



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PARROQUIA
VALPARAISO DEL CANTON GUANO PROVINCIA DE
CHIMBORAZO”**

**TRABAJO DE TITULACION PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO
INGENIERO QUÍMICO**

AUTOR: DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE

TUTOR: ING. HUGO CALDERON

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

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

El Tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PARROQUIA VALPARAISO DEL CANTON GUANO PROVINCIA DE CHIMBORAZO " de responsabilidad de Dennys Paul Vallejo Vizhuete ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación:

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Hugo Calderón DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
NOTA DE TESIS	

Agradezco a Dios por darme el regalo de la vida, a la Virgen María Auxiliadora, por darme fortaleza en todo momento y más aún en los momentos difíciles.

A mis Padres Luis e Inés quienes me brindan su incondicional apoyo en todas las etapas de mi vida.

A mis hermanos Henry y Eleana a mi sobrino David por ser parte importante de mi vida.

Gracias a todos mis maestros, en especial Al Ing. Hugo Calderón director de Tesis, Ing. Mónica Andrade miembro del Tribunal de Tesis; A la Dra. Gina Alvarez, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias para lograr la realización de este trabajo de investigación.

Dennys Paul Vallejo V.

Este trabajo lo dedico a Dios, ya las mejores personas que me rodean, cuales hacen feliz mi diario caminar.

A mi familia, amigos, compañeros y profesores, quienes me apoyaron y confiaron en mí, con quienes he compartido buenos y malos momentos; a todos ellos mil gracias por su apoyo incondicional.

Dennys Paul Vallejo V.

“Yo, DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

af	Ancho del filtro
A	Sección requerida de los canales
Af	Área del filtro
Ao	Área de cada orificio
As	Área de sedimentación acelerada
B	Espesor de lámina o tabique
bp	Espesor de placas
B	Ancho del vertedero
Bs	Ancho del sedimentador
CU	Coefficiente de uniformidad de la arena
Ca	Altura de capa de agua
Cs	Altura de capa de soporte
Cv	Profundidad del canal del vertedero
D ₆₀	Percentil 60 del análisis granulométrico
D _{Te}	Diámetro de tubería entrada del filtro
D _{Ts}	Diámetro de la tubería salida del filtro
E	Espacio entre los tabiques y la pared del tanque
e _p	Distancia entre placas
f _s	Factor de seguridad
F	Numero de Froude
Fc	Altura de drenaje
g	Aceleración de la gravedad
G	Gradiente de velocidad
g/l	Gramos por litro
h	Perdida de energía en el resalto
h1	Profundidad supercrítica
h2	Profundidad subcritica
ha	Perdidas adicionales
hc	Profundidad critica de flujo
hab	Habitantes
H	Carga sobre el vertedero
K1	Consumo máximo diario
Kg	Kilogramos
Kg/dia	Kilogramos por día

lp	Longitud de placas
L	Longitud total recorrida por el agua
L'	Longitud relativa en la región de transición
La	Altura del lecho filtrante
Lc	Longitud relativa corregida
Lf	Longitud del filtro
Lj	Longitud de resalto
Lm	Longitud de salto
Lr	Longitud relativa del sedimentador
Ls	Longitud del área de sedimentación
l/día	Litros por día
l/hab* día	Litros por habitantes por día
l/s	Litros por segundo
m	Metros
min	Minutos
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
m ³ /día	Metros cúbicos por día
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
nf	Número de filtros
nL	Número de laterales por lado
nt	Intervalo de tiempo
NTU	Unidades de turbidez nefelométrica
NL	Número de laterales
Np	Número de placas
NRe	Número de Reynolds
P	Altura de la pared del vertedero
Pa	Población actual
Pcal	Cantidad de cal que se debe aplicar en el dosificador
Pf	Población futura
q	Caudal por unidad de ancho
Q	Caudal de diseño
Qmd	Caudal media diario
QMd	Caudal máximo diario
r	Tasa de crecimiento

s	Segundos
t	Tiempo de mezcla o retención
tl	Tiempo óptimo de lavado
trp	Tiempo de retención en las placas
trs	Tiempo de retención en el tanque de sedimentación
TE	Tamaño efectivo de la arena
v	Velocidad de flujo
v1	Velocidad del agua de salto
v2	Velocidad del agua en el resalto
ve	Velocidad del agua a través de la tubería de entrada
vl	Velocidad óptima de lavado
v _m	Velocidad media de resalto
v _s	Velocidad del agua a través de la tubería de salida
v _{sc}	Velocidad crítica de sedimentación
v _{so}	Carga superficial después de instalar las placas
V	Volumen de agua
V _{Ts}	Volumen del sedimentador
Zf	Altura del filtro
Zs	Altura del sedimentador
%	Porcentaje
θ	Angulo de inclinación del elemento de sedimentación
γ	Peso específico del agua
μ	Viscosidad del agua
μSiems/cm	Micro siems por centímetro

TABLA DE CONTENIDOS

	Pp.
RESUMEN	I
SUMMARY	II
INTRODUCCIÓN	III
ANTECEDENTES.....	IV
JUSTIFICACIÓN	V
OBJETIVOS	VI
<i>CAPITULO I.....</i>	<i>1</i>
<i>1 MARCO TEÓRICO</i>	<i>1</i>
1.1 El agua	1
1.1.1 Propiedades del agua	1
1.1.2 Beneficios del agua.....	1
1.2 Principales fuentes de agua	2
1.2.1 Fuentes subterráneas.....	2
1.2.1.1 Manantiales	2
1.2.1.2 Pozos	3
1.2.2 Fuentes superficiales	3
1.2.2.1 Ríos	3
1.2.2.2 Lagos y lagunas	4
1.2.3 Agua de lluvia	4
1.3 Pérdida de la calidad del agua.....	4
1.3.1 Fuentes de contaminación del agua	5
1.3.2 Tipos de fuentes de contaminación	5
1.3.2.1 Contaminantes naturales.....	5
1.3.2.2 Contaminantes de origen humano.....	6
1.3.3 Sustancias contaminantes del agua	6
1.3.3.1 Microorganismos Patógenos.....	6
1.3.3.2 Desechos Orgánicos	7
1.3.3.3 Sustancias Químicas Inorgánicas.....	7
1.3.3.4 Nutrientes Vegetales Inorgánicos	7
1.3.3.5 Compuestos Orgánicos	7

1.3.3.6	Sedimentos Y Materiales Suspendidos.....	7
1.3.3.7	Sustancias Radioactivas.....	7
1.3.3.8	Contaminación Térmica	8
1.3.4	Efectos de la contaminación del agua	8
1.4	Agua potable.....	8
1.4.1	Características del agua potable	9
1.5	Agua entubada	9
1.5.1	Conducción del agua entubada	9
1.5.2	Contaminación del agua a través de la tubería	10
1.6	Calidad del agua.....	11
1.6.1	Características físicas:	11
1.6.2	Características químicas:	13
1.6.3	Características microbiológicas:	14
1.7	Caudal.....	16
1.7.1	Métodos de medición de caudales	16
1.7.1.1	Método del flotador.	16
1.7.1.2	Método volumétrico	17
1.7.1.3	Método de la trayectoria.	18
1.7.1.4	Vertederos	19
1.8	Muestreo	23
1.8.1	Tipos de muestreo.....	23
1.8.1.1	Muestra simple o puntual	23
1.8.1.2	Muestras periódicas	23
1.8.1.3	Muestras continuas	24
1.8.1.4	Muestras compuestas	24
1.9	Sistemas de potabilización del agua.....	24
1.9.1	Grados de tratamiento para la potabilización del agua	24
1.9.1.1	Operaciones unitarias para eliminación de contaminantes del agua.....	24
1.9.1.2	Límites de los parámetros de calidad según el grado de tratamiento	25
1.10	Procesos de potabilización del agua.....	29
1.10.1	Captación.....	29
1.10.2	Conducción.....	29
1.10.3	Tratamientos preliminares	30
1.10.3.1	Proceso de Aireación	30
1.10.3.2	Proceso de Mezcla Rápida.....	32

1.10.3.3	Proceso de Ablandamiento con Cal.....	33
1.10.3.4	Proceso de Coagulación.....	34
1.10.3.5	Proceso de Floculación.....	35
1.10.3.6	Proceso de Sedimentación.....	37
1.10.3.7	Proceso de Filtración.....	37
1.10.3.8	Proceso de Desinfección.....	40
1.10.3.9	Prueba de jarras.....	41
1.11	Diseño.....	42
1.11.1	Caudal de diseño.....	42
1.11.1.1	Población de diseño.....	42
1.11.1.2	Nivel de complejidad del sistema de la Planta.....	42
1.11.1.3	Dotación neta.....	43
1.11.1.4	Dotación bruta.....	43
1.11.1.5	Caudal medio diario.....	44
1.11.1.6	Caudal máximo diario.....	44
1.11.1.7	Caudal Máximo Horario.....	45
1.11.1.8	Caudal de Diseño.....	45
1.11.2	MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR.....	46
1.11.2.1	Profundidad del Canal del Vertedero.....	46
1.11.2.2	Ancho del Vertedero.....	47
1.11.2.3	Caudal por unidad de ancho del vertedero.....	47
1.11.2.4	Profundidad crítica de flujo.....	47
1.11.2.5	Longitud del salto.....	48
1.11.2.6	Profundidad supercrítica.....	48
1.11.2.7	Velocidad del agua en el salto.....	48
1.11.2.8	Número de Froude.....	49
1.11.2.9	Profundidad subcrítica.....	49
1.11.2.10	Velocidad del agua en el resalto.....	49
1.11.2.11	Pérdida de energía en el resalto.....	50
1.11.2.12	Longitud del resalto, para resalto estable.....	50
1.11.2.13	Velocidad media en el resalto.....	50
1.11.2.14	Tiempo de mezcla.....	51
1.11.2.15	Gradiente de velocidad.....	51
1.11.2.16	Criterios complementarios.....	51
1.11.3	Dosificación de cal.....	52
1.11.3.1	Volumen de la tolva contenedora de cal.....	53

1.11.4	Sedimentador laminar.....	53
1.11.4.1	Carga Superficial.....	53
1.11.4.2	Área de sedimentación acelerada	54
1.11.4.3	Longitud del área de sedimentación acelerada	54
1.11.4.4	Longitud relativa del sedimentador	54
1.11.4.5	Longitud relativa en la región de transición	55
1.11.4.6	Longitud relativa corregida	55
1.11.4.7	Velocidad crítica de sedimentación.....	55
1.11.4.8	Número de Reynolds.....	56
1.11.4.9	Volumen del sedimentador.....	56
1.11.4.10	Tiempo de retención en el tanque de sedimentación.....	56
1.11.4.11	Número de placas	57
1.11.4.12	Criterios complementarios	57
1.11.5	Filtro rápido.....	58
1.11.5.1	Número de filtros	58
1.11.5.2	Área del filtro	59
1.11.5.3	Coefficiente mínimo de costo.....	59
1.11.5.4	Longitud del filtro	59
1.11.5.5	Ancho del filtro	60
1.11.5.6	Composición del lecho filtrante	60
1.11.5.7	Altura del filtro	60
1.11.5.8	Drenaje del Filtro	61
1.11.5.9	Tubería de entrada al filtro	62
1.11.5.10	Tubería de salida del filtro	62
1.11.5.11	Sistema de lavado del filtro	62
1.11.5.12	Criterios Complementarios	63
1.11.6	Desinfección.....	64
1.11.6.1	Peso de cloro necesario	64
1.11.6.2	Volumen del Tanque Hipoclorador	65
1.11.6.3	Volumen del Tanque Reservorio de Agua Tratada.....	65
1.11.6.4	Altura del Tanque Reservorio de Agua Tratada.	65
1.11.6.5	Criterios complementarios.	66
<i>CAPITULO II</i>		67
2	<i>ARTE EXPERIMENTAL</i>	67
2.1	Muestreo	67

2.2	Metodología	68
2.2.1	Metodología de trabajo	68
2.2.2	Tratamiento de muestras	68
2.3	Métodos y técnicas.....	68
2.3.1	Métodos	68
2.3.2	Técnicas	71
2.3.2.1	Técnica para el cálculo del color	72
2.3.2.2	Técnica para el cálculo del potencial de hidrógeno ph	73
2.3.2.3	Técnica para el cálculo de la conductividad	74
2.3.2.4	Técnica para el cálculo de la turbidez	75
2.3.2.5	Técnica para el cálculo de cloruros	76
2.3.2.6	Técnica para el cálculo de dureza.....	77
2.3.2.7	Técnica para el cálculo de calcio.....	78
2.3.2.8	Técnica para el cálculo de magnesio	79
2.3.2.9	Técnica para el cálculo de alcalinidad	80
2.3.2.10	Técnica para el cálculo de sulfatos	81
2.3.2.11	Técnica para el cálculo de amonios.....	82
2.3.2.12	Técnica para el cálculo de nitritos	83
2.3.2.13	Técnica para el cálculo de nitratos	84
2.3.2.14	Técnica para el cálculo de hierro.....	85
2.3.2.15	Técnica para el cálculo de fluoruros.....	86
2.3.2.16	Técnica para el cálculo de fosfatos.....	87
2.3.2.17	Técnica para el cálculo de solidos totales.....	88
2.3.2.18	Técnica para el cálculo de sólidos disueltos	89
2.3.2.19	Técnica para el cálculo de contaminación microbiológica	90
2.4	Datos experimentales	91
2.4.1	Caracterización del agua cruda	91
2.4.1	Parámetros fuera de los límites permisibles	92
2.4.2	Ubicación y situación actual de la parroquia valparaíso.....	94
2.4.2.1	Ubicación de la Parroquia Valparaíso.	94
2.4.2.2	Situación Actual de la Parroquia Valparaíso	95
CAPITULO III.....	101
3	DISEÑO	101
3.1	Pruebas de tratabilidad	101
3.1.1	Prueba de jarras.....	101

3.2	Cálculo	105
3.2.1	Caudal de diseño.....	105
3.2.1.1	Cálculo de la población futura.....	105
3.2.1.2	Determinación del nivel de complejidad del sistema.....	106
3.2.1.3	Cálculo de la dotación neta mínima	107
3.2.1.4	Cálculo de la dotación bruta.....	107
3.2.1.5	Cálculo del caudal medio diario	108
3.2.1.6	Cálculo del caudal máximo diario	108
3.2.1.7	Cálculo del caudal máximo horario.....	109
3.2.1.8	Cálculo del caudal de diseño.	110
3.2.2	Dimensionamiento del vertedero rectangular.....	110
3.2.2.1	Cálculo de la profundidad del canal del vertedero.....	110
3.2.2.2	Cálculo del ancho del vertedero	111
3.2.2.3	Cálculo del caudal por unidad de ancho del vertedero	111
3.2.2.4	Cálculo de la profundidad crítica de flujo	112
3.2.2.5	Cálculo de la longitud del salto	112
3.2.2.6	Cálculo de la profundidad supercrítica	112
3.2.2.7	Cálculo de la velocidad del agua en el salto	113
3.2.2.8	Cálculo del Número de Froude	113
3.2.2.9	Cálculo de la profundidad subcrítica	114
3.2.2.10	Cálculo de la velocidad del agua en el resalto	114
3.2.2.11	Cálculo de la pérdida de energía en el resalto	115
3.2.2.12	Cálculo de la longitud del resalto para resalto estable.	115
3.2.2.13	Cálculo de la velocidad media en el resalto.....	116
3.2.2.14	Cálculo del tiempo de mezcla	116
3.2.2.15	Cálculo del gradiente de velocidad.....	117
3.2.3	Cálculo de la dosificación de cal.....	119
3.2.3.1	Cálculo del volumen de la tolva contenedora de cal.....	119
3.2.4	Dimensionamiento del sedimentador laminar	122
3.2.4.1	Cálculo de la carga superficial.	122
3.2.4.2	Cálculo del área de sedimentación acelerada	122
3.2.4.3	Cálculo de la longitud del área de sedimentación acelerada.....	123
3.2.4.4	Cálculo de la longitud relativa del sedimentador.....	123
3.2.4.5	Cálculo de la longitud relativa en la región de transición.....	124
3.2.4.6	Cálculo de la longitud relativa corregida.....	124
3.2.4.7	Cálculo de la velocidad crítica de sedimentación	125
3.2.4.8	Cálculo del Número de Reynolds.....	126

3.2.4.9	Cálculo del volumen del sedimentador	126
3.2.4.10	Cálculo del tiempo de retención en el tanque de sedimentación.....	127
3.2.4.11	Cálculo del número de placas.....	127
3.2.5	Dimensionamiento del filtro rápido de arena	130
3.2.5.1	Cálculo del número de filtros	130
3.2.5.2	Cálculo del área del filtro	130
3.2.5.3	Cálculo del coeficiente de mínimo costo.....	131
3.2.5.4	Cálculo de la longitud del filtro.....	131
3.2.5.5	Cálculo del ancho del filtro	132
3.2.5.6	Cálculo de la altura del filtro	132
3.2.5.7	Sistema de drenaje	133
3.2.5.8	Tubería de entrada al filtro	134
3.2.5.9	Cálculo de la tubería de salida del filtro	135
3.2.5.10	Cálculo del sistema de lavado del filtro.....	135
3.2.6	Dimensionamiento del proceso de desinfección.	138
3.2.6.1	Cálculo del peso de cloro necesario	138
3.2.6.2	Cálculo del volumen del hipoclorador.....	138
3.2.6.3	Cálculo del volumen del tanque reservorio de agua tratada.	139
3.2.6.4	Calculo de la altura del tanque reservorio de agua tratada.....	139
3.3	Resultados de los procesos de potabilización	141
3.3.1	Caudal de diseño.....	141
3.3.2	Vertedero rectangular	141
3.3.3	Sedimentador laminar	142
3.3.4	Filtro rápido de arena.....	143
3.3.5	Desinfección.	143
3.4	Resultados de los análisis físico – químicos y microbiológicos agua tratada	144
3.5	Análisis y discusión de resultados	146
3.6	Propuesta de diseño del sistema de potabilización de agua para la Parroquia Valparaíso del Cantón Guano.....	157
3.7	Análisis económico.....	159
3.7.1	Costo de inversión.	159
3.7.2	Costo de operación	162
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	163
	CONCLUSIONES.....	163

RECOMENDACIONES	164
<i>BLIBIOGRAFIA</i>	165
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Parámetros más importantes del agua potable	15
Tabla 1.2	Cálculo del caudal Método de la trayectoria	19
Tabla 1.3	Valores Característicos de C_d	21
Tabla 1.4	Procesos unitarios en función de los contaminantes presentes	25
Tabla 1.5	Parámetros del agua cruda que determinan el grado de tratamiento	26
Tabla 1.6	Procesos unitarios referidos a cada grado de tratamiento.....	27
Tabla 1.7	Población y tasas de crecimiento interesal.....	42
Tabla 1.8	Nivel de complejidad del sistema	43
Tabla 1.9	Dotación neta.....	43
Tabla 1.10	Pérdidas técnicas	44
Tabla 1.11	Valores de K_1	45
Tabla 1.12	Datos Adicionales Caudal.....	45
Tabla 1.13	Propiedades Físicas del Agua a 1 Atmósfera	51
Tabla 1.14	Parámetros para el diseño de vertederos Rectangulares	52
Tabla 1.15	Parámetros de diseño de sedimentadores laminares.....	57
Tabla 1.16	Parámetros de diseño de las placas planas de asbesto – cemento.....	57
Tabla 1.17	Valores de S_c Típicos.....	58
Tabla 1.18	Viscosidad Cinemática del Agua a 1 Atmósfera.....	58
Tabla 1.19	Parámetros de Diseño de Filtros Rápidos de Arena	63
Tabla 1.20	Parámetros de Diseño de laterales	64
Tabla 1.21	Velocidades de Diseño para tuberías del filtro.....	64
Tabla 1.22	Demanda de cloro para Aguas	66
Tabla 1.23	Parámetros para el diseño de tanques.	66
Tabla 2.1	STANDARD METHODS *2310 A y B	67
Tabla 2.2	Métodos de Análisis del Agua	68
Tabla 2.3	MÉTODO HACH - Color	72
Tabla 2.4	STANDARD METHODS *4500 HB	73
Tabla 2.5	STANDARD METHODS *2510	74
Tabla 2.6	STANDARD METHODS *2130 B.....	75
Tabla 2.7	STANDARD METHODS *4500 Cl B	76
Tabla 2.8	STANDARD METHODS *2340 B Y C	77
Tabla 2.9	STANDARD METHODS *3500 Ca	78
Tabla 2.10	STANDARD METHODS *4500 Mg.....	79
Tabla 2.11	STANDARD METHODS *4500	80
Tabla 2.12	STANDARD METHODS *4500 SO_4 E.....	81

Tabla 2.13	STANDARD METHODS *4500	82
Tabla 2.14	STANDARD METHODS *4500 NO ₂	83
Tabla 2.15	MÉTODO HACH* Nitrato RA PP.....	84
Tabla 2.16	MÉTODO HACH* FerroVer.	85
Tabla 2.17	MÉTODO HACH* SPANDS.....	86
Tabla 2.18	MÉTODO HACH* PoshVer	87
Tabla 2.19	STANDARD METHODS *2540	88
Tabla 2.20	MÉTODO HACH* SD.....	89
Tabla 2.21	STANDARD METHODS MICROBIOLÓGICOS.....	90
Tabla 2.22	Análisis Físico – Químico del Agua Cruda Parroquia Valparaíso	91
Tabla 2.23	Análisis Microbiológico del Agua Cruda Parroquia Valparaíso	92
Tabla 2.24	Parámetros Físico – Químicos Fuera de Norma.....	92
Tabla 3.1	Resultado de las Pruebas de Jarras.....	102
Tabla 3.2	Proyección de la población futura.....	105
Tabla 3.3	Resultados del Caudal de Diseño.....	141
Tabla 3.4	Resultados de Vertedero Rectangular	141
Tabla 3.5	Resultados de Sedimentador Laminar.....	142
Tabla 3.6	Resultados de Filtro Rápido de Arena	143
Tabla 3.7	Resultados de los cálculos de desinfección.....	143
Tabla 3.8	Resultados del tanque reservorio de agua tratada.	143
Tabla 3.9	Análisis Físico – Químico del Agua Tratada	144
Tabla 3.10	Análisis Microbiológico del Agua Tratada	145
Tabla 3.11	Rendimiento del proceso de Potabilización	156
Tabla 3.12	Costo de Equipos y Accesorios	159
Tabla 3.13	Costo de Instalación Hidráulica y Mano de Obra	161
Tabla 3.14	Costo Total de Inversión.....	161
Tabla 3.15	Costo de Operación.	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Método del Flotador.....	17
Figura 1.2	Método Volumétrico	18
Figura 1.3	Método de la Trayectoria	18
Figura 1.4	Vertedero Rectangular	20
Figura 1.5	Vertedero Triangular.....	22
Figura 1.6	Vertedero Trapezoidal.....	23
Figura 1.7	Aireadores típicos de bandejas	30
Figura 1.8	Mezcladores rápidos mecánicos	32
Figura 1.9	Mezcladores rápidos hidráulicos	33
Figura 1.10	Floculador hidráulico de flujo horizontal	36
Figura 1.11	Floculador mecánico de paletas	36
Figura 1.12	Sedimentador simple.....	37
Figura 1.13	Filtro lento de arena	38
Figura 1.14	Filtro Rápido.....	39
Figura 1.15	Configuración del resalto en un vertedero rectangular	46
Figura 2.1	Ubicación de Valparaíso	94
Figura 2.2	Situación actual de Valparaíso.	95
Figura 3.1	Prueba de Jarras con Cal	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 2.1	Parámetros Físicos - Químicos Fuera de Norma.....	93
Grafico 3.1	Cal vs Dureza	103
Grafico 3.2	Dimensiones del Vertedero Rectangular.....	118
Grafico 3.3	Dimensionamiento tolva de Cal.....	121
Grafico 3.4	Dimensiones del Sedimentador Laminar.	129
Grafico 3.5	Dimensiones del Filtro Rápido de Arena	137
Grafico 3.6	Dimensionamiento del tanque reservorio del agua tratada.....	140
Grafico 3.7	Color Agua Cruda vs. Agua Tratada.....	147
Grafico 3.8	pH Agua Cruda vs. Agua Tratada.....	147
Grafico 3.9	Turbiedad Agua Cruda vs. Agua Tratada	148
Grafico 3.10	Calcio Agua Cruda vs. Agua Tratada	148
Grafico 3.11	Magnesio Agua Cruda vs. Agua Tratada	149
Grafico 3.12	Amonios Agua Cruda vs. Agua Tratada	149
Grafico 3.13	Nitritos Agua Cruda vs. Agua Tratada	150
Grafico 3.14	Nitratos Agua Cruda vs. Agua Tratada.....	150
Grafico 3.15	Hierro Agua Cruda vs. Agua Tratada	151
Grafico 3.16	Fluoruros Agua Cruda vs. Agua Tratada	151
Grafico 3.17	Fosfatos Agua Cruda vs. Agua Tratada	152
Grafico 3.18	Alcalinidad Agua Cruda vs. Agua Tratada	152
Grafico 3.19	Bicarbonatos Agua Cruda vs. Agua Tratada.....	153
Grafico 3.20	Sulfatos Agua Cruda vs. Agua Tratada.....	153
Grafico 3.21	Cloruros Agua Cruda vs. Agua Tratada.....	154
Grafico 3.22	Dureza Agua Cruda vs. Agua Tratada	154
Grafico 3.23	Conductividad Agua Cruda vs. Agua Tratada	155
Grafico 3.24	Solidos Totales Agua Cruda vs. Agua Tratada	155
Grafico 3.25	Solidos Disueltos Agua Cruda vs. Agua Tratada.....	156
Grafico 3.26	Diagrama de bloques del sistema de potabilización propuesto.	158

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108:2011 AGUA POTABLE. REQUISITOS
ANEXO B	PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA A 1 ATMÓSFERA.
ANEXO C	PROCEDIMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CAL
ANEXO D	PROCEDIMIENTO PARA EL LAVADO DEL FILTRO RÁPIDO DE ARENA
ANEXO E	PROCEDIMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORO
ANEXO F	RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA CRUDA – M1
ANEXO G	RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA CRUDA – M2`
ANEXO H	RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA CRUDA – M3
ANEXO I	RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA
ANEXO J	FICHA TÉCNICA CAL T-30 > 60 % OXIDO DE CALCIO
ANEXO K	FICHA TÉCNICA CAL T-30 > 80 % HIDRÓXIDO DE CALCIO
ANEXO L	ABLANDAMIENTO CON CAL
ANEXO M	FILTRACIÓN CON ARENA
ANEXO N	RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA TRATADA

ANEXO O	RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA
ANEXO P	PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA
ANEXO Q	MEZCLADOR – VERTEDERO RECTANGULAR
ANEXO R	DOSIFICADOR GRAVIMÉTRICO DE CAL
ANEXO S	SEDIMENTADOR LAMINAR
ANEXO T	FILTRO RÁPIDO DE ARENA
ANEXO U	DESINFECCIÓN (TANQUE DE ALMACENAMIENTO)\
ANEXO V	ANÁLISIS DEL AGUA CRUDA Y TRATADA REALIZADO EN EL LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES DE LA UNACH (Universidad Nacional de Chimborazo).

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo diseñar un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la Parroquia Valparaíso, Cantón Guano, Provincia de Chimborazo.

Se realizó la caracterización del agua cruda, que corresponde a los análisis físico – químicos y microbiológicos, para lo cual se empleó procedimientos espectrofométricos, volumétricos e instrumentales, también se tomó las debidas precauciones al realizar la recolección de muestras iniciales y realización de pruebas de jarra obteniendo una dosificación adecuada de cal, mismas que se efectuaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos, Facultad de Ciencias, ESPOCH.

En los resultados de la caracterización del agua inicial, se identificó seis parámetros físico – químicos que se encuentran por encima de los límites permisibles conforme la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”, siendo éstos: dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, bicarbonatos y solidos disueltos.

Se realizó el estudio para obtener un sistema de tratamiento adecuado, y se obtuvo resultados finales de: Dureza: 80,0 mg/l, calcio: 16 mg/l, magnesio: 15,6 mg/l, alcalinidad: 200 mg/l, bicarbonatos: 204 mg/l, solidos disueltos: 380,0 mg/l.

El diseño de la planta de tratamiento es el siguiente: un mezclador en vertedero rectangular de longitud: 0,662 m, ancho: 0,236 m, altura: 0,50 m; sedimentador laminar, longitud: 2,33 m, ancho: 2,40 m, profundidad: 3 m; filtro rápido de arena, longitud: 1,86 m, Ancho: 1,86 m, área: 3,46 m²; Tanque para la mezcla de cloro de altura: 3,21 m, volumen: 9,63 m³.

Se recomienda al GAD. de la Parroquia Valparaíso la aplicación del sistema de tratamiento propuesto el cual garantizará de agua de apta para el consumo.

Palabras claves:

< MUESTRA>< CARACTERIZACION>< NORMA NTE INEN 1108:2011><TRATABILIDAD DEL AGUA><DISEÑO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACION><PARROQUIA VALPARAISO>.

SUMMARY

The purpose of the following research is to design a treatment system for the purification water process at Valparaiso Parish located in Guano Canton, Chimborazo Province.

The characterisation of raw water was made through physicochemical and microbiological analysis by using espectrophotometric, volumetric and instrumental procedures. To collect the initial samples and for the development of jar test, the label precautions were adopted obtaining an appropriate dosage of lime. After that they were tested at Laboratory of Technical of Faculty of ESPOCH.

Six physicochemical parameters such as: water hardness, calcium, magnesium, alkalinity, bicarbonates and dissolved solids that are aver the allowed limits according to Drinking Quality for Human Consumption INEN – 1108 2011 were identified.

On the other hand it made a study to get a right treatment method so that, the final results were achieved: Water hardness: 80.0 mg / l, calcium: 16 mg / l, magnesium: 15.6 mg / l, alkalinity: 200 mg / l, bicarbonates: 204 mg / l, and dissolved solids: 380.0 mg/l.

The design of the treatment plant contains a rectangular landfill mixer tank whose length is 0.662 m, width: 0.236 m, height 0.50 m; plate settler, length 2.33 m, width 2.40 m, depth: 3 m; quick sand filter, length: 1.86 m, Width: 1.86 m, area: 3.46 m²; chlorine mixing tank, height: 3.21 m, volume: 9.63 m³.

Finally it recommends to GAD. Valparaiso Parish to apply the purposed treatment system which will ensure better quality water for human consumption.

Keywords:

<SAMPLE> <CHARACTERISATION> <NORM NTE, INEN 1108: 2011> <TREATMENT OF WATER> <PURIFICATION METHOD DESIGN> < VALPARAISO PARISH >.

INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido vital, por lo cual es importante consumir agua que cumpla con los estándares de calidad adecuados. Este líquido vital se encuentra amenazado por diferentes causas como son las climáticas y por la falta de cuidado del ser humano.

La Junta Parroquial de Valparaíso se encuentra interesada en mejorar la calidad de vida de sus pobladores, lo que ha servido de respaldo en la investigación de la calidad de agua que consumen los moradores de este sector y a su vez diseñar un sistema de tratamiento de potabilización para de esta manera ofrecer agua con características óptimas.

En el presente trabajo se expone el diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua de la Parroquia Valparaíso, cuya vertiente denominada Machay abastece con agua subterránea, natural sin ningún tipo de tratamiento, su transportación es realizada mediante tubería de polietileno desde la fuente hasta llegar a su distribución en la comunidad, ésta es transportada por la fuerza de gravedad.

Si no se realiza el respectivo tratamiento, este líquido vital no es muy aceptable para el consumo humano, ya que en la caracterización físico – química y microbiológica, se encontró que varios parámetros están por encima de los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”.

Se realizaron estudios de tratabilidad del agua, mediante la prueba de jarras para seleccionar el tratamiento más adecuado, el cual consta de tecnologías simples, de fácil operación y mantenimiento, que pueden ser adaptadas a las necesidades de la Parroquia, las pruebas de tratabilidad fueron realizadas en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Determinando el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”.

ANTECEDENTES

Valparaíso se convierte en parroquia con la aprobación de la Asamblea del año 1988, se encuentra ubicado al Norte del Cantón Guano, Provincia de Chimborazo, Sierra Centro.

La parroquia se encuentra limitada: al Norte, parroquia Santa Fe de Galán; Noroeste, parroquia Ilapo; Noroccidente, parroquia San Isidro; y al Sur, El cantón Guano.

Valparaíso, no dispone de agua potable debido a diversas causas: lejanía al Centro Urbano, falta de conocimiento del tema, etc. Por lo cual la parroquia se abastece de forma irregular de una vertiente denominada Machay, la misma que posee un caudal no permanente ya que depende de la cantidad de lluvia que exista de acuerdo al clima; este recurso natural es transportado por mangueras de polietileno que constantemente han sido reparadas por sus rupturas, lo cual genera la pérdida de calidad del agua, su recorrido es de 7 kilómetros aproximadamente hasta llegar a un tanque de almacenamiento de hormigón armado, su distribución a cada hogar llega a través de tubos galvanizados, los cuales mediante la corrosión de los mismos puede afectar a la salud de los pobladores, además poseen medidores de agua para su control de consumo, pagando a la Junta de Agua por el uso de este recurso natural.

