sedimentador trabaje con alta velocidad debe existir flujo laminar en las celdas, cualquier turbulencia genera un arrastre de partículas provocando que la eficiencia disminuya notablemente. Un flujo es laminar cuando el $N_{re} < 2100$. Y se calcula con:

$$N_{Re} = \frac{v_{so} * e_p}{\nu}$$

(Ecuación 50.1)

Dónde:

N_{Re} : Número de Reynolds, (adimensional)

v_{so} : Velocidad media de flujo en las placas o carga superficial después de instalar las placas, (m/s)

e_p : Distancia entre placas, (m)

ν : Viscosidad cinemática del fluido, (m^2/s)

1.10.4.9 Volumen del sedimentador

El volumen del tanque sedimentador es igual al producto de su área superficial por la profundidad y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_{Ts} = L_s * B_s * Z_s$$

(Ecuación 51.1)

Dónde:

V_{Ts} : Volumen del sedimentador, (m^3)

L_s : Longitud del área de sedimentación acelerada, (m)

B_s : Ancho del sedimentador, (m)

Z_s : Altura del sedimentador, (m)

1.10.4.10 *Tiempo de retención en el tanque de sedimentación*

$$t_{rs} = \frac{V_{Ts}}{Q}$$

(Ecuación 52.1)

Dónde:

t_{rs} : Tiempo de retención en el tanque de sedimentación, (min)

V_{Ts} : Volumen del sedimentador,(m³)

Q : Caudal de diseño, m³/s

1.10.4.11 *Número de placas*

$$N_p = \frac{(L_s - l_p \cos\theta) \text{sen}\theta + e_p}{e_p + b_p}$$

(Ecuación 53.1)

Dónde:

N_p : Número de placas, adimensional

L_s : Longitud del área de sedimentación acelerada, m

l_p : longitud de las placas, (m)

θ : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación.

e_p : Distancia entre placas, (m)

b_p : Espesor de las placas, m

1.10.5 *Diseño filtro rápido de arena*

En este tipo de filtros las partículas suspendidas entran en contacto con el lecho de arena y grava y son retenidas sobre las mismas.

1.10.5.1 Número de filtros

El número de filtros se puede calcular de acuerdo a la expresión de Morril y Wallace:

$$n_f = 0,044 \sqrt{Q}$$

(Ecuación 54.1)

Dónde:

n_f : Número de filtros, (adimensional)

Q: caudal de diseño, (m³/d)

1.10.5.2 Área del filtro

$$A_f = \frac{Q}{\text{tasa de filtración}}$$

(Ecuación 55.1)

Dónde:

A_f : Área del filtro, (m²)

Q: caudal de diseño, (m³/d)

La tasa de filtración se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 17-1 Parámetros de Diseño de Filtros rápido de Arena

Parámetro	Valor
Tasa de filtración	120 m/d.
Medio	Arena
Altura del agua sobre el lecho	1,5 m
Profundidad del medio	0,60 – 0.75 m
Profundidad de grava	0,30 – 0.45 m
Tamaño efectivo del medio	0,35 - 0.70 mm (valor típico 0.5mm)
Coefficiente de uniformidad	1,3 – 1.7(valor típico 1.5)
Drenaje	Tubería perforada
Altura del drenaje	0,10 - 0,25 m

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Filtración

1.10.5.3 Coeficiente de mínimo costo

El coeficiente de costo mínimo ayuda a alcanzar una estabilidad económica, en el ahorro de placas de piso, tuberías, placas de techo y de las paredes del filtro de hormigón. Está en función de la relación entre la longitud y el ancho del filtro, K_c , y se calcula así:

$$K_c = \frac{2n_f}{n_f + 1}$$

(Ecuación 56.1)

Dónde:

K_c : Coeficiente de mínimo costo, (adimensional)

n_f : Número de unidades de filtración.

1.10.5.4 Longitud del filtro

$$L_f = \sqrt{A_f \times K_c}$$

(Ecuación 57.1)

Dónde:

L_f : Longitud del filtro, (m)

A_f : Área del filtro, (m^2)

K_c : Coeficiente de mínimo costo, (adimensional)

1.10.5.5 Ancho del filtro

$$a_f = \sqrt{\frac{A_f}{K_c}}$$

(Ecuación 58.1)

Dónde:

a_f : Ancho del filtro, (m)

A_f : Área del filtro, (m^2)

K_c : Coeficiente de mínimo costo, (adimensional).

1.10.5.6 Composición del lecho filtrante

La composición del lecho filtrante se establece en relación a la tabla 18-1.

1.10.5.7 Altura del filtro

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + Fc)$$

(Ecuación 59.1)

Dónde:

Z_f : Altura del filtro, (m)

f_s : Factor de seguridad, (%)

C_a : Altura de la capa de agua, (m)

L_a : Altura del lecho filtrante, (m)

C_s : Altura de capa de soporte, (m)

Fc : Altura del drenaje, (m), La altura del drenaje Fc se obtiene de la tabla 18-1.

1.1.5.8 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje proporciona una distribución uniforme para la limpieza y lavado de los filtros, y recoge el agua clarificada del depósito de almacenamiento del agua tratada.

1.10.5.8.1 Área de los orificios laterales

$$A_o = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

(Ecuación 60.1)

Dónde:

A_o : Área de cada orificio, (m²)

D_o : Diámetro del orificio, (m)

El diámetro de los orificios se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 18-1 Parámetros de Diseño de laterales

Parámetro	Valor
Espaciamiento de los laterales	1.2 m
Diámetro de los orificios de los laterales	6.5 mm – 15.8 mm
Espaciamiento de los orificios de los laterales	7.5 cm – 25cm
Altura entre el tubo y el fondo del filtro	3.5 cm
Velocidad en orificio	3 – 5 m/s

Fuente: ARBOLEDA, J. Teoría y Práctica de la Purificación del Agua.

1.10.5.8.2 Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o v_o$$

(Ecuación 61.1)

Dónde:

Q_o : Caudal que ingresa cada orificio, (m³/s)

A_o : Área de cada orificio, (m²)

v_o : Velocidad en orificio, (m/s)

1.10.5.8.3 Número de laterales

$$N_L = n_L \frac{L_f}{e_L}$$

(Ecuación 62.1)

Dónde:

N_L : Número de laterales, (adimensional)

n_L : Número de laterales por lado, (adimensional)

L_f : Longitud del filtro, (m)

e_L : Separación entre laterales, (m)

1.10.5.9 Diámetro de la tubería de entrada al filtro

La tubería que entra al filtro se diseña en relación a los criterios de velocidad de la tabla 20-1 y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D_T = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_e}}$$

(Ecuación 63.1)

Dónde:

D_T : Diámetro de la tubería de entrada del agua al filtro, (m)

Q : Caudal de diseño, m^3/s

v_e : Velocidad de agua a través de la tubería de entrada, m/s

Velocidad de agua a través de la tubería de entrada se calcula con la siguiente tabla:

Tabla 19-1 Velocidades de Diseño para tuberías del filtro

Parámetro	Velocidad m/s
Afluente	0.3 – 12
Efluente	0.9 – 1.8

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Filtración

1.10.5.10 Diámetro de la tubería de salida del filtro

La tubería que sale del filtro se diseña en relación a la tabla 20-1.

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_s}}$$

(Ecuación 64.1)

Dónde:

D_{Ts} : Diámetro de la tubería de salida del agua del filtro, m

v_s : Velocidad de agua a través de la tubería de salida, m/s

1.10.5.11 Sistema de lavado del filtro

Cuando los poros del filtro se obstruyen se realiza un lavado a contracorriente bombeando agua de 10 - 15 minutos a presión, y controlando la rapidez de lavado para impedir que los granos de arena sean arrastrados.

1.10.5.11.1 Velocidad óptima de lavado del filtro

$$v_l = D_{60} = CU \times TE$$

(Ecuación 65.1)

Dónde:

v_l : Velocidad óptima de lavado del filtro, (m/min)

D_{60} : Producto del tamaño efectivo por el coeficiente de uniformidad, (mm)

CU: Coeficiente de uniformidad de la arena, (adimensional)

TE: Tamaño efectivo de la arena, (mm)

1.10.5.11.2 Cantidad de agua para el lavado del filtro

$$V_l = v_l A_f t_l$$

(Ecuación 66.1)

Dónde:

V_l : Cantidad de agua para el lavado del filtro, (m³)

v_l : Velocidad óptima de lavado del filtro, (m/min)

A_f : Área del filtro, (m²)

t_l : Tiempo óptimo de lavado, (min)

1.10.6 Diseño del sistema de cloración

1.10.6.1 Peso de cloro necesario

$$P_{Cl} = QD$$

(Ecuación 67.1)

Dónde:

P_{Cl} : Peso de cloro necesario, (onzas/d)

Q: Caudal de diseño, (L/s)

D: Dosis de cloro necesario, (onzas)

La dosis de cloro necesario se toma en relación de la tabla 20-1.

Tabla 20-1 Cálculos de la cantidad de cloro a utilizarse en relación a caudales de agua medidos

Caudal Aforado (L/s)	Hipoclorito de Calcio (Cloro granulado al 70%)	Hipoclorito de Sodio (Cloro líquido)
0,5	2 onzas	5 litros
1	4 onzas	10 litros
1,5	6 onzas	15 litros
2	8 onzas	20 litros
2,5	10 onzas	25 litros
3	12 onzas	30 litros
3,5	14 onzas	35 litros
4	16 onzas	40 litros
4,5	18 onzas	45 litros
5	20 onzas	50 litros
5,5	22 onzas	55 litros

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda; Cálculo del hipoclorito de calcio.

1.10.6.2 Volumen Del Hipoclorador

$$V_H = \frac{P_{Cl}}{5 C}$$

(Ecuación 68.1)

Dónde:

V_H : Volumen del hipoclorador, m^3

P_{Cl} : Peso de cloro necesario, (Kg/d)

C: Concentración de la solución (5% por su similitud con la concentración del cloro domestico)

1.10.6.3 Tanque De Contacto Para La Mezcla De Cloro

El volumen del tanque de almacenamiento para el contacto con el cloro se calcula así:

$$V_{Tc} = Q t f_s$$

(Ecuación 69.1)

Dónde:

V_{Tc} : Volumen del tanque para la mezcla de cloro, (m^3)

Q : Caudal de diseño, (m^3/s)

t : Tiempo de retención, (s)

f_s : Factor de seguridad

1.10.6.4 Altura del tanque para la mezcla de cloro

$$H_{Tc} = \frac{V_{Tc}}{A_{Tc}}$$

(Ecuación 70.1)

Dónde:

H_{Tc} : Altura del tanque para la mezcla de cloro, (m)

V_{Tc} : Volumen del tanque para la mezcla de cloro, (m^3)

A_{Tc} : Área del tanque para la mezcla de cloro, (m^2)

Para el área del tanque de la mezcla del cloro se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla 21-1 Parámetros de diseño para tanques

Parámetro	Valor	Unidad
Área de base cuadrada, A_{Tc}	3	m^2
Ancho del tanque, B_{Tc}	2	m
Longitud del tanque, L_{Tc}	1,5	m

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/002320/002320-08f.pdf>.

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Muestreo

2.1.1 Área de Muestreo

El diseño de la planta de tratamiento se realizó para la comunidad de Pusniag San Patricio. El agua a tratar fue tomada de la vertiente Chinipamba, ubicada en la comunidad Saguazo Cruz de Mayo, Parroquia Ilapo del cantón Guano.

2.1.2 Método de Recolección de información

El método de investigación que se utilizó fue el método experimental y el método comparativo para relacionar los parámetros de calidad del agua cruda con los parámetros establecidos para aguas de consumo NTE INEN 1 108 cuarta revisión. Lo cual permitió diagnosticar la calidad de agua que está consumiendo esta comunidad.

2.1.3 Procedimiento para la recolección de la información

La recolección de información se realizó mediante el método de muestreo simple, tomando una muestra de la captación, tanque de almacenamiento y grifo domiciliario semanalmente en días de invierno y verano durante un mes. El muestreo se realizó como indica la tabla 2.1. Teniendo en cuenta la NTC INEN 2 169: 98. “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras”.

Tabla 1-2 Recolección de Muestras

Lugar de muestreo	Días de muestreo en la semana	Número de muestras diarias	Total de muestras en el mes
Captación	4	1	4
Almacenamiento	4	1	4
Grifo	4	1	4
Total de muestras			12

Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

2.2 Metodología

2.2.1 Técnicas de recolección

Para la recolección del agua destinada a los análisis físicos-químicos, se utilizaron botellas de plástico teniendo en cuenta que la botella este completamente llena para evitar que no exista aire sobre la muestra, ya que la interacción con la fase gaseosa puede provocar alteraciones en el pH y que el hierro tienda a oxidarse con el movimiento durante el transporte. Para los análisis microbiológico se utilizaron frascos para muestras de orina, los cuales son esterilizados, se tomó en cuenta que los frascos no se llenen en su totalidad con la finalidad de mezclar las muestras antes del análisis. Una vez tomada las muestras los frascos fueron introducidos en un cooler para evitar cualquier tipo de contaminación entre el intervalo de tiempo del muestreo y el análisis.

Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Aguas del GAD-Municipal del Cantón Guano, donde se realizaron los análisis físicos- químicos y microbiológicos. Dicha institución maneja la NTE INEN 1 108:2011 cuarta revisión que establece los requisitos del agua potable para consumo humano y acorde a los mismos se realizaron todos los análisis.

2.2.2 Tratamiento de muestras

Rigiéndonos a la norma empleada por el laboratorio del Municipio del cantón Guano, se analizaron 19 parámetros al agua en el laboratorio de Aguas del GAD-Municipal del Cantón Guano, los mismos que se pueden observar en la tabla 2.2, En dicha institución no se realizan análisis de dureza sin embargo por ser un parámetro fundamental, estos fueron realizados en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

Tabla 2-2 Parámetros de Caracterización del Agua Potable

Datos de la muestra:		
Fuente:	Recolectado por:	
Fecha de recolección:	Hora:	
Muestra:	Fecha De Análisis:	
Parroquia	Localidad:	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
PARÁMETRO	EXPRESADO	LÍMITE PERMISIBLE
pH*		6-9
Color	Unidades de cloro aparente (Pt-Co)	15
Turbidez	NTU	5
Temperatura*	°C	Condición natural +/-3 grados
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	500
Conductividad	µS/cm	
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Hierro Total Fe ^{3+*}	mg/l	0.3
Manganeso Mn ²⁺	mg/l	0.4
Amoniaco N-amoniaco*	mg/l	1.0
Nitratos NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos NO ₂ ⁻	mg/l	0.02
Sulfatos SO ₄ ^{2-*}	mg/l	250
Fluoruro F ⁻	mg/l	1.5
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	300
Alcalinidad	mg/l	250-300
Fosfatos PO ₄ ³⁻	mg/l	0.3
Cloro residual Cl ⁻	mg/l	0.3-1.5
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Coliformes fecales por Filtración membranas	UFC/100ml	Ausencia
Coliformes Totales por Filtración membranas	UFC/100ml	Ausencia

Límites Permisibles:

*TULAS Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua Libro VI anexo I Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 Primera Edición (cuarta revisión).

2.3 Métodos y técnicas

Los métodos que se siguieron para el análisis de muestras fueron los desarrollados por el Laboratorio de Aguas del GAD-Municipal del Cantón Guano para aguas de consumo, los mismos que se rigen en la (Standar Methods for Examination of Water and Wastewater) especificados en su última edición y el Manual de Análisis de Agua, métodos HACH.

Tabla 3-2 Métodos y Técnicas de Análisis

Características Físicas	
<p>Determinación</p> <p><i>pH</i></p> <p>Método</p> <p>Potenciométrico</p>	<p>Descripción</p> <p>Agitar las muestras, tomar una pequeña porción y la colocamos en vasos pequeños.</p> <p>Calibrar el pH-metro con tampones de calibración de pH 4 Y pH7.</p> <p>Sumergir el electrodo en agua destilada, aplastar READ y esperar hasta que la lectura se estabilice</p> <p>Una vez establecido los estándares procedemos a medir las distintas muestras de agua, hay que enjuagar el electrodo y quitar la gota de agua de la punta con papel absorbente.</p>
<p>Determinación</p> <p><i>Color</i></p> <p>Método</p> <p>Comparativo</p>	<p>Descripción</p> <p>Se toma una muestra (agua cruda) en un recipiente del comparador y en el otro se agua destilada, se procede a la lectura.</p>
<p>Determinación</p> <p><i>Turbidez</i></p> <p>Método</p> <p>Nefelométrico</p>	<p>Descripción</p> <p>Esta determinación lo hacemos con el turbidímetro, instrumento que mide la turbidez de las aguas en unidades de UNT (unidades nefelométricas de Turbidez).</p> <p>Primero calibramos el equipo con soluciones estándares establecidas de 4 y 10 UNT y enceramos el equipo, Posteriormente agitamos las muestras vigorosamente y llenamos en las cubetas del fotómetro y Procedemos a leer la turbidez en la longitud de onda de λ 860nm.</p>

<p>Determinación <i>Sólidos Totales Disueltos y Conductividad</i></p> <p>Método Electrométrico</p>	<p>Descripción Tomar la muestra en un vaso y mediante el electrodo de cristal del equipo, se lee y se registra el valor</p>
Características Químicas	
<p>Determinación <i>Hierro Total Fe^{3+}</i> <i>Nitratos NO_3^-</i> <i>Nitritos NO_2^-</i> <i>Sulfatos SO_4^{2-}</i> <i>Fosfatos PO_4^{3-}</i></p> <p>Método Espectrofotométrico</p>	<p>Descripción La determinación se realiza con el equipo HACH DR 2800, se utiliza sobrecitos de reactivo ya establecidos para cada determinación. Colocamos en vasitos 10ml de muestra, y uno de agua destilada como blanco, a cada uno le colocamos un sobrecito del reactivo establecido.</p> <p>Agitamos durante:</p> <p>3 minutos hierro 1 minuto Nitratos 20 minutos nitritos 5 minuto Sulfatos 2 minuto Fosfato</p> <p>Posteriormente colocamos las muestras en las celdas o cubetas, leemos primero el blanco para encerrar el equipo y procedemos a las lecturas de las demás muestras.</p>
<p>Determinación <i>Manganeso Mn^{2+}</i></p> <p>Método Espectrofotométrico</p>	<p>Descripción Tomar dos recipientes colocar en el uno 25ml de H_2O y en el otro 25ml de la muestra.</p> <p>Colocar en ambas celdas:</p> <p>Un sobre de reactivo de ácido ascórbico.</p> <p>Añadir 12 gotas de Rx Alkaling cyanide reagent y agitar.</p> <p>Añadir 12 gotas de Rx. PAN indicador solution y agitar.</p> <p>Leer el blanco (solución con H_2O destilada) y posteriormente la muestra.</p>
<p>Determinación <i>Amoniaco N- amoniacal</i></p>	<p>Descripción Tomar dos recipientes colocar en el uno 25ml de H_2O y</p>

<p style="text-align: center;">Método</p> <p style="text-align: center;">Espectrofotométrico</p>	<p>en el otro 25ml de la muestra.</p> <p>Añadir 3 gotas de Mineral Stabilizer y agitar.</p> <p>Añadir tres gotas de Polyvinyl alcohol y agitar</p> <p>Añadir 1 ml de reactivo Nessler.</p> <p>Leer el blanco y la muestra.</p>
<p style="text-align: center;">Determinación</p> <p style="text-align: center;"><i>Fluoruro F⁻</i></p> <p style="text-align: center;">Método</p> <p style="text-align: center;">Espectrofotométrico</p>	<p style="text-align: center;">Descripción</p> <p>Tomar dos recipientes colocar en el uno 10ml de H₂O y en el otro 10ml de la muestra.</p> <p>Añadir 2ml de reactivo SPADNS, agitar ambas muestras.</p> <p>Leer el blanco y posteriormente la muestra</p>
Análisis Microbiológico	
<p style="text-align: center;">Determinación</p> <p style="text-align: center;"><i>Coliformes Fecales y Totales</i></p> <p style="text-align: center;">Método</p> <p style="text-align: center;">Filtración por membranas</p>	<p style="text-align: center;">Descripción</p> <p>Esterilizar el equipo, colocar una membrana de filtración (cellulose Nitrate Filtre), y filtrar 100 ml de muestra, retiramos el medio de filtro y colocamos en una caja Petri, vertimos el medio de cultivo (M-colibblue 24) y se siembra a la temperatura correspondiente por 12 horas a temperatura adecuada luego retiramos y procedemos a la lectura. Los puntos de color rosado corresponden a los Coliformes totales y puntos de color azul Coliformes fecales.</p>

Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

2.4 Datos experimentales

2.4.1 Situación Actual

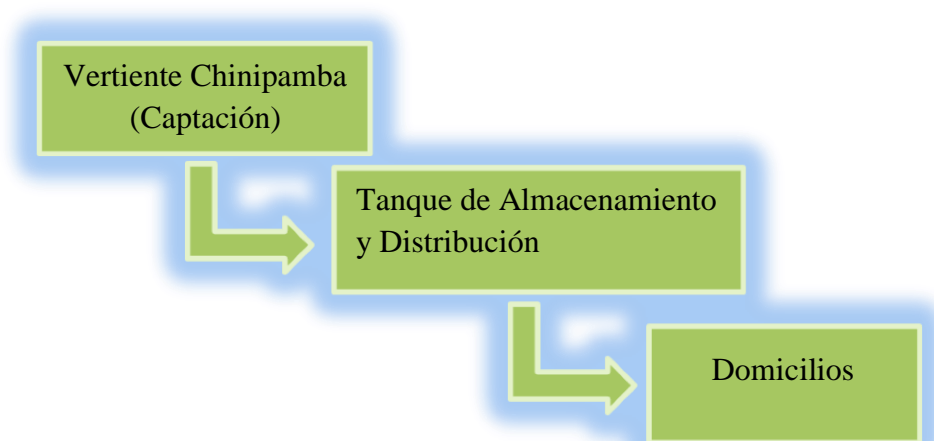
El agua que consume la comunidad de Pusniag San Patricio proviene de la vertiente Chinipamba, el agua es captada y enviada a un tanque de almacenamiento para su distribución mediante tubería PVC sin efectuar ningún tipo de tratamiento.

Figura 1-2 Situación Actual de Abastecimiento de Agua



Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

Figura 2-2 Diagrama de Bloque del Sistema Actual de abastecimiento de Agua



Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

2.4.2 Caracterización del agua de captación

La caracterización correspondiente a las muestras de la primera semana del 30-04-2014 se realizó en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo quienes cuentan con un sistema de acreditación, la caracterización correspondiente a las semanas siguientes se realizaron en el laboratorio de Aguas del GAD-Municipal del Cantón Guano bajo la supervisión del encargado del laboratorio. Los resultados de los análisis Físico- químico y bacteriológico correspondiente a las cuatro semanas se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 4-2 Caracterización del agua. Análisis Físico-Químico y Microbiológico del agua cruda del sistema de captación de la comunidad Pusniag San Patricio

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permisible NTE INEN	Muestras				Promedio
			M ₁ 2014-04-30	M ₂ 2014-05-07	M ₃ 2014-05-14	M ₄ 2014-10-21	
pH	Unit.	6-9					7,86
Color	Unit (Pt-Co)	15	123	120	87	146	119
Turbidez	NTU	5	11,27	9,82	12,4	8,46	10,49
Temperatura	°C	Condición natural +/-3 grados	17,8	18,5	18,7	19,5	18,63
Solidos T. Disueltos	mg/l	500	352	122,1	136,8	107,2	179,53
Conductividad	µS/cm		250	255	285	226	254
Hierro	mg/l	0.3	1,30	1,23	1,90	1,20	1,41
Manganeso	mg/l	0.4	0,138	0,212	0,31	0,230	0,20
Amoniaco	mg/l	1.0	0,46	0,35	0,18	0,17	0,29
Nitratos	mg/l	50	6,0	3,2	2,7	2	3,48
Nitritos	mg/l	0.02	0,018	0,015	0,02	0,011	0,016
Alcalinidad	mg/l	250-300	68	65	70	60	65,75
Sulfatos	mg/l	250	19	8	8	6	10,25
Flúor	mg/l	1.5	1,26	1,50	1,73	1,5	1,49
Fosfatos	mg/l	0,3	-	0,23	0,20	0,19	0,21
Dureza	mg/l	300	100	72	56	54	70,5
Cloro Residual	mg/l	0.3 – 1.5	0	0	0	0	0
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Ausencia	93	9	57	21	45
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Ausencia	55	9	83	4	38

Fuente: Datos Obtenidos del Laboratorio de Aguas del GAD-Municipal del Cantón Guano y Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.

2.4.3 Parámetro fuera de los límites permisibles

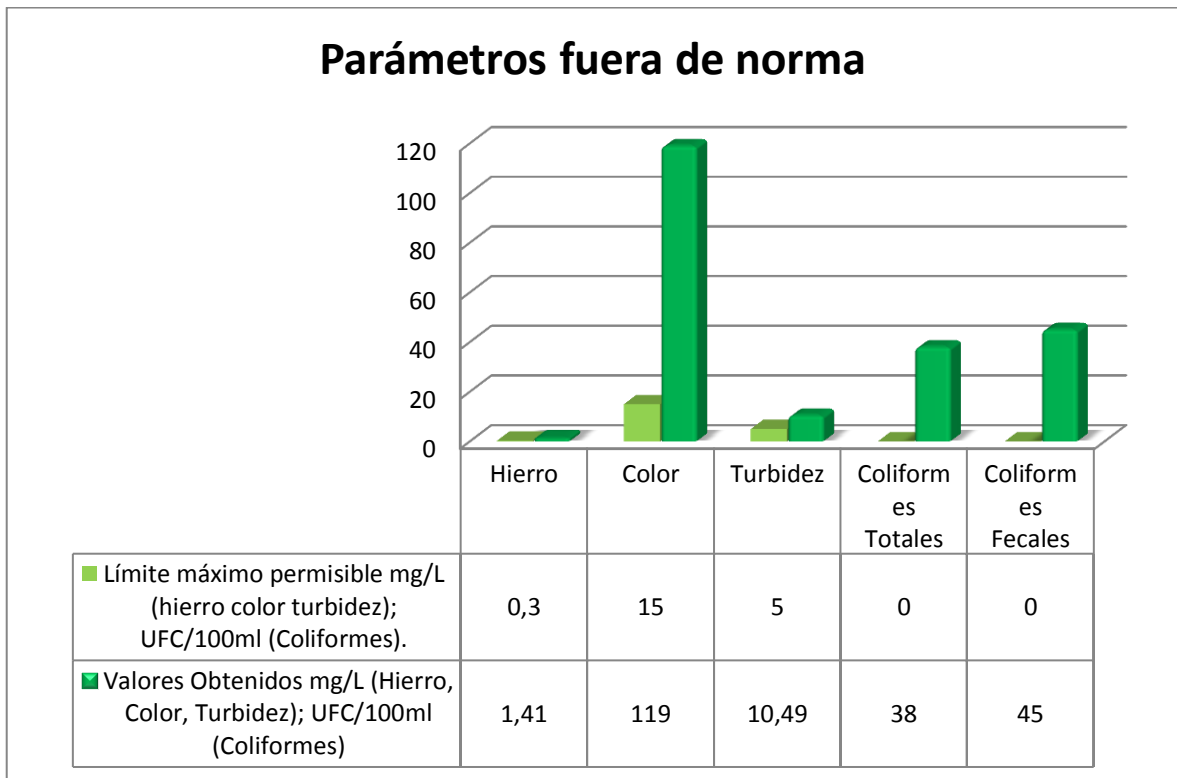
Los resultados de todas las semanas de muestreo, analizadas conjuntamente con la NTE INEN 1 108:2011 cuarta revisión apuntaron hacia un mismo problema, detectándose que los parámetros de calidad del agua que se hallan fuera de norma son: el hierro, el color, la turbidez, Coliformes Fecales y Coliformes totales como se muestra a continuación.

Tabla 5-2 Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos fuera de norma

Caracterización	Unidad	Valor permisible	Resultado
Hierro	mg/L	0.3	1,41
Color	Unit (Pt-Co)	15	119
Turbidez	NTU	5	10,49
Coliformes Fecales	UFC/100ml	Ausencia	45
Coliformes Totales	UFC/100ml	Ausencia	38

Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

Gráfico 2-2 Parámetro Físico-Químicos y Microbiológicos fuera de norma



Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

2.5 Pruebas de tratabilidad

Una vez que se determinó los parámetros fuera del límite permisible de acuerdo a la NTE INEN 1 108:2011 cuarta revisión (hierro, color, turbidez, Coliformes Totales y Coliformes Fecales), se procedió a buscar el tratamiento adecuado para su remoción.

Debido a que los resultados de los muestreos no identificaron gran variación en los resultados y tomando en cuenta que el agua no posee ningún tipo de tratamiento, el tratamiento fue aplicado únicamente para el agua de captación.

Para el tratamiento se empleó el Test de Jarras utilizando Policloruro de Aluminio en varias concentraciones para la remoción del hierro, color y turbidez, posteriormente se simuló un sistema de filtración con grava y arena para retener los floculos formados.

2.5.1 Prueba de Jarras

La prueba de jarras es una simulación de los procesos de coagulación y floculación. Para iniciar los ensayos se realizó un análisis de todos los parámetros Físico-Químicos y Bacteriológicos del agua cruda, valores que fueron tomados como referencia.

Posteriormente se utilizaron 9 vasos de precipitación de 1000 ml con agua cruda y se les añadió concentraciones progresivas de PAC utilizando jeringas hipodérmicas, tomando en cuenta que la adición de coagulantes se realice dentro del seno del líquido y no sobre la superficie. Durante la adición del coagulante las paletas de los agitadores del Test de Jarras giraban a una velocidad de 200 rpm para asegurar una buena incorporación del coagulante en todo el líquido. Se dejó girar las paletas hasta la formación del floc y se suspendió la agitación para dejar sedimentar los floculos formados.

Posteriormente se filtró las muestras de agua utilizando una botella en forma de embudo con arena y grava para retener los floculos generados durante el tratamiento.

Finalmente se desinfectó las muestras y se realizaron análisis Físico-Químicos y Bacteriológicos a todas las muestras de agua tratada para determinar cuál de ellas favoreció a la remoción de los elementos que se hallaban fuera de norma.

Los ensayos realizados en el Test Jarras se muestran en la tabla 2.7, donde a excepción del ensayo tres todas las muestras fueron tratadas únicamente con PAC en distintas concentraciones. El ensayo tres se caracterizó por tener una per cloración antes de añadir el coagulante, esta adición ayudo a la remoción total del hierro sin embargo se produjo un aumento significativo de los Nitritos, considerándose que el hipoclorito de calcio es favorable al final del tratamiento y que las concentraciones óptimas de Policloruro de Aluminio para eliminar los componentes en exceso es del 2 % y 1% para épocas de invierno y verano respectivamente.

Además un litro de agua requiere 12 ml de solución de Policloruro de Aluminio para la remoción de hierro, turbidez y color en épocas de invierno y 9 ml para verano.

Los parámetros de operación con los que se realizaron las pruebas se muestran a continuación.

Tabla 6-2 Parámetros de operación para la Prueba de Jarras

N° Ensayo	Parámetro Operacional			
	Velocidad de agitación en la mezcla rápida	Tiempo de mezcla rápida	Tiempo de sedimentación	Concentración del coagulante
1	200 rpm	3min	3min	1%
2	200 rpm	2min	2min	2%
3	200 rpm	2min	2min	2%
4	200 rpm	3min	3min	3%
5	200 rpm	3min	3min	4%
6	200 rpm	2min	2min	5%
7	200 rpm	4min	4min	6%
8	200 rpm	1min	2min	7%
9	200 rpm	1min	2min	8%

Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

Tabla 7-2 Ensayos del test de Jarras

Nº de Ensayo	Volumen del Agua (ml)	Concentración PAC (%)	Dosis PAC (ml)	Ca(ClO) ₂ 1.5 % (ml)	Hierro agua cruda (mg/ml)	Hierro agua tratada (mg/ml)	Turbidez agua cruda (NTU)	Turbidez agua tratada (NTU)	Color agua cruda (Pt-Co)	Color agua tratada (Pt-Co)
Época de Invierno										
1	1000	1	12	-	1,44	0,32	12,4	0,36	87	14,5
2	1000	2	12	-		0,06		0,34		12
3	1000	2	12	3		0		-		-
4	1000	3	4	-		0,07		0,79		25
5	1000	3	4	-		0,09		1,78		28
6	1000	4	4	-		0,13		1,96		29
7	1000	5	5	-		0,17		1,21		27
8	1000	6	6	-		0,33		1,70		26
9	1000	7	8	-		0,32		2,84		21
Época de Verano										
1	1000	1	9	-		0,04		0,32		10
2	1000	2	9	-		0,055		0,30		12

Fuente: TENESACA, Jacqueline M.

CAPITULO III

3. DISEÑO

3.1 Cálculos

3.1.1 Caudal de diseño

3.1.1.1 Población diseño

El número de habitantes se obtuvo a través del presidente y directivos de junta de la comunidad. La tasa de crecimiento poblacional ha sido extraída del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), donde menciona que la parroquia Ilapo perteneciente a la Provincia de Chimborazo, cantón Guano tiene un índice de crecimiento poblacional del 0.33%. Valor que será tomado en cuenta en nuestro sistema ya que la Comunidad Pusniag San Patricio pertenece a la parroquia Ilapo. El periodo de diseño es de 20 años valor recomendado por La Norma de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Eliminación de Residuos Líquidos en poblaciones menos de 1000 habitantes CPE INEN 5. La población diseño se calcula mediante la ecuación 1.1

$$Pf = Pa \times (1 + r)^n$$

Dónde:

Pa: 593 hab.

r : 0,33 %

n: 20

$$Pf = 593 \times (1 + 0,0033)^{20}$$

$$Pf = 633 \text{ hab.}$$

3.1.1.2 Nivel de complejidad del sistema

De acuerdo con la tabla 5-1 y conociendo que la población futura dentro de 20 años es de 633 hab., el nivel de complejidad para nuestro proyecto es bajo.