JUSTIFICACIÓN

La importancia del agua potable para la satisfacción de las necesidades de los habitantes de la parroquia Valparaíso, es vital, por lo que deberá estar exento de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que puedan producir efectos fisiológicos o económicos. Su localización, almacenamiento, conducción, abastecimiento, y desecho son problemas que se deben enfrentar para la satisfacción de las demandas de los pobladores de la parroquia.

Se debe apoyar a la solución del problema mediante la realización de este proyecto que fomentará el aprovechamiento de este recurso hídrico para el buen vivir en todos sus aspectos: alimentación, vestuario, aseo personal, etc. Para alcanzar este objetivo es necesario la participación decidida de todos los actores sociales, institucionales y líderes de la comunidad que trabajan por el bienestar de cada uno de los ciudadanos de nuestra patria.

Con la construcción de un sistema de Agua Potable, se mejorará el nivel de salud de las familias de la parroquia Valparaíso, que a su vez se enmarca en el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la Parroquia Valparaíso del Cantón Guano Provincia de Chimborazo.

ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar la caracterización físico – química y microbiológica del agua entubada que consume la población de Valparaíso, identificando los parámetros de calidad; de acuerdo a la Norma NTE INEN 1108:2011. "Agua Potable. Requisitos".
- ✓ Identificar las variables que se encuentran fuera de límite de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización.
- ✓ Establecer el sistema de tratamiento de agua más adecuado, basándose en los parámetros identificados en la caracterización.
- ✓ Validar el diseño propuesto mediante la caracterización físico – química y microbiológica del agua después de su tratamiento, en base a los parámetros de calidad; de acuerdo a la Norma NTE INEN 1108:2011. "Agua Potable. Requisitos".

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 El agua

Es una molécula formada por tres átomos, uno de oxígeno y dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes.

Las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua, el 99.6% es salada y el 2.4% es dulce y de ésta el 77.9% está congelada en los casquetes polares y glaciares, un 21.4% es agua subterránea y el resto es una fracción muy pequeña que existe en los lagos, ríos y mares interiores. (FRANK, 1992)

1.1.1 Propiedades del agua.

- Cuando se encuentra a temperatura ambiente es un líquido insípido, inodoro e incoloro.
- En la naturaleza se encuentra en tres estados: sólido, líquido y gaseoso; pudiendo existir en un momento dado en equilibrio entre sus tres formas.
- Por su estructura molecular que es dipolo; y su constante dieléctrica que es muy alta, tiene la propiedad de disolver cualquier sustancia aunque sea en cantidades extremadamente pequeñas.
- En condiciones normales de presión y temperatura el punto de congelación de agua es de 0°C y su punto de ebullición de 100°C. (VILLEGAS, 2007)

1.1.2 Beneficios del agua

El agua es el componente más importante en todos los seres vivos, ya que es la molécula que se encuentra en mayor porcentaje en nuestro cuerpo y está involucrado en varias funciones vitales, nuestro cuerpo sin el agua no funcionaría adecuadamente.

Al agua se la conoce como disolvente universal, porque en ella se encuentran disueltas casi todas las sustancias que forman y nutren a nuestro cuerpo; también sirve para transportar todos

los nutrientes, remueve los materiales de desecho y participa en todas las reacciones que se llevan a cabo para producir energía. El agua también cumple con la función de mantener la temperatura corporal constante, independientemente de la temperatura del ambiente.

Perdemos una cantidad alta de agua provocando un desequilibrio de este control, cuando hace mucho calor o hacemos mucho ejercicio; y debemos consumir más líquidos de lo habitual para compensar la pérdida adicional que se produce a través de la respiración agitada y el sudor que provocan el ejercicio y el calor

(<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/110ConAg.htm>, 2015)

1.2 Principales fuentes de agua

Existen muchas fuentes de agua ya que una gran cantidad del planeta tierra está cubierto de agua, ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso. Es necesario tener en cuenta algunos requerimientos como la disponibilidad, la calidad del agua durante todo el año, los costos de operación y mantenimiento, para seleccionar la fuente de agua adecuada.

Entre las fuentes de abastecimiento de agua tenemos:

- Subterráneas: manantiales y pozos.
- Superficiales: lagos, ríos, etc.
- Pluviales: aguas de lluvia.

1.2.1 Fuentes subterráneas

Las fuentes subterráneas al estar protegidas, en algunos casos se encuentran libres de microorganismos patógenos y cumple con los parámetros necesarios para considerarla como potable, pero es necesario antes de su consumo realizar análisis físico-químico y microbiológico correspondiente.

1.2.1.1 Manantiales

Se denomina manantiales al flujo natural de agua, el cual surge del interior de la tierra. Este flujo puede aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos.

En la antigüedad se creía que las aguas subterráneas procedían del mar y que perdía su salinidad debido a que se filtra entre las rocas. En la actualidad se conoce que este tipo de agua es procedente de las lluvias producidas en el sector.

Existen dos tipos de manantiales estos pueden ser permanentes o intermitentes, también se los puede clasificar según su origen, puede surgir mediante el agua de lluvia que se filtra o tener un origen ígneo, lo cual da lugar a manantiales de agua caliente.

1.2.1.2 Pozos

Los pozos son considerados como pequeños depósitos de agua, en el cual el agua subterránea migra hacia el pozo, el agua de los pozos puede ser bombeada o recolectada mediante recipientes.

Para asegurar un abastecimiento continuo de agua en un pozo, se debe penetrar debajo del nivel freático. El nivel freático puede variar a lo largo del año, descendiendo en estaciones secas y elevándose en estaciones de lluvia.

Existen lugares como los desiertos en donde el agua superficial es muy escasa, y la única fuente de agua son los pozos. (LOPEZ, 2009)

1.2.2 Fuentes superficiales

El agua que se encuentra constituyendo los océanos es el 97 % del agua total que se encuentra en la superficie de la tierra, el 1 % se encuentra distribuido entre lagos, ríos, nevados, etc., conocida como agua dulce.

1.2.2.1 Ríos

Es una corriente continua de agua natural, la cual es transportada por acción de la gravedad de las partes altas a las bajas, y finalmente desemboca en los mares, lagos o se une a otros ríos, en este último caso se los llama afluente. También existen casos en donde termina en zonas desérticas donde el agua se pierde por filtración o evaporación. Se denomina riachuelo o arroyo a los ríos que son cortos y estrechos.

1.2.2.2 Lagos y lagunas

El agua de los lagos puede ser dulce o salada, se forman por el agua superficial que procede de los escurrimientos de la lluvia, la contiene una depresión de terreno, creada normalmente por fallas geológicas.

Existen también lagos artificiales, contruidos por el ser humano deteniendo el paso de un rio, arroyo o canal mediante la construcción de una presa con la finalidad de almacenar el agua para generar energía, evitar inundaciones, riegos, agua potable, turismo, etc.

Las lagunas son depósitos de agua similares a los lagos pero su diferencia es que tiene menor volumen que los lagos. Son más fáciles de realizar un sistema de tratamiento y generar agua para el consumo de los seres humanos.

1.2.3 Agua de lluvia

La cantidad de agua de lluvia se encuentra en forma de vapor contenida en las nubes depende de la temperatura del sector, tiende a ser menor en zonas frías y mayor en zonas tropicales, cuando la concentración de vapor supera un cuatro por ciento, el vapor se condensa y cae a la tierra en forma de lluvia o nieve. Este tipo de fuente de agua es esencial para que existan aguas superficiales y subterráneas. (LOPEZ, 2009)

1.3 Pérdida de la calidad del agua

La pérdida de la calidad del agua es un motivo de preocupación de nivel mundial, ya que es el líquido vital, y existe un gran crecimiento de la población humana, la baja de la calidad del agua depende de la expansión de la actividad industrial, la utilización de químicos en la zona agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

Muchas veces la contaminación se da de una fuente en contacto con otra, cuando existen dos corrientes de agua, la una de baja calidad y la otra de buena calidad y llegan a un punto donde se unen; la de baja calidad afecta directamente sobre la de buena calidad. (<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>, 2015)

1.3.1 Fuentes de contaminación del agua

Las actividades agrarias, urbanas o industriales que se realizan en las parroquias, comunidades, poblaciones, etc. Pueden ser las principales fuentes de contaminación del agua, además, se puede originar la salinización de acuíferos por sobreexplotación.

La principal fuente de contaminación del agua en una zona rural es la agrícola, cuyas prácticas agrícolas realizadas en el suelo, pueden provocar contaminación indirecta del agua, como es el uso de fertilizantes o abonos químicos u orgánicos.

Las actividades ganaderas son fuente de contaminación del agua subterránea, los residuos ganaderos como las heces sólidas y orines del ganado. (MAZARI, M, y otros, 2007)

1.3.2 Tipos de fuentes de contaminación

1.3.2.1 Contaminantes naturales

Dependiendo de la superficie por la que atraviesa el agua, se puede contaminar con componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera o el suelo entre las sustancias contaminantes más comunes tenemos:

- **Calcio y magnesio.-** El agua rica en calcio y magnesio se la conoce como agua dura, la característica que genera esta agua es minorar la eficiencia de los jabones, detergentes y productos los cuales generan espuma.
- **Fluoruro, hierro y cobre.-** En pequeñas concentraciones no son perjudiciales, pero en altas concentraciones afectan a la salud de los seres vivos que la consuman.
- **Cadmio y Plomo.-** Cuando existe la presencia de estos elementos, necesariamente se debe realizar el tratamiento del agua ya que estas son muy perjudiciales para la salud de los humanos incluso en concentraciones bajas.
- **Arsénico.-** Es común encontrar arsénico en las aguas subterráneas, cuando existe concentraciones de arsénico elevadas en el agua, puede llegar a intoxicar a quienes la consuman. La intoxicación del arsénico es gradual, ya que puede causar cáncer a la piel, vejiga y riñones entre otras enfermedades.

- **Fluoruro.-** En pequeñas concentraciones protege los dientes contra la caries y para generar resistencia ósea. Pero en altas concentraciones puede ser perjudicial para la salud de los seres vivos picaduras de los dientes y problemas esqueléticos graves que incluyen la fluorosis paralizante, anemia grave, rigidez de articulaciones y restricción del movimiento.

(<https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Fluoride-Contamination.html>, 20015)

1.3.2.2 Contaminantes de origen humano.

El agua la cual se encuentra en contacto con las actividades humanas se puede llegar a contaminar. Entre las actividades más comunes tenemos:

- **Agrícola y ganadera.-** Se contamina el agua como resultado del riego y labores como limpieza ganadera, las cuales generan grandes cantidades de estiércol y orines que son arrastradas por el agua.
- **Origen Doméstico.-** Son las sustancias que provienen de núcleos urbanos. las aguas que son ocupadas en las labores cotidianas de los seres humanos y son desechadas. pueden llegar a unirse con otra fuente de agua y también llegar a contaminarla.
- **Origen pluvial.-** Es el arrastre de la suciedad que se encuentra en el paso del agua lluvia, existen gases de las industrias o procesos generados por los humanos los cuales contaminan el agua.
- **Origen industrial.-** Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales, y cada industria debe estudiarse individualmente. Entre las industrias más importantes tenemos la minería: genera sólidos en suspensión, pH; Energía: Calor, productos químicos; Fertilizantes: Nitratos, fosfatos; Textil: cromo, colorantes, grasas ácidos, sólidos en suspensión; Pintura, barnices y tintas: Compuestos de Zn, Cr, Se, Mo, Ti, Sn, Ba, Co, etc.

1.3.3 Sustancias contaminantes del agua

1.3.3.1 Microorganismos Patógenos.

Este tipo de contaminantes afectan a la salud de los consumidores del agua, ya que el agua posee diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc.

1.3.3.2 Desechos Orgánicos

El agua la cual está contaminada con desechos orgánicos es porque en ella existe presencia de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganados, etc.

1.3.3.3 Sustancias Químicas Inorgánicas

Los contaminantes inorgánicos son: ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Cuando la concentración es alta dentro del agua pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer equipos.

1.3.3.4 Nutrientes Vegetales Inorgánicos

Es la presencia de nitratos y fosfatos los cuales son sustancias solubles en agua, estos nutrientes son necesarios para el desarrollo de las plantas, pero si se encuentran en cantidades excesivas esto provoca la eutrofización de las aguas.

1.3.3.5 Compuestos Orgánicos

Son sustancias producidas por el hombre, las cuales después de ser ocupadas son mal desechadas, poseen estructuras moleculares complejas por lo cual son difíciles de degradar por microorganismos.

1.3.3.6 Sedimentos Y Materiales Suspendidos

Son partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con algunos tipos de materia que se encuentran en suspensión en las aguas, son en términos de laboratorio masa total, este tipo de contaminación es el más común.

1.3.3.7 Sustancias Radioactivas

Este tipo de contaminación es creada por isótopos radiactivos solubles, pueden estar presentes en el agua y en ocasiones se acumulan a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

1.3.3.8 Contaminación Térmica

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales, eleva en ocasiones la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad contener oxígeno en el agua, lo cual afecta a la vida de los organismos acuáticos.

(<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/110ConAg.htm>, 2015)

1.3.4 Efectos de la contaminación del agua

- **Efectos físicos.-** Cuando el agua se encuentra contaminada sus efectos físicos son: proporciona mal olor, toma distintos colores, crea turbidez, se fermenta cambia de sabor, cambia de temperatura.
- **Efectos químicos.-** Cuando el agua se encuentra contaminada sus efectos químicos son: afecta a la vida acuática ya que disminuye la concentración necesaria de oxígeno en el agua, y en ocasiones también afecta los seres vivos que la consumen.
- **Efectos biológicos.-** Cuando el agua se encuentra contaminada sus efectos biológicos son: produce enfermedades o en ocasiones la muerte de los seres vivos que la consumen, así puede afectar también al hombre.

1.4 Agua potable

Al agua dulce que se la somete a un sistema de potabilización se la conoce como agua potable, ya que después de ser tratada los valores de caracterización físicos - químicos y microbiológicos son óptimos según la norma que se considere, y puede ser consumida sin ningún tipo de restricciones.

Las normas empleadas, fueron estudiadas previamente y poseen rango máximo y mínimo de características físicas – químicas y microbiológicas, que debe cumplir el agua para ser clasificada como potable.

Cuando algún parámetro del agua sale de los límites permisibles de la Norma deja de ser potable ya que presenta un riesgo para el uso o consumo de los seres vivos, existiendo en esta cierta cantidad de partículas no disueltas, elementos con toxicidad, virus o bacterias. El consumo de esta agua genera enfermedades y en ocasiones extremas la muerte.

1.4.1 Características del agua potable

El agua para ser caracterizada como agua potable debe cumplir con varias características básicas las cuales son:

- Color transparente o blanco.
- Debe ser limpia y fresca.
- No debe tener olor ni sabor más que el peculiar.
- No contener materia orgánica, ni en suspensión o en disolución.
- No contener microorganismos patógenos causantes de enfermedades.
- No contener sustancias como plomo, zinc, yodo, etc.; debido a que son perjudiciales para el ser humano.

1.5 Agua entubada

El agua entubada es transportada mediante tubos directamente del manantial o río, pero no pasa por un proceso de tratamiento, esto ahorra tiempo y dinero, pero pone en peligro la salud del ser humano.

Es un sistema de tuberías que actúan como medio de abastecimiento de agua. Lo cual implica a los sistemas de captación y conducción del agua hacia las viviendas. (http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/3502/4/BVCI0002407_1.pdf, 2015).

1.5.1 Conducción del agua entubada

Es necesario poseer un sistema de transporte del agua adecuado, con el fin de movilizarla desde

la fuente hasta la planta de potabilización, de existir una, y de la planta de tratamiento hasta el área de distribución. El transporte depende de la topografía y las condiciones locales, los sistemas de transporte pueden ser:

Conductos de flujo abierto como canales o acequias; y conductos cerrados como tuberías, en ocasiones una combinación de ambos, la transmisión del agua será bajo gravedad o mediante bombeo.

Para propósitos de abastecimiento público de agua, las tuberías son los medios más comunes de transmisión de agua, pero también se utilizan los canales, acueductos y túneles. (<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/020867/020867-19.pdf>, 2015)

1.5.2 Contaminación del agua a través de la tubería

Las tuberías que contienen agua durante largos trayectos pueden liberar moléculas tóxicas al agua.

- Las tuberías de cobre generan cloruros y sulfatos, los cuales son tóxicos, ya que provocan alteraciones digestivas e impregnaciones en los huesos.
- Las tuberías de hierro se corroen con facilidad, y esto fomenta la formación de biocapas; el crecimiento de microbios hierro-dependientes, como Legionella.
- Las tuberías de cemento se permeabilizan en suelos salinos, permitiendo la contaminación externa antes de que se detecten las averías.
- Los distintos materiales plásticos, sobre todo el PVC (policloruro de vinilo), el que es más utilizado por sus bajos costos y facilidad de manejo, Pero al llevar cloro en su composición, durante su producción, su uso y cuando se quema forma sustancias organocloradas, extremadamente tóxicas para el medio ambiente y para la salud de las personas.

Los plásticos en general, empleados para el transporte del agua tienen una vida útil promedio de 50 años, siempre y cuando reciban tratamiento adecuado durante su uso. (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n11/ajmar.html>, 2015)

1.6 Calidad del agua

La calidad de un ambiente acuático se puede definir como:

1. Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas.
2. La concentración y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua.

La calidad de agua presenta variaciones específicas y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua.

La calidad del agua se basa en dos factores natural y humano, sin importar la masa de agua, superficial o subterránea.

Cuando no existe un factor humano, la calidad del agua se encuentra evaluada por los factores naturales entre ellos tenemos: la lixiviación natural de la materia orgánica, los procesos atmosféricos de evaporación y sedimentación, los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física - química y biológica del agua.

Para saber la calidad del agua de una determinada fuente, se realiza una caracterización físicas - químicas y microbiológicas de una muestra de la misma y se la compara con los límites establecidos en las Normas correspondientes. (SIERRA, 2011)

1.6.1 Características físicas:

- **Turbiedad.-** La turbidez mide la intensidad de luz que puede atravesar el agua a ser tratada o ya tratada. Este proceso nos da el conocimiento de si existe o no existe materia suspendida y coloidal en el agua la cual interfiere con el paso de la luz a través del agua.

Cuando existe turbidez en el agua los resultados se dan en unidades de (UTN).

- **Color.-** Se encuentra ligado a la turbiedad, pero también puede presentarse como una característica independiente.

- **Color verdadero o color real:** Es debido a sustancias en solución. Se mide después de retirar las sustancias suspendidas.
- **Color aparente:** Mide el color debido a sustancias en solución y en suspensión.
- **Temperatura.-** La corriente de agua puede cambiar su temperatura por razones de cambios de climas que es de forma natural o también se puede dar un cambio de clima por la introducción de desechos industriales, las cuales puede reaccionar endotérmicamente o exotérmicamente. La temperatura se mide en °C, °K u °F
- **Conductividad.-** Es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, esto depende del tipo y de la cantidad de iones que contenga. La medida de la conductividad se expresa en $\mu\text{Siems/cm}$
- **Sólidos.-** En la mayoría de materiales líquidos existe materia sólida.
 - ❖ **Sólidos totales:** Son los residuos sólidos que quedan después de realizar un secado. En los sólidos totales se encuentra material disuelto y el suspendido, expresado en mg /l.
 - ❖ **Sólidos suspendidos:** Es el material sólido el cual no ha podido ser disuelto en el agua, expresado en mg /l.
 - ❖ **Sólidos disueltos:** Son sólidos que se encuentran disueltos en el agua pero a su vez estos pueden ser filtrables. Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Las unidades utilizadas para la medición de los sólidos totales y disueltos son mg/l.
 - ✓ **Sólidos volátiles:** Es la materia orgánica que se pierde después de una calcinación a 600°C.
 - ✓ **Sólidos fijos:** Es el residuo de la calcinación, materia inorgánica presente en la muestra estudiada.

- ✓ **Sólidos sedimentables:** El volumen de sólidos que sedimenta en una hora por cada litro de muestra.

1.6.2 Características químicas:

- **pH.-** El potencial de hidrogeno influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. No tiene efectos directos sobre la salud, pero puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección
- **Alcalinidad.-** Es la capacidad de la solución para neutralizar los ácidos, esto se debe a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.
Este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor. La alcalinidad del agua se expresa como mg/l.
- **Dureza.-** El agua dura es aquella que no permite que genere espuma el jabón esto se debe a la presencia de cationes multivalentes siendo los más importantes calcio y magnesio, que se encuentren presentes en el agua. La dureza se expresa en mg/l o ppm de carbonato de calcio.
- **Fosfatos.-** El fósforo y el nitrógeno son importantes como nutrientes especiales en procesos biológicos en aguas naturales. A los fosfatos se los encuentran como fosfatos orgánicos, ortofosfatos y fosfatos condensados que son piro, meta y polifosfatos. La presencia de fosfatos en agua se expresa en mg/l.
- **Sulfatos.-** Causa problemas en el mantenimiento y tratamiento del agua. Se lo encuentra en el agua como ion sulfato, su concentración varía entre concentraciones muy pequeñas hasta varios miles de mg/l. La oxidación de los sulfatos nos da sulfato de calcio y magnesio los cuales constituyen la dureza del agua en forma de dureza permanente. Cuando existe sulfato de magnesio el agua tiene un sabor amargo.
- **Hierro y Manganeso.-** Se encuentran presentes como iones de Fe^{++} y Mn^{++} .
El hierro Afecta al agua en su sabor, su presencia se nota cuando produce manchas sobre ropa blanca. También causa obstrucciones en la distribución, ocasionando turbiedad y el color del agua.

El manganeso en el agua ayuda al desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles. Las unidades utilizadas tanto para el hierro como para el manganeso son mg/l.

- **Nitritos y Nitratos.-** El nitrógeno, en el agua se lo encuentra como amoníaco, nitratos y nitritos. Los nitratos son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. Las unidades medición de nitritos y nitratos son mg/l.
- **Magnesio.-** Es uno de los minerales que junto con el calcio produce la dureza del agua. En cantidades importantes puede producir efectos laxantes. Las unidades utilizadas para su medición son mg/l.
- **Amonios.-** Las aguas de manantiales cálidos pueden contener concentraciones altas de amonio. La concentración en la que se encuentra el amonio en agua de consumo no representa riesgo para la salud del consumidor. El ion amonio presente en el agua se expresa en mg/l.
- **Fluoruros.-** La mayor parte de los fluoruros son de baja solubilidad, por ello la concentración de fluoruros en aguas naturales es normalmente baja. Las unidades utilizadas para su medición son mg/l.

1.6.3 Características microbiológicas:

- **Coliformes Totales.-** Generalmente se los encuentra en el medio ambiente, presentes en las plantas, en el suelo, en los animales, etc.
- **Coliformes Fecales.-** La presencia de estas bacterias indica que el agua se encuentra contaminada con excremento o con aguas servidas, y puede causar un gran daño a sus consumidores.

Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (ROMERO R. J., 2009)

Las unidades para medir la presencia de coliformes totales y fecales es UFC/100ml.

La tabla 1.1 expone cuales son los límites permisibles de los parámetros más importantes del agua potable, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 de los parámetros físico – químicos y microbiológicos.

Tabla 1.1 Parámetros más importantes del agua potable

Requisitos Físico – Químicos		
Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	(Pt-Co)	<15
Turbiedad	NTU	5
pH	-----	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg / l	500
Sólidos Totales	mg / l	1000
Inorgánicos		
Hierro	mg / l	0,3
Sulfatos	mg / l	200
Cloruros	mg / l	250
Nitratos	mg / l	40
Nitritos	mg / l	0,01
Calcio	mg / l	70
Magnesio	mg / l	30 -50
Conductividad	u Siems / cm	<1250
Dureza	mg / l	300
Bicarbonatos	mg / l	250 - 300
Alcalinidad	mg / l	250 – 300
Amonios	mg / l	< 0,50
Fluoruros	mg / l	< 1,5
Fosfatos	mg / l	< 0,30
Requisitos Microbiológicos		
Coliformes totales	NMP / 100 ml	Ausencia
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	Ausencia

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011. Agua Potable. Requisitos.

1.7 Caudal

El caudal es la cantidad de agua que logra pasar por un área en una cierta cantidad de tiempo, es decir es un volumen (litros, m³, etc.) de agua por unidad de tiempo (horas, minutos, segundos, etc.).

1.7.1 Métodos de medición de caudales

Los métodos más utilizados para medir el caudal son:

- Método del flotador
- Método volumétrico
- Método de la trayectoria
- Vertederos

1.7.1.1 Método del flotador.

Este método se lo utiliza en acequias, canales de riego, solo nos da un valor aproximado, por lo cual si se desea un valor más exacto se debe emplear otro tipo de método.

Para ejecutarlo, se necesita un flotador, el cual es cualquier objeto que pueda permanecer suspendido sobre el agua, y un cronometro para tomar el tiempo que transcurre en recorrer el flotador desde un punto hacia otro, conociendo la distancia entre los dos puntos.

Mediante disminuye la altura también disminuye la velocidad, teóricamente la capa más profunda, en contacto con el fondo, tiene una velocidad igual a cero, por lo cual se aplica un coeficiente de corrección del 85% para homogeneizar la velocidad de la corriente.

El caudal se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = 0,0085 * v * A$$

Ec. 1.1

Donde:

Q: Caudal, L/s

v: Velocidad superficial, m/s

A: Área de sección transversal, m²

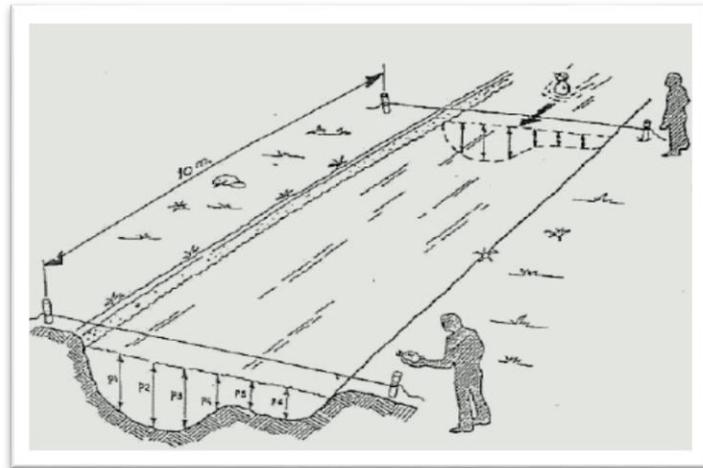


Figura 1.1 Método del Flotador

Fuente: http://www.revista-anales.es/web/n_9/seccion_7.html

Se recomienda realizar un mínimo de 5 pruebas para determinar el tiempo promedio, y tener una mayor exactitud en la medida.

1.7.1.2 Método volumétrico

Es un método que nos permite medir pequeños caudales, como los de surcos o acequias de agua, para ello es necesario utilizar un recipiente como puede ser un balde el cual conozcamos su volumen exacto, y un cronómetro para anotar el tiempo que tarda en llenarse, se realiza este proceso varias veces y se hace promedio para tener un caudal más exacto.

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

Ec. 1.2

Donde:

Q: Caudal, L/s

V: Volumen del recipiente, L

t: Tiempo que tarda en llenarse el recipiente, s

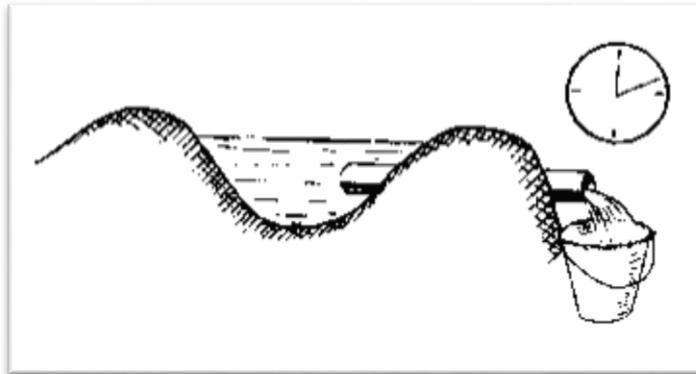


Figura 1.2 Método Volumétrico

Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/05/aforo-volumetrico.html>

1.7.1.3 Método de la trayectoria.

Este método es de gran utilidad para la medición de caudal de tuberías y bomba, es de operación rápida y fácil.

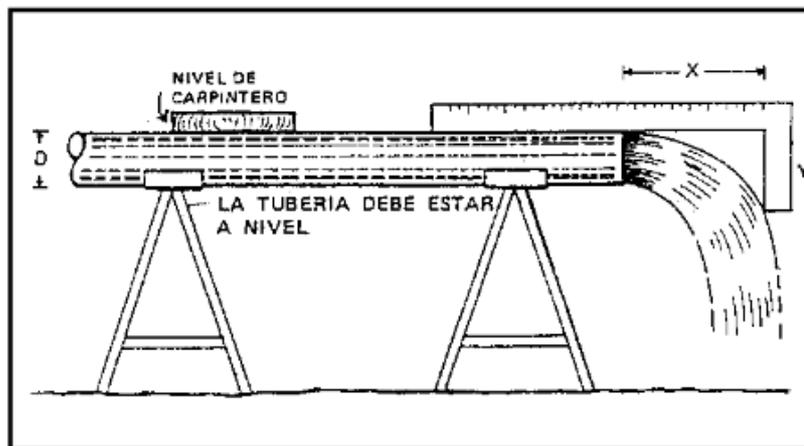


Figura 1.3 Método de la Trayectoria

Fuente: http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_50.pdf

El material que se utiliza es una escuadra como se muestra en la figura, la característica de ella es que uno de sus lados debe medir 25 cm (Y). La medición se realiza desplazando la regla hasta que el agua roce el extremo inferior. El lado "X" debe estar paralelo y apoyado en tubo, la tubería debe estar de forma horizontal, debe cuidarse que la tubería no tenga curvaturas y que esté llena de agua.

Se debe realizar algunas lecturas y después realizar un promedio de las mismas, también se necesita el diámetro del tubo. (VILLAVICENCIO, 2015)

Con estos dos valores se determina el caudal en la siguiente tabla:

Tabla 1.2 Cálculo del caudal Método de la trayectoria

Distancia de la trayectoria en cm (X)	Diámetro de la tubería en pulgadas						
	2"	3"	4"	5"	6"	8"	9"
5	0,4	1	1,8	2,7	4	7	11
7,5	0,7	1,5	2,6	4,1	5,1	10,6	16,5
10	0,9	2	3,5	5,5	7,9	14,1	22
12,5	1,1	2,5	4,4	6,9	9,9	17,6	27,4
15	1,3	3	5,3	8,3	11,8	21,2	33
17,5	1,5	3,5	6,2	9,6	13,9	24,6	38,6
20	1,8	4	7	11	15,8	28,2	44
22,5	2	4,4	7,9	12,4	17,8	31,6	49,5
25	2,2	4,9	8,8	13,8	19,8	35,2	55
27,5	2,4	5,4	9,7	15,1	21,8	38,6	60,5
30	2,6	5,9	10,6	16,5	23,7	42,3	66
35	3	6,9	12,4	19,2	27,7	49,4	77
40	3,5	7,9	14,2	22	31,7	56,4	88
45	4	8,9	15,7	24,8	35,7	63,5	99
50	4,4	9,9	17,7	27,5	39,6	70,5	110
55	4,8	10,9	19,4	30,2	43,6	77,5	121
60	5,3	11,9	21,2	33	47,5	84,5	132

Fuente: Rojas Romero

1.7.1.4 Vertederos

Este método es uno de los más eficientes y exactos, se los utiliza para medir el caudal de agua en canales abiertos.

Según la forma que adopte la sección por donde circula el agua, se clasifica a los vertederos en:

Vertedero rectangular.

Es uno de los más sencillos de construir, por esta razón es el que se utiliza a nivel predial, tiene un grado de error de 3 a 5 %.

Para calcular el caudal o gasto, se puede utilizar ecuaciones empíricas; una de las ecuaciones más utilizadas es la de Francis, la cual corresponde a un vertedero rectangular con contracción lateral.

$$Q_T = \frac{2}{3} \sqrt{2g} L \left(H + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2}$$

Ec. 1.3

Donde:

Q_T = caudal teórico.

L = longitud del vertedero

P = Altura del Vertedero

H = Carga Hidráulica sobre la cresta

v = velocidad de llegada al vertedero

g = aceleración debida a la fuerza de gravedad.

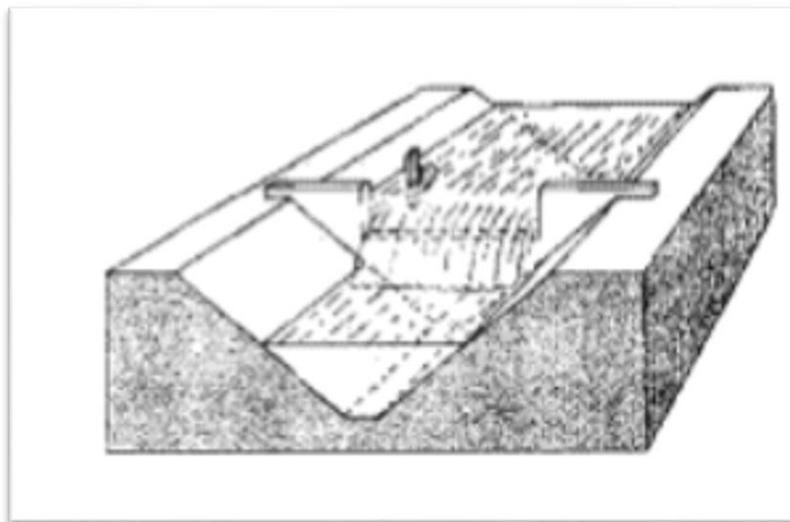


Figura 1.4 Vertedero Rectangular

Fuente: <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/13.htm>

Vertedero triangular

El vertedero triangular más utilizado es el que tiene 90° en su vértice inferior, o sea la escotadura forma un ángulo recto.