3.1.1.3 Dotación Neta

De acuerdo con la tabla 6-1 y conociendo que el nivel de complejidad de diseño es bajo, la Dotación Neta mínima a utilizar es de 100 L/ hab * día.

3.1.1.4 Dotación Bruta

Las pérdidas técnicas se obtienen de la tabla 7-1 para un nivel de complejidad bajo, mientras que la Dotación Bruta se calcula mediante la ecuación 2.1

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \text{pérdidas técnicas}}$$

Dotación Neta: 100 L/ (hab * día)

Pérdidas técnicas: 40%

$$\text{Dotación bruta} = \frac{100}{1 - 0,40}$$

$$\text{Dotación bruta} = 166.67 \frac{\text{L}}{\text{hab} \times \text{día}}$$

$$\text{Dotación bruta} = 1,93 \times 10^{-3} \frac{\text{L}}{\text{hab} \times \text{s}}$$

3.1.1.5 Caudal Medio Diario

El caudal medio diario se calcula mediante la ecuación 3.1.

$$Q_{md} = P_f * \text{Dotación bruta}$$

$$Q_{md} = 633 \times 166,67$$

$$Q_{md} = 105502,11 \frac{L}{día}$$

$$Q_{md} = 1,22 \frac{L}{s}$$

3.1.1.6 Caudal Máximo Diario (Q_{Md})

El caudal máximo diario es el caudal de diseño para la planta de tratamiento y se calcula mediante la ecuación 4.1. El coeficiente de consumo máximo diario (K_1), está en función del nivel de complejidad del sistema y se lo obtiene de la tabla 8-1.

$$Q_{Md} = \frac{K_1 \times Q_{md}}{86400}$$

$$Q_{Md} = \frac{1,3 \times 105502,11}{86400}$$

$$Q_{Md} = 1,59 \frac{L}{s}$$

3.1.2 Aireador de bandejas

El aireador de bandejas será construido de concreto para un caudal de 1.59 L/s, el mismo que ayudará a la remoción del hierro por oxidación de las formas solubles de hierro al ponerse en contacto con el oxígeno del aire.

3.1.2.1 Área total del aireador

El área total del Aireador se calcula mediante la ecuación 5.1, la carga hidráulica se obtiene en base al criterio RAS 2000 de la tabla 9-1.

$$A_T = \frac{Q}{CH}$$

Dónde:

Q: $0,00159 \text{ m}^3/\text{s} = 137,38 \text{ m}^3/\text{d}$

CH: $50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

$$A_T = \frac{137,38}{50}$$

$$A_T = 2,75 \text{ m}^2 \approx 3 \text{ m}^2$$

3.1.2.2 Altura total de la torre

La altura total de la torre para la remoción de hierro con una eficiencia de 90% es de 2 – 2,5.

$$H_{\text{torre}} = 2 \text{ m}$$

3.1.2.3 Número de Bandejas

El número de bandejas se calcula con la ecuación 6.1, para un tiempo de contacto t: 1 s, la separación entre cada bandeja (h) se toma del criterio RAS 2000 de la tabla 9-1.

$$n = t \times \sqrt{\frac{g}{2 \times h}}$$

t: 1 s

h: 0,75 m

$$n = 1 \times \sqrt{\frac{9,8}{2 \times 0,75}}$$

$$n = 2,5 \approx 3 \text{ bandejas}$$

3.1.2.4 Dimensionamiento de cada bandeja

Las bandejas de la torre de aireación tendrán las siguientes características:

Área de cada bandeja:

El área de cada bandeja se calcula mediante la ecuación 7.1.

$$A_b = \frac{A_t}{n}$$

$$A_t: 3\text{m}^2$$

$$n: 3$$

$$A_b = \frac{3}{3}$$

$$A_b = 1 \text{ m}^2$$

Longitud de las bandejas

La longitud de las bandejas se calcula mediante la ecuación 8.1.

$$l = \sqrt{A_b}$$

$$l = \sqrt{1}$$

$$l = 1\text{m}$$

Área de los orificios de las bandejas

El área de los orificios se calcula mediante la ecuación 9.1, el diámetro de las perforaciones (d) se toma del criterio Insfopal- Awwa de la tabla 9-1.

$$A_{\text{orificio}} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d: \frac{1}{4} \text{ pulg} = 0,00635\text{m}$$

$$A_{\text{orificio}} = \frac{\pi \times 0,00635^2}{4}$$

$$A_{\text{orificio}} = 3,17 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{orificio}} = 0,317 \text{ cm}^2$$

3.1.2.5 Caudal sobre cada bandeja

El caudal sobre cada bandeja se calcula a través de la ecuación 10.1, la lámina de agua sobre las bandejas ($H_{\text{lámina}}$) se toma del criterio RAS 2000 de la tabla 9-1.

$$Q_{\text{bandejas}} = l \times A_{\text{orificio}} \times \sqrt{2 \times g \times H_{\text{lámina}}}$$

$H_{\text{lámina}}$: 0,15m

$$Q_{\text{bandejas}} = l \times (3,17 \times 10^{-5}) \times \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,15}$$

$$Q_{\text{bandejas}} = 5,44 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{bandejas}} = 0,05 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

3.1.2.6 Número de perforaciones en cada bandeja

El número de perforaciones para cada bandeja se calcula mediante la ecuación 11.1

$$N_p = \frac{Q}{Q_{\text{bandejas}}}$$

$$N_p = \frac{1,59}{0,05}$$

$$N_p = 32 \text{ perforaciones}$$

Las perforaciones estarán repartidas así: 6 filas de 6 oricios para dar un total de 36 perforaciones.

3.1.3 Coagulación

3.1.3.1 Dosificación del coagulante

El Policloruro de aluminio se regulará con una bomba dosificadora por vía húmeda, para tratar un caudal de 1,59L/s.

- Dosis Óptima Del Coagulante Según La Prueba De Jarras

A través del ensayo del Test de Jarras se determinó que para épocas de invierno se requiere una solución de Policloruro de Aluminio al 2% (v/v), aplicando 12 ml de la solución para eliminar el exceso de hierro, color y turbidez presentes en el agua, para épocas de verano se requiere de una solución de PAC al 1% (v/v) aplicando 9ml de la solución.

$$2 \text{ ml} \rightarrow 100 \text{ ml de solución}$$

$$x \rightarrow 12 \text{ ml de solución}$$

$$x = 0,24 \text{ ml de PAC}$$

Es decir que existe 0,24 ml de PAC puro en 12ml de solución, que equivale a decir solución concentrada al 2%, para épocas de invierno.

Para épocas de verano hay 0,09ml de PAC puro en 9ml de solución.

De esta manera la cantidad para tratar nuestra planta de tratamiento es:

$$Q: 1,59\text{L/s} = 137376 \text{ L/d}$$

$$0,24\text{ml} \rightarrow 1\text{L de Agua}$$

$$x \rightarrow 137376 \text{ L de Agua}$$

$$x = 32970,24 \text{ ml de PAC al dia}$$

$$x = 32,97 \text{ L de PAC al dia}$$

Para épocas de invierno se requieren de 32,97 L de PAC al día.

Para épocas de verano se requieren de 12,36 L de PAC al día.

- Caudal óptimo del coagulante para la planta de tratamiento

El caudal óptimo del coagulante para la planta de tratamiento se calcula con la ecuación 1.12

$$Q_D = \frac{\text{Dosis}}{\text{Solucion}} \times Q$$

$$Q_D = \frac{0,24}{1} \times 1,59$$

$$Q_D = 0,38 \frac{\text{ml}}{\text{s}} = 22,90 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \text{ Para Invierno}$$

$$Q_D = 0,14 \frac{\text{ml}}{\text{s}} = 8,59 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \text{ Para Verano}$$

- Consumo en peso de PAC al día

$$\delta_{\text{PAC}} = 1,25 \text{ Kg/L}$$

$$1,25 \text{ Kg} \rightarrow 1\text{L}$$

$$x \rightarrow 32,97 \text{ L}$$

$$x = 41,21 \text{ Kg de PAC para el invierno}$$

$$x = 18,54 \text{ Kg de PAC para el verano}$$

3.1.3.2 Vertedero rectangular (Mezcla rápida)

El caudal que recibirá el vertedero rectangular es de 1.59 L/s y será construido de hormigón. El objetivo del diseño del vertedero es la inyección de coagulantes durante el salto hidráulico favoreciendo la mezcla rápida y homogenización del mismo.

3.1.3.2.1 Canal del vertedero

El canal del vertedero se evalúa con la ecuación 13.1. Según la Norma técnica CETESB L4.120 la cual contiene criterios y procedimiento aplicables al uso de vertederos de paredes delgadas, la carga hidráulica mínima para vertederos rectangulares es de 0,03 m a fin de asegurar un flujo libre y constante.

$$C_v = f_s \times H$$

f_s : 10%

$$C_v = 1.10 \times 0,03$$

$$C_v = 0,033 \text{ m}$$

Se asumirá un canal de 1m con la finalidad de que el agua tenga una buena caída y genere una mayor turbulencia para la aplicación de coagulantes.

3.1.3.2.2 Ancho del Vertedero

El ancho del vertedero se evalúa con la ecuación 14.1.

$$B = \frac{Q}{1,84(H)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \frac{0,00159}{1,84(0,03)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = 0,17\text{m}$$

3.1.3.2.3 Caudal por unidad de ancho

El caudal por unidad de ancho se calcula a partir de la ecuación 15.1.

$$q = \frac{Q}{B}$$

$$q = \frac{0,00159}{0,17}$$

$$q = 0,0094 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

3.1.3.2.4 Profundidad Crítica del flujo

La profundidad crítica se calcula mediante la ecuación 16.1

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = \left(\frac{0,0094^2}{9,8} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = 0,021 \text{ m}$$

3.1.3.2.5 Longitud de salto

La longitud de salto se calcula mediante la ecuación 17.1. La Norma técnica CETESB L4.120 de criterios y procedimiento aplicables al uso de vertederos de paredes delgadas, recomienda que la altura de la pared (P) estén imitados a valores superiores a 10m, por tal motivo con la finalidad de obtener un resalto estable y una mezcla rápida eficiente se asume que la altura de la pared del vertedero será de P= 0,20m, dicho valor será aceptado al momento de calcular el número de Froude el mismo que debe estar entre 4,5 y 9.

$$L_m = 4,3P^{0.1} h_c^{0.9}$$

$$L_m = 4,3(0,20)^{0,1} (0,021)^{0,9}$$

$$L_m = 0,11 \text{ m}$$

3.1.3.2.6 Profundidad Supercrítica

La profundidad supercrítica se calcula mediante la ecuación 18.1.

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{P}{h_c} + 1,5}} h_c$$

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{0,20}{0,021} + 1,5}} 0,021$$

$$h_1 = 0,0068 \text{ m}$$

3.1.3.2.7 Velocidad del agua en el salto

La velocidad del agua en el salto se evalúa con la ecuación 19.1.

$$v_1 = \frac{q}{h_1}$$

$$v_1 = \frac{0,0094}{0,0068}$$

$$v_1 = 1,38 \frac{m}{s}$$

3.1.3.2.8 Número de Froude

El número de Froude se calcula a partir de la ecuación 20.1.

$$F = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$$

$$F = \frac{1,38}{\sqrt{9,8 \times 0,0068}}$$

$$F = 5,34$$

El número de Froude se encuentra dentro de los parámetros establecidos de 4,5 – 9 por lo que si va a existir una mezcla eficiente y un resalto estable.

3.1.3.2.9 Profundidad Subcrítica

La profundidad Subcrítica se calcula a partir de la ecuación 21.1

$$h_2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F^2} - 1 \right) h_1$$

$$h_2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8(5,34)^2} - 1 \right) 0,0068$$

$$h_2 = 0,048 \text{ m}$$

3.1.3.2.10 Velocidad del agua en el resalto

Éste parámetro se calcula con la ecuación 22.1.

$$v_2 = \frac{q}{h_2}$$

$$v_2 = \frac{0,0094}{0,048}$$

$$v_2 = 0,20 \frac{m}{s}$$

3.1.3.2.11 Pérdida de energía en el resalto

La energía perdida durante el resalto se calcula mediante la ecuación 23.1.

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$$

$$h_p = \frac{(0,048 - 0,0068)^3}{4(0,0068)(0,048)}$$

$$h_p = 0,054 \text{ m}$$

3.1.3.2.12 Longitud de resalto

Se calcula a partir de la ecuación 24.1.

$$L_j = 6(h_2 - h_1)$$

$$L_j = 6(0,048 - 0,0068)$$

$$L_j = 0,25 \text{ m}$$

3.1.3.2.13 Velocidad media en el resalto

La velocidad media en el resalto se calcula a partir de la ecuación 25.1.

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$v_m = \frac{1,38 + 0,20}{2}$$

$$v_m = 0,79 \frac{m}{s}$$

3.1.3.2.14 Tiempo de Mezcla

El tiempo de mezcla se calcula a partir de la ecuación 26.1.

$$t = \frac{L_J}{v_m}$$

$$t = \frac{0,25}{0,79}$$

$$t = 0,32 \text{ s}$$

3.1.3.2.15 Gradiente de Velocidad

El gradiente de velocidad se calcula a partir de la ecuación 27.1. La viscosidad dinámica y peso específico del agua a una temperatura de 17°C se observa en la tabla 10-1.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h p}{\mu t}}$$

γ : 9795 N

μ : $1,081 \times 10^{-3}$

$$G = \sqrt{\frac{9795(0,054)}{(1,081 \times 10^{-3})0,32}}$$

$$G = 1236,55 \text{ s}^{-1}$$

El gradiente de velocidad es correcto ya que se encuentra dentro de los parámetros establecidos de 700 a 1300 s⁻¹.

3.1.4 Floculador hidráulico de flujo horizontal

Para una mayor eficiencia en la floculación el paso del mezclador al floculador debe ser instantáneo, evitando canales e interconexiones largas. El floculador de flujo horizontal será de hormigón y diseñado para un caudal de 1.59 L/s.

3.1.4.1 Distancia Total recorrida por el agua

La distancia total recorrida por el agua se calcula a partir de la ecuación 28.1. la velocidad con la que sale el agua del vertedero rectangular (v : 0,20m/s) es la velocidad de Flujo (v) mientras que el tiempo de mezcla se obtiene de la tabla 11-1 Parámetros de diseño para floculadores hidráulicos tomando en cuenta el criterio RAS 2000.

$$L = v \times t$$

v : 0,2 m/s

t : 20min = 1200s

$$L = 0,20 \times 1200$$

$$L = 240 \text{ m}$$

3.1.4.2 Volumen del Agua

El volumen de agua se calcula con la ecuación 29.1.

$$V = Q \times t$$

$$V = 0,00159 \times 1200$$

$$V = 1,91 \text{ m}^3$$

3.1.4.3 Sección Transversal de los canales

La sección transversal se calcula a partir de la ecuación 30.1.

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

$$A = \frac{0,00159}{0,20}$$

$$A = 0,008 \text{ m}^2$$

3.1.4.4 Profundidad del agua

La profundidad del agua se calcula a partir de la ecuación 31.1.

La separación de tabiques (a) será de 0,13 m por mantenimiento.

$$d = \frac{A}{a}$$

$$d = \frac{0,008}{0,13}$$

$$d = 0,06 \text{ m}$$

Se adoptará una profundidad mínima del agua de 0,90 m (valor recomendado según Insfopal).

3.1.4.5 Espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque.

La distancia entre los tabiques y la pared del tanque se calcula con la ecuación 32.1.

$$e = 1,5a$$

$$e = 1,5(0,13)$$

$$e = 0,2 \text{ m}$$

3.1.4.6 Longitud efectiva de cada canal

Se calcula con la ecuación 33.1.

El ancho del floculador será de $B_F = 4 \text{ m}$

$$l = B_F - e$$

$$l = 4 - 0,2$$

$$l = 3,8 \text{ m}$$

3.1.4.7 Número requerido de Canales

El número de canales requeridos se calcula mediante la ecuación 34.1

$$N = \frac{L}{l}$$

$$N = \frac{240}{3.8}$$

$$N = 63 \text{ canales (62 tabiques)}$$

3.1.4.8 Longitud total de la cámara de floculación

Este parámetro se calcula con la ecuación 35.1.