Este tipo de vertederos es muy eficiente, pero sin embargo tiene una gran pérdida de carga, motivo por el cual se utiliza para canales pequeños, menores de 110 L/s.

Para el cálculo de caudal en un vertedero triangular se aplica la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \left(\tan \frac{\beta}{2} \right) H^{5/2}$$

Ec. 1.4

Donde:

C_d = Coeficiente de descarga (tabla 1.3 Valores característicos de C_d)

H = Carga Hidráulica sobre la cresta

β = Apertura del vértice inferior.

Tabla 1.3 Valores Característicos de C_d

Angulo β	C_d
15°	0,52 – 0,75
30°	0,59 – 0,72
45°	0,59 – 0,69
60°	0,50 – 0,54
90°	0,50 - 0,60

Fuente: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/2_vertederos.pdf

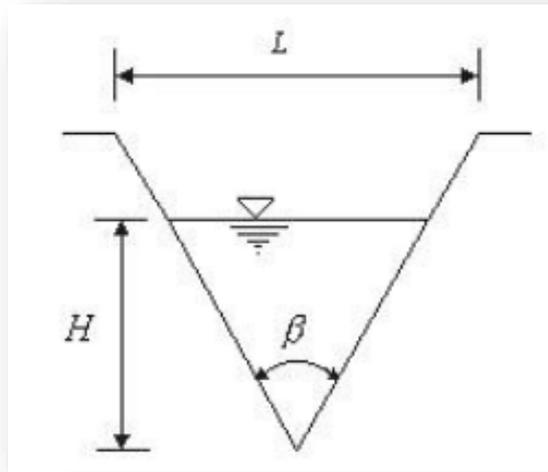


Figura 1.5 Vertedero Triangular

Fuente: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/2_vertederos.pdf

Si β es igual a 90° la Ec. 1.4 se reduce a:

$$Q = 1.4 H^{5/2}$$

Ec. 1.5

Donde:

H = carga hidráulica sobre la cresta.

Vertedero trapezoidal

Requiere que en su estructura el talud de sus lados sea 1:4. Este tipo de vertederos es de construcción más dificultosa que los vistos anteriormente, y no tienen ventajas significativas que lo destaquen, por esta razón es menos utilizado que los anteriores. (ROMERO R. J., 2006)

Para calcular el caudal en un vertedero trapezoidal se aplica la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \left(C_{d1} + \frac{4H}{5L} C_{d2} \tan \phi \right) LH^{3/2}$$

Ec.1.6

Donde:

C_{d1} = coeficiente de descarga, cuyos valores característico deben estar entre 0,55 y 0,65

C_{d2} = coeficiente de descarga (tabla 1.3 Valores característicos de C_d)

L = longitud de la cresta

θ = Angulo de inclinación de los lados respecto a la vertical

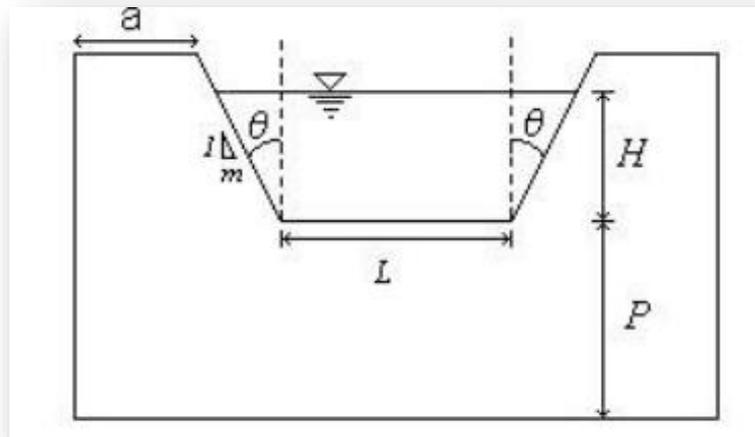


Figura 1.6 Vertedero Trapezoidal

Fuente: <http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/13.htm>

1.8 Muestreo

El muestreo consiste en las técnicas y métodos para extraer una porción representativa de una masa de agua con la finalidad de examinar las características de la misma.

1.8.1 Tipos de muestreo

1.8.1.1 Muestra simple o puntual

Son muestras las cuales se toma de forma individual, de manera manual o automática, para el agua en una superficie específica cualquiera. Se recomienda tomar muestras puntuales si el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes o si el uso de la muestra compuesta presenta diferencias con la muestra individual debido a la reacción entre las muestras.

1.8.1.2 Muestras periódicas

Muestras periódicas tomadas a intervalos de tiempo fijos, estas muestras se toman usando un mecanismo cronometrado para iniciar y finalizar la recolección del agua durante un intervalo de tiempo específico.

1.8.1.3 Muestras continuas

Muestras continuas tomadas a flujos fijos, las muestras tomadas por esta técnica contienen todos los constituyentes presentes durante un período de muestreo, pero en muchos casos no proporciona información de la variación de la concentración de parámetros específicos durante el período de muestreo.

1.8.1.4 Muestras compuestas

Las muestras compuestas se pueden obtener de forma manual o automática, se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas.

Las muestras compuestas suministran el dato de composición promedio. Por lo tanto, antes de mezclar las muestras se debe verificar que ese es el dato requerido o que los parámetros de interés no varían significativamente durante el período de muestreo. (INEN, 1998)

1.9 Sistemas de potabilización del agua

Las fuentes naturales de agua en ocasiones son distribuidas directamente al consumo humano, esto se da siempre y cuando cumpla con las normas físicas - química y microbiológicas apropiadas para el consumo de los seres vivos, evitando que exista su contaminación hasta llegar al consumidor. A la cual se denomina agua naturalmente potable.

Cuando el agua no es naturalmente potable, se realiza tratamientos correctores. El tratamiento corrector o potabilizador puede ser físico, químico o microbiológico o a su vez una mezcla de los tres. (FRANK, 1992)

1.9.1 Grados de tratamiento para la potabilización del agua

1.9.1.1 Operaciones unitarias para eliminación de contaminantes del agua.

Para eliminar componentes o impurezas se realiza un proceso unitario para lograr la potabilización del agua.

Tabla 1.4 Procesos unitarios en función de los contaminantes presentes

Tipo de Contaminante	Operación Unitaria
Sólidos gruesos	Desbaste
Partículas coloidales	Coagulación – Flocculación + Decantación o Filtración
Sólidos en suspensión	Decantación – Filtración
Materia orgánica	Preoxidación, Afino con carbono activado
Nitrógeno amoniacal	Preoxidación, Cloración al Breakpoint
Gérmenes patógenos	Desinfección
Metales no deseados (Fe, Mn)	Precipitación por Oxidación = Filtración
Sólidos Disueltos (Cl ⁻ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , K ⁺)	Osmosis Inversa

Fuente: Contaminación de Aguas y Procesos de Depuración. Potabilización del Agua.

1.9.1.2 Límites de los parámetros de calidad según el grado de tratamiento

El agua debe ser sometida a tratamientos de potabilización, para que cumpla con los parámetros de calidad necesarios, para que sea un agua óptima para el consumo de los seres humanos.

Los grados de tratamiento se clasifican en:

- **Tipo A1:** Tratamiento físico simple y desinfección.
- **Tipo A2:** Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.
- **Tipo A3:** Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección.

Tabla 1.5 Parámetros del agua cruda que determinan el grado de tratamiento de potabilización según r. D. 927/1988

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	-	6,5 – 8,5	5,5 – 9	5,5 – 9
Color	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en suspensión	mg / l	25	-	-
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad a 20 °C	S/cm	1000	1000	1000
Nitratos	mg / l	50	50	50
Fluoruros	mg / l	1,5	0,7 – 1,7	0,7 – 1,7
Hierro disuelto	mg / l	0,3	2	1
Manganeso	mg / l	0,05	0,1	1
Cobre	mg / l	0,05	0,05	1
Zinc	mg / l	3	5	5
Boro	mg / l	1	1	1
Ársenico	mg / l	0,05	0,05	0,1
Cadmio	mg / l	0,005	0,005	0,005
Cromo total	mg / l	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg / l	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg / l	0,01	0,01	0,01
Mercurio	mg / l	0,001	0,001	0,001
Bario	mg / l	0,1	1	1

Continuará

Continua

Cianuro	mg / l	0,05	0,05	0,05
Sulfatos	mg / l	250	250	250
Cloruros	mg / l	200	200	200
Detergentes	mg / l	0,2	0,2	0,5
Fosfatos	mg / l	0,4	0,7	0,7
Fenoles	mg / l	0,001	0,005	0,1
DQO	mg / l	-	-	30
Oxido disuelto	% satur	70	50	30
DBO ₅	mg / l	3	5	7
Nitrogeno Kjeldahl	mg / l	1	2	3
Amoniaco	mg / l	0,05	1,5	4
Coliformes Totales	100 ml	50	500	50000

Fuente: Contaminación de Aguas y Procesos de Depuración. Potabilización del Agua

Los procesos unitarios que corresponde cada grado de tratamiento serán los siguientes:

Tabla 1.6 Procesos unitarios referidos a cada grado de tratamiento

Grado de tratamiento	Composición del tratamiento	Descripción
Tipo A1	Tratamiento físico simple + Desinfección	Filtración rápida (sin reactivos) + Desinfección

Continuara

Continúa

<p>Tipo A2</p>	<p>Tratamiento físico normal + Tratamiento químico + Desinfección</p>	<p>Preoxidación + Coagulación – Floculación + Decantación + Filtración + Desinfección</p>
<p>Tipo A3</p>	<p>Tratamiento físico y químico intensos + Afino + Desinfección</p>	<p>Cloración al Breakpoint + Coagulación – Floculación + Decantación + Filtración + Afino con carbón activo u otro tratamiento de afino + Desinfección</p>

Fuente: Contaminación de Aguas y Procesos de Depuración. Potabilización del Agua
(http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf, 2015)

1.10 Procesos de potabilización del agua

1.10.1 Captación

El agua para potabilizar puede obtenerse de fuentes superficiales o fuentes subterráneas:

- **Aguas superficiales.**- Son las aguas que proviene de ríos, lagos, arroyos, entre otros. se encuentran más expuestas que las provenientes de pozo, por ello es tan importante el proceso de potabilización, previo a su consumo.
- **Aguas subterráneas.**- Son aguas que se hallan bajo la superficie del suelo, se las captan mediante pozos, por lo general son de buena calidad. Siempre y cuando sea química y microbiológicamente apropiada

1.10.2 Conducción

La conducción es transportar el agua desde la captación ya sea de fuentes subterráneas o superficiales, hasta la planta de potabilización, el agua se conduce por medio de acueductos o canales abiertos.

a) Acueducto:

Es un sistema o conjunto de sistemas de transportación que permite tener un flujo continuo de agua, este tipo de transportación es cerrado ya que conduce el agua mediante tuberías, desde la captación hasta sus puntos de consumo.

b) Canales abiertos:

Es un medio de transportación de agua abierto, los canales abiertos se utilizan en algunas ocasiones para conducir el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, pero nunca agua tratada.

Este tipo de canales tiene varias ventajas ya que permite emplear materiales baratos y ahorrar en la obra, pero a su vez tiene las siguientes desventajas:

- Hay que ajustarse al gradiente hidráulico del agua.

- Se producen pérdidas de agua por filtraciones y evaporación.
 - Existe peligro de contaminación del agua, especialmente en zonas pobladas o industriales.
 - En climas fríos puede generarse hielo que produce pérdidas de carga.
 - Perturbaciones en el canal por raíces de árboles o agujeros de roedores.
- (VILLEGAS, 2007)

1.10.3 Tratamientos preliminares

1.10.3.1 Proceso de Aireación

El proceso de aireación es una operación unitaria en donde se pone en contacto íntimo el agua que va a ser tratada con el aire, este proceso tiene el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en el agua cruda, a continuación se podrá observar una figura en la cual se representa un ejemplo de un aireador de bandeja típico.

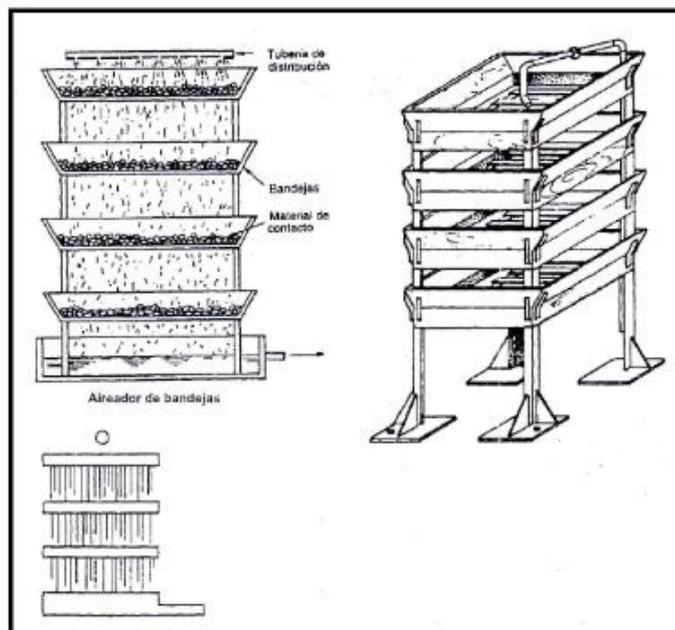


Figura 1.7 Aireadores típicos de bandejas

Fuente: Romero, J. Purificación del Agua. Aireación

La aireación se la aplica con el propósito de:

- Aumentar el OD
- Disminuir la concentración de CO₂
- Remover los gases de metano, cloro y amonio
- Oxidar hierro y magnesio
- Remover malos olores y sabores
- Remover compuestos orgánicos volátiles
- Disminuir la concentración de H₂S (ROMERO R. J., 2006)

Aireadores de caída del agua (agua en aire)

- **Aireadores de fuente o surtidores**

El área que ocupa este tipo de aireadores es grande, estos aireadores se los utiliza para la remoción de CO₂ y la adición de oxígeno. Consiste en una serie de toberas fijas, sobre una malla de tuberías, la cual dirige el agua con un ángulo inclinado, de tal manera que el agua se rompe en gotas pequeñas.

- **Aireadores de bandejas múltiples**

Consiste en una cantidad "n" de bandejas equipadas con llanuras, fondos perforados o malla de alambre, por donde pasa el agua y se deja caer en un tanque. Generalmente se emplean de tres a nueve bandejas, el espacio de bandeja a bandeja es de 30 a 75 cm. La altura del aireador de bandejas suele ser de 2 a 3 m.

La ventilación es muy importante en el diseño de los aireadores, se debe estudiar su localización. Los materiales adecuados para construir un aireador, suelen ser de metal inoxidable, aluminio, concreto o maderas resistentes.

- **Aireadores en cascadas**

Este tipo de aireadores deja caer el agua sobre escalones de concreto, permitiendo producir una pérdida de energía grande, cuando más grande sea el área horizontal, más completa es la aireación, y para ello se coloca salientes en los extremos de los escalones.

La carga de agua en estos aireadores puede ser de $10 - 30 \text{ l/s.m}^2$, u $864 - 2592 \text{ m}^3/\text{d}$, donde la carga hidráulica se aplica en la relación caudal aplicado y área horizontal del aireador, la altura de escalones es de 20 - 40 cm, y su altura total suele ser de 1 - 3 m.(ROMERO R. J., 2006)

1.10.3.2 Proceso de Mezcla Rápida

Es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar rápida y uniformemente sustancias químicas y gases con el agua.

- **Mezcladores rápidos mecánicos:** Este tipo de mezclador consta de tanques y equipos, se encuentran construidas con hélices, paletas, turbinas u otros elementos similares acoplados a un eje de rotación impulsado por una fuerza motriz cualquiera, de esa manera con un alto número de revoluciones se genera una mezcla propicia.

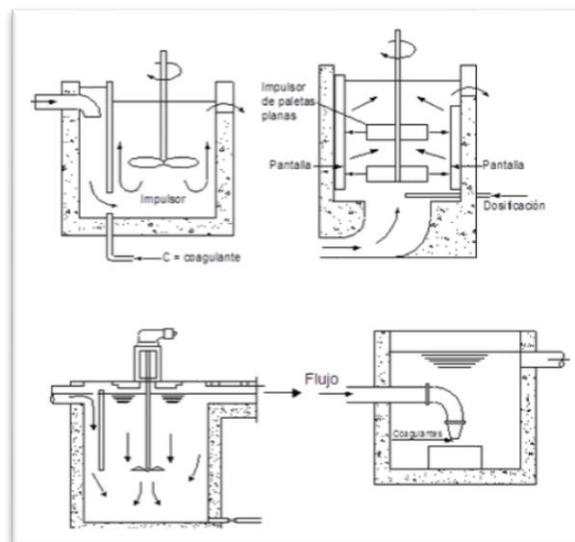


Figura 1.8 Mezcladores rápidos mecánicos

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Mezcla Rápida

- **Mezcladores rápidos hidráulicos:** Los mezcladores hidráulicos se utilizan cuando se dispone de suficiente cabeza o energía en el flujo de entrada. En general se usan resaltos hidráulicos, canaletas Parshall, dispersores de tubos perforados y tanques con baffles, para disipar energía en turbulencia y aprovecharla para la mezcla. (ROMERO R. J., 2006)

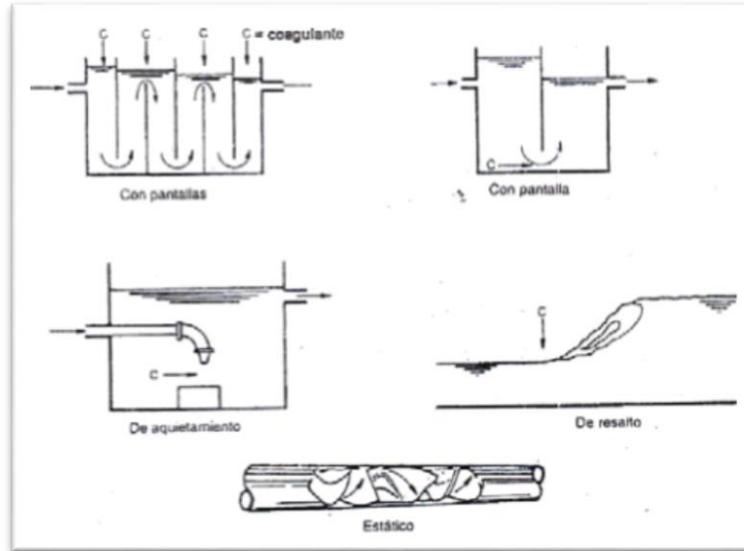


Figura 1.9 Mezcladores rápidos hidráulicos

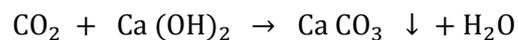
Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Mezcla Rápida

1.10.3.3 Proceso de Ablandamiento con Cal

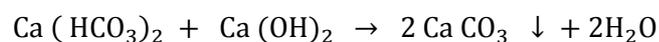
El método consiste en la precipitación del calcio como carbonato de calcio (CaCO_3), y el magnesio como hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), al añadir cal al agua, produce una reacción haciendo dichos compuestos en insolubles.

La cal remueve la dureza carbonácea y la dureza por magnesio. Adicionalmente, reacciona con el CO_2 presente en el agua, aumentando la dosis requerida

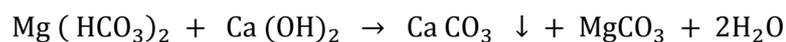
Las reacciones básicas del proceso son:



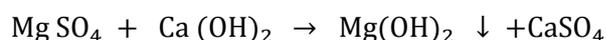
Rx.1.1



Rx.1.2



Rx.1.3



Rx.1.4

(<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/ablandamiento.pdf>, 2015)

1.10.3.4 Proceso de Coagulación

Es un proceso unitario, el cual causa la agregación de material suspendido no sedimentable y partículas coloidales del agua. Los coagulantes son los encargados de reducir las fuerzas repelentes entre partículas coloidales con el fin de formar partículas mayores de buena sedimentación.

Entre los coagulantes más utilizados se encuentran los siguientes:

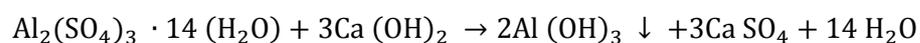
- ✓ **Sulfato de aluminio o Alumbre:** Es una sal ácida de aluminio que actúa como coagulante, dependiendo de su concentración y el pH del agua. El alumbre funciona mejor en el intervalo de pH de 5,5 – 7,0, puesto que esta sal produce protones en el proceso de hidrólisis, si el agua no tiene una alcalinidad adecuada será necesario añadir un producto alcalino para mantener el pH.

Con la alcalinidad:



Rx. 1.5

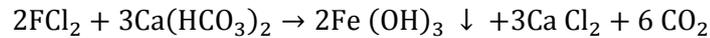
Al Añadir Cal:



Rx. 1.6

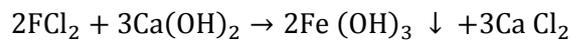
- ✓ **Cloruro Férrico:** Se usa principalmente en aguas residuales y no en aguas potables debido a que produce color.

Con la alcalinidad:



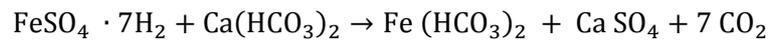
Rx.1.7

Al añadir cal:

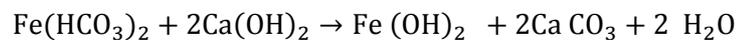


Rx.1.8

- ✓ **Sulfato Ferroso y Cal:** Se suministran en forma sólida y para que sea realmente eficaz, el sulfato ferroso debe oxidarse a la férrica.



Rx. 1.9



Rx. 1. 10

(VILLEGAS, 2007)

1.10.3.5 Proceso de Floculación

La floculación es un proceso químico en el que adicionamos sustancias floculantes, y esto produce que se aglutinen las sustancias coloidales presentes en el agua, y al aumentar el peso y el tamaño de las sustancias coloidales facilita su decantación y posterior filtrado.

El tanque en donde se realiza la mezcla se denomina floculador, la mezcla que se realiza en este debe ser lenta y suave, debe tener un tiempo de retención relativamente prolongado para así lograr la aglutinación de las sustancias coloidales presentes en el agua.

Los floculadores pueden ser mecánicos o hidráulicos:

- **Los floculadores mecánicos:** En su diseño tenemos paletas de grandes dimensiones y velocidad de mezcla baja. Los floculadores hidráulicos poseen una velocidad de flujo apropiada y un número apropiado de baffles, lo cual provee de una efectiva floculación.

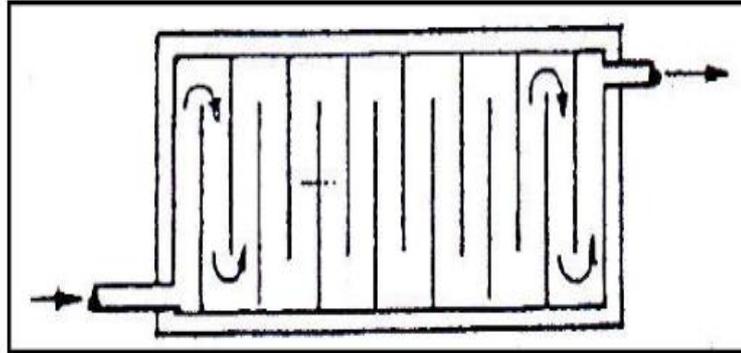


Figura 1.10 Floculador hidráulico de flujo horizontal

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

- **Los floculadores hidráulicos:** Tienen canales en forma de serpentina en los cuales se reduce la velocidad de ingreso del agua produciendo la mezcla.

El espaciamiento que debe tener entre los tabiques y la pared es igual a 1,5 veces la separación que se encuentra entre tabiques. Pero algunos autores sugieren un espaciamiento de 0,5 veces la separación entre tabiques. Ya que esto minimiza el efecto de flujo longitudinal sin crear bloques ni efecto de contraflujo en las curvas. (ROMERO R. J., 2006)

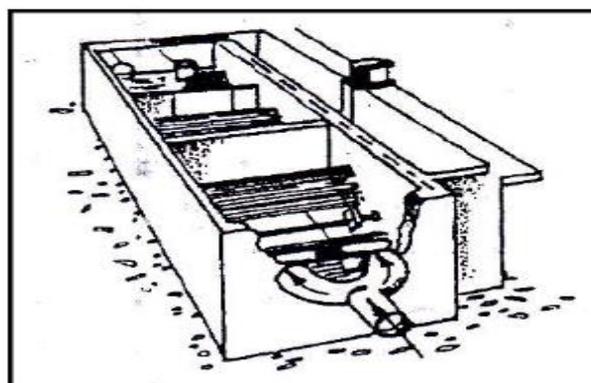


Figura 1.11 Floculador mecánico de paletas

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

1.10.3.6 Proceso de Sedimentación

La sedimentación también llamada clarificación o espesamiento, es la operación por la cual mediante la fuerza de la gravedad se logra la remoción de las partículas sólidas que se encuentran en suspensión. Existen dos formas de sedimentación: sedimentación simple y sedimentación después de coagulación y floculación o ablandamiento.

La sedimentación simple se la conoce como presedimentación reduce las cargas de sólidos antes de la coagulación. La sedimentación después de la adición de coagulantes y de la floculación se emplea para remover los sólidos sedimentables producidos por el tratamiento químico.

La capacidad de los decantadores o piletas que sirven para la decantación dependen del tamaño de la planta potabilizadora. En las piletas se produce la decantación del floc, el cual precipita al fondo del decantador formando barro.

Los sedimentadores en su tramo final poseen vertederos en los cuales se procede a captar la capa superior del agua ya que en esta zona posee menor turbiedad. (ROMERO R. J., 2006)

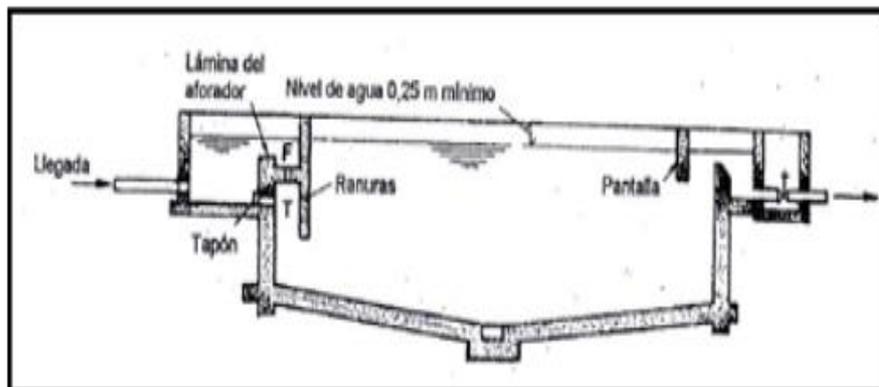


Figura 1.12 Sedimentador simple

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

1.10.3.7 Proceso de Filtración

Es una operación unitaria, en la cual se hace atravesar el agua por lechos de materiales granulares los cuales retienen los sólidos en suspensión y por lo cual permite solo el paso del agua y no el de las partículas contaminantes, este proceso nos permite retirar las partículas que no se han sedimentado. La filtración puede realizarse sin o con tratamiento previo de coagulación – floculación.

La filtración se realiza dejando correr el agua sedimentada o decantada por encima del filtro. Y por acción de la gravedad el agua pasa a través del filtro el cual retiene las impurezas o turbiedad la cual no logra ser separada en la etapa de decantación.

Filtros según velocidad de filtrado:

- **Filtros lentos:** Este tipo de filtros se los utiliza con aguas poco turbias, sin acondicionamiento químico. La granulometría es fina, las retenciones se realizan en la superficie del lecho, se requiere una gran superficie de filtración y son generalmente filtros accionados por la gravedad.

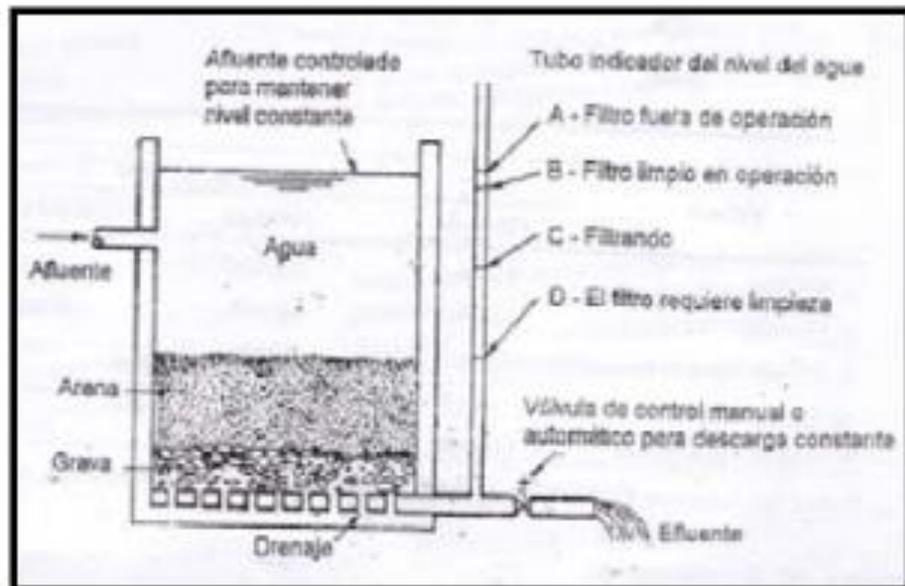


Figura 1.13 Filtro lento de arena

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

- **Filtros rápidos:** Este tipo de filtro son los más comunes en la aplicación de plantas de potabilización de agua, ya que se los puede aplicar después de que exista o no acondicionamiento químico, Su área es más pequeña que la de los filtros lentos. (ROMERO R. J., 2006)

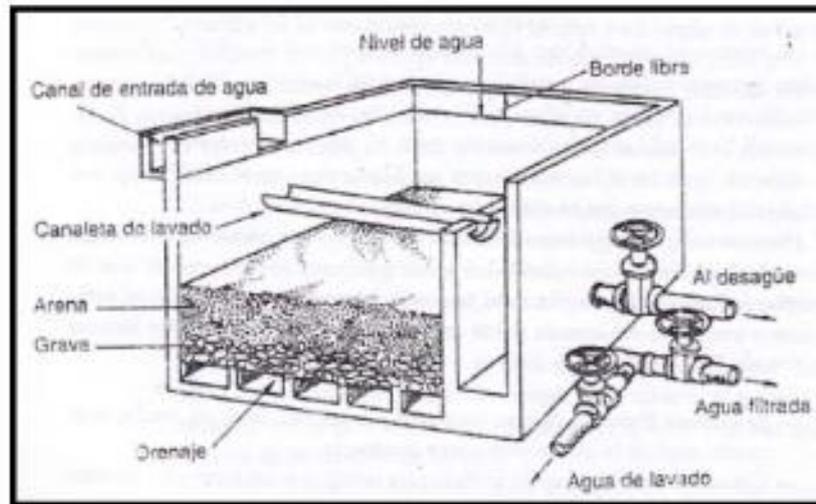


Figura 1.14 Filtro Rápido

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

Medios Filtrantes:

Los parámetros para seleccionar un medio filtrante son: su facilidad de lavado, la duración de carrera del filtro, grado de purificación y durabilidad requerida.

Los medios filtrantes más utilizados son:

- **Arena:** Por ser el medio filtrante más económico es el más utilizado. La arena para filtros debe estar bien limpia y tener una solubilidad en ácido clorhídrico 1:1 menor del 5%, una densidad relativa mayor de 2,5.
- **Antracita:** En ocasiones se usa carbón de antracita triturado como medio granular filtrante. Esta debe estar bien limpio, también tiene que cumplir con una dureza mayor de 2,7 en la escala de MOHS, su solubilidad en ácido debe ser menor de 5%, la densidad relativa tiene que ser mayor de 1,4, y su coeficiente de uniformidad igual o menor de 1,7.
- **Grava:** Para obtener un filtro de grava ideal, es necesario que la grava sea de forma casi esférica, y colocarlo en el filtro de manera que existe incremento de tamaño desde el techo hasta el fondo. La grava debe ser dura, redondeada, con una densidad relativa promedio no menor de 2,5. (ROMERO R. J., 2006)

1.10.3.8 Proceso de Desinfección

La desinfección es la última operación que se realiza en el proceso de una planta de tratamiento de agua potable. Existen algunos casos en donde el agua cumple con los parámetros estandarizados en la Norma correspondiente, excepto con la ausencia de microorganismos, en estos casos la desinfección es el único proceso que se realiza antes de la distribución a los consumidores.

Entre los métodos de desinfección más utilizados tenemos:

- **Cloro:** La aplicación del cloro se lo puede hacer ya sea en su forma gaseosa o como hipoclorito. El cloro es el desinfectante más conocido y utilizado, esto se debe a que tiene tres factores principales:
 - Combate la corrosión y deterioro de la planta potabilizadora, mediante la oxidación de sustancias inorgánicas como hierro, nitritos y manganeso el cual es el causante de que exista mal sabor del agua.
 - Tiene acción microbicida actúa como algicida, bactericida y, en menor medida, virucida.
 - Ayuda en los procesos de coagulación y floculación, ya que favorece la formación de flóculos.
- **Química acuosa de cloro:** Se aplica mediante dos métodos: directa a través de difusores y saturación de una pequeña parte del caudal de agua con cloro y posterior mezcla de esta parte con el caudal principal.
- **Dióxido de cloro:** De lo obtiene de la reacción de clorito sódico con cloro, La cual da un gas inestable, que presenta características bactericida y virucida que no se ven afectadas por incrementos de pH, ya que incluso aumenta su potencialidad frente a amebas y enterovirus.
- **Ozono:** Tiene un gran poder desinfectante y mejora las características organolépticas del agua como color, olor y sabor, ya que reacciona tanto con sustancias inorgánicas, eliminando hierro y manganeso que transforma en óxidos o hidróxidos insolubles, como

la materia orgánica y produce una reducción importante de la absorbancia de la muestra y, de su turbidez.

- **Radiación:** Existen varias frecuencias y longitudes de onda para las radiaciones las cuales desempeñan un papel desinfectante, pero las radiaciones más útiles son la radiación UV, los rayos X y los rayos γ . (RAMIRES, 2005)

1.10.3.9 Prueba de jarras

La prueba de jarra es una prueba piloto que se realiza en los laboratorios, nos ayuda a simular en pequeña escala lo que puede ser un equipo en tamaño industrial. La prueba de jarras permite ajustar el pH, hacer variaciones en las dosis de las diferentes sustancias químicas que se añaden a las muestras, alternar velocidades. Una prueba de jarras puede simular los procesos de coagulación o floculación.

La prueba de jarras tiene los siguientes pasos a seguir:

- Llenar los vasos precipitados del aparato con el agua a analizar. Un contenedor deberá ser el control, mientras que los demás pueden ser ajustados a las condiciones deseadas.
- Adicionar el coagulante a cada contenedor y mezclar a aproximadamente 100 rpm por 1 min.
- Reducir la velocidad de mezclado a 25 o 35 rpm y continuar el proceso de mezclado por 15 o 20 min.
- Apagar el equipo de mezclado y esperar a que se sedimente de 20 a 45 min.
- Filtrar el contenido de los contenedores y hacer las pruebas necesarias con el precipitante y el sobrenadante.

(http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/padilla_s_mf/capitulo3.pdf, 2015)

1.11 Diseño

1.11.1 Caudal de diseño

1.11.1.1 Población de diseño

El cálculo de la población de diseño o futura es importante para calcular el caudal de diseño. Ya que debemos tener en cuenta que la población aumenta y por lo tanto se debe diseñar para las necesidades a futuro, las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, planta de potabilización y futuras extensiones del servicio. Por lo que es necesario predecir la población futura de 10 a 23 años.

Para el cálculo de la población futura se aplica la siguiente ecuación:

$$P_f = P_a (1 + r)^{nt}$$

Ec. 1.7

Donde:

P_f : Población Futura

P_a : Población Actual, Tabla 1.7

r : Tasa de crecimiento, Tabla 1.7

nt : Intervalo de tiempo, Tabla 1.7

Tabla 1.7 Población y tasas de crecimiento interesal.

	Símbolo	Valor
Población actual	P_a	472 hab.
Tasa de crecimiento	R	3,18%
Intervalo de tiempo	Nt	10 a 23 años

Fuente: www.inec.gob.ec

1.11.1.2 Nivel de complejidad del sistema de la Planta.

Para la determinación de nivel de complejidad se utiliza la siguiente tabla, la cual está en base del cálculo de la población futura:

Tabla 1.8 Nivel de complejidad del sistema

Nivel	Población de Diseño
Bajo	<2500
Medio	2501- 12500
Medio Alto	12501
Alto	60000

Fuente: Romero, J. Purificación del Agua. Apéndices

1.11.1.3 Dotación neta

Es la cantidad mínima de agua que es ocupada para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que se puedan ocasionar en el sistema de transporte de la misma.

Tabla 1.9 Dotación neta

Nivel de Complejidad	Dotación neta mínima l/hab. * día	Dotación neta máxima l/hab. * día
Bajo	100	150
Medio	120	170
Medio Alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

1.11.1.4 Dotación bruta

Es la cantidad máxima de agua que se requiere para satisfacer las necesidades básicas de un habitante pero se considera las pérdidas que puedan ocurrir.

$$\text{Dotacion Bruta} = \frac{\text{Dotacion neta}}{1 - \text{pérdidas técnicas}}$$

Ec. 1.8

Las pérdidas técnicas se expresan en la siguiente tabla, se calcula mediante el nivel de complejidad:

Tabla 1.10 Pérdidas técnicas

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

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

1.11.1.5 Caudal medio diario

Es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Conciene al promedio de consumo diario de agua durante un período de un año, para el cálculo del caudal medio diario se aplica la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.9

Donde:

Q_{md}: Caudal medio diario, L/día

P_f: Población futura, hab

1.11.1.6 Caudal máximo diario

Es el consumo máximo en un lapso de 24 horas transcurrido en un período de un año. El cálculo del caudal máximo diario se calcula aplicando la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.10

Donde:

Q_{Md}: Caudal máximo diario, L/s

K₁: Consumo máximo diario, adimensional, Tabla 1.11

En la siguiente tabla se establecen los valores para, K₁:

Tabla 1.11 Valores de K_1

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

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

1.11.1.7 Caudal Máximo Horario

Para el cálculo del caudal máximo horario se aplicara la siguiente ecuación:

$$QMh = K_2 * QMd$$

Ec. 1.11

Donde:

QMh : Caudal máximo horario, l/s

K_2 : Coeficiente de variación horaria, adimensional, Tabla 1.12.

1.11.1.8 Caudal de Diseño

Este caudal es muy importante ya que mediante este caudal se dimensionará todos los procesos unitarios con los que constará el sistema de tratamiento de agua potable.

Para el cálculo del caudal de diseño se emplea la siguiente ecuación:

$$Q = QMh * fs$$

Ec.1.12

Donde:

Q : Caudal de diseño

fs : Factor de seguridad, tabla 1.12

Tabla 1.12 Datos Adicionales Caudal

	Símbolo	Valor
Coeficiente de variación horaria	K_2	2
Factor de seguridad	Fs	10%

Fuente: Código ecuatoriano de la Construcción- C.E. C-

1.11.2 MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR

En este tipo de mezcladores se realiza la mezcla mediante la turbulencia generada por resalto hidráulico.

Los vertederos rectangulares son los mezcladores hidráulicos más utilizados, por ser uno de los más sencillos para su construcción, por su economía y además de poseer una excelente efectividad al momento de realizar la mezcla rápida. (ROMERO R. J., 2006)

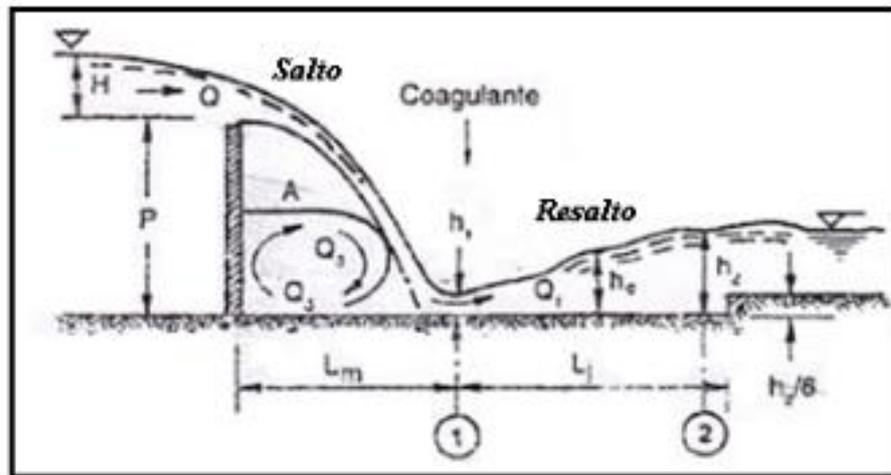


Figura 1.15 Configuración del resalto en un vertedero rectangular

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Mezcla Rápida

1.11.2.1 Profundidad del Canal del Vertedero

Para el cálculo de la profundidad del canal del vertedero se aplica la siguiente ecuación:

$$C_v = f_s * H$$

Ec. 1.13

Donde:

C_v : Profundidad del canal del vertedero, m

f_s : Factor de seguridad, %, tabla 1.15

H : Carga sobre el vertedero o altura de la lámina de agua, m, tabla 1.15

1.11.2.2 Ancho del Vertedero

La ecuación empleada en la determinación del caudal de un vertedero rectangular sin contracciones laterales, en caída libre, se emplea para calcular el ancho del vertedero.

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

Ec. 1.14

Donde:

B: Ancho del vertedero, m

Q: Caudal de diseño, m³/s

1.11.2.3 Caudal por unidad de ancho del vertedero

La ecuación a emplear para calcular el caudal por unidad de ancho del vertedero, está dado por:

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

Ec. 1.15

Donde:

q: Caudal por unidad de ancho, m²/s

1.11.2.4 Profundidad crítica de flujo

Es la profundidad en la cual un determinado caudal transita por un canal con el mínimo de energía específica, para el cálculo de la profundidad crítica de flujo se aplica la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.16

Donde:

h_c: Profundidad crítica de flujo, m

g: Aceleración de la gravedad, m/s, tabla 1.15

1.11.2.5 Longitud del salto

La longitud del salto es la distancia adecuada para la aplicación del coagulante para asegurar una dispersión homogénea y continua en toda la masa de agua cruda.

$$L_m = 4,3 P^{0,1} h_c^{0,9}$$

Ec. 1.17

Donde:

L_m : Longitud del salto, m

P: Altura de la pared del vertedero, m, tabla 1.15.

1.11.2.6 Profundidad supercrítica

Existe profundidad supercrítica cuando la profundidad del flujo es menor que la profundidad crítica, por lo tanto la velocidad del fluido será mayor que la velocidad crítica. Cuando hay resalto, la profundidad del agua está relacionada con la profundidad crítica, para demostrar se aplica la ecuación de White: (ROMERO R. J., 2006)

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

Ec. 1.18

Donde:

h_1 : Profundidad supercrítica, m

1.11.2.7 Velocidad del agua en el salto

Para el cálculo de la velocidad del agua en el salto se aplica la ecuación:

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

Ec. 1.19

Donde:

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

1.11.2.8 Número de Froude

El número de Froude es un número adimensional que en canales abiertos informa sobre el estado del flujo hidráulico, recibe este nombre en honor al ingeniero inglés William Froude.

Para que haya resalto estable y mezcla eficiente, el número de Froude debe estar comprendido entre 4,5 y 9,0.(ROMERO R. J., 2006)

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

Ec. 1.20

Donde:

F: Número de Froude.

1.11.2.9 Profundidad subcrítica

Cuando la profundidad del flujo es mayor que la profundidad crítica, la velocidad será menor que la velocidad crítica, y el flujo se denomina subcrítico, o flujo lento.

Aplicando la ecuación siguiente se calcula la profundidad subcrítica: (ROMERO R. J., 2006)

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

Ec. 1.21

Donde:

h_2 : Profundidad subcrítica, m

1.11.2.10 Velocidad del agua en el resalto

Para el cálculo de la velocidad del agua en el resalto se calcula aplicando la ecuación:

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

Ec. 1.22

Donde:

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

1.11.2.11 Pérdida de energía en el resalto

Existe una pérdida de energía cuando un flujo en régimen supercrítico se encuentra con una corriente subcrítica, esto hace que produzca un choque en el salto hidráulico, el cual genera una fuerte turbulencia que ocasiona pérdidas de energía. (ROMERO R. J., 2006)

Para calcular la pérdida de energía en el resalto, se puede aplicar la siguiente fórmula de Belanger:

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

Ec. 1.23

Donde:

h: Pérdida de energía en el resalto, m

1.11.2.12 Longitud del resalto, para resalto estable.

Aplicando la fórmula de Smetana se calcula la longitud del resalto, para resalto estable:

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

Ec. 1.24

Donde:

L_j : Longitud del resalto, m

1.11.2.13 Velocidad media en el resalto

Mediante la aplicación de la siguiente ecuación se calcula la velocidad media en el resalto:

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

Ec. 1.25

Donde:

v_m : Velocidad media en el resalto, m/s

1.11.2.14 Tiempo de mezcla

El tiempo de mezcla o retención es el tiempo en el cual el agua cruda va a estar en contacto con el coagulante y se calcula por la ecuación:

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

Ec. 1.26

Donde:

t: Tiempo de mezcla o retención, s

1.11.2.15 Gradiente de velocidad

El gradiente de velocidad es ampliamente aceptado como un medio para calcular los requerimientos energéticos necesarios para realizar la mezcla.

Puede calcularse el gradiente de velocidad con la ecuación siguiente:

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

Ec. 1.27

Donde:

G: Gradiente de velocidad, s⁻¹

γ: Peso específico del agua, N/m³

μ: Viscosidad dinámica del agua, Pas

1.11.2.16 Criterios complementarios

Tabla 1.13 Propiedades Físicas del Agua a 1 Atmósfera

Temperatura °C	Densidad d Kg / m ³	Peso específico γ N / m ³	Viscosidad dinámica μ 10 ³ (Pas) o (N.s/m ²)
10	999,703	9,804	1,307
12	999,500	9,802	1,235

Continuara

Continúa

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

Tabla 1.14 Parámetros para el diseño de vertederos Rectangulares

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Carga sobre el vertedero o altura de la lámina de agua	H	0,05 (mínimo)	m
Factor de seguridad	F _s	10	%
Fuerza de gravedad	g	9,8	m/ s ²
Altura de la pared del vertedero para un resalto estable	P	0,5 (mínimo)	m
Rango del Numero de Froude	F	4,5 – 9,5	-

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

1.11.3 Dosificación de cal

La dosificación de cal se la realizara mediante un dosificador gravimétrico, ya que este sirve para dosificar material seco granulado, y también dosifica con un peso constante, tiene una gran precisión y un amplio rango de dosificación.

$$M_{cal} = Q \times D$$

Ec. 1.28

Donde:

M_{cal}: Masa de cal Kg/ día.

Q: Caudal de diseño l

D: Dosis de cal gr / l, pruebas de jarra. Tabla 3.1

1.11.3.1 Volumen de la tolva contenedora de cal

El volumen de la tolva se diseña según la cantidad de cal que se necesitara en un día de tratamiento de potabilización del agua.

Para el cálculo del volumen de la tolva que va a contener la cal se emplea la siguiente ecuación

$$\text{Volumen tolva} = \frac{M_{\text{cal}}}{\text{densidad cal}}$$

Ec. 1.29

Donde:

Densidad cal: densidad de la cal, g / cm³, Hoja técnica de la cal. Anexo K

1.11.4 Sedimentador laminar

El sedimentador laminar consta con placas inclinadas en las cuales las partículas se sedimentan sobre las estas, permitiendo que se acumulen y caigan al fondo del sedimentador, lo que lo hace autolimpiable; siendo muy útil para la sedimentación de partículas floculentas y precipitantes, el volumen y la densidad de las partículas aumenta a medida que se adhiere unas con otras mediante el mecanismo de floculación. (http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf, 2015)

1.11.4.1 Carga Superficial

Al aplicar la siguiente ecuación se calculara la velocidad promedio del fluido en el elemento de sedimentación o carga superficial en el área de sedimentación:

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

Ec. 1.30

Donde:

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

l_p : Longitud de las placas, m, Tabla 1.17

t_{rp} : Tiempo de retención en las placas, min, tabla 1.16

1.11.4.2 Área de sedimentación acelerada

Aplicando la ecuación siguiente se calcula el área de sedimentación acelerada:

$$A_s = \frac{Q}{v_{so} \sin \theta}$$

Ec. 1.31

Donde:

A_s : Área superficial de sedimentación acelerada, m²

Q : Caudal de diseño, m³/d

θ : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación. Tabla 1.7

1.11.4.3 Longitud del área de sedimentación acelerada

Para el cálculo de la longitud del área de sedimentación acelerada se aplica la ecuación:

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

Ec. 1.32

Donde:

L_s : Longitud del área de sedimentación acelerada, m

B_s : Ancho del sedimentador, m. Tabla 1.17

1.11.4.4 Longitud relativa del sedimentador

Para el cálculo de la longitud relativa del sedimentador se aplica la ecuación:

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

Ec. 1.33

Donde:

L_r : Longitud relativa del sedimentador, adimensional.

e_p : Distancia entre placas, m. Tabla 1.16.

1.11.4.5 Longitud relativa en la región de transición

Para el cálculo de la longitud relativa en la región de transición se aplica la ecuación de Schulze:

$$L' = 0,013 \frac{v_{os} * e_p}{v}$$

Ec. 1.34

Donde:

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

v: Viscosidad cinemática del fluido, m²/s. Tabla 1.19

1.11.4.6 Longitud relativa corregida

Para la longitud relativa corregida del sedimentador en la longitud de transición se puede calcular aplicando la ecuación:

$$L_c = 2 (L_r - L') \quad \text{Si } L' > L_r/2$$

Ec. 1.35

Ó, L_c, puede calcularse por:

$$L_c = L_r - L' \quad \text{Si } L' \leq L_r/2$$

Ec. 1.36

Donde:

L_c: Longitud relativa corregida, adimensional

1.11.4.7 Velocidad crítica de sedimentación

La velocidad crítica de asentamiento o sedimentación está dada por:

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

Ec. 1.37

Donde:

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

S_c : Constante para cada tipo de módulo, adimensional. Tabla 1.18

1.11.4.8 Número de Reynolds

El número de Reynolds se calcula para verificar que en el sedimentador se dé un flujo laminar, para lo cual se emplea la ecuación siguiente:

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

Ec. 1.38

Donde:

N_{Re} : Número de Reynolds, adimensional

1.11.4.9 Volumen del sedimentador

El volumen del tanque sedimentador se calcula multiplicando la altura del sedimentador por la base del sedimentador y por longitud del sedimentador:

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

Ec. 1.39

Donde:

V_{Ts} : Volumen del sedimentador, m³

Z_s : Altura del sedimentador, m. Tabla 1.16

B_s : ancho de las placas de asbesto, m. Tabla 1.17

1.11.4.10 Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

Podemos calcular el tiempo de retención en sedimentadores con placas inclinadas aplicando la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.40

Donde:

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

1.11.4.11 Número de placas

El número de placas planas paralelas se calcula Aplicando la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.41

Donde:

N_p : Número de placas

b_p : Espesor de las placas, m. Tabla 1.17

1.11.4.12 Criterios complementarios

Tabla 1.15 Parámetros de diseño de sedimentadores laminares

Parámetro	Símbolo	Valor
Tiempo de retención en la placas	t_{rp}	15 – 25 min.
Numero de Reynolds	N_{Re}	< 500 (Fisherstrom) < 250 (Arboleda) < 200 (Montgomery)
Inclinación de placas	θ	60^0
Distancia entre placas	e_p	5cn
Altura del sedimentador	Z_s	3 -5 m

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Sedimentación

Tabla 1.16 Parámetros de diseño de las placas planas de asbesto – cemento

Parámetro	Símbolo	Valor
Longitud	l_p	1,20 m
Ancho	B_s	2,40 m
Espesor	e_p	0,01 m

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Sedimentación

Tabla 1.17 Valores de S_c Típicos

Tipo de modulo	S_c
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

Tabla 1.18 Viscosidad Cinemática del Agua a 1 Atmósfera

Temperatura	Viscosidad cinemática u $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
15	1,14
17	1,082
18	1,054
19	1,029
20	1,004

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

1.11.5 Filtro rápido

El filtro rápido es muy utilizado en las plantas de potabilización de agua ya que elimina partículas floculentas generadas en la floculación química, funciona con la fuerza de gravedad, por lo general se utiliza arena gruesa y capa de soporte de grava.

1.11.5.1 Número de filtros

El número de filtros se los puede calcular aplicando la ecuación de Morrill y Wallace:

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

Ec. 1.42

Donde:

n_f : Número de filtros, adimensional

Q: Caudal de diseño, m^3/d

1.11.5.2 Área del filtro

Para calcular el área del filtro se aplica la siguiente expresión:

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

Ec. 1.43

Donde:

A_f : Área del filtro, m²

Tasa de filtración: tasa de filtración, m. Tabla 1.20

1.11.5.3 Coeficiente mínimo de costo

El coeficiente mínimo de costo se diseña con el fin de obtener un balance económico para el ahorro en la construcción del filtro.

Para el cálculo del coeficiente mínimo de costo se puede aplicar la ecuación siguiente:

$$K_c = \frac{L_f}{a_f}$$

Ec. 1.44

Ó se puede calcular también, mediante la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.45

Donde:

K_c : Coeficiente de mínimo costo, adimensional

L_f : Longitud del filtro, m

a_f : Ancho del filtro, m

1.11.5.4 Longitud del filtro

Mediante la siguiente ecuación se calcula la longitud del filtro:

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

Ec. 1.46

Donde:

L_f : Longitud del filtro, m

1.11.5.5 Ancho del filtro

Para el cálculo del ancho del filtro se emplea la ecuación siguiente:

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

Ec. 1.47

Donde:

a_f : Ancho del filtro, m

1.11.5.6 Composición del lecho filtrante

En los filtros rápidos de arena su composición del lecho filtrante se determinará en función de los parámetros de diseño que se encuentran expuestos en la tabla 1.20.

1.11.5.7 Altura del filtro

Aplicando la siguiente ecuación se calcula la altura del filtro:

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

Ec. 1.48

Donde:

Z_f : Altura del filtro, m

f_s : Factor de seguridad, %. Tabla 1.20

C_a : Altura de la capa de agua, m. Tabla 1.20

L_a : Altura del lecho filtrante, m. Tabla 1.20

C_s : Altura de la capa de soporte, m. Tabla 1.20

Fc : Altura del drenaje, m. Tabla 1.20

1.11.5.8 Drenaje del Filtro

La función más importante del drenaje del filtro consiste en proveer una distribución uniforme del agua de lavado, además sirve para recoger el agua filtrada.

- **Área de los orificios laterales**

Para el cálculo del área de los orificios laterales se emplea la siguiente ecuación:

$$A_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}$$

Ec. 1.49

Donde:

A_0 : Área de cada orificio, m²

D_0 : Diámetro del orificio, m. Tabla 1.21

- **Caudal ingresado a cada orificio**

El cálculo del caudal ingresado a cada orificio se obtiene empleando la ecuación:

$$Q_0 = A_0 * v_0$$

Ec. 1.50

Donde:

Q_0 : Caudal que ingresa a cada orificio, m³/s

v_0 : Velocidad en orificio, m/s

- **Número de laterales**

Mediante la ecuación siguiente se calcula el número de laterales:

$$N_l = 2 \frac{a_f}{e_L}$$

Ec. 1.51

Donde:

N_l : Número de laterales

e_L : Separación entre laterales, m. Tabla 1.21

1.11.5.9 Tubería de entrada al filtro

La tubería de entrada al filtro se encuentra en función de la velocidad de flujo y se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_e}}$$

Ec. 1.52

Donde:

D_{Te} : Diámetro de la tubería de entrada del agua al filtro, m

Q : Caudal de diseño, m³/s

v_e : Velocidad del agua a través de la tubería de entrada, m/s. Tabla 1.22

1.11.5.10 Tubería de salida del filtro

La tubería de salida del filtro se diseña en función de criterios de velocidad y se calcula aplicando la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.53

Donde:

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

v_s : Velocidad del agua a través de la tubería de salida, m/s. Tabla 1.22

1.11.5.11 Sistema de lavado del filtro

- **Velocidad óptima de lavado del filtro**

Se aplica la siguiente ecuación para el cálculo de la velocidad óptima de lavado:

$$v_l = D_{60} = CU * TE$$

Ec. 1.54

Donde:

v_1 : Velocidad óptima de lavado del filtro, m/min

D_{60} : Producto del tamaño efectivo por el coeficiente de uniformidad, o percentil 60 del análisis granulométrico, mm.

CU: Coeficiente de uniformidad de la arena, adimensional. Tabla 1.20

TE: Tamaño efectivo de la arena, mm. Tabla 1.20

- **Cantidad de agua para el lavado del filtro**

El volumen de agua requerido para el lavado se obtiene de:

$$V_l = v_l A_f t$$

Ec. 1.55

Donde:

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

t: Tiempo óptimo de lavado, min. Tabla 1.20

1.11.5.12 Criterios Complementarios

Tabla 1.19 Parámetros de Diseño de Filtros Rápidos de Arena

Parámetro	Símbolo	Valor
Tasa de filtración	---	120 m/d
Arena	---	---
Altura del lecho filtrante	L_a	0,60 – 0,75 m
Altura de la capa de agua	C_a	1,5 m
Altura de la capa de soporte	C_s	0,30 – 0,45 m
Factor de seguridad	F_s	10 %
Coeficiente de uniformidad de la arena	CU	1,3 – 1,7 (valor típico 1,5)
Tamaño efectivo del medio	TE	0,35 – 0,70 (valor típico 0,5 mm)
Drenaje	---	---
Altura del drenaje	F_c	0,10 – 0,25 m
Tiempo óptimo de lavado	T	10 min.

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Filtración

Tabla 1.20 Parámetros de Diseño de laterales

Parámetro	Símbolo	Valor
Diámetro de los orificios laterales	D _o	6,5 – 15,8 mm
Velocidad en el orificio	v _o	3 – 5 m/s
Espacio entre laterales	e _L	1,2 m
Espacio entre los orificios de los laterales	---	7,5 – 25 cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	---	3,5 cm

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

Tabla 1.21 Velocidades de Diseño para tuberías del filtro

Parámetro	Símbolo	Velocidad m/s
Velocidad del agua a través de la tubería de entrada	v _e	0,3 – 12
Velocidad del agua a través de la tubería de salida	v _s	0,9 – 1,8

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Filtración

1.11.6 Desinfección

En todo proceso de potabilización de agua la última etapa es la desinfección, es un proceso esencial ya que en este se elimina todos los microorganismos patógenos que afectan la salud del ser humano, en algunos casos es el único proceso que se realiza en las plantas potabilizadoras.

1.11.6.1 Peso de cloro necesario

Para el cálculo del peso de cloro se aplica la siguiente ecuación:

$$P_{cl} = \frac{Q * D * 86400}{1000}$$

Ec.1.56

Donde:

P_{cl} = Peso de cloro necesario, Kg/l.

D = Dosis necesaria de cloro, mg/L. Tabla 1.23

1.11.6.2 Volumen del Tanque Hipoclorador

Se aplica la siguiente ecuación para calcular el volumen del hipoclorador:

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

Ec. 1.57

Donde:

V_H = Volumen del hipoclorador, m³

C = Concentración de la solución. Tabla 1.23

1.11.6.3 Volumen del Tanque Reservorio de Agua Tratada.

Se diseña un tanque reservorio y a su vez en el mismo se realiza la mezcla de cloro con el agua con el fin de desinfectar el agua, la capacidad del tanque puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.58

Donde:

V_{Tc} = Volumen del tanque, m³.

t = tiempo de retención, s. Tabla 1.24

f = factor de seguridad. Tabla 1.24

1.11.6.4 Altura del Tanque Reservorio de Agua Tratada.

Para calcular la altura del tanque de mezcla de cloro se aplica la siguiente ecuación:

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

Ec. 1.51

Donde:

H_{Tc} = Altura del tanque de mezcla de cloro, m.

A_{Tc} = Área del tanque de mezcla de cloro, m²

1.11.6.5 Criterios complementarios.

Tabla 1.22 Demanda de cloro para Aguas

Parámetro	Símbolo	Valor
Dosis mínima de cloro para efecto de dimensionamiento	D	2 mg/L
Concentración de hipoclorito de sodio	C	5%

Fuente: Norma NTE INEN 2655 2012 Implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable

Tabla 1.23 Parámetros para el diseño de tanques.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Tiempo de retención	T	1800	S
Factor de seguridad	f_s	10	%
Área de base cuadrada	A_{Tc}	3	m^2

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

CAPITULO II

2 ARTE EXPERIMENTAL

2.1 Muestreo

Se emplea el muestreo con el fin de facilitar el estudio de una investigación, el muestreo es una serie de procedimientos y técnicas las cuales son aplicadas para tomar una parte de un objeto o materia a ser estudiada.

Para el estudio de esta investigación se ha empleado la técnica de recolección de muestras se fundamenta en el STANDARD METHODS *2310 A y B.

Tabla 2.1 STANDARD METHODS *2310 A y B

Fundamento	Materiales	Técnica
Es la toma de muestras de un objeto o materia que utiliza una población, con el fin de realizar el estudio.	Envases de plástico o vidrio Limpios y herméticamente cerrados de capacidad de 500ml.	El volumen de la muestra debe ser de 500 ml aproximadamente, se debe tener tres muestras.
También se debe realizar las pruebas ínsito al momento de tomar la muestra: <ul style="list-style-type: none">• pH• Temperatura del agua• Temperatura ambiental.		

Fuente: STANDARD METHODS, edición 17

2.2 Metodología

2.2.1 Metodología de trabajo

Se tomaron tres muestras de agua cruda, con el fin de realizar los análisis físicos – químicos y microbiológicos los cuales se realizaron en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, tomándose las debidas precauciones para no alterar los parámetros de las muestras, como trasladarlas de inmediato al laboratorio para realizar la caracterización correspondiente e identificar los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”.

2.2.2 Tratamiento de muestras

Con las muestras recolectadas se realizó la caracterización del agua cruda, las pruebas físico – química que se realizó a cada una de las muestras son: color, pH, turbiedad, cloruros, magnesio, alcalinidad, dureza, calcio, conductividad, fosfatos, bicarbonatos, sulfatos, amonios, fosfatos, nitritos, nitratos, hierro, fluoruros, sólidos totales y sólidos disueltos. A su vez se realizó la caracterización microbiológica tomando en cuenta os dos parámetros principalmente: coliformes totales y coliformes fecales.

2.3 Métodos y técnicas

2.3.1 Métodos

Tabla 2.2 Métodos de Análisis del Agua

Parámetro	Método	Descripción
Color	Espectrofotométrico	Utilización del Equipo Hach.
pH	Electrométrico	Utilización del pHmetro
Conductividad	Electrométrico	Utilización del Conductímetro
Turbiedad	Nefelómetro	Utilización del Turbidímetro

Continuara

Continua

Cloruros	Volumétrico	25 ml de muestra + 4 gotas de K_2CrO_4 Titular con $AgNO_3$ (0,01 N) de amarillo a ladrillo
Dureza	Volumétrico	25 ml de muestra + 2 ml de buffer pH 10 + indicador de Negro de Ericromo T. Titular con EDTA (0,02 M) de rojo a azul
Calcio	Volumétrico	25 ml de muestra + 1 ml KCN + indicador de Murexida Titular con EDTA (0,02 M)
Alcalinidad	Volumétrico	25 ml de muestra + 2 gotas de Fenoltaleina. Titular con H_2SO_4 hasta incoloro (pH = 6,1) + 3 gotas de Naranja de Metilo. Titular con H_2SO_4 de naranja a rosado (pH = 8)
Sulfatos	Espectrofotómetro	En un balón de 100ml, colocar una porción de muestra + 2ml de solución acondicionadora + 1 g de $BaCl_2$, aforar con la muestra, medir en el Fotómetro a 410 nm.
Amonios	Espectrofotométrico	En un balón de 50 ml, colocar 25 ml de muestra + 1 ml NaK tartrato + 2 ml de solución de Nessler, aforar con la muestra, medir en el fotómetro a 425 nm.
Nitritos	Espectrofotómetro	En un balón de 50 ml, colocar 25 de muestra + 2 ml de solución de A + 2 ml de reactivo B, aforar con la muestra, dejar reposar 30 min, medir en el fotómetro a 510 nm

Continuara

Continúa

Nitratos	Espectrofotométrico	Seleccionar test 355 N Nitrato RA PP, llenar la cubeta con la muestra, añadir sobre reactivo Nitaver 5, leer el blanco en el equipo para encerar y luego leer la muestra
Hierro	Espectrofotométrico	Seleccionar test 265 hierro FerroVer, llenar la cubeta con la muestra, añadir el contenido del sobre de reactivo FerroVer, esperar 3 min la reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerar, colocar la muestra y leer el valor
Fluoruros	Espectrofotométrico	Seleccionar test 190 Fluoruro, llenar la cubeta con la muestra, añadir el contenido del sobre de reactivo circonio – acido Spands, esperar 3 min la reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerar, colocar la muestra y leer el valor
Fosfatos	Espectrofotométrico	Seleccionar test 490 P react. PV, llenar la cubeta con la muestra, añadir el contenido del sobre de reactivo PhosVer, esperar 2 min la reacción, preparar el blanco, limpiar el exterior de la cubeta, colocar el blanco en el equipo y encerar, colocar la muestra y leer el valor

Continuara

Continúa

Solidos totales	Gravimétrico	Pesar una caja Petri, colocar 25 ml de muestra en la caja Petri, someter a baño maria hasta eliminar el agua, pesar la caja petri cesa y sacar la diferencia, leer el valor
Solidos disueltos	Electrometrico	Utilizando el electrodo de cristal adecuado realizar la lectura en la muestra.
Microbiológicos Coliformes totales y fecales	Sembrado	Esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membrana, sembrar y tomar la lectura a las 24 horas y realizar el conteo de las colonias de existir.