El espesor recomendado para tabiques de hormigón plano es de 0,03m

$$L_T = N a + (N - 1) b$$

$$L_T = 63 (0,13) + (63 - 1) 0,03$$

$$L_T = 10,05 \text{ m}$$

3.1.4.9 Radio Hidráulico

El radio hidráulico se calcula con la ecuación 36.1

$$R = \frac{A}{2d + a}$$

$$R = \frac{A}{2d + a}$$

$$R = \frac{0,008}{2(0,06) + 0,13}$$

$$R = 0,032 \text{ m}$$

3.1.4.10 Pérdida por fricción en el tanque

El coeficiente de Manning se toma de la tabla 12-1 para concreto simple. La pérdida por fricción en el tanque se calcula con la ecuación 37.1.

$$h_f = \frac{(vn)^2}{R^{4/3}} L$$

n: 0,013

$$h_f = \frac{(0,20 \times 0,013)^2}{(0,032)^{4/3}} (240)$$

$$h_f = 0,16 \text{ m}$$

3.1.4.11 Pérdidas Adicionales

Las pérdidas adicionales se calculan con la ecuación 38.1.

$$h_a = K(N - 1) \frac{v^2}{2g}$$

$$h_a = 2(63 - 1) \frac{(0,20)^2}{2(9,8)}$$

$$h_a = 0,25 \text{ m}$$

3.1.4.12 Pérdida de energía total

La pérdida de la energía total se calcula con la ecuación 39.1.

$$h_T = h_f + h_a$$

$$h_T = 0,16 + 0,25$$

$$h_T = 0,41 \text{ m}$$

Para que el gradiente de velocidad permanezca constante en toda su trayectoria, es necesario que el fondo del floculador tenga una pendiente igual a la pérdida de energía total calculada. Por tanto el fondo del floculador tendrá una inclinación de 0,41m

3.1.4.13 Gradiente de Velocidad

El gradiente de velocidad se evalúa con la ecuación 40.1. La viscosidad dinámica y el peso específico del agua se toman de la tabla 10-1 a 17 °C.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h_T}{\mu t}}$$

$$G = \sqrt{\frac{9795 (0,41)}{(1,081 \times 10^{-3})(1200)}}$$

$$G = 55,64 \text{ s}^{-1}$$

3.1.4.14 Número Adimensional de Camp

El número adimensional de Camp se calcula con la ecuación 41.1

$$G_t = G \times t$$

$$G_t = 55.64 \times 1200$$

$$G_t = 66768$$

3.1.5 Sedimentador Laminar

Se diseñará un sedimentador laminar de hormigón para un caudal de 1.59 L/s con placas de asbesto-cemento prefabricadas en su interior.

3.1.5.1 Carga Superficial después de instalar las placas

La carga superficial se calcula con la ecuación 42.1. La longitud de las placas (l_p) y el tiempo de retención (t_{rp}) se toman de las tablas 13-1 y 14-1 Respectivamente.

$$v_{so} = \frac{l_p}{t_{rp}}$$

l_p : 1,20m

t_{rp} : 20 min

$$v_{so} = \frac{1,20}{20}$$

$$v_{so} = 0,06 \frac{m}{min}$$

$$v_{so} = 0,001 \frac{m}{s}$$

$$v_{so} = 86,4 \frac{m}{d}$$

3.1.5.2 Area de sedimentación Acelerada

El área de sedimentación acelerada se calcula con la ecuación 43.1. El ángulo de inclinación se toma de la tabla 14-1

$$A_s = \frac{Q}{v_{so} \text{sen}\theta}$$

θ : 60°

$$A_s = \frac{137,38}{86,4 \times \text{sen}60}$$

$$A_s = 1,84 \text{ m}^2$$

3.1.5.3 Longitud del área de sedimentación acelerada

Este parámetro se calcula con la ecuación 44.1. Tomando en cuenta que el ancho efectivo del sedimentador es de 1,50 m.

$$L_s = \frac{A_s}{B_s}$$

Bs: 1,50 m

$$L_s = \frac{1,84}{1,50}$$

$$L_s = 1,23 \text{ m}$$

3.1.5.4 Longitud relativa del sedimentador

Este parámetro se calcula con la ecuación 45.1. La distancia entre placas e_p se toma de la tabla 14-1.

$$L_r = \frac{l_p}{e_p}$$

$e_p = 5\text{cm}$

$$L_r = \frac{1,20}{0,05}$$

$$L_r = 24$$

3.1.5.5 Longitud relativa en la región de transición

La longitud relativa se calcula con la ecuación 46.1. La viscosidad cinemática del agua se obtiene de la tabla 15-1 a una temperatura de 17 °C

$$L' = 0,013 \frac{v_{so} * e_p}{\nu}$$

$$\nu = 1,082 * 10^{-6}$$

$$L' = 0,013 \frac{0,001 \times 0,05}{1,082 \times 10^{-6}}$$

$$L' = 0,60$$

3.1.5.6 Longitud relativa corregida

Conociendo que $L' \leq \frac{L_r}{2}$ la longitud relativa se calcula con la ecuación 48.1.

$$L_c = L_r - L'$$

$$L_c = 24 - 0,60$$

$$L_c = 23,4$$

3.1.5.7 Velocidad crítica de sedimentación

La velocidad crítica de sedimentación se calcula con la ecuación 49.1. La constante para cada tipo de modulo Sc se obtiene de tabla 16-1 aplicada a placas planas paralelas.

$$v_{sc} = \frac{S_c * v_{so}}{\text{sen}\theta + L_r \text{cos}\theta}$$

$Sc: 1$

$$v_{sc} = \frac{1 \times 86,4}{\text{sen}60 + 24 \text{cos}60}$$

$$v_{sc} = 6,72 \frac{m}{d}$$

3.1.5.8 Número de Reynolds

El número de Reynolds se calcula con la ecuación 50.1.

$$N_{Re} = \frac{v_{so} \times e_p}{\nu}$$

$$N_{Re} = \frac{0,001 \times 0,05}{1,082 \times 10^{-6}}$$

$$N_{Re} = 46,21$$

El diseño del sedimentador es correcto ya que el flujo es laminar y el número de Reynolds se encuentra dentro de los parámetros establecidos por Montgomery ($N_{Re} < 200$) mencionados en la tabla 14-1.

3.1.5.9 Volumen del sedimentador

El Volumen del sedimentador se calcula con la ecuación 51.1. La altura del sedimentador (Z_s) se toma de la tabla 14-1.

$$V_{Ts} = L_s * B_s * Z_s$$

Z_s : 3m

$$V_{Ts} = 1,23 \times 1,50 \times 3$$

$$V_{Ts} = 5,54 \text{ m}^3$$

3.1.5.10 Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

El tiempo de retención se calcula con la ecuación 52.1.

$$t_{rs} = \frac{V_{Ts}}{Q}$$

$$t_{rs} = \frac{5,52}{0,00159}$$

$$t_{rs} = 3471,7 \text{ s}$$

$$t_{rs} = 57,86 \text{ min}$$

3.1.5.11 Número de placas

El número de las placas se calcula mediante la ecuación 53.1. El espesor de las placas b_p se toma de la tabla 13-1

$$N_p = \frac{(L_s - l_p \cos \theta) \operatorname{sen} \theta + e_p}{e_p + b_p}$$

b_p : 0,01 m

$$N_p = \frac{(1,23 - 1,20 \cos 60) \operatorname{sen} 60 + 0,05}{0,05 + 0,01}$$

$$N_p = 10 \text{ placas}$$

3.1.6 Filtro Rápido de Arena y Grava

El filtro rápido de arena y grava recibirá un caudal de 1.59 L/s y será de hormigón.

3.1.6.1 Número de filtros

El número de filtros se calcula a partir de la ecuación 54.1.

$$n_f = 0,044 \sqrt{Q}$$

$$n_f = 0,044 \sqrt{137,38}$$

$$n_f = 0,52 \approx 1 \text{ filtro}$$

3.1.6.2 Área del filtro

El área del filtro se calcula con la ecuación 55.1. La tasa de filtración se obtiene de la tabla 17-1.

$$A_f = \frac{Q}{\text{tasa de filtración}}$$

Tasa de filtración: 120 m/d

$$A_f = \frac{137,38}{120}$$

$$A_f = 1,14 \text{ m}^2$$

3.1.6.3 Coeficiente de mínimo costo

El coeficiente de mínimo costo se calcula a partir de la ecuación 56.1.

$$K_c = \frac{2n_f}{n_f + 1}$$

$$K_c = \frac{2(1)}{1 + 1}$$

$$K_c = 1$$

3.1.6.4 Longitud del filtro

La longitud del filtro se calcula con la ecuación 57.1.

$$L_f = \sqrt{A_f \times K_c}$$

$$L_f = \sqrt{1,14 \times 1}$$

$$L_f = 1,07 \text{ m}$$

3.1.6.5 Ancho del filtro

Este parámetro se evalúa con la ecuación 58.1.

$$a_f = \sqrt{\frac{A_f}{K_c}}$$

$$a_f = \sqrt{\frac{1,14}{1}}$$

$$a_f = 1,07 \text{ m}$$

3.1.6.6 Composición del lecho filtrante

Con relación a la tabla 17-1 Parámetros de diseño de filtros rápidos de arena, El medio de filtración estará constituido de arena y grava, con una composición del lecho filtrante de arena $L_a = 0,60 \text{ m}$, a un tamaño efectivo de $0,5 \text{ mm}$ y coeficiente de uniformidad de $1,5$; mientras que la altura de la capa de soporte de la grava será $C_s = 0,30 \text{ m}$. Y finalmente la altura del agua sobre el lecho $C_a = 1,5 \text{ m}$.

3.1.6.7 Altura del filtro

La altura del filtro se calcula a partir de la ecuación 59.1. Para el cálculo de la altura del filtro se establece factor de seguridad $f_s = 10\%$ y la altura del drenaje se obtiene de la tabla 17-1.

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + Fc)$$

$$Fc = 0,15$$

$$Z_f = 1,10(1,5 + 0,60 + 0,30 + 0,15)$$

$$Z_f = 2,81 \text{ m}$$

3.1.6.8 Sistema de Drenaje

3.1.6.8.1 Área de los orificios laterales

Este parámetro se evalúa con la ecuación 60.1. El diámetro del orificio de toma de la tabla 18-1 Parámetro de diseño de laterales.

$$A_o = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

$$D_o = 6,5 \text{ mm}$$

$$A_o = \frac{3,1415 (0,0065)^2}{4}$$

$$A_o = 0,000033 \text{ m}^2$$

3.1.6.8.2 Caudal que ingresa a cada orificio

Éste parámetro se evalúa con la ecuación 61.1. La velocidad de orificio v_o se obtiene de la tabla 18-1 Parámetro de diseño de laterales.

$$Q_o = A_o v_o$$

$$v_o = 3 \text{ m/s}$$

$$Q_o = 0,000033 \times 3$$

$$Q_o = 9,9 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.1.6.8.3 Número de laterales

El número de laterales se calcula con la ecuación 62.1. La separación entre laterales e_L se obtiene de la tabla 18-1 Parámetro de diseño de laterales.

$$N_L = n_L \frac{L_f}{e_L}$$

$$e_L = 1,2 \text{ m}$$

$$N_L = 2 \frac{1,07}{1,2}$$

$$N_L = 1,78 \approx 2 \text{ laterales}$$

3.1.6.9 Diámetro de la tubería de entrada al filtro

El diámetro de la tubería de entrada al filtro se calcula con la ecuación 63.1. La velocidad del agua que ingresa por la tubería v_e se encuentra en la tabla 19-1. Velocidades de Diseño para tuberías del filtro.

$$D_T = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_e}}$$

$$v_e = 6 \text{ m/s}$$

$$D_T = \sqrt{\frac{4 \times 0,00159}{3,1415 \times 6}}$$

$$D_T = 0,018 \text{ m} = 18 \text{ mm}$$

En el mercado no existen tuberías con diámetro de 18mm por lo que se tomará un diámetro de 20mm.

3.1.6.10 Diámetro de la tubería de salida del filtro

El diámetro de la tubería de salida del filtro se calcula con la ecuación 64.1. La velocidad del agua que sale de la tubería v_s se encuentra en la tabla 19-1.

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_s}}$$

$$v_s = 1,4 \text{ m/s}$$

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00159}{3,1415 \times 1,4}}$$

$$D_{Ts} = 0,038 \text{ m} = 38 \text{ mm}$$

En el mercado no existen tuberías con diámetro de 38 mm por lo que se tomará un diámetro de 40 mm.

3.1.6.11 Sistema de lavado del filtro

3.1.6.11.1 Velocidad óptima de lavado del filtro

Este parámetro se obtiene con la ecuación 65.1. El coeficiente de uniformidad y el tamaño efectivo de la arena se toman de la tabla 17-1.

$$v_l = D_{60} = CU \times TE$$

TE: 0,5 mm

CU: 1.5

$$v_l = 1,5 \times 0,5$$

$$v_l = 0,75 \frac{mm}{min}$$

3.1.6.11.2 Cantidad de agua para el lavado del filtro

La cantidad de agua para lavar el filtro se calcula con la ecuación 66.1

$$V_l = v_l A_f t_l$$

$t_l = 10$ min

$$V_l = 0,75 \times 1,14 \times 10$$

$$V_l = 8,55 m^3$$

3.1.7 Desinfección

La desinfección se realizará con hipoclorito de calcio directamente dentro del tanque de almacenamiento fabricado de hormigón para un caudal de 1,59L/s.

El hipoclorito de Sodio se dosificará con un hipoclorador que será construido sobre el tanque clorador, del hipoclorador se desprenderá una tubería con una válvula manual donde la solución agua cloro caerá al tanque clorador mediante goteo.

3.1.7.1 *Peso de cloro necesario*

Se calcula con la ecuación 69.1. La dosis de cloro D se toma de la tabla 20-1.

$$P_{Cl} = D \times Q$$

$$P_{Cl} = 1,59 \times 4$$

D: 4 onzas

$$P_{Cl} = 6,36 \text{ onzas al día}$$

1 onza=28,3g

$$P_{Cl} = 180 \text{ g de Hioclorito de Sodio}$$

$$P_{Cl} = 0,18 \text{ kg de Hioclorito de Sodio}$$

3.1.7.2 *Volumen Del Hipoclorador*

El volumen del hipoclorador se calcula a partir de la ecuación 68.1.

$$V_H = \frac{P_{Cl}}{5 C}$$

$$V_H = \frac{0,18}{5 \times 5}$$

$$V_H = 0,0072 \text{ m}^3$$

$$V_H = 7,2 \text{ L}$$

3.1.7.3 *Tanque De Contacto Para La Mezcla De Cloro*

El tanque de contacto para la mezcla de cloro se calcula con la ecuación 69.1. Diseñado de hormigón y como tanque de almacenamiento para un caudal de 1.59 L/s.

El tiempo de contacto óptimo del cloro con el agua para eliminar microorganismos que afectan la salud del ser humano es de 30 min, El factor de seguridad será del 10%.

$$V_{Tc} = Q t f_s$$

t: 30min

f_s: 10%

$$V_{Tc} = 0,00159 \times 1800 \times 1,10$$

$$V_{Tc} = 3,15 \text{ m}^3$$

3.1.7.4 *Altura Del Tanque Para La Mezcla De Cloro*

Éste parámetro se calcula con la 701. El área del tanque se toma de la tabla 21-1 Parámetros de diseño para tanques considerando un área de base cuadrada.

$$H_{Tc} = \frac{V_{Tc}}{A_{Tc}}$$

A_{Tc}: 3 m²

$$H_{Tc} = \frac{3,15}{3}$$

$$H_{Tc} = 1,5 \text{ m}$$

3.2 Análisis Económico

3.2.1 Presupuesto General

La siguiente tabla muestra el costo total de las infraestructuras que constituirán la Planta de tratamiento para la comunidad de Pusniag San Patricio, el cual se remonta a un total de 27930,22 \$.