Fuente: Técnicas del Laboratorio de Análisis Técnicos

2.3.2 Técnicas

Los análisis que se realizaron para la caracterización de las diferentes muestras de agua corresponden a las técnicas indicadas en los Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Aguas Residuales: Standard methods for examination of water and wastewater, 20 th edition de la american public health association (apha), american water works association (awwa), water environment federation (WEF). También se utilizó el Manual de Análisis de Agua, métodos HACH. Proporcionados por el mismo equipo.

La explicación de los métodos utilizados en los análisis se explica a continuación:

2.3.2.1 Técnica para el cálculo del color

Tabla 2.3 MÉTODO HACH - Color

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Equipo Hach• Celdas del Hach• Pipetas• Agua destilada• Muestra problema• Piseta	<ul style="list-style-type: none">• Colocar 10 ml de blanco (Agua destilada) en una celda y encerrar el equipo.• En otra celda colocar 10 ml de muestra.• Colocar la celda con la muestra en el equipo.• Tomar la lectura que indica el equipo.	Lectura directa.

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.2 Técnica para el cálculo del potencial de hidrógeno ph

Tabla 2.4 STANDARD METHODS *4500 HB

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Vaso de precipitación• PHmetro	<ul style="list-style-type: none">• Enjuagar en electrodo del pHmetro con agua destilada, calibrar con las soluciones Buffer de pH 7 y pH 10 el equipo.• Introducir el electrodo de medida en el vaso el cual contenga la muestra.• Tomar la lectura.	Lectura directa.

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.3 Técnica para el cálculo de la conductividad

Tabla 2.5 STANDARD METHODS *2510

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Conductímetro• Vaso de precipitación	<ul style="list-style-type: none">• Colocar en un vaso de precipitación una cantidad de muestra prudente.• Introducir el electrodo del Conductímetro en el interior del vaso de precipitación que contiene la muestra.• Tomar la lectura.	Lectura directa en el Conductímetro Hach.

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.4 Técnica para el cálculo de la turbidez

Tabla 2.6 STANDARD METHODS *2130 B

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Turbidímetro• Celda del Turbidímetro	<ul style="list-style-type: none">• Calibrar el equipo, colocando blanco (Agua destilada) en la celda del Turbidímetro.• Enjuagar la celda y colocar la muestra, medir.• Tomar la lectura.	Lectura directa en el Turbidímetro Hach.

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.5 Técnica para el cálculo de cloruros

Tabla 2.7 STANDARD METHODS *4500 Cl B

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Erlenmeyer• Bureta• Pipeta volumétrica• Ag NO₃ (0,01N)• Indicador K₂CrO₄	<ul style="list-style-type: none">• En el Erlenmeyer colocar 25 ml de muestra.• Adicionar 4 gotas de K₂CrO₄.• Titular con Ag NO₃ (0,01N) hasta que se dé un viraje de color amarillo a un color ladrillo.	Multiplicar el valor obtenido de la titulación por el valor del factor de dilución para cloruros que es 0,5, de esta manera se obtiene el resultado en ppm.

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.6 Técnica para el cálculo de dureza

Tabla 2.8 STANDARD METHODS *2340 B Y C

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Erlenmeyer• Bureta• Pipeta volumétrica• EDTA (0,02 M)• Solución Buffer pH 10• KCN• Negro de Eriocromo T.	<ul style="list-style-type: none">• En un erlenmeyer colocar 25 ml de muestra.• Agregar solución Buffer pH 10 (2 ml)• Agregar KCN (1ml)• Añadir indicador Negro de Eriocromo T.• Titular con EDTA hasta un viraje de color rojo a color azul.	El valor de (ml) de la titulación multiplicar por el factor de conversión a ppm, que es igual a 20.

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.7 Técnica para el cálculo de calcio

Tabla 2.9 STANDARD METHODS *3500 Ca

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Erlenmeyer• Bureta• Pipeta volumétrica• EDTA (0,02 M)• NaOH (1 N)• KCN.• Indicador Murexida.	<ul style="list-style-type: none">• En un erlenmeyer colocar 25 ml de muestra.• Agregar KCN (1 ml)• Agregar NaOH (1ml)• Añadir indicador Murexida.• Titular con EDTA hasta un viraje de color rosado a color lila.	El valor de (ml) de la titulación multiplicar por el factor de conversión adecuado.

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.8 Técnica para el cálculo de magnesio

Tabla 2.10 STANDARD METHODS *4500 Mg

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Se determina mediante el cálculo de calcio y la dureza	<ul style="list-style-type: none">• La concentración del magnesio, se calcula a partir de los valores obtenidos de las concentraciones del calcio y la dureza.	La concentración del magnesio se lo puede calcular con la diferencia entre la dureza y el calcio que se encuentra presente en el agua. $\text{Mg} = \text{Dureza} - \text{Calcio}$

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.9 Técnica para el cálculo de alcalinidad

Tabla 2.11 STANDARD METHODS *4500

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Pipetas de 1, 5, 10 (ml)• Erlenmeyer• Naranja de Metilo• H₂SO₄ (0,02 N)	<ul style="list-style-type: none">• En un erlenmeyer tomar 25 ml de muestra.• Agregar 4 gotas de naranja de metilo• Titular con ácido sulfúrico 0,02 N hasta cuando exista un viraje de color naranja a color rosado.	Multiplicar el valor de la titulación, por el valor del factor de la conversión que para el caso de la alcalinidad es de 20.

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.3.2.10 Técnica para el cálculo de sulfatos

Tabla 2.12 STANDARD METHODS *4500 SO₄ E

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Hach. • Pipeta volumétrica. • Celdas del espectrofotómetro Hach. • Reactivo Sulfaver4. • Muestra de agua. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar el espectrofotómetro Hach código 680. • En un erlenmeyer colocar 10 ml de blanco (muestra de agua), y en otro erlenmeyer colocar 10 ml de muestra con reactivo Sulfaver 4. • Leemos en blanco y enceramos el espectrofotómetro. • Ponemos la muestra con Sulfaver 4 y lo leemos en el espectrofotómetro Hach, realizamos la lectura. 	<p>Lectura directa en el espectrofotómetro Hach.</p>

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.11 Técnica para el cálculo de amonios

Tabla 2.13 STANDARD METHODS *4500

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Hach. • Pipeta volumétrica. • Celdas del espectrofotómetro Hach. • Reactivo para Amonios. • Muestra de agua. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar el espectrofotómetro Hach código 380. • En un erlenmeyer colocar 10 ml de blanco (muestra de agua), y en otro erlenmeyer colocar 10 ml de muestra con reactivo de Amonios. • Leemos en blanco y encerramos el espectrofotómetro. • Ponemos la muestra con reactivo de amonio y lo leemos en el espectrofotómetro Hach, realizamos la lectura. 	<p>Lectura directa en el espectrofotómetro Hach.</p>

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.12 Técnica para el cálculo de nitritos

Tabla 2.14 STANDARD METHODS *4500 NO₂

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Hach. • Pipeta volumétrica. • Celdas del espectrofotómetro Hach. • Reactivo Nitrite. • Muestra de agua. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar el espectrofotómetro Hach código 371. • En un erlenmeyer colocar 10 ml de blanco (muestra de agua), y en otro erlenmeyer colocar 10 ml de muestra con reactivo Nitrite. • Leemos en blanco y encerramos el espectrofotómetro. • Ponemos la muestra con Nitrite y lo leemos en el espectrofotómetro Hach, realizamos la lectura. 	<p>Lectura directa en el espectrofotómetro Hach.</p>

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.13 Técnica para el cálculo de nitratos

Tabla 2.15 MÉTODO HACH* Nitrato RA PP.

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Hach. • Pipeta volumétrica. • Celdas del espectrofotómetro Hach. • Reactivo Nitrato RA PP. • Muestra de agua. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar el espectrofotómetro Hach código 353. • En un erlenmeyer colocar 10 ml de blanco (muestra de agua), y en otro erlenmeyer colocar 10 ml de muestra con reactivo Nitrato RA PP. • Leemos en blanco y encerramos el espectrofotómetro. • Ponemos la muestra con Nitrato RA PP y lo leemos en el espectrofotómetro Hach, realizamos la lectura. 	<p>Lectura directa en el espectrofotómetro Hach.</p>

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.14 Técnica para el cálculo de hierro

Tabla 2.16 MÉTODO HACH* FerroVer.

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Hach. • Pipeta volumétrica. • Celdas del espectrofotómetro Hach. • Reactivo FerroVer. • Muestra de agua. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar el espectrofotómetro Hach código 290. • En un erlenmeyer colocar 10 ml de blanco (muestra de agua), y en otro erlenmeyer colocar 10 ml de muestra con reactivo FerroVer. • Leemos en blanco y encerramos el espectrofotómetro. • Ponemos la muestra con FerroVer y lo leemos en el espectrofotómetro Hach, realizamos la lectura. 	<p>Lectura directa en el espectrofotómetro Hach.</p>

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.15 Técnica para el cálculo de fluoruros

Tabla 2.17 MÉTODO HACH* SPANDS

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Hach. • Pipeta volumétrica. • Celdas del espectrofotómetro Hach. • Reactivo SPANDS. • Muestra de agua. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar el espectrofotómetro Hach con el código para fluoruros. • En un erlenmeyer colocar 10 ml de blanco (muestra de agua), y en otro erlenmeyer colocar 10 ml de muestra con reactivo SPANDS. • Leemos en blanco y encerramos el espectrofotómetro. • Ponemos la muestra con SPANDS y lo leemos en el espectrofotómetro Hach, realizamos la lectura 	<p>Lectura directa en el espectrofotómetro Hach.</p>

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.16 Técnica para el cálculo de fosfatos

Tabla 2.18 MÉTODO HACH* PoshVer

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Hach. • Pipeta volumétrica. • Celdas del espectrofotómetro Hach. • Reactivo PoshVer. • Muestra de agua. • Agua destilada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programar el espectrofotómetro Hach con el código para fluoruros. • En un erlenmeyer colocar 10 ml de blanco (muestra de agua), y en otro erlenmeyer colocar 10 ml de muestra con reactivo PoshVer. • Leemos en blanco y encerramos el espectrofotómetro. • Ponemos la muestra con PoshVer y lo leemos en el espectrofotómetro Hach, realizamos la lectura. 	<p>Lectura directa en el espectrofotómetro Hach.</p>

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.17 Técnica para el cálculo de sólidos totales

Tabla 2.19 STANDARD METHODS *2540

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Caja Petri tarada.• Estufa.• Baño maria.• Muestra de agua.• Balanza analítica• Desecador	<ul style="list-style-type: none">• Tarar la caja Petri vacía.• Colocar 25 ml de muestra en la caja Petri.• Llevar a baño maria que se evapore toda el agua.• Dejar enfriar la caja Petri.• Pesar la caja Petri.	Lectura de la balanza analítica.

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.18 Técnica para el cálculo de sólidos disueltos

Tabla 2.20 MÉTODO HACH* SD.

MATERIALES Y REACTIVOS	TECNICA	LECTURA O CALCULO A REALIZAR
<ul style="list-style-type: none">• Electrodo de Hach.• Vaso de precipitación.• Muestra de agua.	<ul style="list-style-type: none">• Colocar una muestra prudente en el vaso de precipitación.• Introducir el electrodo para la medición de solidos disueltos en el interior del vaso de precipitación.• Realizar la lectura.	Lectura directa en el Hach.

Fuente: *HACH MODEL DR/4000V

2.3.2.19 Técnica para el cálculo de contaminación microbiológica

Tabla 2.21 STANDARD METHODS MICROBIOLÓGICOS

REQUISITOS	ENSAYO	STANDARD METHODS
Coliformes totales	Filtración por membranas. Sembrado	PEE/M-01
Coliformes fecales	Filtración por membranas. Sembrado	PEE/M-01

Fuente: STANDARD METHODS, edición 20

2.4 Datos experimentales

2.4.1 Caracterización del agua cruda

Tabla 2.22 Análisis Físico – Químico del Agua Cruda Parroquia Valparaíso

Determinación	Unidad	Límite permisible Norma NTE INEN 1108:2011	Muestra			Pro – medio
			1	2	3	
Color	Unid. Co/Pt	15	1	1	1	1
pH	Unid.	6,5 – 8,5	6,70	6,71	6,70	6,7
Conductividad	μ Siems /cm	<1250	911	916	921	916
Turbiedad	Unt	5	0,2	0,2	0,1	0,17
Cloruros	mg / l	250	2,8	2,8	4,3	2,29
Dureza	mg / l	300	592	584	608	594,67
Calcio	mg / l	70	115,2	118,4	112	115,2
Magnesio	mg / L	30 – 50	73,9	70	79,7	74,53
Alcalinidad	mg / l	250 – 300	340	340	320	333,33
Bicarbonatos	mg / l	250 – 300	346,8	346,8	326,4	340
Sulfatos	mg / l	200	11	12	12	11,66
Amonios	mg / l	<0,50	0,18	0,29	0,34	0,27
Nitritos	mg / l	0,2	0,008	0,008	0,011	0,009
Nitratos	mg / l	50	0,01	0,02	0,02	0,016
Hierro	mg / l	0,3	0,003	0,02	0,02	0,023
Fluoruros	mg / l	1,5	0,44	0,50	0,43	0,45
Fosfatos	mg / l	< 0,30	0,27	0,30	0,27	0,28
Solidos totales	mg / l	1000	969	820	769	852,6
Solidos disueltos	mg / l	500	578	560	570	569,33

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias.

Tabla 2.23 Análisis Microbiológico del Agua Cruda Parroquia Valparaíso

Determinación	Unidades	Límite máximo permisible	Muestra
Coliformes totales	UFC /100 ml	0 (Ausencia)	0
Coliformes fecales	UFC/ 100 ml	0 (Ausencia)	0

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección.

2.4.1 Parámetros fuera de los límites permisibles

Al comparar los resultados de la caracterización del agua cruda de la Parroquia Valparaíso, con los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos” y se identificó 6 parámetros físico - químicos fuera de norma, siendo éstos: dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, bicarbonatos y solidos disueltos.

Tabla 2.24 Parámetros Físico – Químicos Fuera de Norma

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado
Dureza	mg / l	300	594,66
Calcio	mg / l	70	115,2
Magnesio	mg / l	30 – 50	74,53
Alcalinidad	mg / l	250 – 300	333,33
Bicarbonatos	mg / l	250 – 300	340
Solidos disueltos	mg / l	500	569,33

Fuente: VALLEJO, Dennys, P. 2015

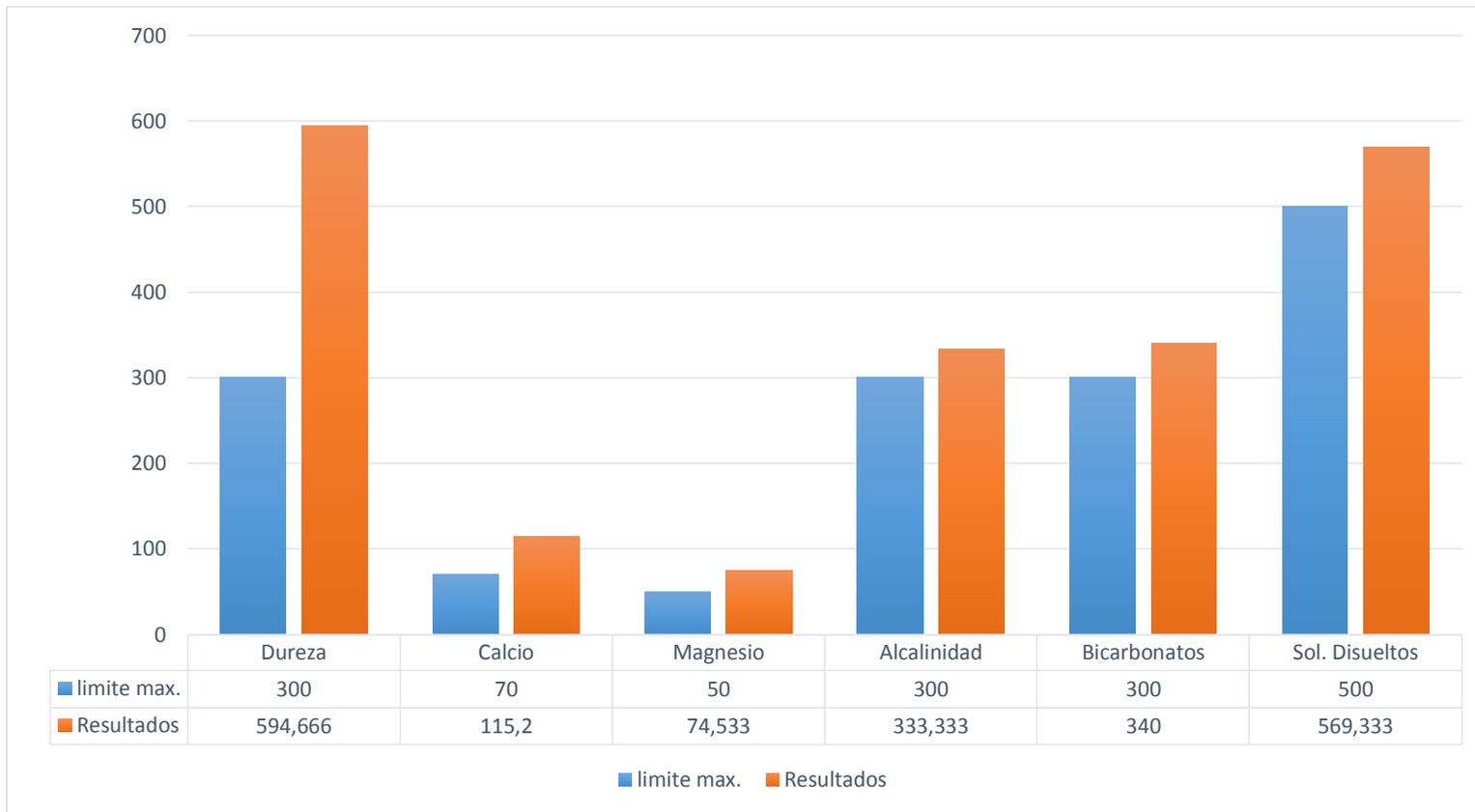


Grafico 2.1 Parámetros Físicos - Químicos Fuera de Norma

Fuente: VALLEJO, Dennys, P.

En cuanto los parámetros Microbiológicos se encuentran dentro de norma tanto coliformes fecales como coliformes totales.

2.4.2 Ubicación y situación actual de la parroquia valparaíso.

2.4.2.1 Ubicación de la Parroquia Valparaíso.

La Parroquia Valparaíso se encuentra en un medio geográfico irregular y quebradizo, entre los paralelos 78° 34' de longitud occidental y 1° 32' de latitud sur, en la República del Ecuador.

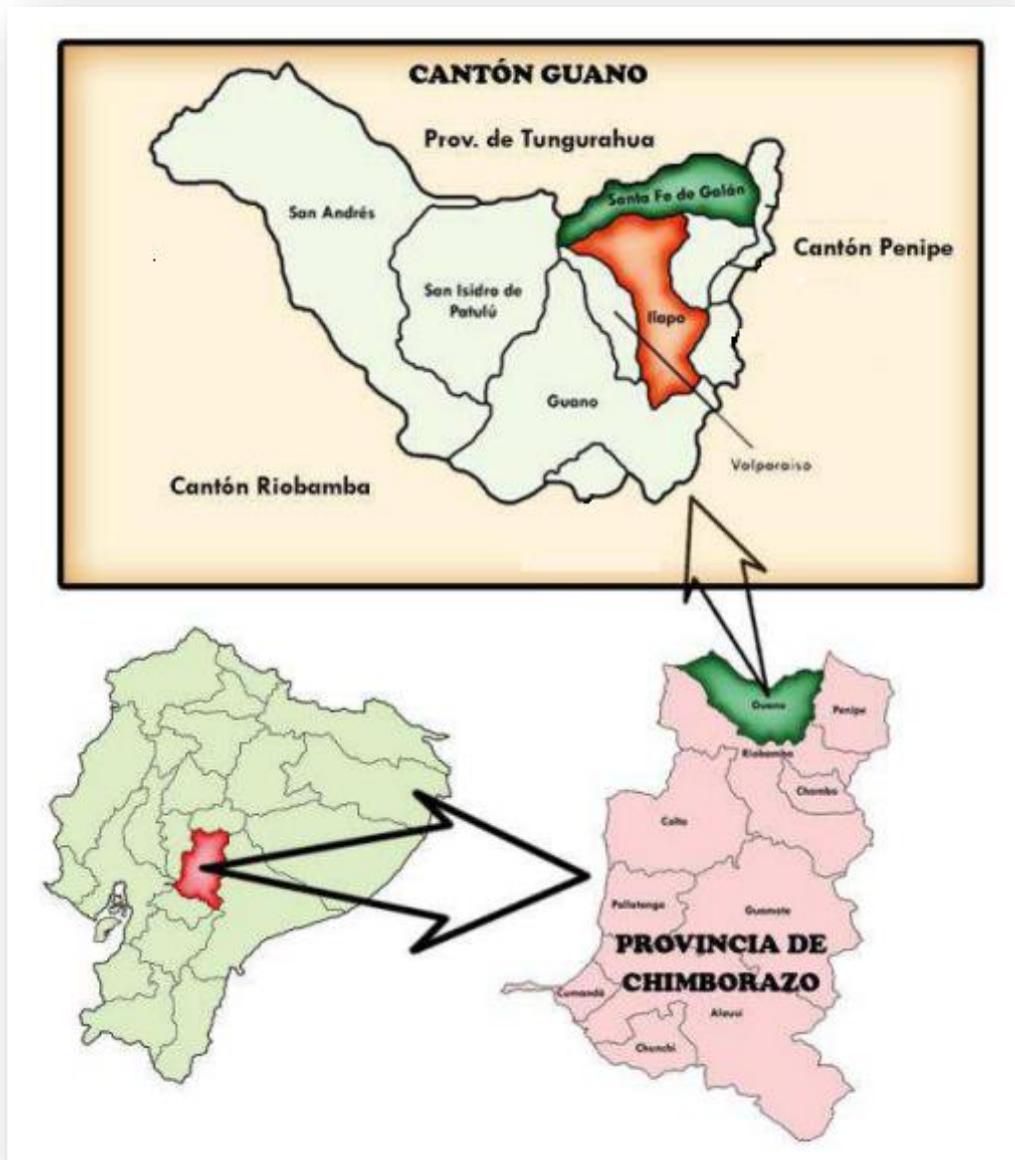


Figura 2.1 Ubicación de Valparaíso

Fuente: <http://canton-guano.blogspot.com/>

2.4.2.2 Situación Actual de la Parroquia Valparaíso

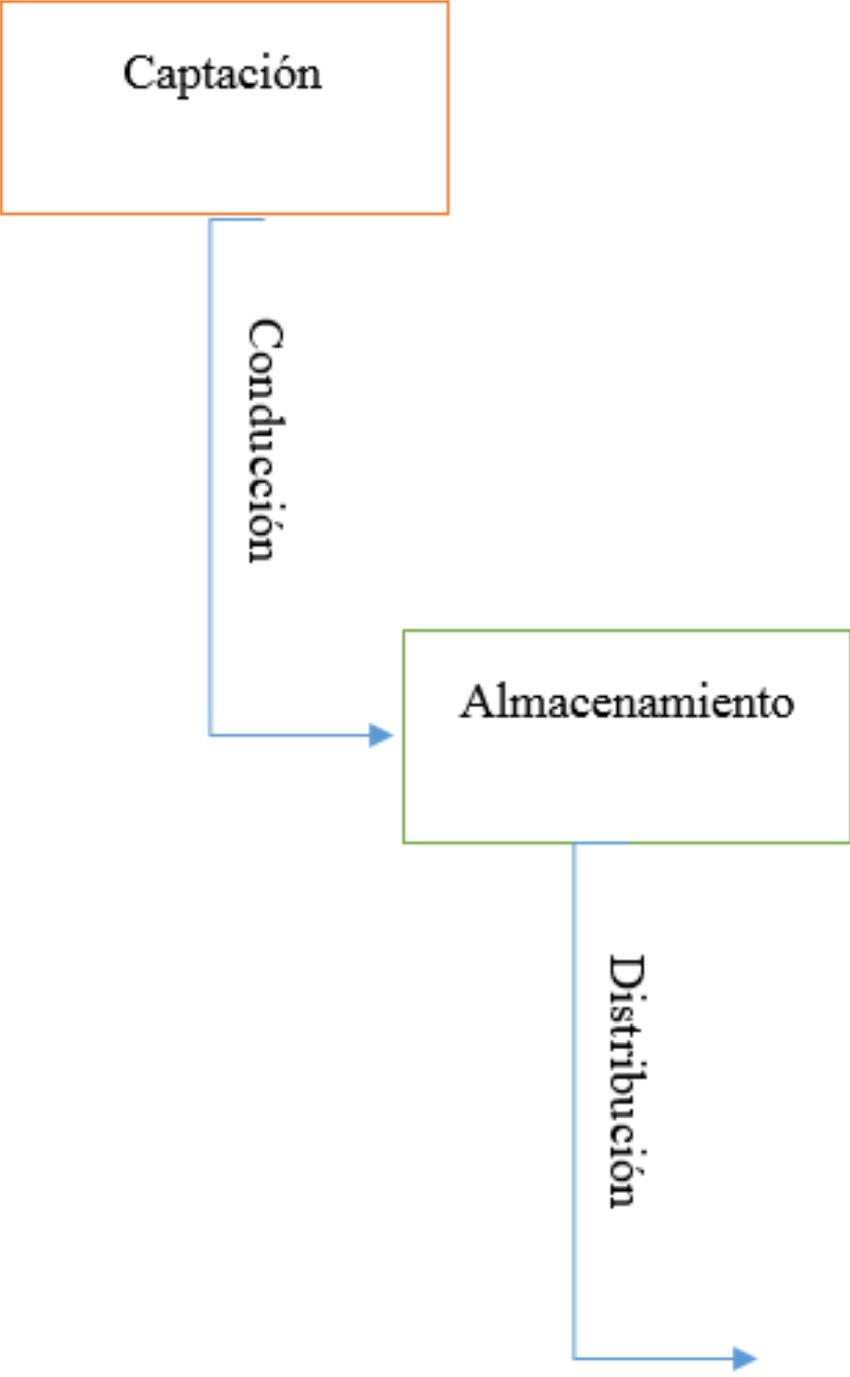
La Parroquia Valparaíso viene sufriendo la falta de este líquido vital para sus habitantes, por lo que se han visto obligados a construir un tanque reservorio con escasa tecnología, es decir, con materiales que se encuentran a su alcance, en el cual han captado el agua de una vertiente llamada Machay, las mangueras que se están utilizando se encuentran en mal estado de igual manera no se realizan mantenimientos en el tanque reservorio, también se puede observar que el agua es distribuida para sus pobladores sin un previo de sistema de tratamiento de potabilización.



Figura 2.2 Situación actual de Valparaíso.

Fuente: Dennys Paul Vallejo V. 2015.

2.4.2.2.1 Diagrama de flujo de la situación actual



Fuente: VALLEJO, Dennys, P. 2015.

CAPITULO III

3 DISEÑO

3.1 Pruebas de tratabilidad

Cuando se comparó los resultados de la caracterización del agua cruda, con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”, se detectó que existen parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles de acuerdo a la Norma, por lo cual se procedió a realizar las pruebas de tratabilidad del agua, se realizaron en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, Se buscó el tratamiento más adecuado y seguro con el fin de abastecer de agua potable a la Parroquia Valparaíso del Cantón Guano.

El método utilizado para la tratabilidad del agua fue la prueba de jarras donde se utilizó cal, con el fin de remover la Dureza, Calcio, Alcalinidad, Magnesio, Bicarbonatos y Solidos Disueltos, que se encuentran presentes en el agua.

3.1.1 Prueba de jarras

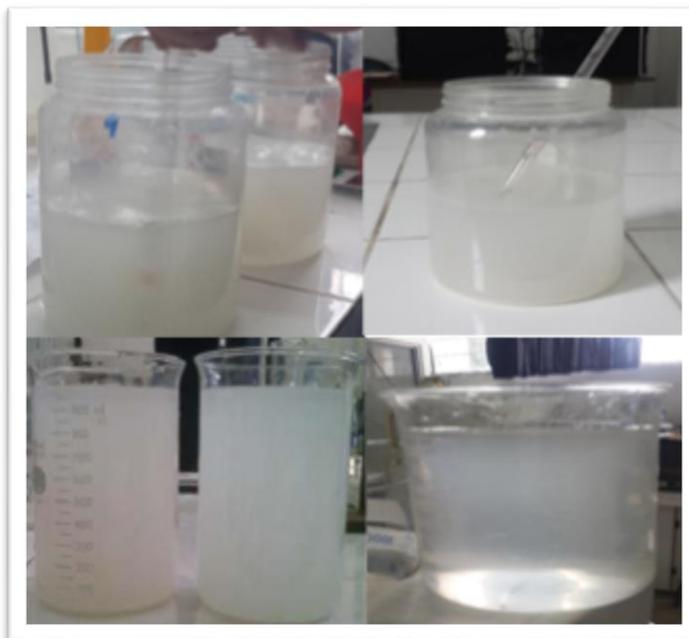


Figura 3.1 Prueba de Jarras con Cal

Fuente: VALLEJO, Dennys, P.

Se realizó la prueba de jarras la cual consiste en la simulación de mezclado, sedimentación y filtración, empleando un proceso de ablandamiento con cal. La cal reacciona con los bicarbonatos de calcio y magnesio, los cuales son causantes de que exista la dureza en el agua. Se utilizó cuatro vasos con la muestra problema y se realizó diferentes dosificaciones de la cal a diferentes concentraciones de tal manera de determinar experimentalmente la concentración y porcentaje más adecuada de cal.

Tabla 3.1 Resultado de las Pruebas de Jarras

Volumen de agua (l)	Concentración	Cal (g)	Dureza (mg/l)
1	Mayor de 60 % en óxido de calcio	04	380
		0,6	336
		0,8	305,6
		1	264
1	Mayor de 80 % en hidróxido de calcio	0,6	288
		0,8	200
		1	176
		1,2	168

Fuente: Dennys, Paul Vallejo V.

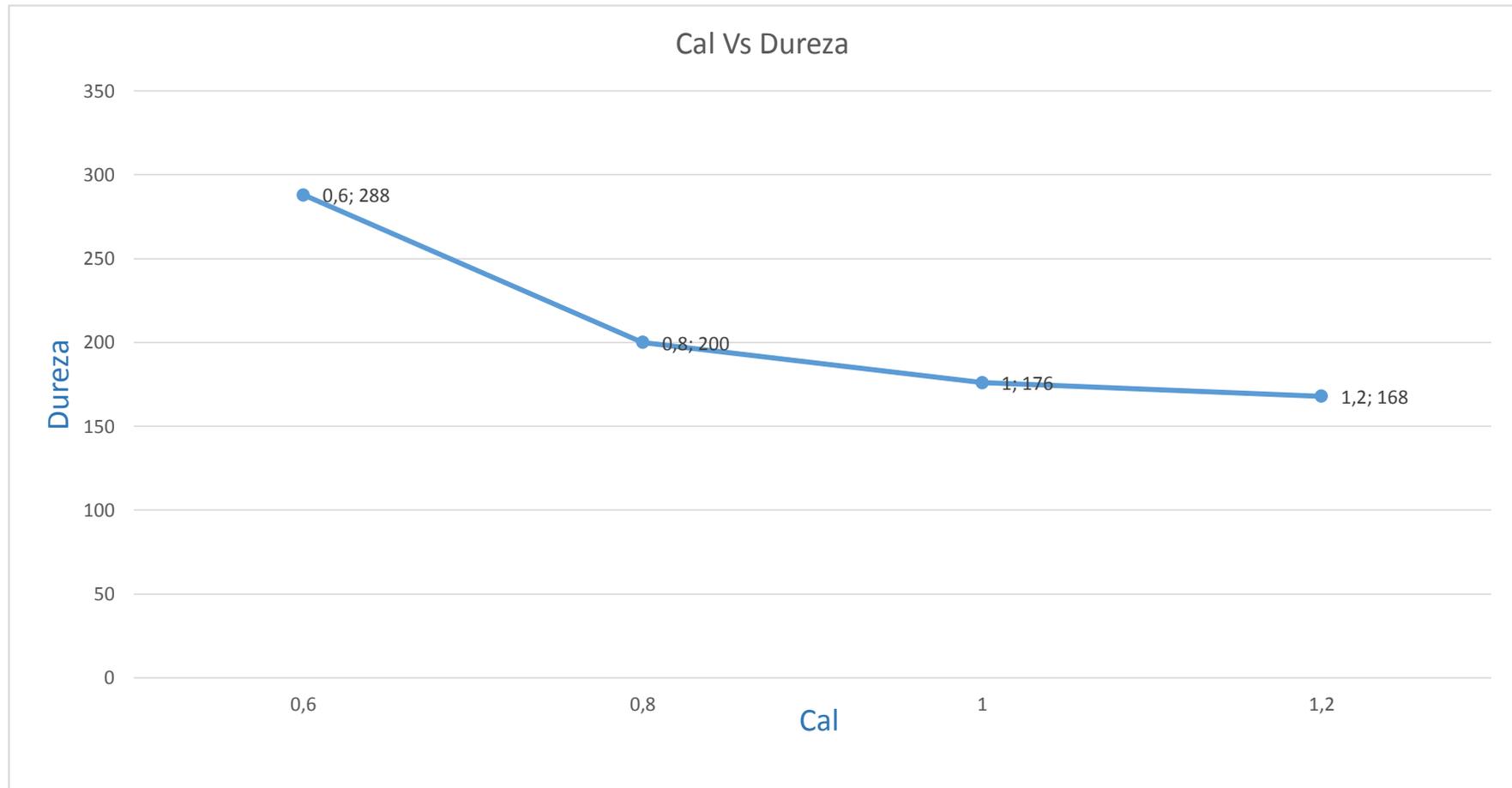


Grafico 3.1 Cal vs Dureza

Fuente: VALLEJO, Dennys, P.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de los datos de la tabla 3.1 y en función del gráfico 3.1, se considera que la cal adecuada para el tratamiento debe tener > 80 % de hidróxido de calcio y la porción que se debe colocar es de 0,6 gr de cal en un litro de agua, con el fin de reducir la dureza del agua que se encuentra presente como bicarbonatos de calcio y magnesio los cuales precipitan como carbonato cálcico y como hidróxido de magnesio, ambos compuestos son insolubles en agua.