Tabla 1-3 Costo General de la Obra

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
OBRA CIVIL: AIREADOR DE BANDEJAS				
Limpieza manual del terreno	m ²	6,00	0,84	5.04
Replanteo manual para estructuras	m ²	3,00	0,83	2.49
Excavación a mano de estructuras menores	m ³	3,00	11,11	33,33
Relleno manual con material de sitio	m ³	3,00	4,31	12,93
Replanteo de hormigón fc=140 Kg/cm ²	m ³	1,5	157,19	232,78
Hormigón simple de fc= 210 Kg/cm ²	m ³	3,00	190,42	571,26
Enlucido interior + impermeabilizante	m ²	2.5	9,87	24,67
Encofrado y desencofrado	m ²	4,00	6.50	26
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm ²	Kg	120,00	2,83	339,6
Enlucido vertical- paleteo fino MORT 1:2		2,00	6,10	12,2
Válvula compuerta y volante bronce 1 1/4"	u	3,00	45,18	137,54
Codo 90º PVC - PR E/C D=50mm	u	3,00	1,20	3.6
Tubería PVC-S E/C 75 mm desagüe	m	1,50	4,08	6,12
OBRA CIVIL: VERTEDERO RECTANGULAR				
Hormigón simple de fc= 210 Kg/cm ²	m ³	3,5	190,42	666,47
Enlucido interior + impermeabilizante	m ²	3,00	9,87	29,61
Encofrado y desencofrado	m ²	1,5	6.50	9,75
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm ²	Kg	98,45	2,83	278,135
Bomba Dosificadora	-	-	-	1050,00
OBRA CIVIL: FLOCULADOR HIDRAULICO DE FLUJO HORIZONTAL				
Limpieza manual del terreno	m ²	80,2	0,84	67,36
Replanteo manual para estructuras	m ²	40,2	0,83	33,2
Excavación a mano de estructuras menores	m ³	26,66	11,11	296,26
Relleno manual con material de sitio	m ³	15,24	4,31	65,68
Replanteo de hormigón fc=140 Kg/cm ²	m ³	36,18	157,19	5687,13
Hormigón simple de fc= 210 Kg/cm ²	m ³	10,05	190,42	1913,721

Enlucido interior + impermeabilizante	m ²	28,00	9,87	276,36
Encofrado y desencofrado	m ²	20,00	6,50	130,00
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm ²	Kg	210,25	2,83	595,00
Enlucido vertical- paletado fino MORT 1:2	m ²	20,00	6,10	122,00
Tubería para Accesorios PVC - P E/C 40 mm	m	7,80	5,47	42,66
Adaptador PR E/C 1 1/4" a 32mm	u	2,00	6	12
Válvula compuerta y volante bronce 1 1/4"	u	2,00	45,18	90,36
Codo 90° PVC - PR E/C D=50mm	u	2,00	1,20	2,40
Tubería PVC-S E/C 75 mm desagüe	m	1,90	4,08	7,75
Codo PVC PR DE 63 mm x 90°	u	2,00	4,02	8.04
OBRA CIVIL: SEDIMENTADOR LAMINAR				
Limpieza manual del terreno	m ²	10,00	0,84	8,4
Replanteo manual para estructuras	m ²	4,00	0,83	3,32
Excavación a mano de estructuras menores	m ³	3,00	11,11	33,33
Relleno manual con material de sitio	m ³	2,5	4,31	10,78
Replanteo de hormigón fc=140 Kg/cm ²	m ³	5,54	157,19	870,83
Hormigón simple de fc= 210 Kg/cm ²	m ³	4,20	190,42	799,76
Enlucido interior + impermeabilizante	m ²	2.81	9,87	27,73
Encofrado y desencofrado	m ²	7,62	6.50	49.53
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm ²	Kg	112,79	2,83	319,19
Enlucido vertical- paletado fino MORT 1:2	m ²	5,00	6,10	30,5
Tubería para accesorios PVC - P E/C 40 mm	m	6,40	5,47	35
Adaptador PR E/C 1 1/4" a 32mm	u	2,00	6	12
Válvula compuerta y volante bronce 1 1/4"	u	2,00	45,18	90,36
Codo 90° PVC - PR E/C D=50mm	u	2,00	1,20	2,40
Tubería PVC-S E/C 75 mm DESAGUE	m	1,90	4,08	7,75
Codo PVC PR DE 63mm x 90°	u	2,00	4,02	8.04
Planchas de ferrocemento	u	15,00	43,31	649.65
FILTRO RÁPIDO DE ARENA Y GRAVA				
Limpieza manual del terreno	m ²	2,00	0,84	1,68
Replanteo manual para estructuras	m ²	2,00	0,83	1,66
Excavación a mano de estructuras menores	m ³	2,81	11.11	31,21
Empedrado base espesor=15cm	m ³	1,05	6,01	6,31
Hormigón simple de f'c=210 kg/cm ²	m ³	3,22	190,42	613,15
Encofrado / Desencofrado	m ²	3,40	6,50	22,1
Enlucido vertical-paletado fino MORT 1:2	m ²	1,90	6,10	11,59
Revestido interior + impermeabilizante	m ²	1,40	14,89	20,84
Arena	m ³	3,29	241,39	794,17
Grava	m ³	1,25	16,13	20,16
Válvula compuerta bronce 40 mm	u	1,00	93	93
Tubería para accesorios PVC - P E/C 40mm	m	1,50	1,64	2,46
Codo 90° PVC - PR E/C D=32mm	u	2,00	2,01	4,02
Válvula de compuerta y cuadro HF de 2"	u	1,00	119,25	119,25

TANQUE DE DESINFECCIÓN				
Replanteo de hormigón $f_c=140 \text{ Kg/cm}^2$	m^3	3,15	157,19	495,14
Hormigón simple de $f_c= 210 \text{ Kg/cm}^2$	m^3	1,60	190,42	304,672
Encofrado y desencofrado	m^2	3,20	6,50	20,08
Acero de refuerzo $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$	Kg	112,79	2,83	319,19
Enlucido vertical- paleteo fino MORT 1:2	m^2	4,25	6,10	25,92
Mano de obra e instalación de equipos				10000
TOTAL				27930,22

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Tabla 2-3 Costo operacional al día

Sustancia	Dosis necesaria		Presentación	Costo por presentación (\$)	Costo total (\$)
	Temporada	Dosis			
Policloruro de Aluminio (PAC)	Invierno	32,97 L/d	Tambor de 250L	211,69	27,92
	Verano	12,36 L/d			17,13
Hipoclorito de sodio	0,18Kg/d		Saco de 25Kg	4,30	0,031
TOTAL (Invierno)					27,95
TOTAL (Verano)					17,44

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3 Resultados de los Procesos de Potabilización

3.3.1 Caudal de Diseño

Tabla 3.3 Resultados del Caudal de Diseño

Cálculo	Símbolo	Unidades			
		hab.	L/s	m ³ /s	m ³ /d
Caudal de diseño	Q	-	1.59	0.00159	137.376
Población Futura	P _f	633	-	-	-

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3.2 Aireador de Bandejas

Tabla 4-3 Resultados del Aireador de bandejas

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Área total del aireador	A _T	3	m ²
Altura Total de la Torre	H _{torre}	2	m
Número de Bandejas	n	3	-
Área de la bandeja	Ab	1	m ²
Longitud de la bandeja	l	1	m
Separación entre bandejas	h	0,75	m
Altura de agua sobre cada bandeja	H _{lámina}	0,15	m
Número de perforaciones en cada bandeja	N _p	32	-

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3.3 Dosis óptima del coagulante

Tabla 5-3 Resultados Dosis óptima del coagulante

Parámetro	Símbolo	Valor		Unidades
Cantidad del PAC al día	X _{PAC}	Invierno 32,97	Verano 12,36	L
Caudal de Dosificación	Q _D	Invierno 22,90	Verano 8,59	ml/min

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3.4 Vertedero Rectangular

Tabla 6-3 Resultados del Vertedero Rectangular

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Altura de la lámina de agua	H	0,30	m
Ancho del vertedero	B	0.17	m
Altura de la pared	P	0,20	m
Profundidad Crítica del Flujo	h_c	0.0021	m
Longitud de Salto	L_m	0.11	m
Profundidad Supercrítica	h_1	0.0068	m
Velocidad del agua en el salto	v_1	1.38	m/s
Profundidad Subcrítica	h_2	0.048	m
Velocidad del Agua en el resalto	v_2	0.20	m/s
Longitud de resalto	L_j	0.25	m
Velocidad media en el resalto	v_m	0.79	m/s
Número de Froude	F	5.34	-
Tiempo de mezcla	t	0.32	s

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3.5 Floculador Hidráulico de Flujo Horizontal

Tabla 7-3 Resultados del Floculador Hidráulico de Flujo Horizontal

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Longitud total de la cámara de floculación	L_T	10,05	m
Ancho del Floculador	B_f	4	m
Volumen del Agua	V	1.91	m^3
Profundidad del agua	d	0,90	m
Número requerido de Canales	N	63	-
Longitud efectiva de cada canal		3,8	m
Espesor de los canales	b	0,03	m
Espacio libre entre los canales y la pared del tanque	e	0,2	m
Separación entre tabiques	a	0,13	m
Tiempo de mezcla o retención	t	20	min

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3.6 Sedimentador Laminar

Tabla 8-3 Resultados del Sedimentador Laminar

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Altura del sedimentador	Z _s	3	m
Ancho del tanque de sedimentación	B _s	1.50	m
Área de sedimentación acelerada	A _s	1.84	m ²
Longitud del área de sedimentación	L _s	1.23	m
Volumen del sedimentador	V _{TS}	5.54	m ³
Velocidad crítica de sedimentación	v _{sc}	6.72	m/d
Número de Reynolds	N _{Re}	46.21	-
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	t _{rs}	57.86	min
Número de placas	N _p	10	-
Longitud de las placas	l _p	1,20	m
Distancia entre placas	e _p	5	cm
Espesor de las placas	b _p	0,01	m

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3.7 Filtro rápido de arena

Tabla 9-3 Resultados del filtro rápido de arena

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Número de filtros	n _f	1	-
Área del filtro	A _f	1.14	m ²
Longitud del filtro	L _f	1.07	m
Ancho del filtro	a _f	1.07	m
Composición del lecho filtrante:			
Altura del filtro	Z _f	2.81	m
Altura de la capa de agua	C _a	1,5	m
Altura del lecho filtrante (arena)	L _a	0,60	m
Altura de la capa de soporte (grava)	C _s	0,30	m
Altura del drenaje	F _c	0,15	m
Número de laterales	N _L	2	-

Separación entre laterales	e_L	1,2	m
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	D_T	20	mm
Diámetro de la tubería de salida del filtro	D_{TS}	40	mm
Velocidad óptima de lavado del filtro	v_l	0.75	mm/min
Tiempo óptimo de lavado	t_l	10	min

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

3.3.8 Desinfección

Tabla 10-3 Resultados de la desinfección

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Concentración del cloro	C_{Cl}	5	%
Peso del cloro necesario	P_{Cl}	0.18	Kg/d
Periodo de almacenamiento del cloro	T	24	h
Volumen del Hipoclorador	V_H	0.0072	m^3

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Tabla 11-3 Resultados del tanque de contacto para la mezcla de cloro y almacenamiento

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Volumen del tanque para la mezcla del cloro	V_{TC}	3.15	m^3
Altura del tanque para la mezcla del cloro	H_{TC}	1.5	m
Longitud del tanque	L_{Tc}	1,5	m
Ancho del tanque	B_{Tc}	2	m

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

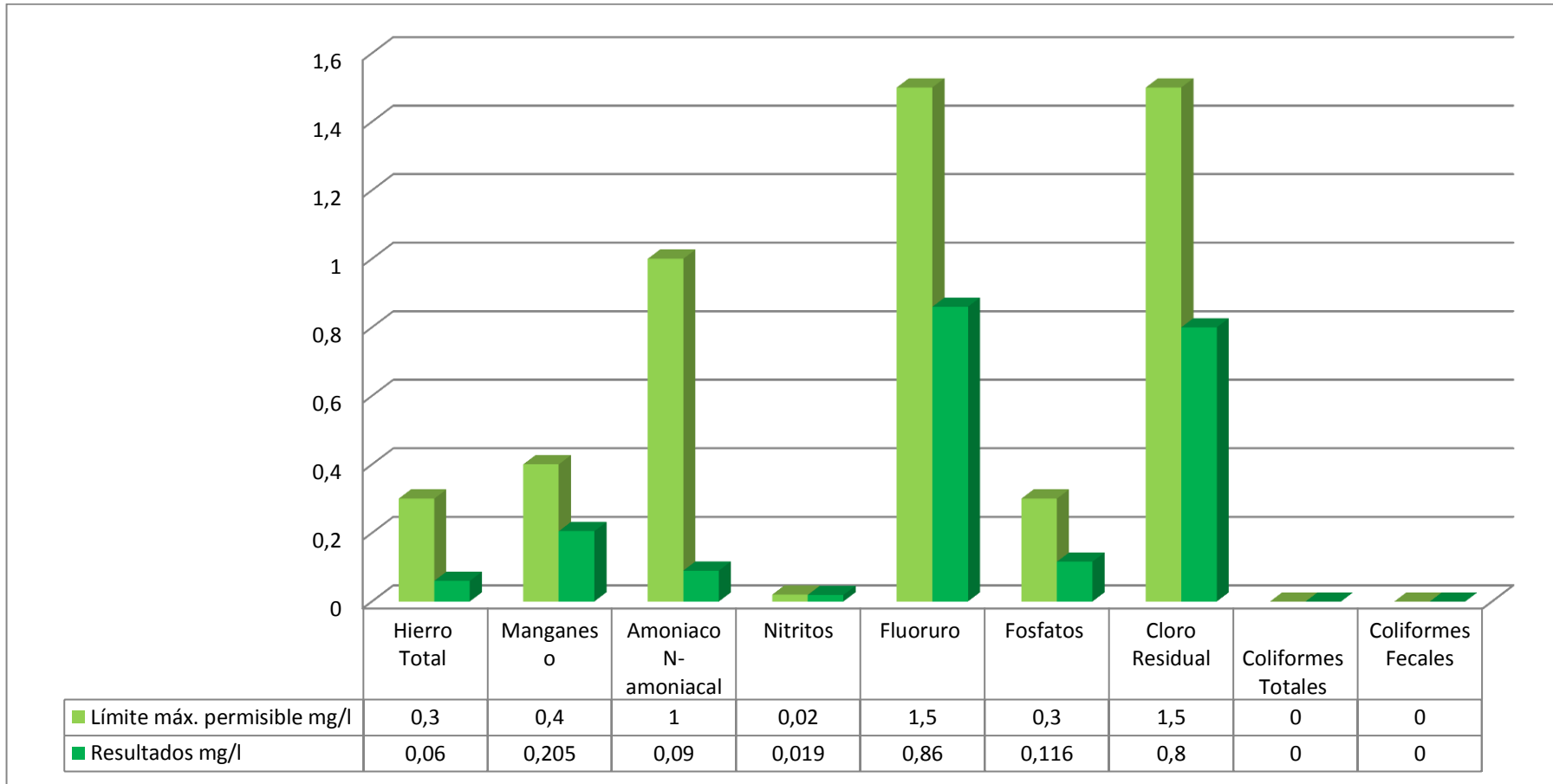
3.4 Resultados de los análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua tratada

Tabla 12-3 Análisis Físico- Químicos y Microbiológicos del Agua tratada

Parámetros	Unidades	Límite máximo permisible NORMA INEN	NTE	Resultados
pH	Unid.	6 - 9		7.8
Color	Unid (Pt-Co)	15		12
Turbidez	NTU	5		0.34
Sólidos Totales disueltos	mg/l	500		155.5
Conductividad	µS/cm			324
Hierro Total Fe ³⁺	mg/l	0.3		0.06
Manganeso Mn ²⁺	mg/l	0.4		0.205
Amoniaco N-amoniacal	mg/l	1.0		0.09
Nitratos NO ₃ ⁻	mg/l	50		1.8
Alcalinidad	mg/l	250-300		80
Nitritos NO ₂ ²⁻	mg/l	0.02		0.01
Sulfatos SO ₄ ²⁻	mg/l	250		5
Fluoruro F ⁻	mg/l	1.5		0.86
Fosfatos PO ₄ ³⁻	mg/l	0.3		0.116
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	300		60
Cloro Residual Cl ⁻	mg/l	0.3 – 1.5		0,80
Coliformes Totales	UFC/100ml	Ausencia		0
Coliformes Fecales	UFC/100ml	Ausencia		0

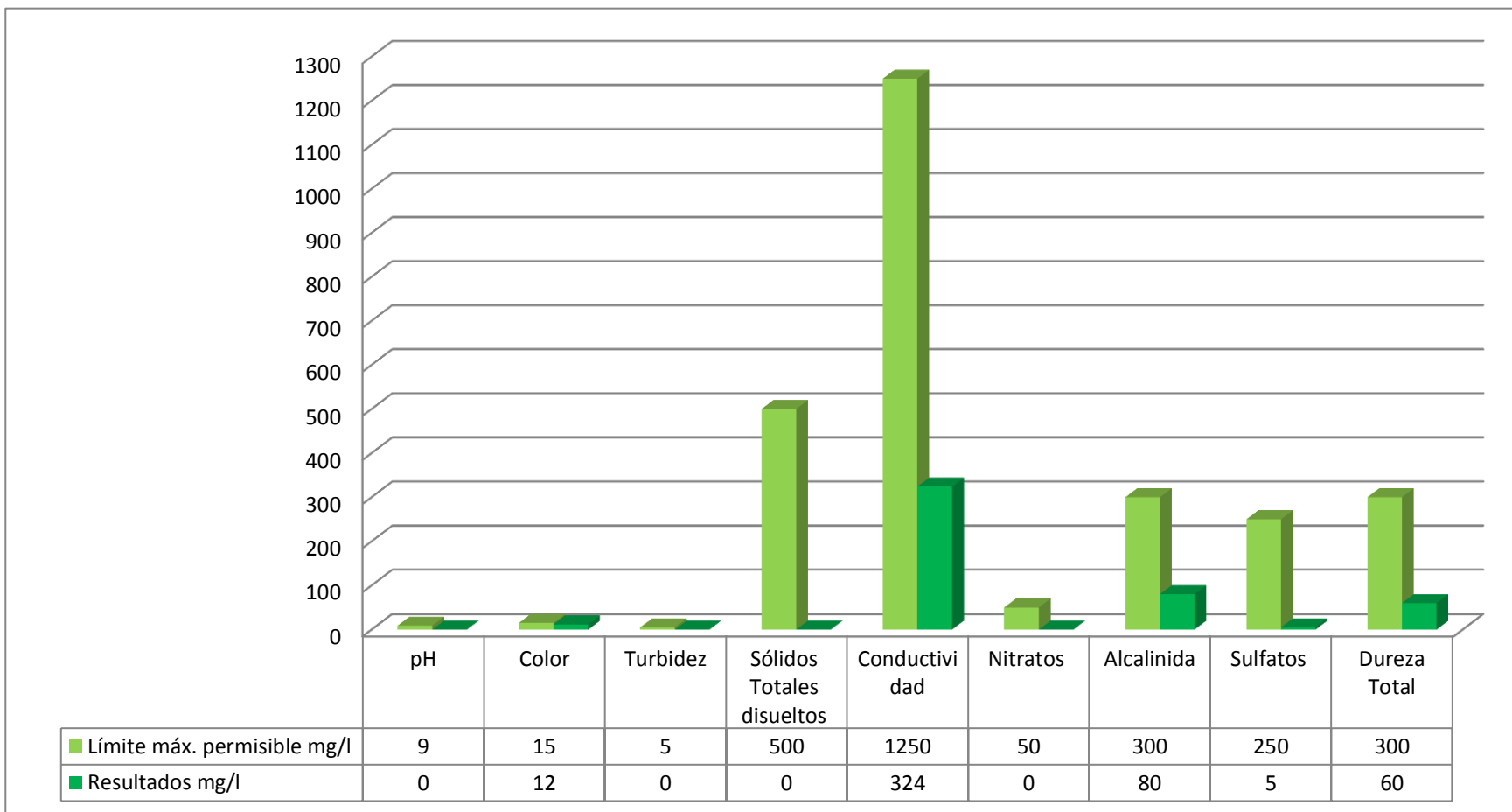
Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Gráfica 1-3 Parámetros Físico- Químicos y Microbiológicos del agua Tratada