Las pruebas de tratabilidad se realizaron durante el lapso de dos meses, con el fin de obtener un buen resultado y de bajo presupuesto para que sea implementado en la Parroquia Valparaíso. A si se logró el proceso más eficiente para generar agua de calidad, cumpliendo con los parámetros se encuentran dentro los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”.

3.2 Cálculo

3.2.1 Caudal de diseño

3.2.1.1 Cálculo de la población futura

Para el diseño se proyectara a una población futura dentro de 20 años y se calcula utilizando la

Ec. 1.7:

$$P_f = P_a (1 + r)^{nt}$$

Datos:

P_a = Población actual, 472 hab. Tabla 1.7

r = Tasa de crecimiento, 3,18%. Tabla 1.7

nt = Intervalo de años, 20 años. Tabla 1.7

Tabla 3.2 Proyección de la población futura

Año	Población
2016	487
2017	502
2018	518
2019	535
2020	552
2021	570
2022	588
2023	606
2024	626
2025	646

Continuara

Continua

2026	666
2027	687
2028	709
2029	732
2030	755
2031	779
2032	804
2033	829
2034	856
2035	883

Fuente: VALLEJO, Dennys, P. 2015.

3.2.1.2 Determinación del nivel de complejidad del sistema.

El de nivel de complejidad del sistema se determina en base en el cálculo de la población futura. Aplicando la **tabla 1.8**:

Tabla 1.8 Nivel de complejidad del sistema

Nivel	Población de Diseño
Bajo	<2500
Medio	2501- 12500
Medio Alto	12501
Alto	60000

Fuente: Romero. J. Purificación del Agua. Apéndices

Mediante el cálculo de la población futura a 20 años, El número de pobladores de la parroquia de Valparaíso es de 883. Aplicando la tabla anterior se determinó que el nivel de complejidad del sistema es bajo.

3.2.1.3 Cálculo de la dotación neta mínima

Empleando la **tabla 1.9** y con el nivel de complejidad del sistema, se calcula la dotación neta:

Tabla 1.9 Dotación neta

Nivel de Complejidad	Dotación neta mínima l/hab. * día	Dotación neta máxima l/hab. * día
Bajo	100	150
Medio	120	170
Medio Alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

La dotación neta mínima de agua es de 100 L/hab. * día, esto se calculó con el nivel de complejidad el cual es bajo.

La dotación neta mínima de agua es la cantidad de agua la cual utiliza un habitante en un día para realizar sus labores cotidianas en el hogar como son: preparación de alimentos y bebidas, el aseo personal, de ropa y objetos de la casa, descarga de los inodoros, riego de jardín y en la realización de estas actividades y otras, tenemos un total de dotación neta mínima de 100 L / hab. * Día.

3.2.1.4 Cálculo de la dotación bruta

Mediante el nivel de complejidad del sistema se calcula el porcentaje admisible de pérdidas técnicas, aplicando la **tabla 1.10**:

Tabla 1.10 Pérdidas técnicas

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

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

El porcentaje de pérdidas técnicas es de 40 %, ya que se basa en el nivel de complejidad y este es de nivel bajo.

Para calcular la dotación bruta se aplica la **Ec. 1.8**:

$$Dotacion\ Bruta = \frac{Dotacion\ neta\ mim.}{1 - pérdidas\ técnicas}$$

Datos:

Dotación neta mínima = 100 l / hab. * día. Cálculo del numeral 3.2.1.3.

Pérdidas técnicas = 40%. Tabla 1.10.

$$Dotacion\ Bruta = \frac{100}{1 - 0,40}$$

$$Dotacion\ Bruta = 166,67 \frac{l}{hab * día}$$

3.2.1.5 Cálculo del caudal medio diario

Aplicamos la **Ec. 1.9** para calcular el caudal medio diario:

$$Qmd = P_f * Dotacion\ bruta$$

Datos:

P_f = Población futura, 883 hab. Cálculo del numeral 3.2.1.1.

Dotación bruta = 166,67 l / hab. * día. Cálculo del numeral 3.2.1.4.

$$Qmd = 883 * 166,67$$

$$Qmd = 147169,61 \frac{l}{día}$$

3.2.1.6 Cálculo del caudal máximo diario

Con el nivel de complejidad del sistema se obtiene el coeficiente de consumo máximo diario,

K_1 , a partir de la **tabla 1.11**:

Tabla 1.11 Valores de K_1

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

Fuente: ROMERO, J. Purificación del Agua. Apéndices

El valor del coeficiente de consumo máximo diario, K_1 , es de 1,3, ya que el nivel de complejidad del sistema es bajo.

Aplicando la **Ec. 1.10** podemos calcular el caudal máximo diario:

$$QMd = \frac{K_1 * Qmd}{86400}$$

Datos:

K_1 = Coeficiente de consumo máximo diario, 1,3 adimensional. Tabla 1.11

Qmd = Caudal medio diario, 147169,61 l/día. Cálculo del numeral 3.2.1.5.

$$QMd = \frac{1,3 * 147169,61}{86400}$$

$$QMd = 2,21 \text{ l/s}$$

3.2.1.7 Cálculo del caudal máximo horario

Aplicando la **Ec. 1.11** podemos calcular el caudal máximo horario:

$$QMh = K_2 \times QMd$$

Datos:

K_2 = Coeficiente de variación horaria, 2, adimensional. Tabla 1.12

QMd = Caudal máximo diario, 2,21 l/s. Cálculo del numeral 3.2.1.6.

$$QMh = 2 \times 2,21$$

$$QMh = 4,42 \frac{l}{s}$$

3.2.1.8 Cálculo del caudal de diseño.

Es el caudal con el cual se va a diseñar el resto de operaciones unitarias correspondientes en el sistema de potabilización del agua.

Se aplica la **Ec. 1.12** para el cálculo de caudal de diseño:

$$Q = QMh \times fr$$

Datos:

QMh = Caudal máximo horario, 4,42 l/s. Cálculo del numeral 3.2.1.7.

fr = Factor de seguridad, 10%. Tabla 1.12

$$Q = 4,42 \times 1,10$$

$$Q = 4,86 \text{ l/s}$$

$$Q = 4,86 \frac{l}{s} = 0,00486 \frac{m^3}{s}$$

3.2.2 Dimensionamiento del vertedero rectangular

El vertedero rectangular se diseña a partir del caudal de diseño 4,86 L/s, con el fin de realizar una mezcla homogénea y rápida de la cal a través del flujo de agua. El material empleado para la construcción del vertedero será hormigón.

3.2.2.1 Cálculo de la profundidad del canal del vertedero

Aplicamos la **Ec. 1.13** para calcular la profundidad del canal del vertedero:

$$Cv = fs * H$$

Datos:

fs = Factor de seguridad, 10%. Tabla 1.15

H = Carga mínima sobre el vertedero, o también denominada altura de la lámina de agua, 0,05 m. Tabla 1.15

$$Cv = 1,10 * 0,05$$

$$Cv = 0,055 m$$

3.2.2.2 Cálculo del ancho del vertedero

Se calcula el ancho del vertedero mediante la **Ec. 1.14**:

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

Datos:

Q = Caudal de diseño, $0,00486 \frac{m^3}{s}$. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

H = Carga mínima sobre el vertedero, o también denominada altura de la lámina de agua, 0,05 m. Tabla 1.15

$$B = \frac{0,00486}{1,84 (0,05)^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = 0,236 m$$

3.2.2.3 Cálculo del caudal por unidad de ancho del vertedero

Aplicando la **Ec. 1.15** se calcula el caudal por unidad de ancho:

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

Datos:

Q = Caudal de diseño, $0,00486 \frac{m^3}{s}$. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

B = Ancho del vertedero, 0,236 m. Cálculo del numeral 3.2.2.2.

$$q = \frac{0,00486}{0,236}$$

$$q = 0,020 \text{ m}^2/\text{s}$$

3.2.2.4 Cálculo de la profundidad crítica de flujo

Aplicando la **Ec. 1.16** se calcula la profundidad crítica de flujo:

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

Datos:

g = Gravedad, 9,8 m/s². Tabla 1.14

q = Caudal por unidad de ancho del vertedero, 0,020 m²/s. Cálculo del numeral 3.2.2.3.

$$h_c = \left(\frac{0,020^2}{9,8} \right)^{1/3}$$

$$h_c = 0,034 \text{ m}$$

3.2.2.5 Cálculo de la longitud del salto

Aplicando la **Ec. 1.17** calculamos la longitud del salto:

$$Lm = 4,3 P^{0,1} h_c^{0,9}$$

Datos:

P = Altura de la pared del vertedero, para una mezcla eficiente y un resalto estable, 0,50 m.
Tabla 1.15

h_c = Profundidad de crítica de flujo, 0,034 m. Cálculo del numeral 3.2.2.4.

$$Lm = 4,3 (0,50)^{0,1} (0,034)^{0,9}$$

$$Lm = 0,191 \text{ m}$$

3.2.2.6 Cálculo de la profundidad supercrítica

Aplicamos la **Ec. 1.18** para el cálculo de la profundidad supercrítica o altura del agua después

del salto:

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

Datos:

P = Altura de la pared del vertedero, para una mezcla eficiente y un resalto estable, 0,50 m.

Tabla 1.15

h_c = Profundidad de crítica de flujo, 0,034 m. Cálculo del numeral 3.2.2.4.

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{0,50}{0,034} + 1,5}} * 0,034$$

$$h_1 = 0,00945 \text{ m}$$

3.2.2.7 Cálculo de la velocidad del agua en el salto

Aplicando la **Ec. 1.19** se calcula la velocidad del agua en el salto:

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

Datos:

q = Caudal por unidad de ancho del vertedero, 0,020 m^2/s . Cálculo del numeral 3.2.2.3.

h_1 = Profundidad supercrítica, 0,00945 m. Cálculo del numeral 3.2.2.6.

$$v_1 = \frac{0,020}{0,00945}$$

$$v_1 = 2,12 \text{ m/s}$$

3.2.2.8 Cálculo del Número de Froude

El cálculo del Número de Froude es fundamental para que exista un resalto estable y mezcla eficiente, para calcular se aplica la **Ec. 1.20**:

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

Datos:

v_1 = Velocidad del agua en el salto, 2,12 m/s. Cálculo del numeral 3.2.2.7.

g = Gravedad, 9,8 m/s². Tabla 1.15

h_1 = Profundidad supercrítica, 0,00945 m. Cálculo del numeral 3.2.2.6.

$$F = \frac{2,12}{\sqrt{9,8 * 0,00945}}$$

$$F = 6,966$$

El valor de 6,966 se encuentra en el rango de los límites del número de Froude comprendido entre 4,5 y 9, tabla 1.15.

3.2.2.9 Cálculo de la profundidad subcrítica

Aplicando la **Ec. 1.21** se puede calcular la profundidad subcrítica o altura del agua después del resalto:

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

Datos:

F = Número de Froude, adimensional, 6,966. Cálculo del numeral 3.2.2.8.

h_1 = Profundidad supercrítica, 0,00945 m. Cálculo del numeral 3.2.2.6.

$$h_2 = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8(6,966)^2} - 1) 0,00945$$

$$h_2 = 0,088 \text{ m}$$

3.2.2.10 Cálculo de la velocidad del agua en el resalto

Aplicando la **Ec. 1.22** se calcula la velocidad del agua en el resalto:

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

Datos:

q = Caudal por unidad de ancho del vertedero, $0,020 \text{ m}^2/\text{s}$. Cálculo del numeral 3.2.2.3.

h_2 = Profundad subcrítica, $0,088 \text{ m}$. Cálculo del numeral 3.2.2.9.

$$v_2 = \frac{0,020}{0,088}$$

$$v_2 = 0,227 \text{ m/s}$$

3.2.2.11 Cálculo de la pérdida de energía en el resalto

Aplicando la **Ec. 1.23** se calcula la pérdida de energía en el resalto:

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

Datos:

h_1 = Profundad supercrítica, $0,00945 \text{ m}$. Cálculo del numeral 3.2.2.6.

h_2 = Profundad subcrítica, $0,088 \text{ m}$. Cálculo del numeral 3.2.2.9.

$$h = \frac{(0,088 - 0,00945)^3}{4(0,00945)(0,088)}$$

$$h = 0,145 \text{ m}$$

3.2.2.12 Cálculo de la longitud del resalto para resalto estable.

Aplicando la **Ec. 1.24** se calcula la longitud del resalto, para resalto estable:

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

Datos:

h_1 = Profundad supercrítica, 0,00945 m. Cálculo del numeral 3.2.2.6.

h_2 = Profundad subcrítica, 0,088 m. Cálculo del numeral 3.2.2.9.

$$L_j = 6 (0,088 - 0,00945)$$

$$L_j = 0,471 \text{ m}$$

3.2.2.13 Cálculo de la velocidad media en el resalto

Aplicando la **Ec. 1.25** se calcula la velocidad media en el resalto:

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

Datos:

v_1 = Velocidad del agua en el salto, 2,12 m/s. Cálculo del numeral 3.2.2.7.

v_2 = Velocidad del agua en el resalto, 0,227 m/s. Cálculo del numeral 3.2.2.10.

$$v_m = \frac{0,227 + 2,12}{2}$$

$$v_m = 1,173 \text{ m/s}$$

3.2.2.14 Cálculo del tiempo de mezcla

Aplicando la **Ec. 1.26** se calcula el tiempo de mezcla rápida:

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

Datos:

L_j = Longitud del resalto para resalto estable, 0,471 m. Cálculo del numeral 3.2.2.12.

v_m = Velocidad media en el resalto, 1,173 m/s. Cálculo del numeral 3.2.2.13.

$$t = \frac{0,471}{1,173}$$

$$t = 0,401 \text{ s}$$

3.2.2.15 Cálculo del gradiente de velocidad.

Aplicando la **Ec. 1.27** se calcula el gradiente de velocidad:

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

Datos:

γ = Peso específico del agua a 1 atm. y 20 °C, 9789 kN/m^3 . Tabla 1.9

μ = Viscosidad dinámica del agua a 1 atm. y 20 °C, 1002×10^{-3} *Pas*. Tabla 1.9

h = Perdida de energía en el resalto, 0,145 m. Cálculo del numeral 3.2.2.11.

t = Tiempo de mezcla, 0,401 s. Cálculo del numeral 3.2.2.14.

$$G = \sqrt{\frac{(9789)(0,145)}{(1,002 \times 10^{-3})(0,401)}}$$

$$G = 1879,520 \text{ s}^{-1}$$

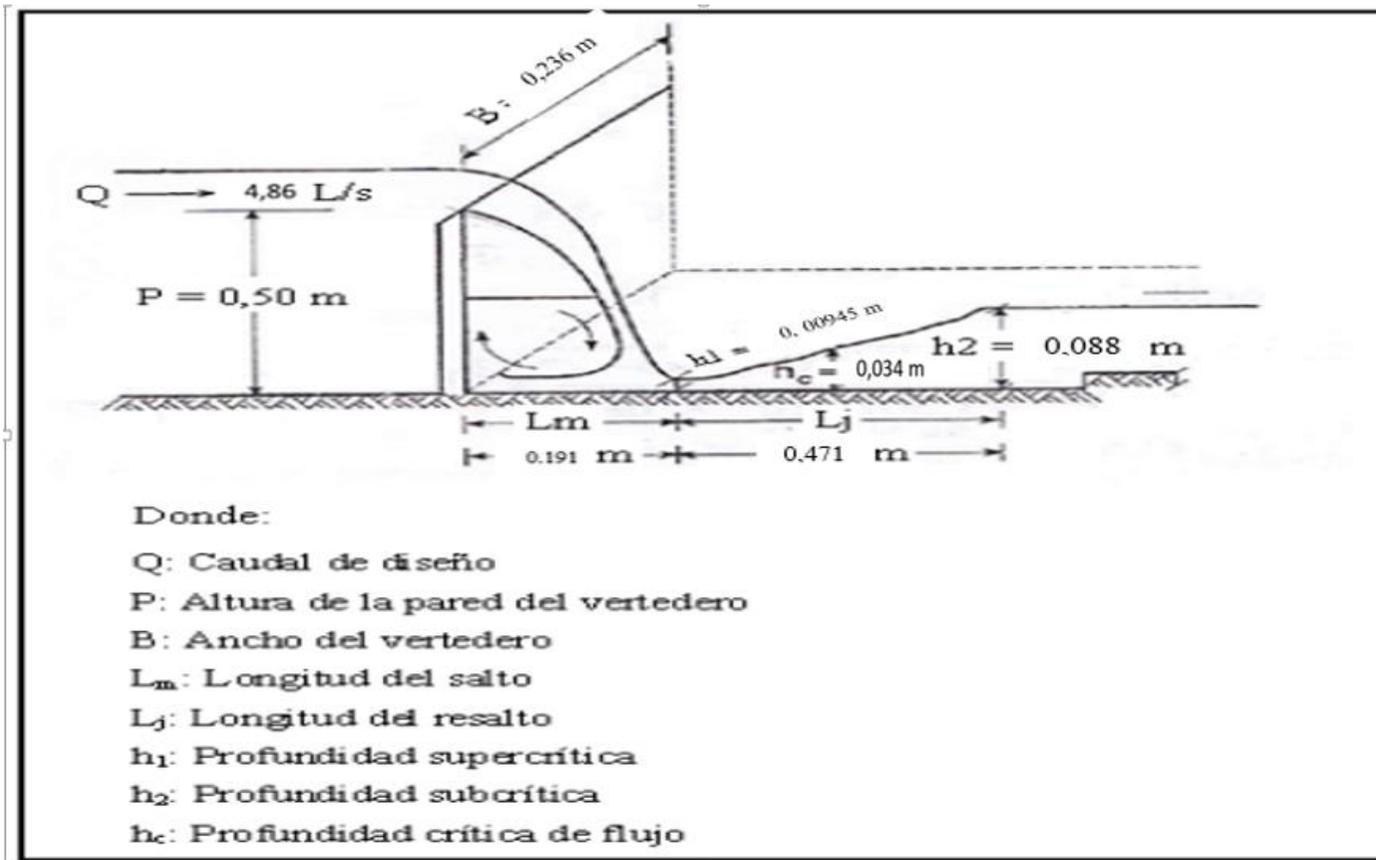


Grafico 3.2 Dimensiones del Vertedero Rectangular.

Fuente: Dennys Paul Vallejo V. 2015.

3.2.3 Cálculo de la dosificación de cal

Al realizar la prueba de jarras se calculó la cantidad de cal adecuada y la concentración necesaria de la misma. La dosificación de cal se la realizara mediante vía seca, con el fin de que exista una mezcla rápida y homogénea.

La dosificación de cal se la realizará mediante un dosificador gravimétrico, ya que este sirve para dosificar material seco granulado, y también dosifica con un peso constante, tiene una gran precisión y un amplio rango de dosificación.

Para el cálculo de la dosificación de cal diaria se aplica la **Ec. 1.28**:

$$M_{cal} = Q \times D$$

Datos:

Q = Caudal de agua, 4,86 l/s. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

D = Dosis de cal, 0,6gr / l. Tabla 3.1

$$M_{cal} = 4,86 \times 0,6$$

$$M_{cal} = 2,9 \text{ gr/s}$$

$$2,9 \frac{\text{gr}}{\text{s}} \times \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \times \frac{24\text{h}}{1\text{dia}} \times \frac{1\text{Kg}}{1000\text{gr}} = 250,56 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

$$M_{cal} = 250,56 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

3.2.3.1 Cálculo del volumen de la tolva contenedora de cal

El volumen de la tolva se diseña según la cantidad de cal que se necesitara en un día de tratamiento de potabilización del agua.

Para el cálculo del volumen de la tolva que va a contener la cal se emplea la **Ec. 1.29**:

$$\mathbf{Volumen\ tolva = \frac{M_{cal}}{densidad\ cal}}$$

Datos:

Densidad cal = densidad de la cal, 0,65 g / cm³, Hoja técnica de la cal. Anexo K

M_{cal} = Masa de cal, 250,56 Kg/ día. Cálculo del numeral 3.2.3.

$$M_{cal} = 2,9 \frac{gr}{s} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24h}{1día} = 250560 \frac{g}{día}$$

$$densidad = 0,65 \frac{gr}{cm^3} \times \frac{100^3 cm^3}{m^3} = 650000 \frac{g}{m^3}$$

$$Volumen\ tolva = \frac{250560}{650000}$$

$$\mathbf{Volumen\ tolva = 0,39\ m^3}$$

El volumen de la tolva es de 0,39 m³ pero se debe considerar diversas situaciones que pueda ocurrir y se sugiere que la tolva debe tener un volumen de 0,40 m³

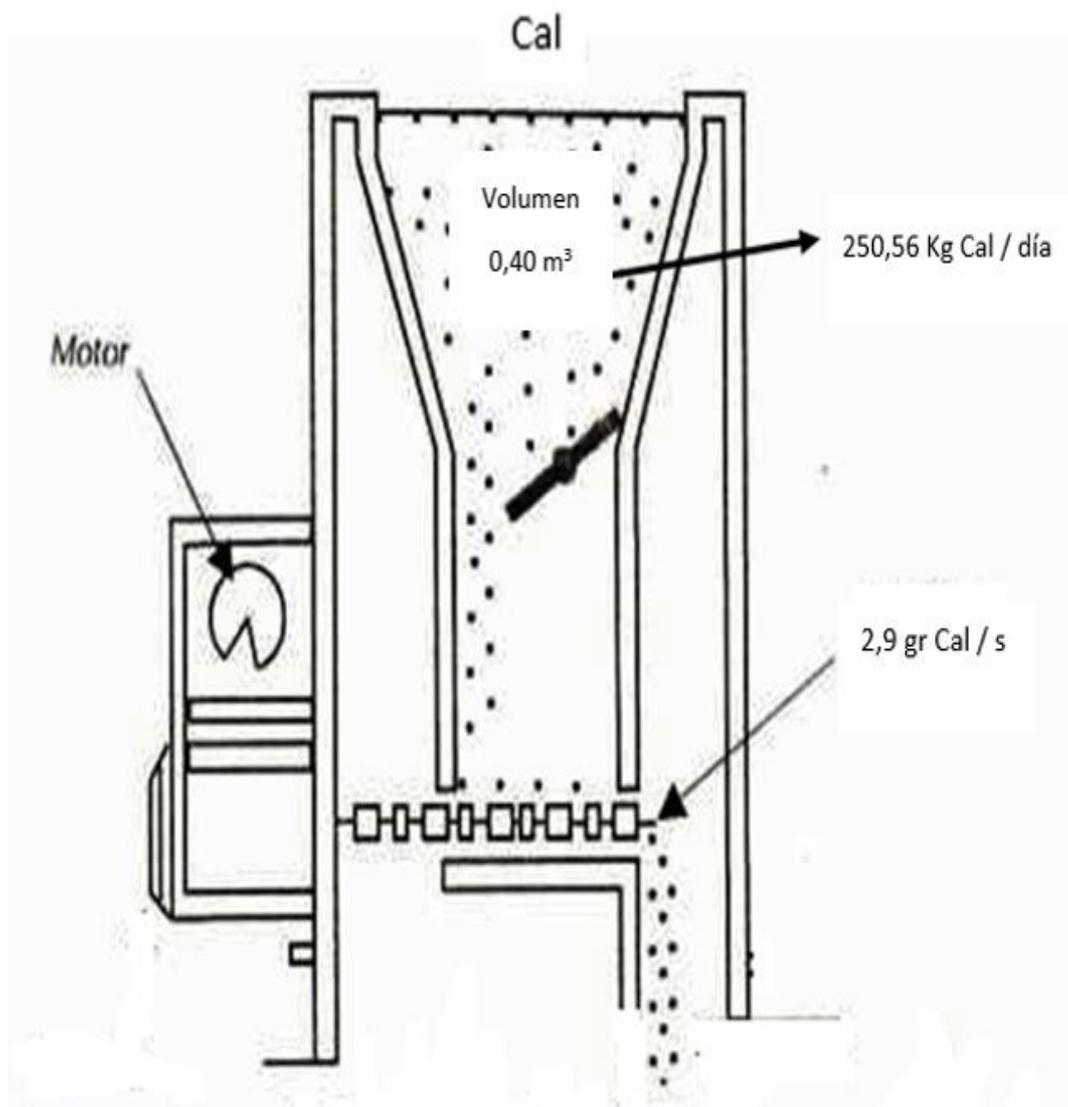


Grafico 3.3 Dimensionamiento tolva de Cal

Fuente: Dennys Paul Vallejo V. 2015.

3.2.4 Dimensionamiento del sedimentador laminar

El material se empleara para la construcción del tanque de sedimentación será hormigón, y las placas contenidas en su interior serán de asbesto y cemento prefabricado.

El sedimentador se diseñara para un caudal de:

$$Q = 4,86 \frac{L}{s} = 0,00486m^3/s$$

3.2.4.1 Cálculo de la carga superficial.

La carga superficial o también conocida como velocidad promedio después de haber instalado las placas se calcula a partir de la aplicación de la **Ec. 1.30**:

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

Datos:

l_p = Longitud de las placas planas de asbesto, 1,20 m. Tabla 1,16

t_{rp} = Tiempo de retención en las placas, 20 mim. Tabla 1,15

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

$$v_{so} = 0,06 \frac{m}{mim} \times \frac{60mim}{1h} \times \frac{24h}{1día} = 86,40m/día$$

$$v_{so} = 86,40m/día$$

3.2.4.2 Cálculo del área de sedimentación acelerada

Aplicando la **Ec. 1.31** Se calcula el área de sedimentación acelerada:

$$A_s = \frac{Q}{v_{so} \sin \theta}$$

Datos:

Q = Caudal de diseño, 0,00486m³/s = 419,9 m³/día. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

θ = Angulo de inclinación de las placas, 60^o. Tabla 1.15

v_{so} = Carga superficial, 86,40 m/ día. Cálculo del numeral 3.2.4.1.

$$A_s = \frac{419,9}{(86,40) \sin 60}$$

$$A_s = 5,611 \text{ m}^2$$

3.2.4.3 Cálculo de la longitud del área de sedimentación acelerada

Aplicando la **Ec. 1.32** se calcula la longitud del área de sedimentación acelerada:

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

Datos:

B_s = Ancho de las placas planas de asbesto, 2,40 m. Tabla 1.17

A_s = Área de sedimentación acelerada, 5,611 m². Cálculo del numeral 3.2.4.2.

$$L_s = \frac{5,611}{2,40}$$

$$L_s = 2,33 \text{ m}$$

3.2.4.4 Cálculo de la longitud relativa del sedimentador

Aplicando la **Ec. 1.33** se calcula la longitud relativa del sedimentador:

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

Datos:

e_p = Distancia entre las placas, 0,05 m. Tabla 1.15

l_p = Longitud de las placas planas de asbesto, 1,20 m. Tabla 1,16

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

$$L_r = 24$$

3.2.4.5 Cálculo de la longitud relativa en la región de transición

Aplicando la **Ec. 1.34** se calcula la longitud relativa en la región de transición:

$$L' = 0,013 \frac{v_{os} * e_p}{\mu_{H_2O}}$$

Datos:

μ_{H_2O} = Viscosidad Cinemática del agua a 1 atmosfera y 20 °C, $1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 6,024 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{min}$. Tabla 1.18

e_p = Distancia entre las placas, 0,05 m. Tabla 1.16

v_{so} = Carga superficial, 86, 40 m/ día. Cálculo del numeral 3.2.4.1.

$$L' = 0,013 \frac{0,06 * -0,05}{6,024 \times 10^{-5}}$$

$$L' = 0,647$$

3.2.4.6 Cálculo de la longitud relativa corregida

Al calcular la longitud relativa en la región de transición, se procede a comparar el caso según las ecuaciones:

$$L_c = 2 (L_r - L') \quad \text{Si } L' > L_r/2$$

Ec. 1.35

$$L_c = L_r - L' \quad \text{Si } L' \leq L_r/2$$

Ec. 1.36

Datos:

L_r = longitud relativa del sedimentador, 24, adimensional. Cálculo del numeral 3.2.4.4.

L' = longitud relativa en la región de transición, 0,647 adimensional. Cálculo del numeral 3.2.4.5.

$$\frac{L_r}{2} = \frac{24}{2} = 12$$

Por lo tanto $L' \leq L_r/2$ y se aplica la Ec. 1.36:

$$L_c = L_r - L'$$

$$L_c = 24 - 0,647$$

$$L_c = 23,353$$

3.2.4.7 Cálculo de la velocidad crítica de sedimentación

Aplicando la **Ec. 1.37** se calcula la velocidad crítica de asentamiento o sedimentación:

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

Datos:

S_c = Constante para placas planas paralelas, 1, adimensional. Tabla 1.17

v_{so} = Carga superficial, 86,40 m/ día. Cálculo del numeral 3.2.4.1.

L_r = longitud relativa del sedimentador, 24, adimensional. Cálculo del numeral 3.2.4.4.

θ = Angulo de inclinación de las placas, 60° . Tabla 1.15

$$v_{sc} = \frac{1 * 86,40}{\sin 60 + (24(\cos 60))}$$

$$v_{sc} = 6,72 \text{ m/día}$$

3.2.4.8 Cálculo del Número de Reynolds

El número de Reynolds, nos da a conocer la verificación del flujo laminar que se encuentra en el sedimentador, para aquello aplicamos la **Ec. 1.38**:

$$N_{Re} = \frac{v_{so} * e_p}{\mu_{H_2O}}$$

Datos:

v_{so} = Carga superficial, 86,40 m/ día. Cálculo del numeral 3.2.4.1.

μ_{H_2O} = Viscosidad Cinemática del agua a 1 atmosfera y 20 °C, $1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Tabla 1.18

e_p = Distancia entre las placas, 0,05 m. Tabla 1.15

$$\mu_{H_2O} = 1,004 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 0,0867 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}$$

$$N_{Re} = \frac{84,64 * 0,05}{0,0867}$$

$$N_{Re} = 48,81$$

Comparando el cálculo anterior con los rangos del Número de Reynolds que se encuentran expuestos en la tabla 1.16, Se llega a la conclusión que el diseño escogido es correcto, ya que el flujo de agua es laminar.

3.2.4.9 Cálculo del volumen del sedimentador

Aplicando la **Ec. 1.39** se calcula el volumen del tanque sedimentador:

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

Datos:

Z_s = Altura del sedimentador, 3m. Tabla 1.15

B_s = Ancho placas planas de asbesto, 2,40 m. Tabla 1.16

L_s = Longitud del área de sedimentación acelerada, 2,33m. Cálculo del numeral 3.2.4.3.

$$V_{Ts} = 2,33 * 3 * 2,40$$

$$V_{Ts} = 16,776 \text{ m}^3$$

3.2.4.10 Cálculo del tiempo de retención en el tanque de sedimentación.

Aplicando la **Ec. 1.40** se calcula el tiempo de retención en el tanque de sedimentación:

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

Datos:

V_{Ts} = Volumen del sedimentador, 16,776 m³. Cálculo del numeral 3.2.4.9.

Q = Caudal de diseño, 0,00486 m³/s. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

$$Q = 0,00486 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{mim}} = 0,2916 \frac{\text{m}^3}{\text{mim}}$$

$$t_{rs} = \frac{16,776}{0,2916}$$

$$t_{rs} = 57,53 \text{ mim}$$

3.2.4.11 Cálculo del número de placas

Aplicando la **Ec. 1.41** se puede calcular el número de placas planas paralelas:

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

Datos:

b_p = Espesor placas planas de Asbesto, 0,01 m. Tabla 1.17

L_s = Longitud del área de sedimentación acelerada, 2,33m. Cálculo del numeral 3.2.4.3.

l_p = Longitud de las placas planas de asbesto, 1,20 m. Tabla 1,17

e_p = Distancia entre las placas, 0,05 m. Tabla 1.16

θ = Angulo de inclinación de las placas, 60° . Tabla 1.16

$$N_p = \frac{(2,33 - (1,20(\cos 60) \sin 60 + 0,05))}{0,05 + 0,01}$$

$$N_p = 29$$

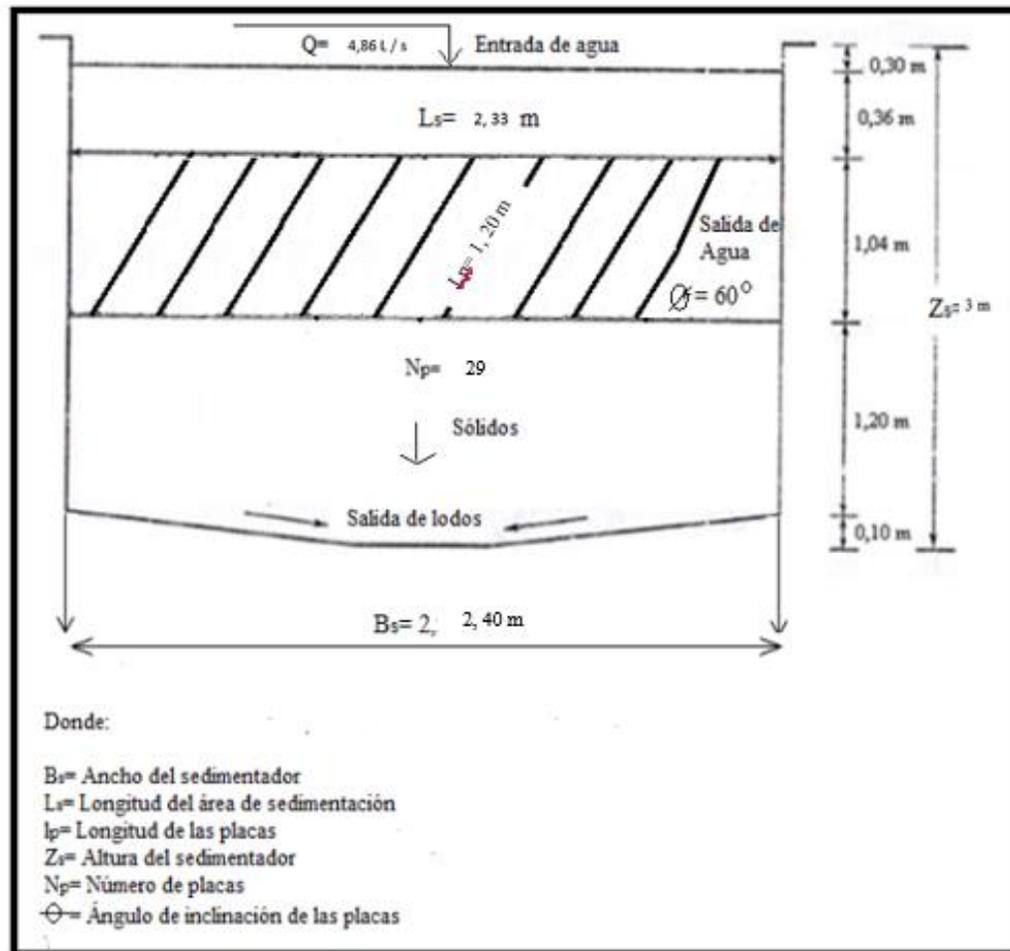


Grafico 3.4 Dimensiones del Sedimentador Laminar.

Fuente: Dennys Paul Vallejo V.

3.2.5 Dimensionamiento del filtro rápido de arena

El diseño del filtro rápido de arena se basará en el caudal de diseño, y el material de construcción que será de hormigón. La finalidad de la construcción del filtro rápido de arena es la retención de las partículas suspendidas y coloidales que no se sedimentaron.

$$Q = 4,86 \frac{l}{s} = 0,00486 \frac{m^3}{s} = 416,9 \frac{m^3}{día}$$

3.2.5.1 Cálculo del número de filtros

Aplicando la **Ec. 1.42** se calcula el número de filtros:

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

Dato:

Q = Caudal de diseño, 416,9 m³/ día. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

$$n_f = 0,044\sqrt{416,9}$$

$$n_f = 0,898$$

$$n_f \cong 1$$

3.2.5.2 Cálculo del área del filtro

Aplicando la **Ec. 1.43** se calcula el área de filtración:

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

Datos:

Tasa de filtracion = 120 m/día. Tabla 1.19

Q = Caudal de diseño, 416,9 m³/ día. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

$$A_f = \frac{416,9}{120}$$

$$A_f = 3,474 \text{ m}^2$$

3.2.5.3 Cálculo del coeficiente de mínimo costo

Aplicando la **Ec. 1.44** o la **Ec. 1.45** se calcula el coeficiente de mínimo costo:

$$K_c = \frac{L_f}{a_f}; \quad \text{Ec. 1.44}$$

$$K_c = \frac{2n_f}{n_f + 1}; \quad \text{Ec. 1.45}$$

En este caso se va a aplicar la **Ec. 1.45**:

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

Dato:

n_f = Número de filtros, 1. Cálculo del numeral 3.2.5.1.

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

$$K_c = 1$$

3.2.5.4 Cálculo de la longitud del filtro

Aplicando la **Ec. 1.46** se calcula la longitud del filtro:

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

Datos:

A_f = Área del filtro, 3,474 m². Cálculo del numeral 3.2.5.2.

K_c = Coeficiente de mínimo costo, 1, adimensional. Cálculo del numeral 3.2.5.3.

$$L_f = \sqrt{3,474 * 1}$$

$$L_f = 1,864 \text{ m}$$

3.2.5.5 Cálculo del ancho del filtro

Aplicando la **Ec.1.47** se calcula el ancho del filtro:

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

Datos:

Af = Área del filtro, 3, 474 m². Cálculo del numeral 3.2.5.2.

Kc = Coeficiente de mínimo costo, 1, adimensional. Cálculo del numeral 3.2.5.3.

$$a_f = \sqrt{\frac{3,474}{1}}$$

$$a_f = 1,864 \text{ m}$$

3.2.5.6 Cálculo de la altura del filtro

Aplicando la **Ec. 1.48** calculamos la altura del filtro:

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

Datos:

f_s = factor de seguridad, 10 %. Tabla 1.19

L_a = Altura del lecho filtrante, 0,70 m Tabla 1.19

C_a = Altura de la capa de agua, 1,5 m Tabla 1.19

C_s = Altura de la capa de soporte, 0,30 m Tabla 1.19

F_c = Altura de drenaje, 0,18 m. Tabla 1.19

$$Z_f = 1,10(1,5 + 0,70 + 0,30 + 0,18)$$

$$Z_f = 2,948 \text{ m}$$

3.2.5.7 Sistema de drenaje

- **Cálculo del área de los orificios laterales**

Aplicando la **Ec. 1. 49** se calcula el área de los orificios laterales:

$$A_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}$$

Dato:

D_0 = Diámetro de los orificios laterales, 10 mm Tabla 1.21

$$A_0 = \frac{\pi (0,010)^2}{4}$$

$$A_0 = 0,0000785 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 0,785 \text{ cm}^2$$

- **Cálculo del caudal que ingresa a cada orificio**

Aplicando la Ec. 1.50, se calcula el caudal que ingresa a cada orificio:

$$Q_0 = A_0 * v_0$$

Datos:

v_0 = Velocidad en el orificio, 4 m/s Tabla 1.20

A_0 = Area de los orificios laterales, 0,785 cm². Cálculo del numeral 3.2.5.7.

$$Q_0 = 0,0000785 * 4$$

$$Q_0 = 0,000314 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Cálculo del número de laterales**

Aplicando la **Ec. 1.51** se calcula el número de laterales será:

$$N_l = 2 \frac{af}{e_L}$$

Datos:

e_L = Separación entre laterales, 1,2 m Tabla 1,20

af = Ancho del filtro, 1,864 m. Cálculo del numeral 3.2.5.5.

$$N_l = 2 \times \frac{1,864}{1,2}$$

$$N_l = 3,1$$

3.2.5.8 Tubería de entrada al filtro

Aplicando la **Ec.1.52** se calcula el diámetro de la tubería de entrada al filtro:

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_e}}$$

Datos:

v_e = Velocidad del agua a través de la tubería de entrada, 6,15 m/s Tabla 1.21

Q = Caudal de diseño, 416,9 m³/ día. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

$$D_{Te} = \sqrt{\frac{4(0,00486)}{\pi(6,15)}}$$

$$D_{Te} = 0,0317 \text{ m}$$

3.2.5.9 Cálculo de la tubería de salida del filtro

Aplicado la **Ec. 1.53** se calcula el diámetro de la tubería de salida del filtro:

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

Datos:

v_s = Velocidad del agua a través de la tubería de salida, 1,35 m/s. Tabla 1.21

Q = Caudal de diseño, 416,9 m³/ día. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4(0,00486)}{\pi(1,35)}}$$

$$D_{Ts} = 0,0677 \text{ m}$$

3.2.5.10 Cálculo del sistema de lavado del filtro

- **Velocidad óptima de lavado del filtro**

Aplicando la **Ec. 1.54** se calcula la velocidad óptima de lavado del filtro:

$$v_l = D_{60} = CU * TE$$

Datos:

CU = Coeficiente de uniformidad de la arena 1,5. Tabla 1.19

TE = tamaño efectivo, 0,5. Tabla 1.19

$$v_l = 1,5 * 0,5$$

$$v_l = 0,75$$

- **Cálculo de la cantidad de agua para el lavado del filtro**

Aplicando la **Ec. 1.55** se calcula la cantidad de agua necesaria para el lavado del filtro:

$$V_l = v_l \times A_f \times t$$

Datos:

v_l = Sistema de lavado del filtro, 0,75. Cálculo del numeral 3.2.5.10.

A_f = Área del filtro, 3,474 m². Cálculo del numeral 3.2.5.2.

t = Tiempo óptimo de lavado, 10 min. Tabla 1.19

$$V_l = 0,75 \times 3,474 \times 10$$

$$V_l = 26,055 \text{ m}^3$$

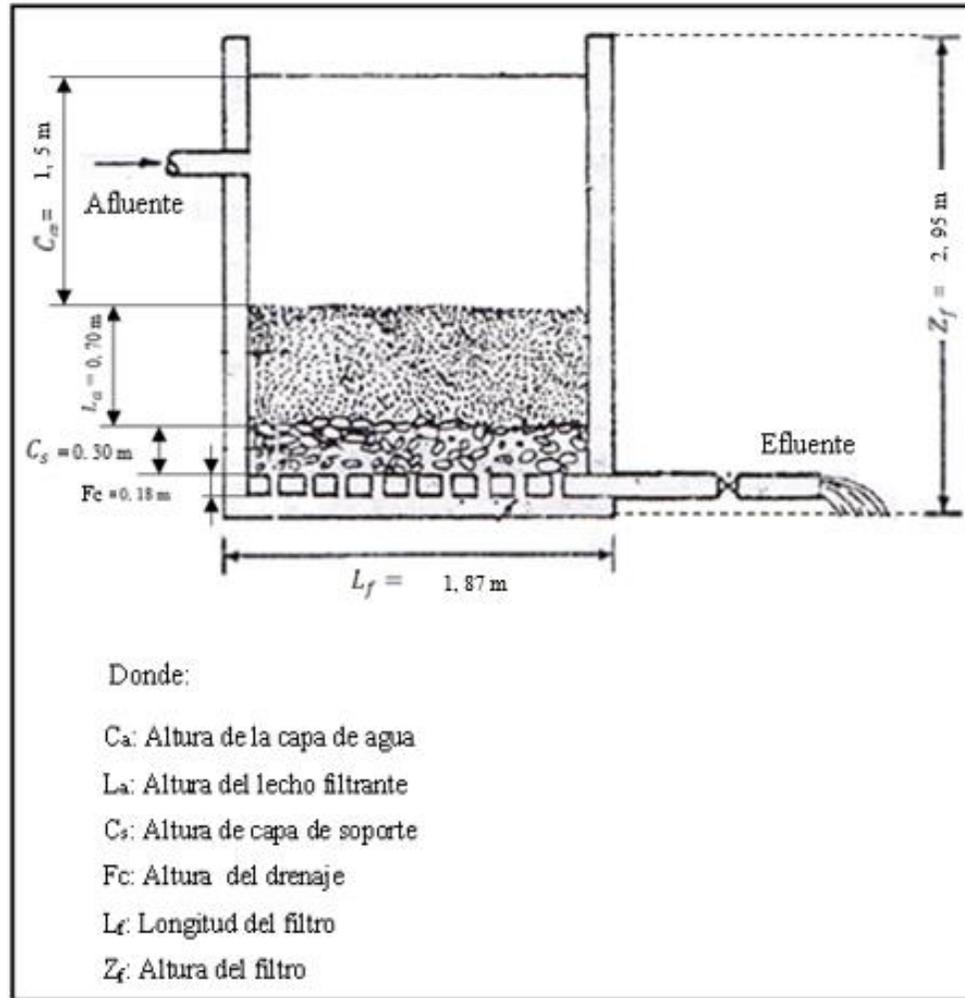


Grafico 3.5 Dimensiones del Filtro Rápido de Arena

Fuente: Dennys Paul Vallejo V.

3.2.6 Dimensionamiento del proceso de desinfección.

El proceso de desinfección se lo ejecutará directamente en el tanque de almacenamiento el cual será construido de hormigón, con un caudal de diseño de 4,86 L /s empleando como desinfectante hipoclorito de sodio.

3.2.6.1 Cálculo del peso de cloro necesario

Aplicando la ecuación 1.48 calculamos el peso de cloro:

$$P_{cl} = \frac{Q * D * 86400}{1000}$$

Datos:

Q = Caudal de diseño, 416,9 m³/ día. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

D = dosificación de hipoclorito, 2 mg /l. Tabla 1.22

$$P_{cl} = \frac{0,00486 * 2 * 86400}{1000}$$

$$P_{cl} = 0,840 \text{ Kg/día}$$

3.2.6.2 Cálculo del volumen del hipoclorador.

Aplicando la Ec. 1.49 se calcula el volumen del hipoclorador:

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

Datos:

P_{cl} = Peso de cloro necesario, 0,840 Kg / día. Cálculo del numeral 3.2.6.1.

C = Concentración del hipoclorito de sodio 5 %. Tabla 1.22

$$V_H = \frac{0,840}{5 (5)}$$

$$V_H = 0,0336 \text{ m}^3$$

3.2.6.3 Cálculo del volumen del tanque reservorio de agua tratada.

El tanque será construido de hormigón y tiene un caudal de diseño de 4,86 L/s, el mismo tanque será utilizado como tanque de desinfección y reservorio.

Para el cálculo del volumen del tanque reservorio de agua se aplica la Ec. 1.50.

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

Datos:

Q = Caudal de diseño, 416,9 m³/ día. Cálculo del numeral 3.2.1.8.

t = Tiempo de retención, 30 min. = 1800 s. Tabla 1.24.

fs = Factor de seguridad, 10 %. Tabla 1.24

$$V_{Tc} = \left(0,00486 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) (1800) (1,10)$$

$$V_{Tc} = 9,63 \text{ m}^3$$

3.2.6.4 Cálculo de la altura del tanque reservorio de agua tratada.

Para calcular la altura del tanque de mezcla de cloro se aplica la ecuación 1.51:

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

Donde:

A_{Tc} = Área del tanque de mezcla de cloro, 3 m². Tabla 1.24

V_{Tc} = Volumen del tanque de mezcla de cloro y agua, 9,63 m³. Cálculo del numeral 3.2.6.3.

$$H_{Tc} = \frac{9,63}{3}$$

$$H_{Tc} = 3,21 \text{ m}$$

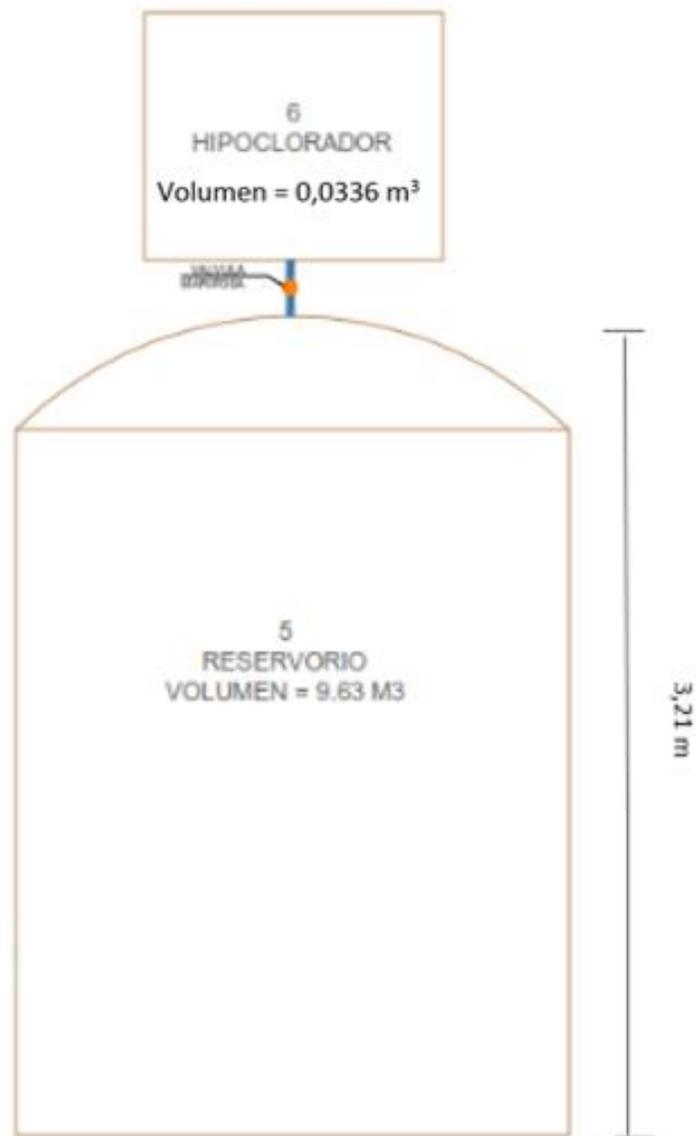


Grafico 3.6 Dimensionamiento del tanque hipoclorador y tanque reservorio del agua tratada.

Fuente: Dennys Paul Vallejo V. 2015.

3.3 Resultados de los procesos de potabilización

3.3.1 Caudal de diseño

Tabla 3.3 Resultados del Caudal de Diseño

Cálculo	Símbolo	Unidad			
		hab.	l/s	m ³ /s	m ³ /día
Caudal de diseño	Q	---	4,86	0,00486	419,9
Población Futura	P _f	883	---	---	---

Fuente: VALLEJO, Dennys, P. 2015.

3.3.2 Vertedero rectangular

Tabla 3.4 Resultados de Vertedero Rectangular

Cálculos	Símbolo	Valor	Unidad
Profundidad del canal del vertedero	C _v	0,055	m
Ancho del vertedero	B	0,236	m
Caudal por unidad de ancho	q	0,020	m ² /s
Profundidad crítica de flujo	h _c	0,034	m
Longitud de salto	L _m	0,191	m
Profundidad supercrítica	h ₁	0,0094	m
Velocidad del agua en el salto	v ₁	2,12	m
Numero de Froude	F	6,966	---
Profundidad subcritica	h ₂	0,088	m
Velocidad del agua en el resalto	v ₂	0,227	m / s
Perdida de energía en el salto	h	0,145	m

Continuara

Continúa

Longitud del resalto	L_j	0,471	m
Velocidad media en el resalto	v_m	1,1735	m/s
Tiempo de mezcla	t	0,401	s
Gradiente de velocidad	G	1879,52	s^{-1}

Fuente: VALLEJO, Dennys, P.

3.3.3 Sedimentador laminar

Tabla 3.5 Resultados de Sedimentador Laminar

Cálculos	Símbolo	Valor	Unidad
Carga superficial después de instalar las placas	V_{so}	86,40	m/d
Área de sedimentación acelerada	A_s	5,611	m^2
Ancho del tanque de sedimentación	B_s	2,40	m
Longitud del área de sedimentación acelerada	L_s	2,33	m
Longitud relativa del sedimentador	L_r	24	---
Longitud relativa en la región de transición	L'	0,647	---
Longitud relativa corregida	L_c	23,353	---
Velocidad crítica de sedimentación	V_{sc}	6,72	m / d
Numero de Reynolds	N_{Re}	49,827	---
Volumen del sedimentador	V_{Ts}	16,77	m^3
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	T_{rs}	57,53	min
Número de placas	N_p	29	---

Fuente: VALLEJO, Dennys, P.

3.3.4 Filtro rápido de arena

Tabla 3.6 Resultados de Filtro Rápido de Arena

Cálculos	Símbolo	Valor	Unidad
Numero de filtros	n_f	1	---
Área del filtro	A_f	3,474	m^2
Coefficiente de mínimo costo	K_c	1	---
Longitud del filtro	L_f	1,864	m
Ancho del filtro	a_f	1,864	m
Altura del filtro	Z_f	2,948	m
Área de los orificios laterales	A_o	0,79	cm^2
Caudal que ingresa a cada orificio	Q_o	0,000316	m^3 / s
Numero de laterales	N_l	3	---
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	D_{Te}	0,0317	m
Diámetro de la tubería de salida del filtro	D_{Ts}	0,0677	m
Velocidad optima de lavado del filtro	v_l	0,75	m / min
Cantidad de agua para el lavado del filtro	V_l	26,055	m^3

Fuente: VALLEJO, Dennys, P.

3.3.5 Desinfección.

Tabla 3.7 Resultados de los cálculos de desinfección.

Calculo	Símbolo	Valor	Unidad
Dosis de cloro necesario	D	0,2	mg / l
Concentración del cloro	C_{Cl}	5	%
Peso de cloro necesario	P_{Cl}	0,126	Kg / l
Volumen del Hipoclorador	V_H	0,00504	m^3

Fuente: Dennys Paul Vallejo V.

Tabla 3.8 Resultados del tanque reservorio de agua tratada.

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen del tanque reservorio de agua tratada	V_{TC}	9,63	m^3
Altura del tanque reservorio de agua tratada	H_{TC}	3,21	m

Fuente: Dennys Paul Vallejo V.

3.4 Resultados de los análisis físico – químicos y microbiológicos del agua tratada

Tabla 3.9 Análisis Físico – Químico del Agua Tratada

Determinación	Unidades	Límite máximo permisible NORMA NTE INEN 1108:2011	Resultados
Color	Unid. Co/Pt	5	1
pH	Unid.	6,5 – 8,5	6,70
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	210
Turbiedad	UNT	5	0,1
Cloruros	mg/l	250	3,5
Dureza	mg/l	300	272
Calcio	mg/l	70	44,8
Magnesio	mg/l	30 – 50	38,9
Alcalinidad	mg/l	250 – 300	240
Bicarbonatos	mg/l	250 – 300	244,8
Sulfatos	mg/l	200	11
Amonios	mg/l	< 0,50	0,26
Nitritos	mg/l	0,01	0,008
Nitratos	mg/l	50	0,01
Hierro	mg/l	0,3	0,020
Fluoruros	mg/l	1,5	0,43

Continuara

Continua

Fosfatos	mg/l	< 0,30	0, 23
Sólidos Totales	mg/l	1000	200
Sólidos Disueltos	mg/l	500	380

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias.

Tabla 3.10 Análisis Microbiológico del Agua Tratada

Determinación	Unidades	*Límite máximo permisible	Resulta dos
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0 (Ausencia)	0 (Ausencia)
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0 (Ausencia)	0 (Ausencia)

Fuente: SAQMIC, Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

3.5 Análisis y discusión de resultados

A partir de la caracterización físico – química y microbiológica de las muestras tomadas del agua entubada de la Parroquia Valparaíso, se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas 2.22 y 2.23, respectivamente, pudiendo observar que los parámetros fuera de la norma son: dureza: 594,66 mg/l, calcio: 115,2 mg/l, magnesio: 74,53 mg/l, alcalinidad: 333,33 mg/l, bicarbonatos: 340 mg/l y solidos disueltos: 569,33, los cuales se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”.

De acuerdo con la caracterización antes mencionada se realizó un estudio con el fin de realizar el diseño de un sistema de tratamiento del agua adecuado, el cual consta de: ablandamiento con cal, para reducir la dureza del agua, ya que el calcio se eliminará del agua en forma de carbonato de calcio y el magnesio en forma de hidróxido de magnesio siendo estos dos compuestos insolubles en agua.

Después de la adición de la cal, el agua se conduce a un sedimentador para remover los sólidos sedimentables producidos por el tratamiento químico, el agua después del sedimentador es conducida a un filtro rápido de arena para retener las partículas que no han precipitado en la etapa anterior, finalmente se realiza una desinfección con hipoclorito de sodio, con el fin de prevenir posibles contaminaciones patógenas.

Teniendo el agua ya tratada se procedió a realizar la caracterización de la misma, obtenido parámetros físico – químicos y microbiológicos dentro de los límites permisibles, como se puede mostrar en las tablas 3.9 y 3.10, respectivamente, obteniendo así un agua apta para el consumo humano.

Los resultados obtenidos del tratamiento del agua se encuentran expuestos en las gráficas 3.7 a la 3.25 donde se muestra los parámetros tanto del agua cruda como la del agua tratada.

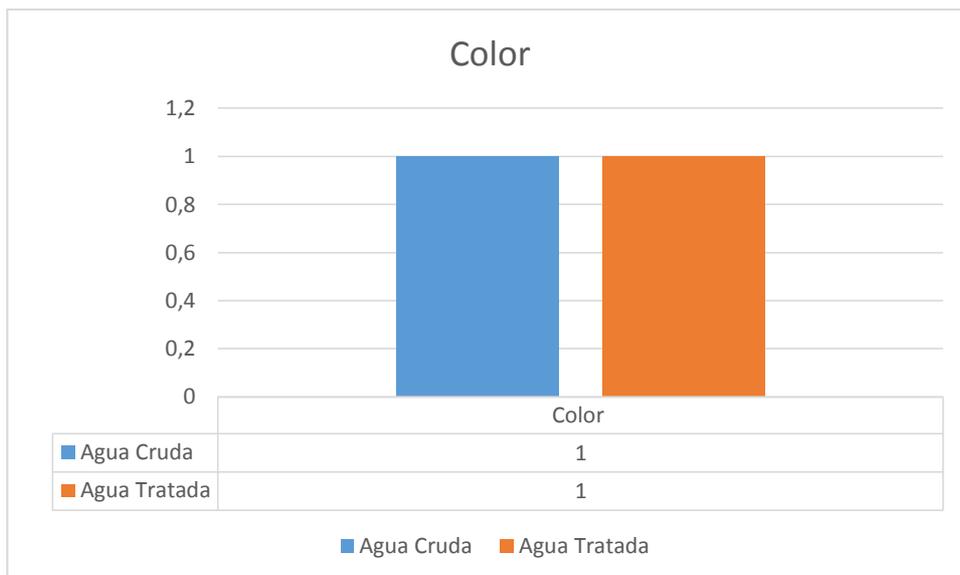


Grafico 3.7 Color Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

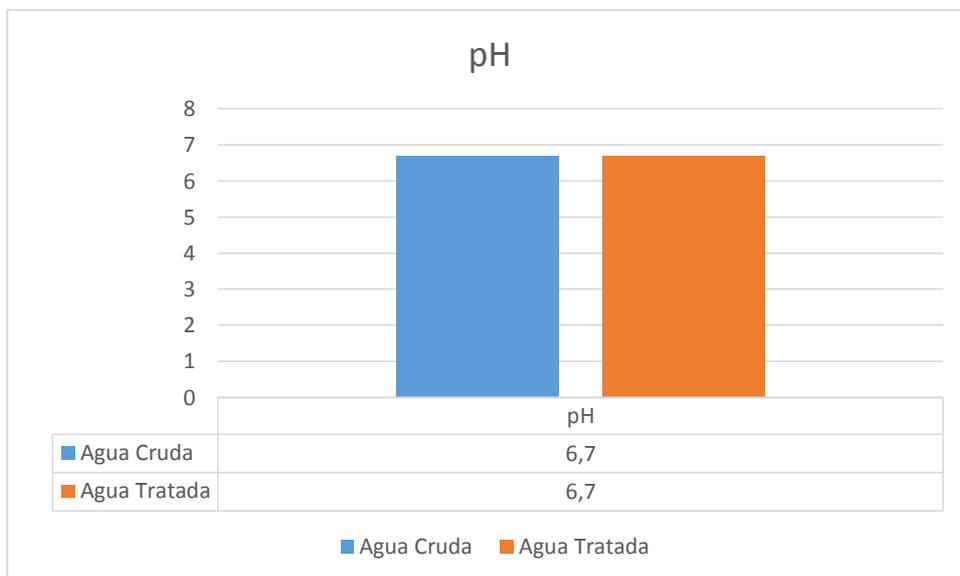


Grafico 3.8 pH Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

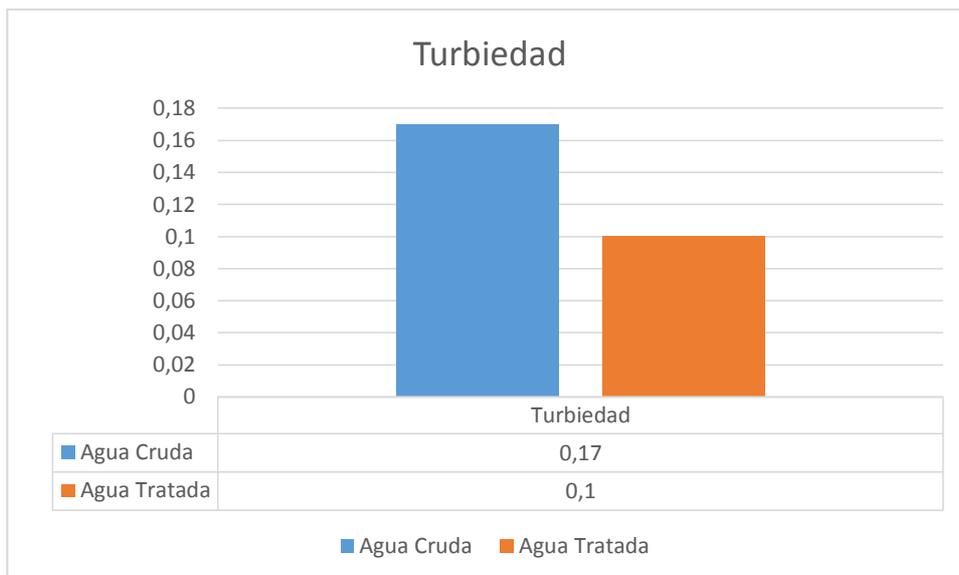


Grafico 3.9 Turbiedad Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

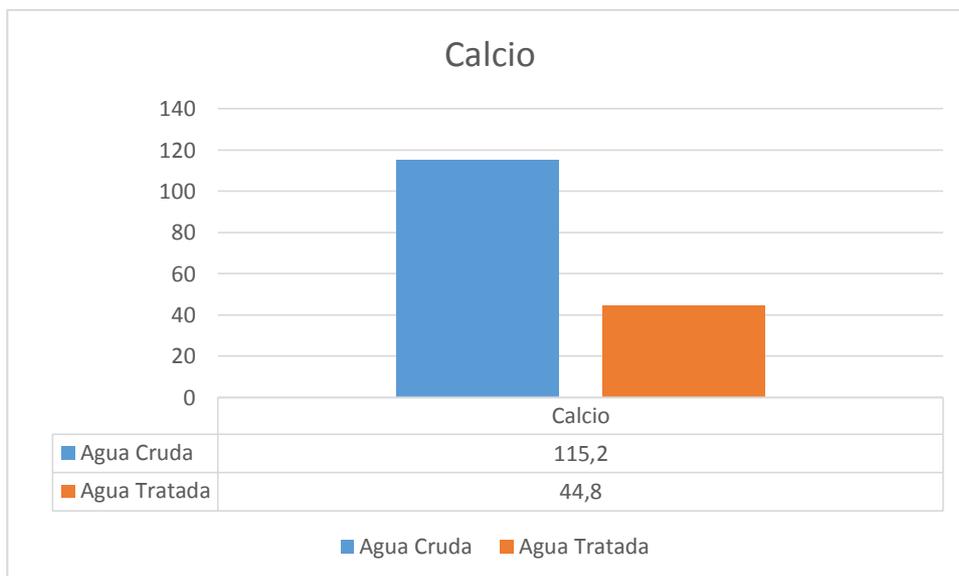


Grafico 3.10 Calcio Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

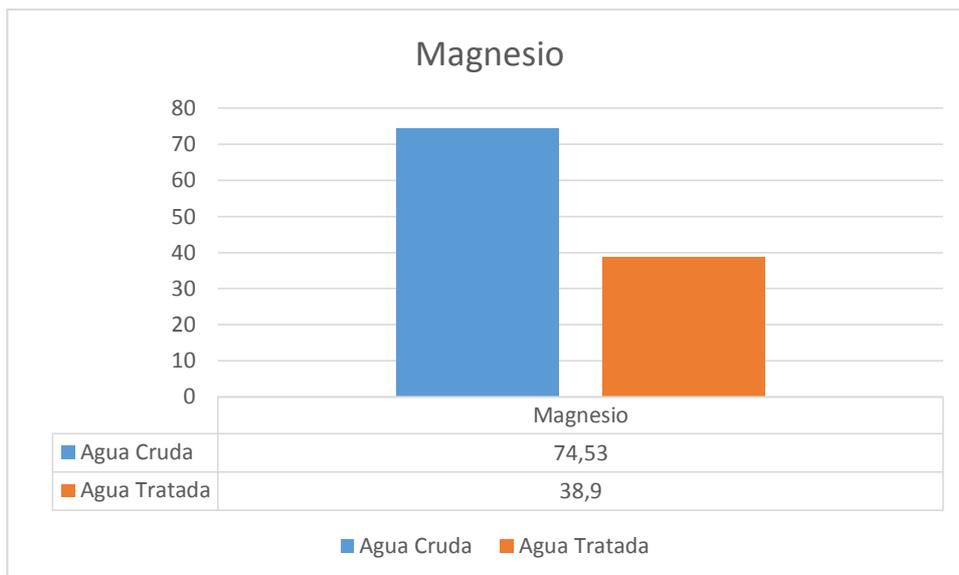


Grafico 3.11 Magnesio Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul.