Fuente: TENESACA, Jacqueline M

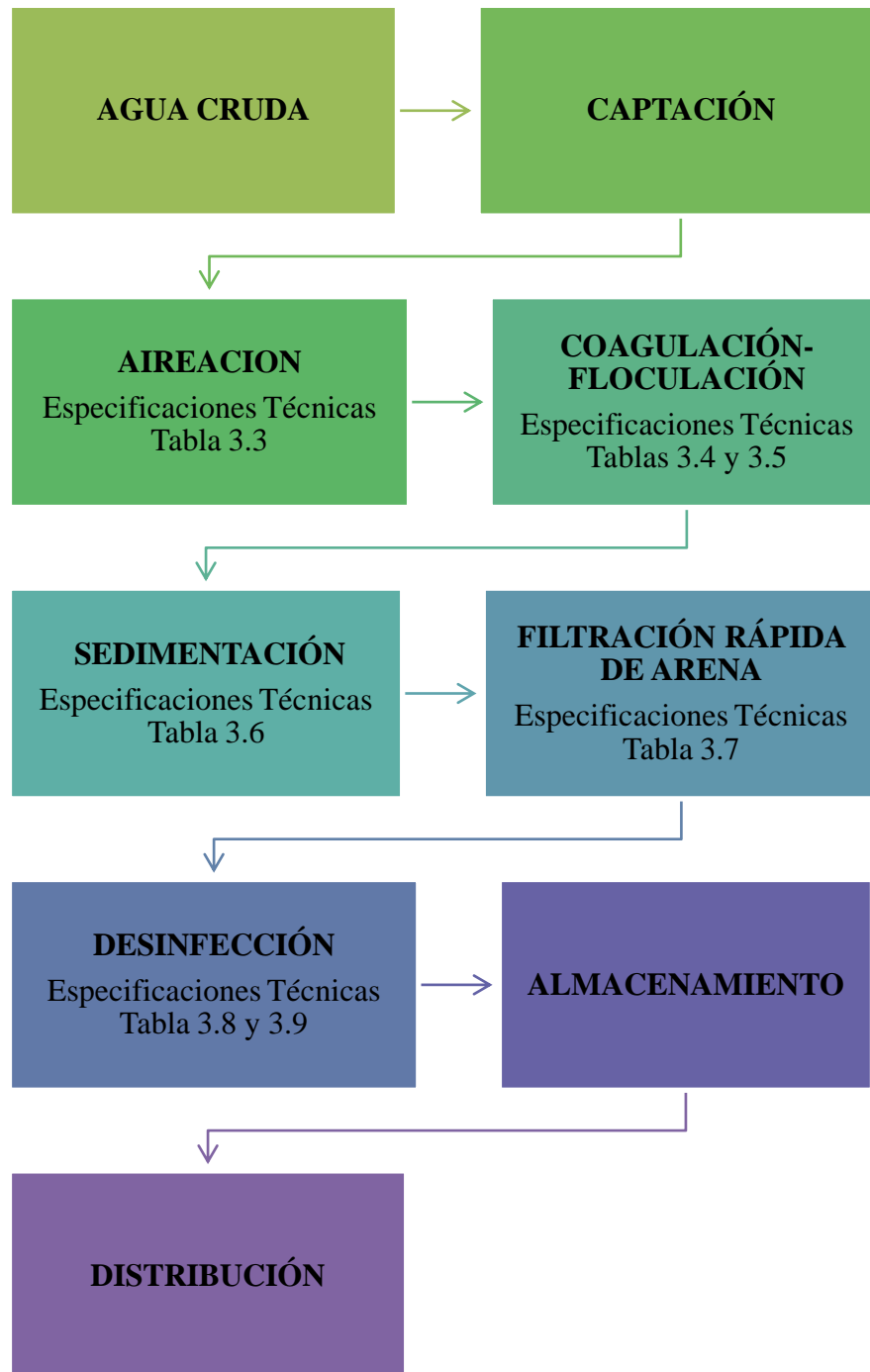
Gráfica 2-3 Parámetros Físico- Químicos del agua Tratada



Fuente: TENESACA, Jacqueline

3.5 Diagrama del Proceso

Tras los ensayos de la caracterización Físico-Químico y microbiológicos de las muestras de agua, se propone la implementación de un sistema de potabilización para la comunidad de Pusniag San Patricio del Cantón Guano con las siguientes características:



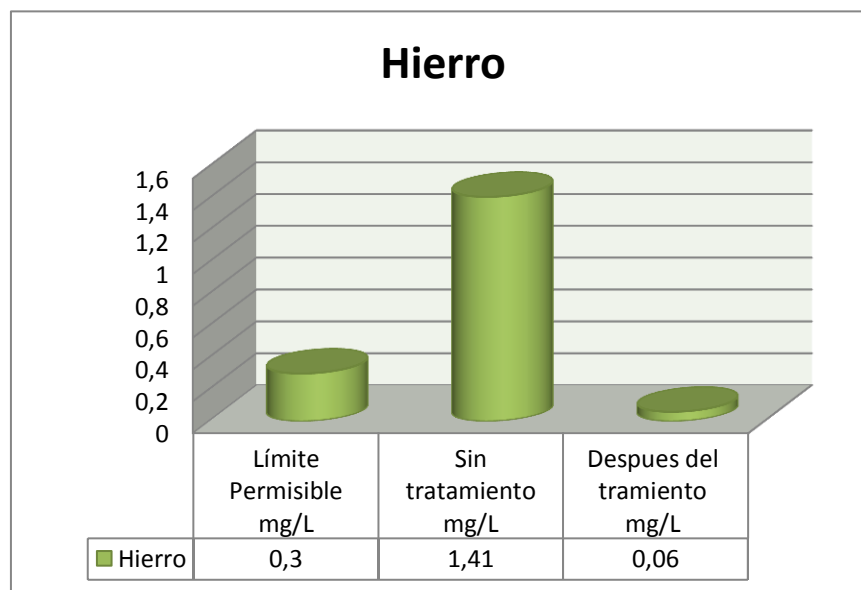
3.6 Discusión de Resultados

Los Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua cruda de la comunidad de Pusniag San Patricio”, determinó que las concentraciones de Turbidez 10,49 NTU, Color 119 Pt-Co, Hierro 1,41 mg/l, Coliformes Totales 38 UFC /100 ml y Coliformes Fecales 45 UFC/ 100 ml, se hallan fuera de los límites máximos permisibles establecidos en la NTE INEN 1 108:2011 Primera Edición (cuarta revisión) “Agua Potable. Requisitos”.

Para eliminar el exceso de hierro, color y turbidez se realizó ensayos en el test de jarras (Tabla 2.7), mostrando que la dosis óptima de Policloruro de Aluminio para eliminar estos componentes es la adición de PAC al 2 % y 1% para épocas de invierno y verano respectivamente, concentraciones menores o superiores no favorecen a su eliminación y genera alteraciones en el restos de parámetros físico-químicos. Posteriormente se aplicó hipoclorito de calcio para la eliminación total de los coliformes totales y fecales. El tratamiento mencionado generó los siguientes resultados:

Reducción de la cantidad de hierro a 0,06 mg/L

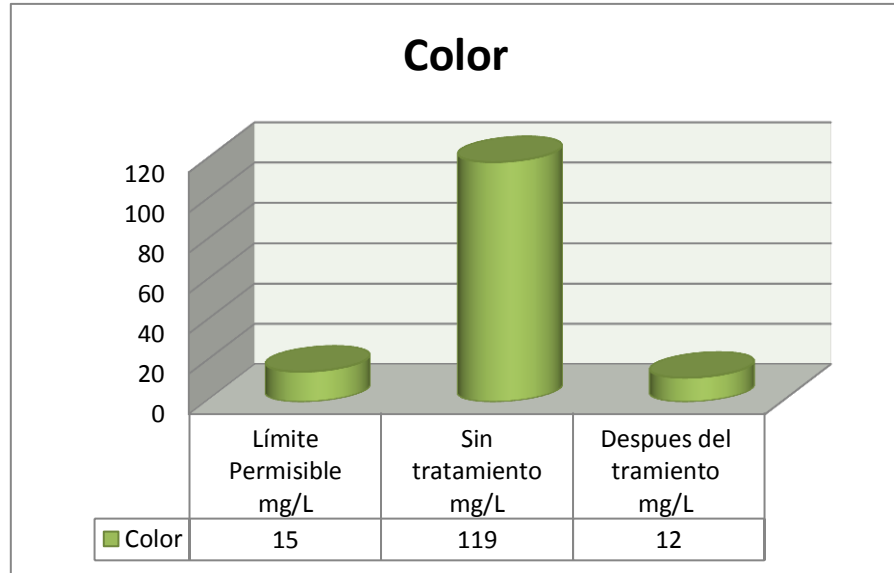
Gráfica 3-3 Resultados del Hierro



Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Reducción del color a 12 mg/L.

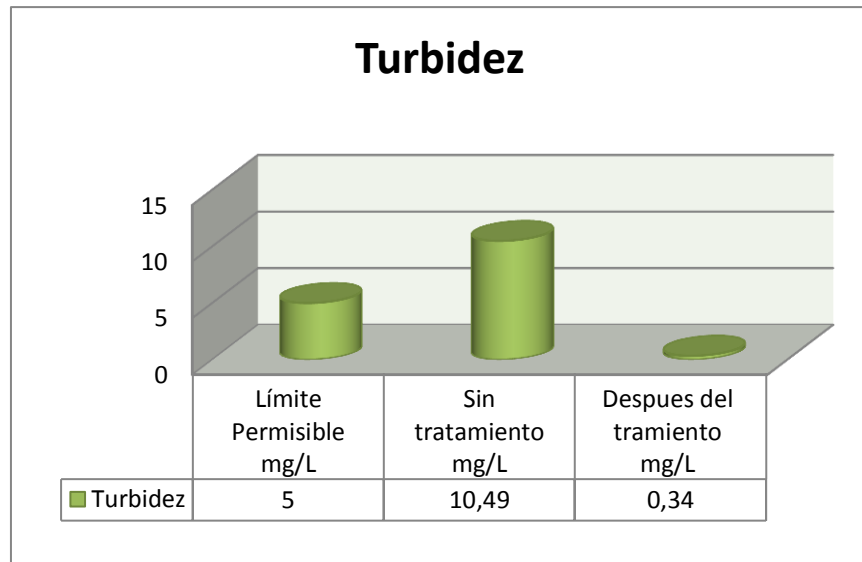
Gráfica 4-3 Resultados del Color



Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Reducción de la turbidez a 0,34 mg/L.

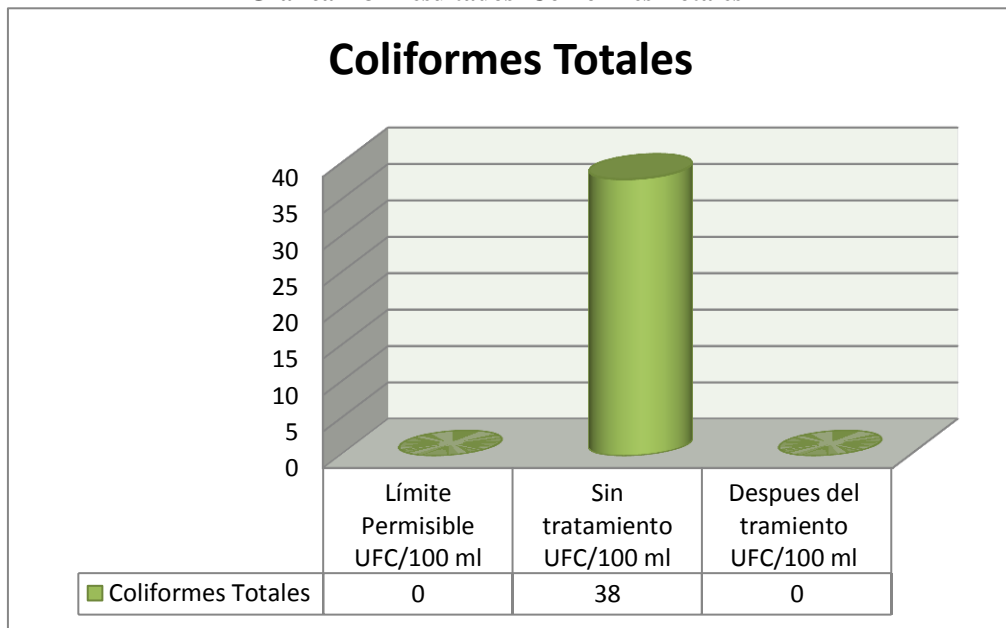
Gráfica 6-3 Resultados de la turbidez



Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Reducción de coliformes totales a 0 UFC/100ml

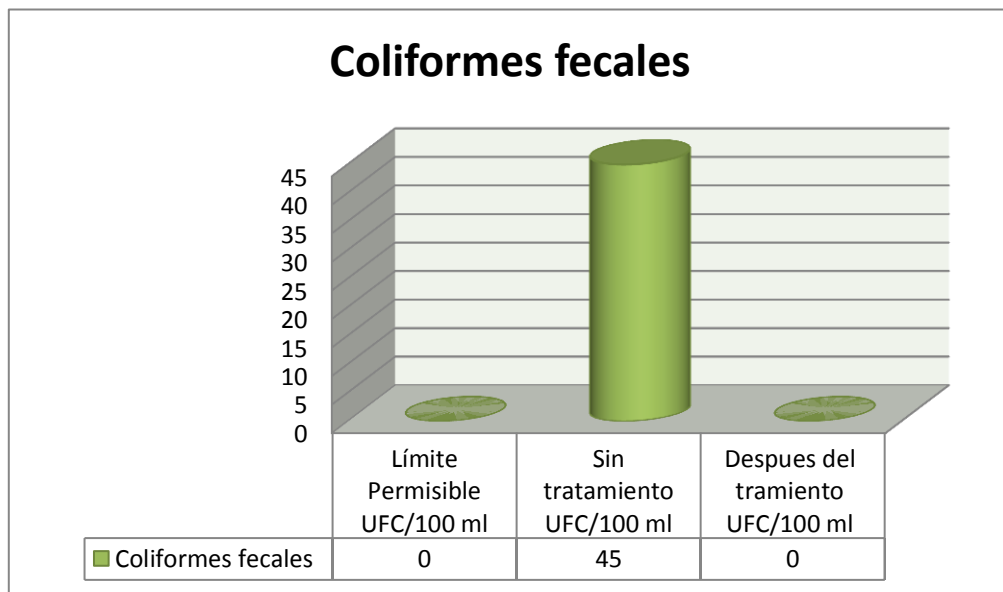
Gráfica 7-3 Resultados Coliformes Totales



Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Reducción de coliformes fecales a 0 UFC/100ml

Gráfica 8-3 Resultados Coliformes Fecales



Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Al observar las gráficas se puede apreciar que el método empleado es el correcto ya que todos los parámetros que se hallaban fuera de norma, ahora cumplen con la normativa estipulada. Los porcentajes de remoción se muestran a continuación:

Tabla 13-3 Porcentajes de remoción del agua tratada

Parámetros	Rendimiento
Turbidez	96,76%
Color	90%
Hierro	95.74%
Coliformes Totales	100%
Coliformes Fecales	100%

Fuente: Tenesaca, Jacqueline M.

Determinado el mejor método para potabilizar el agua de la comunidad de Pusniag San Patricio se considera que la planta de tratamiento debe constar de: Aireación como pretratamiento para eliminar el exceso de hierro. Coagulación-Floculación con Policloruro de Aluminio para reducir la turbidez, el punto de aplicación del coagulante requiere ser una zona de fuerte turbulencia para lograr una mezcla homogénea, por ello se requiere de un vertedero rectangular, por su parte el floculador hidráulico se empleará como medio físico para generar la aglomeración de partículas desestabilizadas a través de una agitación lenta. Sedimentador laminar para generar el asentamiento por efecto de la gravedad de las partículas generadas anteriormente. Filtro rápido de arena para retener las partículas coloidales que no se eliminaron en el sedimentador. Y finalmente para eliminar los Coliformes Totales y Fecales se requiere de un tanque de cloración.

Los resultados expuestos de la caracterización Físico-Químicos y Microbiológicos del agua cruda (Tabla 2.4) y del agua tratada (Tabla 3.12), en conjunto con los rendimientos obtenidos luego de aplicar el tratamiento, corrobora que el diseño ingenieril propuesto para potabilizar el agua de la Comunidad de Pusniag San Patricio es confiable y seguro para el consumo de sus moradores porque reduce las concentraciones de los parámetros que se hallaban fuera de norma, mejorando la calidad del agua y estableciéndolas dentro de los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2011 Primera Edición (cuarta revisión) “Agua Potable. Requisitos”.

CONCLUSIONES

- ✓ Se ejecutó la caracterización Físico-Química y Microbiológica del agua cruda los resultados obtenidos se exponen en la tabla 4-2. Se identifica que los valores de Turbidez 10,49 NTU, Color 119 mg/l, Hierro 1.41 mg/l, Coliformes Totales 38 UFC/100 ml y Coliformes Fecales 45 UFC/ 100 ml se hallan fuera de la norma de requisitos de agua de calidad NTE INEN 1 108 Primera edición (cuarta revisión), y equivale a agua de mala calidad.
- ✓ Se estableció el sistema de tratamiento de agua más eficiente con las pruebas de tratabilidad, determinando que la planta de tratamiento de agua ideal para remover los componentes en exceso debe constar de: Aireación, Coagulación-Floculación con Policloruro de Aluminio, Sedimentación, Filtración y Desinfección.
- ✓ Se determinó que las variables del proceso necesarias para el diseño de la planta de tratamiento son: el caudal de diseño (137376 L/d), y la proyección futura de habitantes.
- ✓ Se realizó los cálculos del Aireador de bandejas, vertedero rectangular, floculador hidráulico de flujo horizontal, sedimentador laminar y tanque de desinfección, para tratar un caudal del 1,59 L/s, las dimensiones se presentan en las tablas 3-3 – 11-3.
- ✓ Se validó el sistema con los resultados de la caracterización Físico-Químicos y Microbiológica del agua tratada (tabla 13-3), donde se observa que todos los parámetros se hallan dentro de la NTE INEN 1 108 Primera edición (cuarta revisión) “Agua Potable. Requisitos”, concluyendo que la propuesta de diseño para la potabilización del agua de la Comunidad de Pusniag San patricio es el correcto ya que proporciona agua de calidad.
- ✓ Se elaboró los planos de las infraestructuras que conformarían la planta de tratamiento de agua potable en base a los cálculos obtenidos, Anexo (XIV-XXII).

RECOMENDACIONES

- ✓ Aplicar el sistema de tratamiento de agua potable propuesto, para garantizar la calidad de agua y la salud de los habitantes de la Comunidad de Pusniag San Patricio.
- ✓ Realizar un mantenimiento periódico de la planta de tratamiento para evitar un posible deterioro de los elementos del sistema
- ✓ La dosificación de coagulantes y del cloro para la desinfección debe estar a cargo de una persona capacitada.
- ✓ Es necesario realizar caracterizaciones de los parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos periódicos para asegurar que los parámetros de hallen dentro de la norma.

BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA, J. Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 3ª.ed., México. Mc. Graw Hill. 2000, pp. 145-267; 364-582.

AURAZO, M. Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida, Aspectos biológicos de la calidad del agua, Lima-Perú. CEPIS/OPS. 2004, pp. 91.

COLOMBIA, RAS 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, 2000, Pp. 26-36.

http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4_Sistemas_de_acueducto.pdf

2014-11-21.

ECUADOR, Cartillas para la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, Riobamba. Dirección provincial de Chimborazo. 2007 pp. 65, 71-78.

ECUADOR, CÓDIGO DE PRACTICA ECUATORIANO CPE INEN 5 Parte 9.2:1997, Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, 1997, pp. 18

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.2.1997.pdf>

2014-11-21

ECUADOR, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2168: 98. Agua. Calidad del agua, Muestreo Manejo y conservación de muestras, 1998, pp. 4-6.

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>

2014-11-20.

ECUADOR, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 108:2011.

Agua potable requisitos (cuarta revisión), 2011, pp. 1-5.

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2011.pdf>

2014-10-12

EQUIPOS DE ANÁLISIS DE AGUAS TEST DE JARRAS

<http://www.aguascolombia.com/equipos-analisis-de-agua/test-de-jarras/>

2014-09-22

LOUGE, J., y otros. Diseño de plantas potabilizadoras Tipo tecnología simplificada, Coyoacán-México. Instituto mexicano de tecnología del agua. 2007, pp. 13, 63-77.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, Serie educativa para acciones comunitarias en aguas y saneamiento ambiental. Cartilla N°8. 1991, El Salvador. pp.21.

<http://www.xeologosdelmundo.org/files/Tratamiento%20del%20Agua.pdf>

2014-11-05

ROMERO, J. Calidad del Agua, 3ª ed., Bogotá-Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009, pp. 107, 110 - 114, 118-130, 149, 162-169, 215-218, 337.

ROMERO, J. Purificación del Agua, Bogotá-Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2000, pp. 35,37-39, 53, 56,57, 72,73, 76, 80, 85,88, 143-154, 175, 2001.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA COLOMBIA, Diseño De Plantas Potabilizadoras (Módulo), 2012, Bogotá-Colombia.

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido_en_linea_Diseño_de_Plantas_Potabilizadoras/leccin_19_mezcla_rapida.html

2014-09-14

VARGAS, L. Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida, Floculación, Lima-Perú. CEPIS/OPS. 2004, pp. 291-294.

VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA, MANUAL DE CAPACITACIÓN. Ministerio de Salud Pública. Ecuador. 2004.

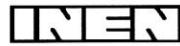
<http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc16550/doc16550.htm>

2014-11-18.

VILLEGAS, M. Purificación de Aguas, 2ª ed., Bogotá-Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2007, pp. 83, 84,95, 96, 157-160.

ANEXOS

ANEXO I: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 108:2011 CUARTA REVISIÓN.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2011
Cuarta revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

Second Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
AL 01.06-401
CDU: 628.1.033
CIU: 4200
ICS: 13.060.20

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**AGUA POTABLE.
REQUISITOS**

**NTE INEN
1 108:2011**
Cuarta revisión
2011-06

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Agua potable.* Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.1.2 *Agua cruda.* Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

3.1.3 *Límite máximo permitido.* Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

3.1.4 *UFC/ml.* Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.1.5 *NMP.* Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

3.1.6 *mg/l.* (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.1.7 *Microorganismo patógeno.* Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

3.1.8 *Plaguicidas.* Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

3.1.9 *Desinfección.* Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

3.1.10 *Subproductos de desinfección.* Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

3.1.11 *Cloro residual.* Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.1.12 *Sistema de abastecimiento de agua potable.* El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

3.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo [a]pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

(Continúa)

Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002

Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3

Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:		
• Bromodichlorometano	mg/l	0,06
• Cloroformo	mg/l	0,3
Acido tricloroacético	mg/l	0,2

Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
⁽¹⁾ ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

(Continúa)

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

6.1.3 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

(Continúa)

BOLETIN TECNICO

PAC -08

BENEFICIOS:

- Producto utilizado para clarificar agua, para uso potable.
- Reemplaza satisfactoriamente el uso de Sulfato de aluminio y otros coagulantes inorgánicos
- Solubilidad Total en agua.
- No forma incrustaciones, No causa taponamientos de filtros.
- No afecta el pH del agua tratada.
- Efectivo en agua con bajos y altos valores de turbidez.
- Dependiendo la calidad del agua, este producto puede ser utilizado en sistemas con oxidación previa, cualquiera que sea el método utilizado.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 6.0 – 8.5
- No requiere de la ayuda de un Floculante para aglomeración de flocs.

USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua que será destinada para uso potable.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación y Floculación.

CARACTERÍSTICAS TECNICAS:

Apariencia:	Líquido amarillo - marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.25 ± 0.1
PH puro:	2.7 ± 0.5
% Al ₂ O ₃ :	12.0 – 18.0
%Cloruros:	25 ± 0.5

JP QUIMICA S.C.C.

Via Amaguaña, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangoquí

POLICLORURO DE ALUMINIO

%Basicidad relativa: 40 ± 1.5

Viscosidad a 25°C: 30 ± 0.5 mPas

DOSIS:

La dosis del PAC - 08 en general está en función de la turbidez del agua a tratarse, pudiendo variar entre 20 a 250 ppm para afluentes destinados a potabilización, para lo cual por pruebas de tratabilidad en nuestro laboratorio, se determinará la dosis óptima y un técnico especializado lo instalará en su sistema.

APLICACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución cuando las dosificaciones y el caudal a tratar son muy bajos.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador para máxima homogenización. No necesita el uso de floculantes adicionales.

MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.
- Se recomienda revisar las hojas de seguridad del producto.

ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

SUMINISTRO:

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

ANEXO III: FICHA TÉCNICA HIPOCLORITO DE CALCIO



FICHA TÉCNICA HIPOCLORITO DE CALCIO 70%

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Hipoclorito de Calcio
Fórmula Química	Ca (ClO) ₂
Peso Molecular	142. 98 g/mol.
Sinónimos	oxicloruro cálcico Cal clorada, Sal de Calcio de Ácido Hipocloroso.

2. DESCRIPCIÓN

- Sólido blanco, cristalino.
- Se descompone a 100°C
- Descompone en agua y alcohol
- No es higroscópico, prácticamente transparente en solución acuosa.
- Portador estable de cloro, material oxidante.

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Cloro disponible	70.0% mín.
NaO	14.2% máx.
CaCl ₂	0.3% máx.
Humedad	10.0% máx.
Insolubles	19.0% máx.
Solubilidad	18% máx.

4. PROPIEDADES

Apariencia	Gránulos
Color	blanco
PH (sln. 1%)	11.5
Punto de fusión	580°C
Gravedad específica (agua=1)	2.35

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO
2010/02/11	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Doria María Naranjo	I.Q. Iván Darío Ospina

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels:361 07 11 Fax: 285 64 74 - iospina@dqisa.com Medellín - Colombia.

5. APLICACIONES

El Hipoclorito de Calcio es algicida, bactericida y desodorante. Por dichas propiedades se usa en la purificación de agua potable y desinfección de aguas de piscinas.

Como agente de blanqueo en la industria de papel y textiles.

En el tratamiento de agua de piscinas, el Hipoclorito de Calcio proporciona una fuente de calcio que ayuda al equilibrio de la dureza y a evitar condiciones corrosivas. En las piscinas de Colombia se manejan dosis de aplicación así:

RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN

2 gr/m³ diariamente a la piscina de acuerdo a su uso, para súper clorar aplique 7gr/m³, el pH de la piscina debe estar entre 7.2 y 7.6 para su determinación, utilice colorímetro. Para poder subir el pH utilice soda escamas en bajas cantidades
Para poder bajar el pH utilice HCl en bajas cantidades

6. EFECTOS SOBRE LA SALUD

Efectos potenciales sobre la salud

Peligroso en caso de contacto con los ojos (irritante), la inhalación también causa irritación sobre todo en los últimos días de vida útil del producto.

Efectos agudos sobre exposición

No hay efectos asociados con este material

Efectos sobre exposición

Ojos:	Causa irritación
Piel:	Causa leve irritación
Ingestión:	Causa daño al sistema digestivo, riesgo de perforación del intestino
Inhalación:	Puede causar dolor de cabeza, náuseas, vomito.

7. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua, durante 15 minutos, consultar al médico

Contacto con la piel: Lavar inmediatamente con un algodón empapado en polietilenglicol 400, en caso de reacciones cutáneas consultar con el médico

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO
2010/02/11	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Doria Maria Naranjo	I.Q. Iván Darío Ospina

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels:361 07 11 Fax: 285 64 74 - iospina@dqisa.com Medellín - Colombia.

ANEXO IV: PROCEDIMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE CALCIO.

Preparación De La Solución De Hipoclorito De Calcio

El operador, una vez que se haya calculado la cantidad de hipoclorito de calcio que va a utilizarse para la desinfección del agua, seguirá los siguientes pasos:

1. Una mascarilla y guantes de caucho para abrir el tambor de hipoclorito de calcio.
2. Mida la cantidad de hipoclorito de calcio, utilizando un recipiente conocido, preferible de caucho o plástico.
3. Llene con agua el tanque hipoclorador.
4. Ponga el hipoclorito de calcio que haya medido en un balde y llénelo con agua, sin que rebose, con una paleta de madera removerlo constantemente hasta que la granulación del hipoclorito haya desaparecido.

Esta solución, así preparada, vaciarla en el tanque hipoclorador. De esta manera tan fácil se prepara la solución que servirá para Desinfectar el agua que entregará a los usuarios del sistema.

Dosificación De La Solución De Hipoclorito De Calcio

Una vez preparada la solución, vamos a dosificar (medir) la cantidad de líquido que saldrá por la manguera del hipoclorador cada minuto durante las 24 horas. La solución preparada debe vaciarse en 24 horas. La llave de paso de la manguera debe, o el dosificador del aparato, debe ser manipulado de tal manera que, en 3 minutos llene el litro. El operador retirará esta operación las veces que sean necesarias: dos, tres, o más veces hasta que compruebe que el litro se llene en tres minutos. De esta manera, el tanque hipoclorador de 500ml de capacidad vaciará en 24 horas. Si el tanque hipoclorador es de 250 litros el operador graduará la salida de solución de tal manera que en 6 minutos llene un litro.

500 L	250 L	125 L	62,5 L	31,25 L	15,63 L	7,82 L
3min	6min	9 min	12min	15min	18min	21min

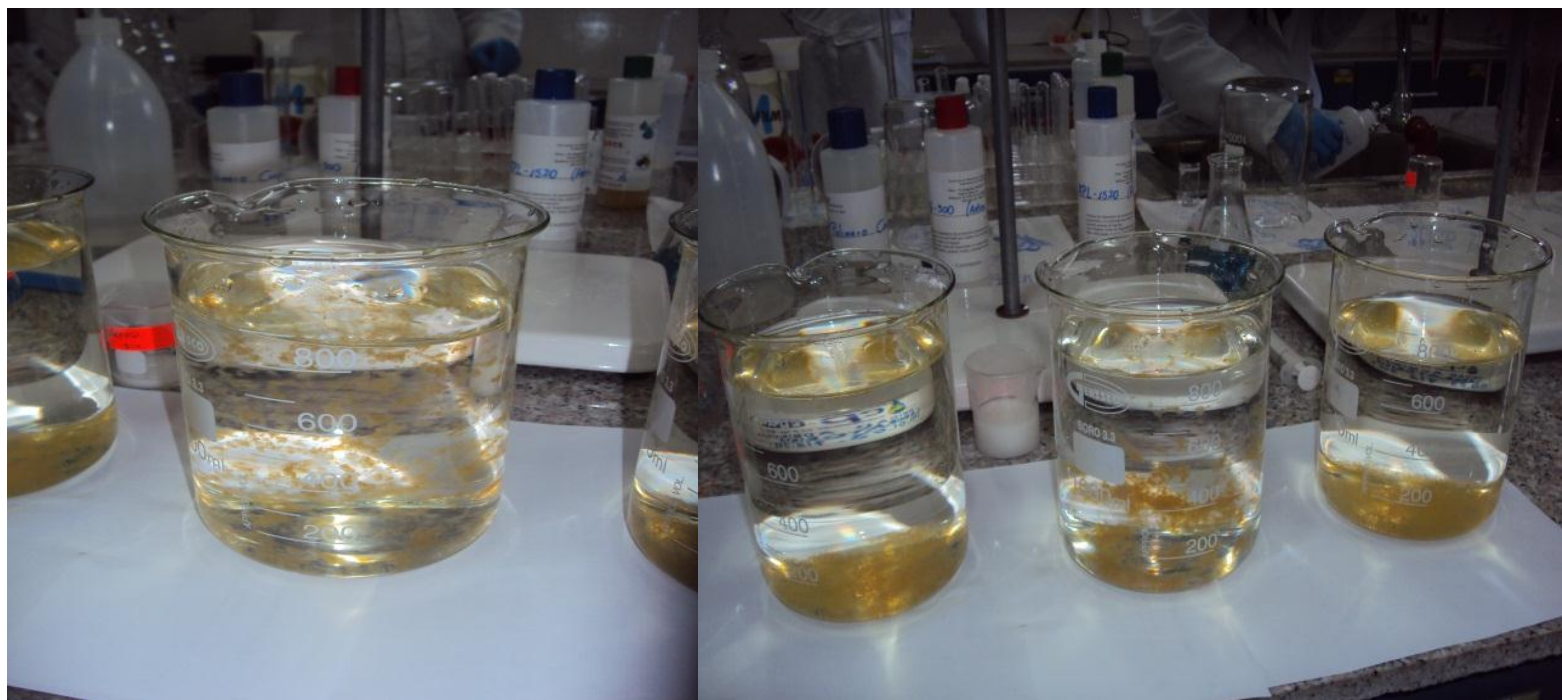
**ANEXO V
TEST DE JARRAS**



132

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	TEST DE JARRAS		
Proceso de Coagulación	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Jacqueline Maribel Tenesaca C.	Lámina	Escala	Fecha	
			1	Sin escala	17-11-2014	

**ANEXO VI
TEST DE JARRAS**



133

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA	TEST DE JARRAS		
Proceso de Sedimentación	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información	Jacqueline Maribel Tenesaca C.	Lámina	Escala	Fecha
			1	Sin escala	17-11-2014

**ANEXO VII
TEST DE JARRAS**



134

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA	TEST DE JARRAS		
Análisis del hierro	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Para información	Jacqueline Maribel Tenesaca C.	Lámina	Escala	Fecha
			1	Sin escala	17-11-2014



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LPE C 12-006

N° SE: 019 - 14

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sra. Jacqueline Tenesaca
EMPRESA: TESIS ESPOCH
DIRECCION: Retamal
TELEFONO: 0987251979
FECHA DE RECEPCION: 30-04-14
FECHA DE INFORME: 08-05-14

NUMERO DE MUESTRAS: 1
IDENTIFICACION: MA-047-14
TIPO DE MUESTRA: Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del analisis, no de la obtencion de las muestras.

RESULTADO DE ANALISIS

MA-047-14

Table with 5 columns: PARAMETROS, UNIDADES, METODO/PROCEDIMIENTO, RESULTADO, UNIDAD and FECHA DE ANALISIS. Rows include pH, Conductividad, Turbiedad, Color, Sólidos Totales, Sulfatos, Nitritos, Nitrosos, Nitrógeno Amomiacal, Dureza Total, Aluminio, Acidez, Calcio, Hierro, Magnesio, Bicarbonatos, Sólidos Suspensivos, and Fibrinas.

Tus resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras y unidades (*)
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE
Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

ENC2011-011

L.S.A. Campus Master Edison Rivas Km 1 1/2 Vía a Cañar Riquiza Administrativa.


Table with 3 columns: Lámina, Escala, Fecha. Row 1: 1, Sin escala, 17-11-2014

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA
Jacqueline Maribel Tenesaca C.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA
[] Certificado [] Por eliminar
[] Aprobado [] Por calificar
[X] Por Aprobar [] Para información

NOTAS
Agua cruda muestreo 1

ANEXO VIII RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA M1



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES


Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LP C 12-006

Nº SE: 019 - 14

		-D.mg/l		
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cl-mer	4.24	N/A
* Magnesio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Mn-3T1B	0.138	N/A
* Calcio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-C	53	N/A
* Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B	55	N/A

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuos APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados al STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANALISIS:
 Dr. Juan Carlos Lara R.
 Dr. Jinsop Mario Ruiz B.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a los (muestra(s) analizada(s))

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

ENC2101-01

L.S.A. Campus Misser, Páscar Rivera Km 1.5 vía a Campo Bique, Administración

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA		
Lámina	Escala	Fecha
1	Sin escala	17-11-2014

ESPOCH
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE ING. QUÍMICA

Jacqueline Maribel Tenesaca C.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por calificar
<input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar	<input type="checkbox"/> Para información

NOTAS

Agua cruda muestreo 1

INFORME DE RESULTADOS

Datos de la muestra:

Fuente: Chimpamiba	Recoleccion por: Jacqueline Tenesaca
Fecha de recoleccion: 2014-05-07	Hora: 10:00-10:30
Muestra: Vertiente	Fecha De Analisis: 2014-05-08
Parroquia: Pusing San Patricio	Localidad: Canton Guano

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS DE ANALISIS

PARAMETROS	EXPRESADO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH*	6 - 9		7.94
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15	120
Turbidez	NTU	5	9.82
Temperatura*	°C	Condición natural +/- grados	18.5
Sólidos Totales disueltos*	mg/l	500	122.1
Conductividad	µS/cm		255

PARAMETROS	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Hierro Total Fe ³⁺ *	mg/l	0.3	1.23
Manganeso Mn ²⁺	mg/l	0.4	0.212
Amoníaco N - amoniacal*	mg/l	1.0	0.35
Nitratos NO ₃ ⁻	mg/l	50	3.2
Nitritos NO ₂ ⁻	mg/l	0.02	0.015
Alcalinidad	mg/l	250-300	65
Sulfatos SO ₄ ²⁻ *	mg/l	250	8
Fluoruro F ⁻	mg/l	1.5	1.50
Fosfatos PO ₄ ³⁻	mg/l	0.3	0.23
Cloro Residual Cl ⁻	mg/l	0.3 - 1.5	0

**ANEXO IX
RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA M2**

PARAMETROS	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	9 UFC/100ml
Filtración por membrana	UFC/100ml	Ausencia	9 UFC/100ml
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	9 UFC/100ml
Filtración por membrana	UFC/100ml	Ausencia	9 UFC/100ml

Llaves Permisibles:

*TU LAS Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes- recurso agua Libro VI anexo I

Norma Técnica Ecuadoriana NTE- INEN 1108 Primera Edición (cuarta revisión)

CONCLUSIONES: El color y turbidez se encuentra en concentraciones elevadas, además del hierro, y los coliformes fecales y totales.

RECOMENDACIONES: Tratar el agua debido a que esta se encuentra organolépticamente inaceptable.

RESPONSABLE:

Bqf. Verónica Orozco M.
LABORATORIO DE AGUAS - CADMCC.



CARACTERIZACIÓN DEL AGUA		
Lámina	Escala	Fecha
1	Sin escala	17-11-2014

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

Jacqueline Maribel Tenesaca C.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por calificar
<input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar	<input type="checkbox"/> Para información

NOTAS
Agua cruda muestreo 2



N° SE: 022 - 14

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sra. Jacqueline Tenesaca **INFORME N°:** 022 - 14
EMPRESA: TESIS ESPOCH **N° SE:** 022- 14
DIRECCION: Retamal
TELÉFONO: 0987251979 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 07 - 05 - 14
FECHA DE INFORME: 09 - 05 - 14

NÚMERO DE MUESTRAS: 2 Chiriquamba (Grano) **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 051 - 14 Agua Almacenamiento
 MA - 052 - 14 Agua Verteinte

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANALISIS

MA - 051 - 14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	UM⁺²	FECHA DE ANALISIS
* Dureza Total	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2990- G	56	N/A	07-05-14

MA - 052 - 14

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	UM⁺²	FECHA DE ANALISIS
* Dureza Total	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2990- G	72	N/A	07-05-14

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Paredes y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21^{ra} EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21^{ra} EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANALISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R
Dr. Jinsop Marín Ruiz B



- Los resultados de este informe corresponden únicamente a las (s) muestra (s) analizada (s).
- Los ensayos realizados con (*) no están indicados en el alcance de la acreditación del OIAE.
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FW/C101-01

L.S.A. Campus Viterbo Edson Rivera Ken 1 1/2, Vía a Guano Biquejo, Administrativo.

ANEXO IX RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA M2

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA		
Lámina	Escala	Fecha
1	Sin escala	17-11-2014

ESPOCH
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE ING. QUÍMICA
 Jacqueline Maribel Tenesaca C.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por calificar
<input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar	<input type="checkbox"/> Para información

NOTAS	
Dureza muestreo 3	

ANEXO X RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA M3

INFORME DE RESULTADOS

Datos de la muestra:

Fuente: Chimipamba	Recolectado por: Jacqueline Tenesaca
Fecha de recolección: 2014-05-14	Hora: 10:00-10:30
Muestras: Vertiente	Fecha De Analisis: 2014-05-15
Parroquia: Píntag San Patricio	Localidad: Cantón Guano

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
PARAMETROS	EXPRESADO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH*	Unidades de electro equivalente (pH-Co)	6 – 9	7,78
Color		15	87
Turbidez	NTU	5	12,4
Temperatura*	°C		18,7
Sólidos Totales disueltos*	mg/l	Condición natural +/-3grados 500	136,8
Conductividad	µS/cm		285
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
PARAMETROS	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Hierro Total Fe ²⁺ *	mg/l	0,3	1,90
Manganeso Mn ²⁺	mg/l	0,4	0,31
Amoníaco N - amoniacal*	mg/l	1,0	0,18
Nitratos NO ₃ ⁻	mg/l	50	2,7
Nitritos NO ₂ ⁻	mg/l	0,02	0,02
Alcalinidad	mg/l	250-300	70
Sulfatos SO ₄ ²⁻ *	mg/l	250	8
Fluoruro F ⁻	mg/l	1,5	1,73
Fosfatos PO ₄ ³⁻	mg/l	0,3	0,20
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	300	56
Cloro Residual Cl ⁻	mg/l	0,3 – 1,5	0

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
PARAMETROS	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	57 UFC/100ml
Filtración por membrana			
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	83 UFC/100ml
Filtración por membrana			

Límites Permisibles:

*TULAS Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua libro VI anexo 1

Norma Técnica Ecuadoriana NTE NEN 1108 Primera Edición (cuarta revisión)

CONCLUSIONES: El color y turbidez se encuentra en concentraciones elevadas, además del hierro, y los coliformes fecales y totales.

RECOMENDACIONES: Tratar el agua debido a que esta se encuentra organolépticamente inaceptable.

RESPONSABLE:



BqL Verónica Orozco M.
LABORATORIO DE AGUAS - CADMCC.



CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

Lámina	Escala	Fecha
1	Sin escala	17-11-2014

ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA

Jacqueline Maribel Tenesaca C.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por eliminar |
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Por calificar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar | <input type="checkbox"/> Para información |

NOTAS

Agua cruda muestreo 3

INFORME DE RESULTADOS

Datos de la muestra:

Fuente: Chingamba	Recolectado por: Jacqueline Tenesaca
Fecha de recolección: 2014-10-21	Hora: 10h00-10h30
Muestra: Vertiente	Fecha De Análisis: 2014-10-22
Parroquia: Pusing San Patricio	Localidad: Cantón Guano

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS DE ANALISIS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
PARÁMETROS	EXPRESADO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH*		6 - 9	7.80
Color	Unidades de color aparente (P.c.u)	15	146
Turbidez	NTU	5	8.46
Temperatura*	°C		19.5
Sólidos Totales disueltos*	mg/l	Condición natural ±3 grados 500	107.2
Conductividad	µS/cm		226
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
PARÁMETROS	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Hierro Total Fe ³⁺ *	mg/l	0.3	1.20
Manganeso Mn ²⁺	mg/l	0.4	0.230
Amoníaco N - amoniacal*	mg/l	1.0	0.17
Nitrato NO ₃ ⁻	mg/l	50	2
Nitrito NO ₂ ⁻	mg/l	0.02	0.011
Alcalinidad	mg/l	250-300	60
Sulfatos SO ₄ ²⁻ *	mg/l	250	6
Fluoruro F ⁻	mg/l	1.5	1.5
Fosfatos PO ₄ ³⁻	mg/l	0.3	0.19
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	300	54
Cloro Residual Cl ⁻	mg/l	0.3 - 1.5	0

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
PARÁMETROS	UNIDADES	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	21 UFC/100ml
Filtración por membrana			
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	4 UFC/100ml
Filtración por membrana			

Llaves Permisibles:

*TTLAS Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua libro VI anexo 1

Norma Técnica Ecuadoriana NTE INEN 1108 Primera Edición (cuarta revisión)

CONCLUSIONES: El color y turbidez se encuentra en concentraciones elevadas, además del hierro, y los coliformes fecales y totales.

RECOMENDACIONES: Tratar el agua debido a que esta se encuentra organolépticamente inaceptable.

RESPONSABLE:


Bqf. Verónica Orozco M.
LABORATORIO DE AGUAS - GADMCC.



**ANEXO XI
RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA M4**

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA		
Lámina	Escala	Fecha
1	Sin escala	17-11-2014

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

Jacqueline Maribel Tenesaca C.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

Certificado Por eliminar
 Aprobado Por calificar
 Por Aprobar Para información

NOTAS

Agua cruda muestreo 4

ANEXO XII RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA INVIERNO

INFORME DE RESULTADOS

Datos de la muestra:

Fuente: Chimpamba	Recoleccion por: Jacqueline Tenesaca
Fecha de recoleccion: 2014-05-14	Hora: 10:00-10:30
Muestra: Vertiente Agua Dosisificada concentracion 2% (Ensayo 2)	Fecha De Analisis: 2014-05-15
Parroquia: Puening San Particio	Localidad: Canton Guano

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
PARAMETROS	EXPRESADO	LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH*		6-9	7.80
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)		12
Turbidez	NTU	5	0.34
Temperatura*	°C	Condición natural +/-3grados	18.7
Sólidos Totales disueltos*	mg/l	500	155.5
Conductividad	µS/cm		324
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
PARAMETROS	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Hierro Total Fe ³⁺ *	mg/l	0.3	0.06
Manganeso Mn ²⁺	mg/l	0.4	0.205
Amoniacio N - amoniacal*	mg/l	1.0	0.09
Nitratos NO ₃ ⁻	mg/l	50	1.8
Nitritos NO ₂ ⁻	mg/l	0.02	0.01
Alcalinidad	mg/l	250-300	80
Sulfatos SO ₄ ²⁻ *	mg/l	250	5
Fluoruro F ⁻	mg/l	1.5	0.86
Fosfatos PO ₄ ³⁻	mg/l	0.3	0.116
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	300	60
Cloro Residual Cl ⁻	mg/l	0.3 - 1.5	0.80

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
PARAMETROS	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	0 UFC/100ml
Filtración por membrana			
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	0 UFC/100ml
Filtración por membrana			

Límites Permisibles:

* TTUAS Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua; Libro VI anexo 1

Norma Técnica Ecuadoriana NTE NEN 1108 Primera Edición (cuarta revisión)

CONCLUSIONES: Todos los parámetros se encuentran dentro del valor establecido por la Norma NEN
RECOMENDACIONES: Implementar el sistema de tratamiento

RESPONSABLE:



Bqf. Verónica Orozco M.
LABORATORIO DE AGUAS - GADMCG.



ANÁLISIS AGUA TRATADA

Lámina	Escala	Fecha
1	Sin escala	17-11-2014

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA
Jacqueline Maribel Tenesaca C.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por eliminar |
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Por calificar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar | <input type="checkbox"/> Para información |

NOTAS

Agua Tratada (Invierno)

ANEXO XIII RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA VERANO

INFORME DE RESULTADOS

Datos de la muestra:

Fuente: Chimpamba	Recorrido por: Jacqueline Tenesaca
Fecha de recolección: 2014-10-21	Hora: 10:00-10:30
Muestra: Vertiente Agua Dedicada concentración 1% (Ensayo 1)	Fecha De Analisis: 2014-10-22
Parroquia: Puziag San Patricio	Localidad: Cantón Guano

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
PARÁMETROS	EXPRESADO	LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH*	Unidades de abn aparente (pH-Co)	6-9	7,7
Color	NTU	15	10
Turbidez	°C	5	0,32
Temperatura*	Condición natural +/-3grados		19,5
Sólidos Totales disueltos*	mg/l	500	155,5
Conductividad	µS/cm		324
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Hierro Total Fe ³⁺ *	mg/l	0,3	0,040
Manganeso Mn ²⁺	mg/l	0,4	0,20
Amoniacal N - amoniacal*	mg/l	1,0	0,07
Nitratos NO ₃ ⁻	mg/l	50	1,4
Nitritos NO ₂ ⁻	mg/l	0,02	0,012
Alcalinidad	mg/l	250-300	75
Sulfatos SO ₄ ²⁻ *	mg/l	250	5,5
Fluoruro F ⁻	mg/l	1,5	0,79
Fosfatos PO ₄ ³⁻	mg/l	0,3	0,17
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	300	70
Cloro Residual Cl ⁻	mg/l	0,3 - 1,5	0,80

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO	RESULTADO
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia	0 UFC/100ml
Filtración por membrana		Ausencia	0 UFC/100ml
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia	0 UFC/100ml
Filtración por membrana		Ausencia	0 UFC/100ml

Límites Permisibles:


*NTUAS Norma de calidad ambiental y de desarga de efluentes: recurso agua Libro VI anexo 1

Norma Técnica Ecuadoriana NTE NEN 1108 Primera Edición (cuarta revisión)

CONCLUSIONES: Todos los parámetros se encuentran dentro del valor establecido por la Norma NEN.

RECOMENDACIONES: Aplicar el sistema para épocas de verano, esta concentración es más efectiva que las concentración al 2%

RESPONSABLE:


Bof. Verónica Orozco M.
LABORATORIO DE AGUAS - GADMCC.



NOTAS

Agua Tratada (verano)

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- | | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por eliminar |
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Por calificar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Por Aprobar | <input type="checkbox"/> Para información |

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

Jacqueline Maribel Tenesaca C.

ANÁLISIS AGUA TRATADA

Lámina	Escala	Fecha
1	Sin escala	17-11-2014