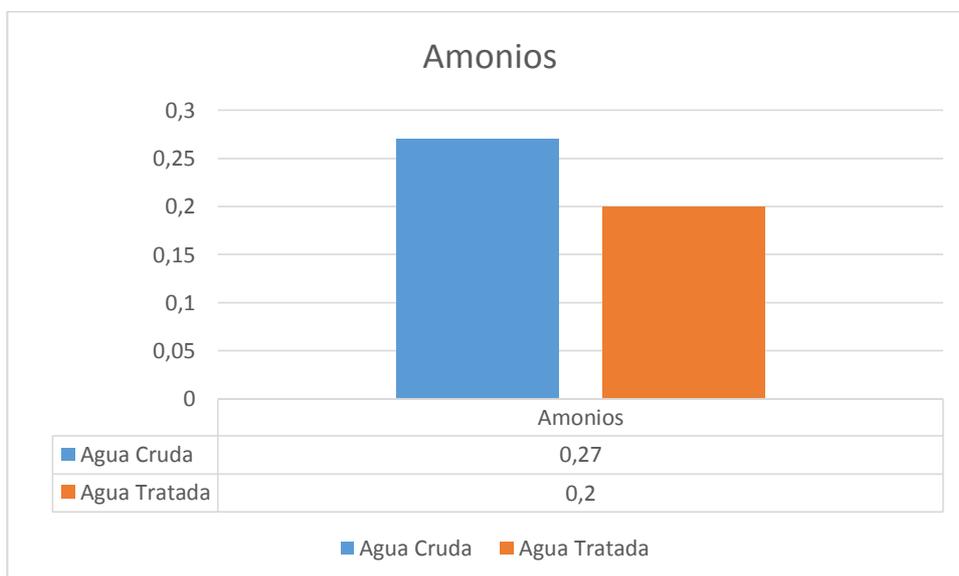


Grafico 3.12 Amonios Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul.

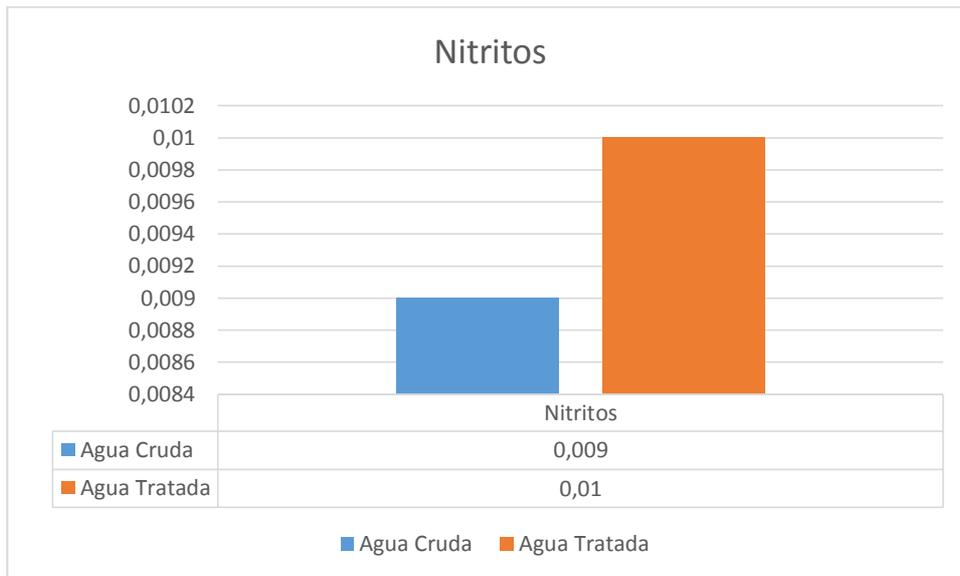


Grafico 3.13 Nitritos Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

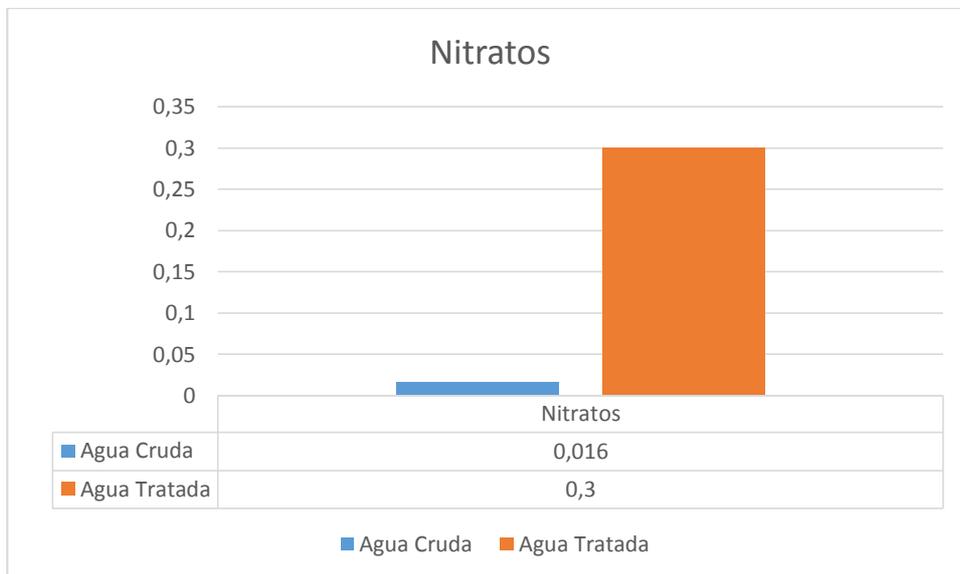


Grafico 3.14 Nitratos Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

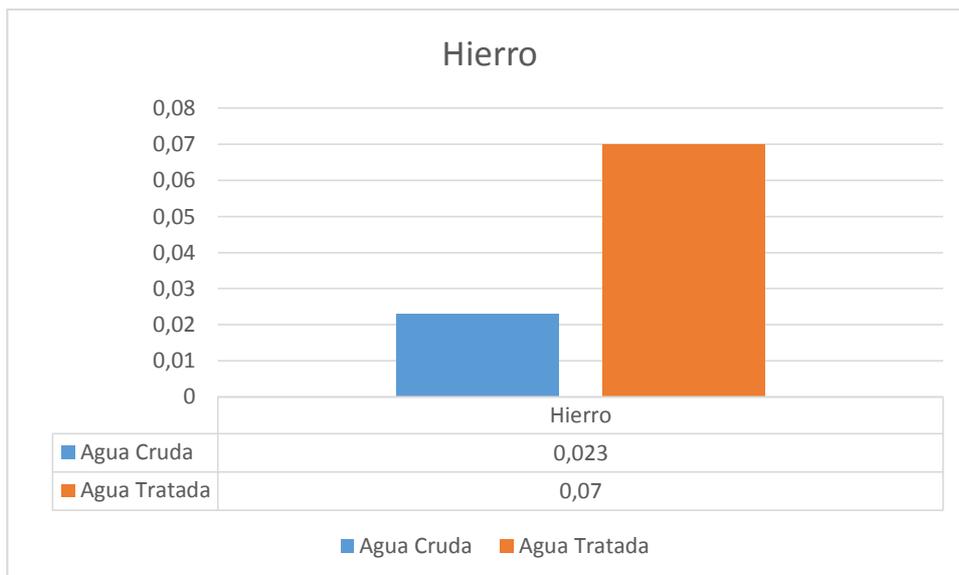


Grafico 3.15 Hierro Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

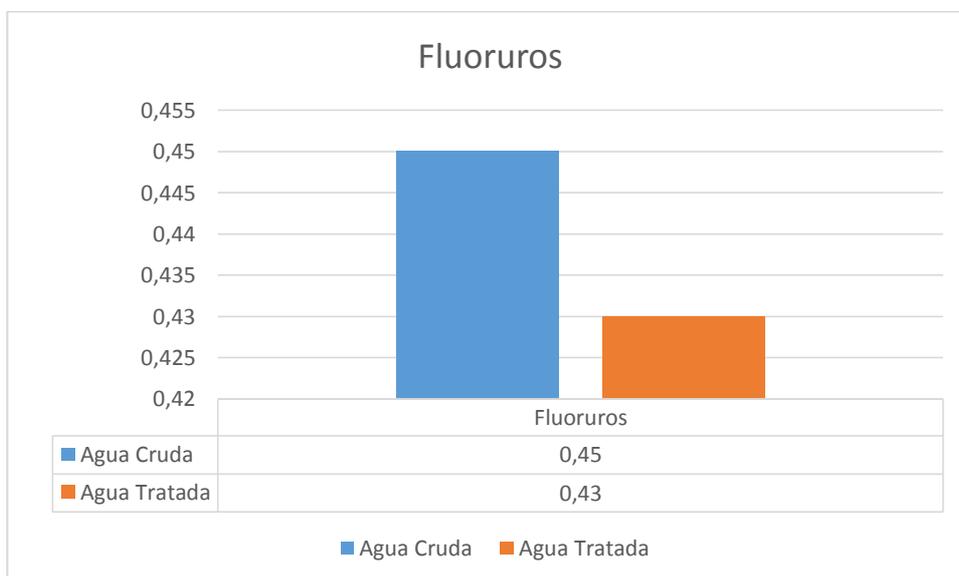


Grafico 3.16 Fluoruros Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

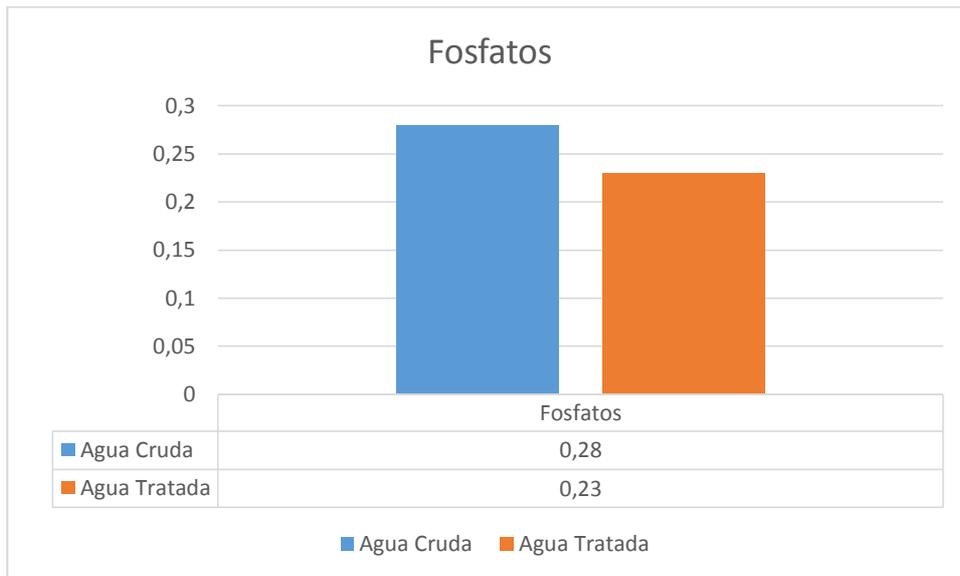


Grafico 3.17 Fosfatos Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

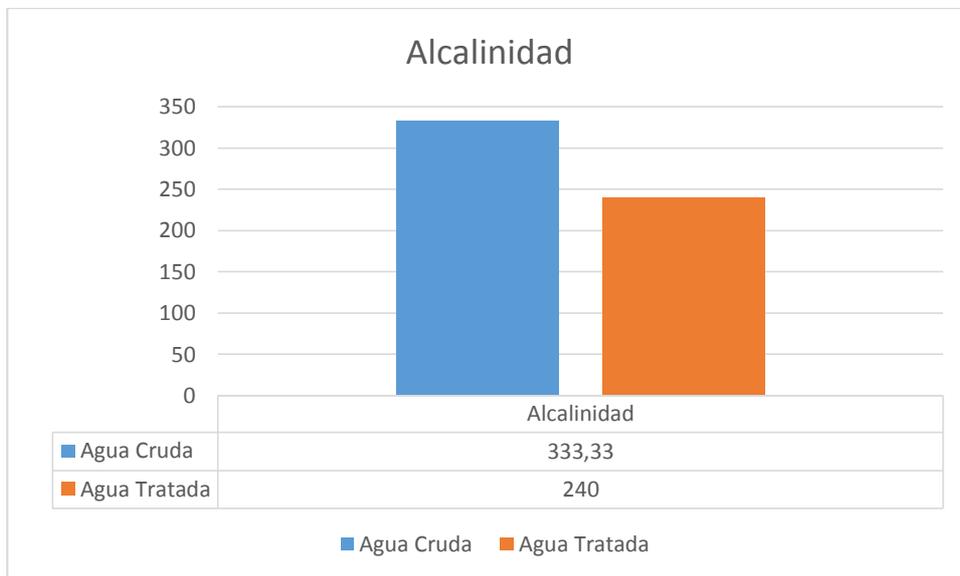


Grafico 3.18 Alcalinidad Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

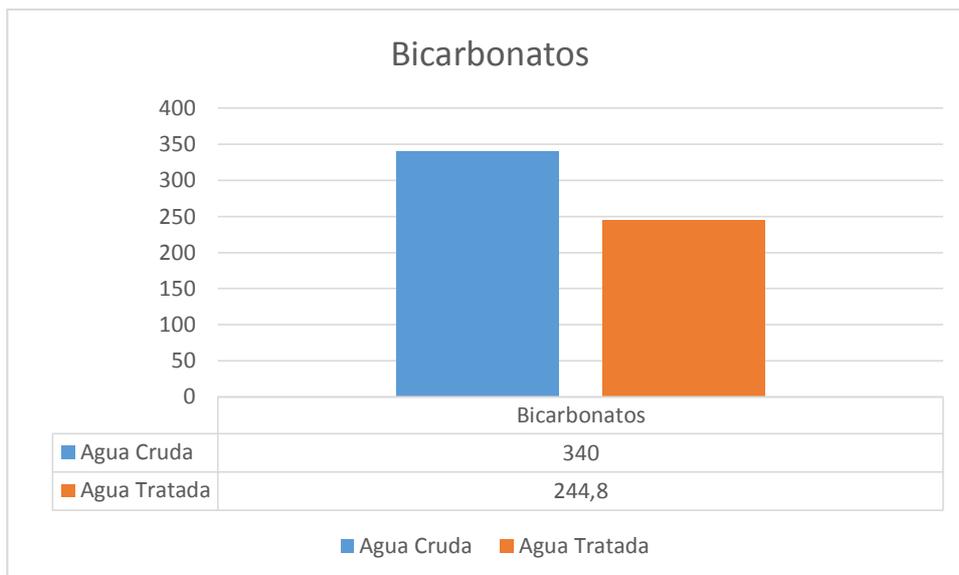


Grafico 3.19 Bicarbonatos Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

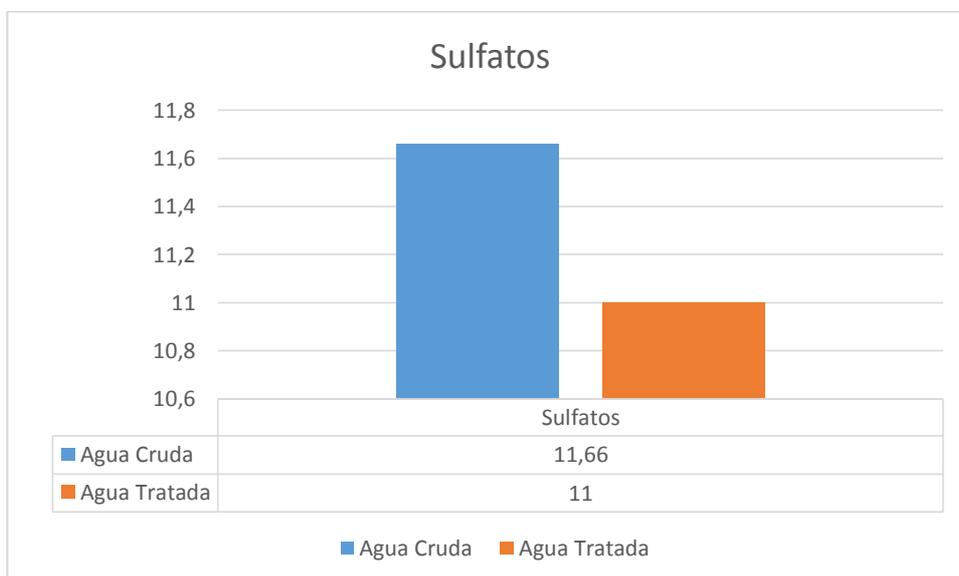


Grafico 3.20 Sulfatos Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

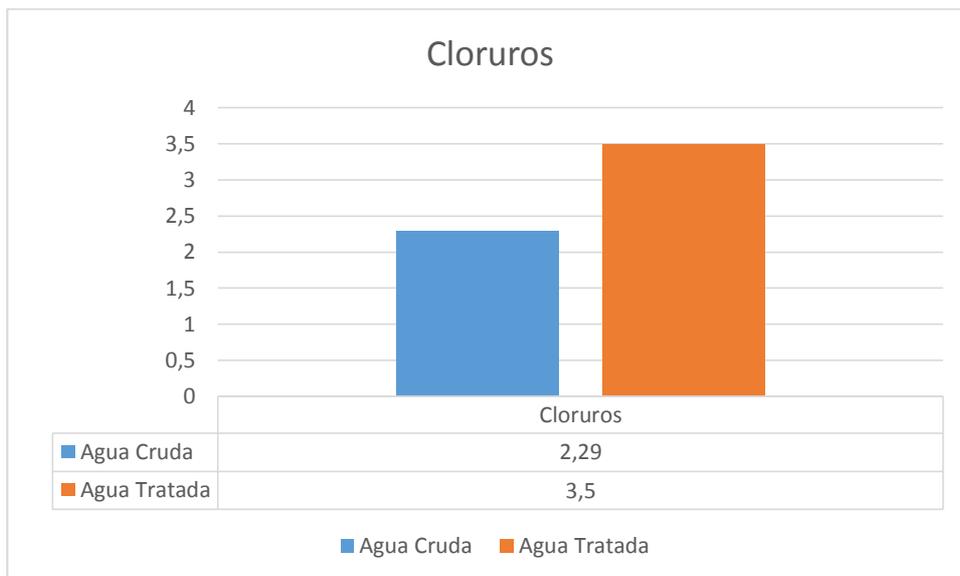


Grafico 3.21 Cloruros Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

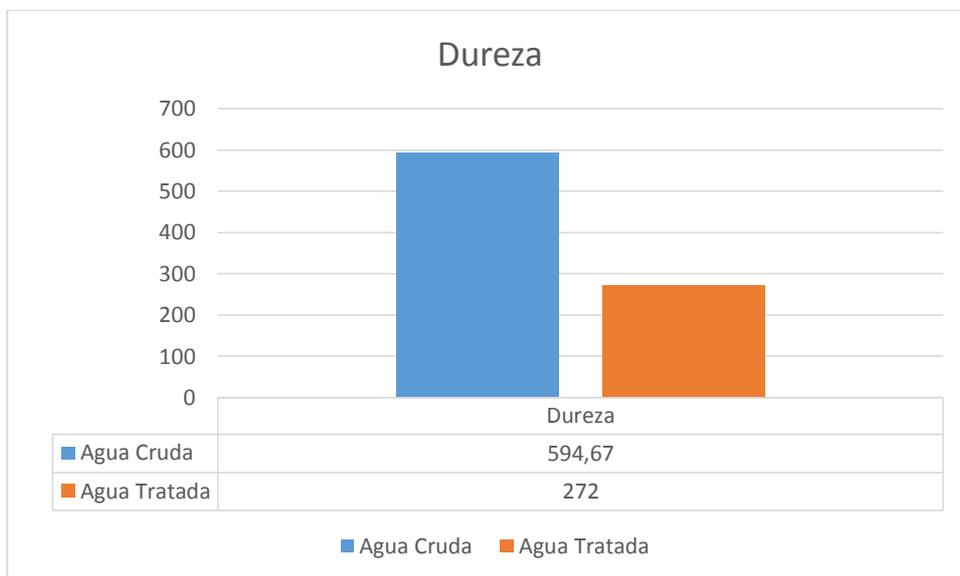


Grafico 3.22 Dureza Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

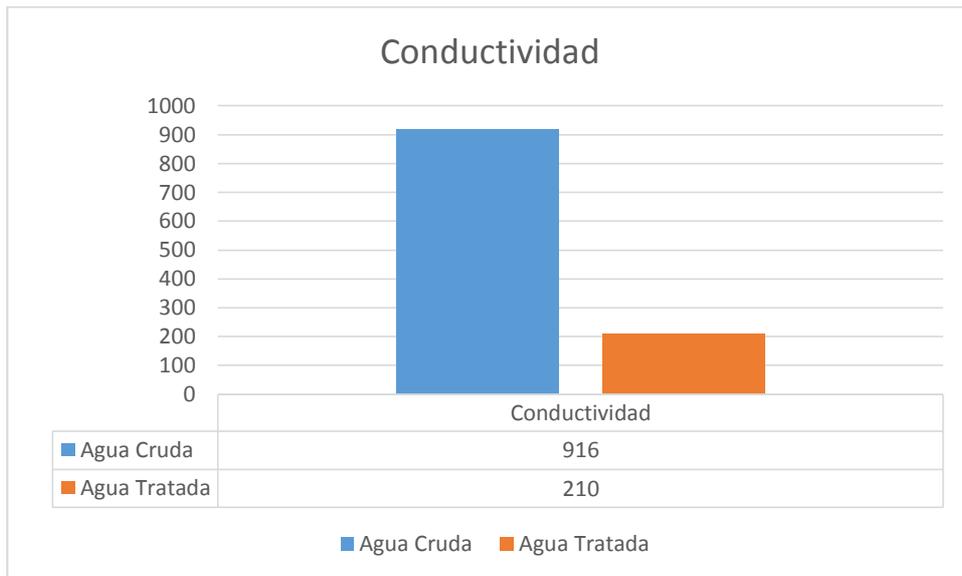


Grafico 3.23 Conductividad Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

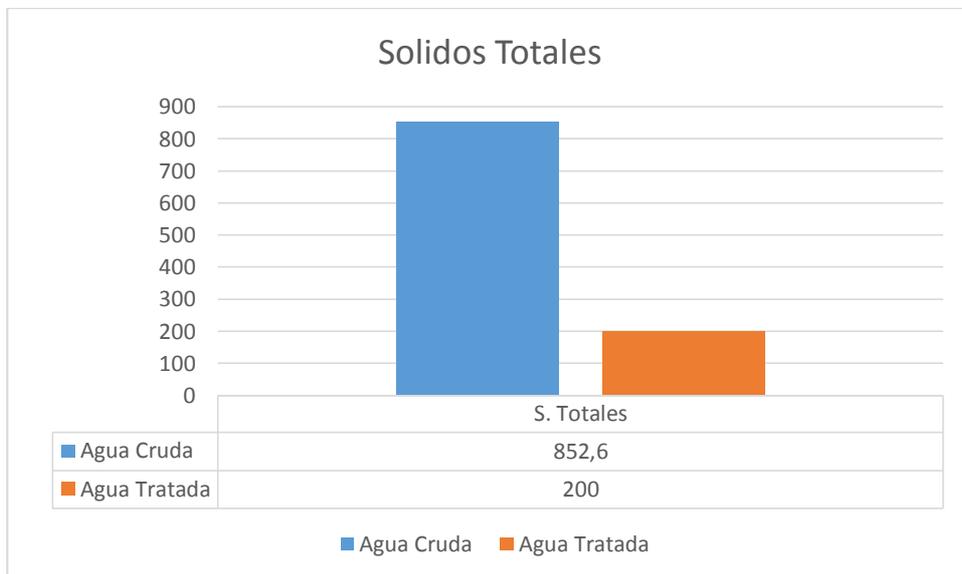


Grafico 3.24 Solidos Totales Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul. 2015

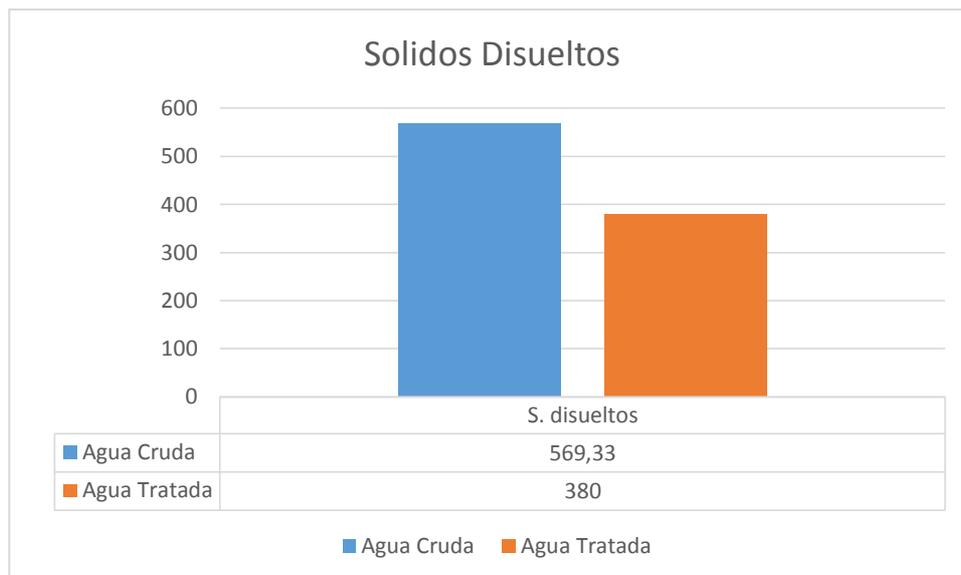


Grafico 3.25 Solidos Disueltos Agua Cruda vs. Agua Tratada

Fuente. VALLEJO, Dennys, Paul.

Analizando las gráficas 3.7 a la 3,25, llegamos a la conclusión que el tratamiento es el adecuado, cuyo porcentaje de rendimiento entre los parámetros que se encontraban fuera de límite del agua cruda y el agua tratada se presenta en la tabla 3.11

Tabla 3.11 Rendimiento del proceso de Potabilización

Parámetro	Agua Cruda	Agua Tratada	Rendimiento
Dureza (mg/l)	594,6	272	54,26 %
Calcio (mg/l)	115,2	44,8	61,12 %
Magnesio (mg/l)	74,5	38,9	47,78 %
Alcalinidad (mg/l)	333,3	240	28%
Bicarbonatos (mg/l)	340	244,8	28 %
Solidos Disueltos (mg/l)	569,3	380	33,25 %

Fuente: VALLEJO, Dennys, P.

Con los datos expuestos de las caracterizaciones físico – químicas y microbiológicas tanto del agua cruda como del agua tratada y la tabla 3.11 del rendimiento del proceso de potabilización, se puede comprobar que el diseño ingenieril realizado es eficiente en cuanto a la secuencia de procesos y operaciones adoptados para la potabilización del agua de la Parroquia Valparaíso.

3.6 Propuesta de diseño del sistema de potabilización de agua para la Parroquia Valparaíso del Cantón Guano.

Mediante los resultados expuestos se plantea un sistema de tratamiento de agua potable el cual consta de un vertedero rectangular, un sedimentador laminar, un filtro rápido de arena, un tanque de hipoclorador y un tanque reservorio de agua tratada.

A continuación se plantea un diagrama de bloques del sistema propuesto:

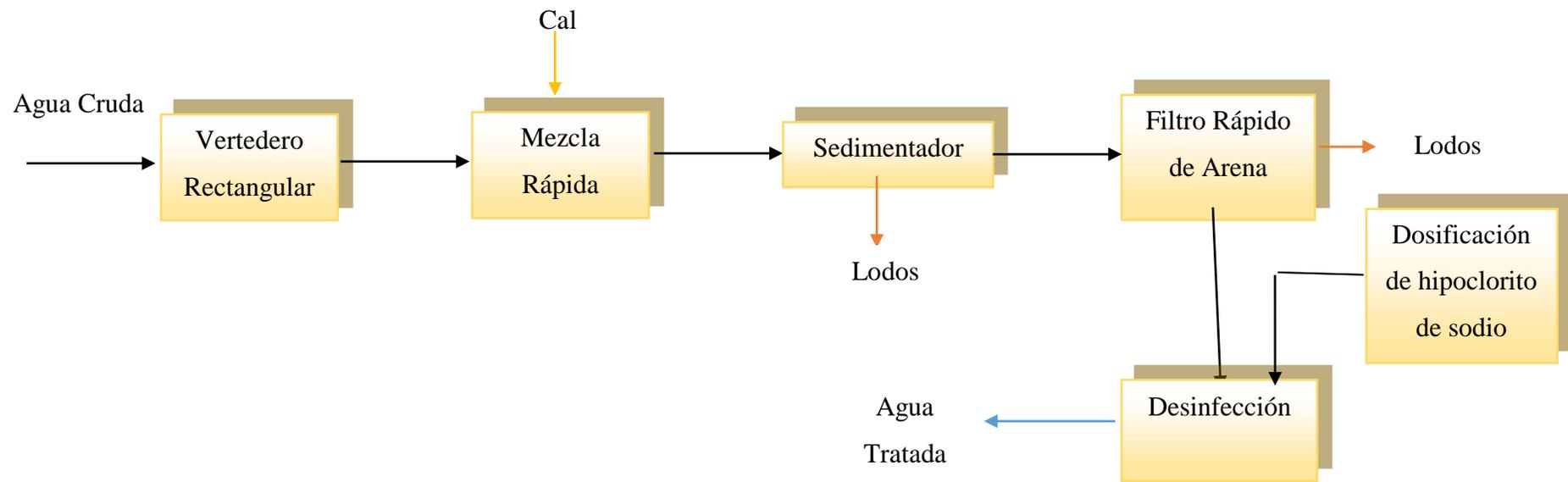


Grafico 3.26 Diagrama de bloques del sistema de potabilización propuesto.

Fuente: Dennys Paul Vallejo V.

3.7 Análisis económico

3.7.1 Costo de inversión.

Tabla 3.12 Costo de Equipos y Accesorios

Cantidad	Equipos/ Accesorios		Material	Capacidad / Dimensión	Costo unitario \$	Costo Total \$
10 m	Tubería		PVC	1 pulg.	0,70/m	7
8 m	Tubería		PVC	2 pulg.	1,32/m	10,56
2	Codos de 90 ⁰		PVC	1 pulg.	0,8	1,60
2	Codos de 90 ⁰		PVC	2 pulg.	1,50	3
2	Válvulas de mariposa		PVC	1 pulg.	2	4
1	Válvula de mariposa		PVC	2 pulg.	9	9
1	Vertedero rectangular	Estructura	Hormigón Armado	0,78 m ³	250/m ³	195
		Dosificador gravimétrico	-----	-----	-----	1500

Continuara

Continúa

1	Sedimentador Laminar	Estructura	Hormigón Armado	16,776 m ³	250/m ³	4194
		Placa Plana	Asbesto – cemento	2,88 m ² c/placa 83,52 m ² ; 29 placas	65 /m ²	5428,8
1	Filtro Rápido de Arena	Estructura	Hormigón Armado	6,46 m ³	250/ m ³	1615
		Grava Media	----	0,653 m ³	190/m ³	124
		Arena Fina	----	1,52 m ³	150 / m ³	228
1	Tanque de desinfección (Tanque de almacenamiento)	Estructura	Hormigón Armado	9,63 m ³	250 m ³	2407
		Hipoclorador por goteo	----	0,0336 m ³	----	100
1	Tanque de agua para lavado del filtro		Hormigón Simple	1 m ³	170 m ³	170
Total						15731, 46

Fuente: VALLEJO, Dennys, P. 2015.

Tabla 3.13 Costo de Instalación Hidráulica y Mano de Obra

Ítem	Costo \$
Instalación Hidráulica	1000
Mano de obra	2500
TOTAL	3500

Fuente: VALLEJO, Dennys, P. 2015

Tabla 3.14 Costo Total de Inversión

Ítem	Costo \$
Equipos y accesorios	15731, 46
instalación hidráulica y mano de obra	3500
TOTAL	19231,46

Fuente: VALLEJO, Dennys, P. 2015

3.7.2 Costo de operación

Tabla 3.15 Costo de Operación.

Requerimientos	Dosis	Presentación	Costo por presentación \$	Costo diario	Costo semanal	Costo mensual	Costo anual
Cal	250,56 $\frac{\text{Kg}}{\text{día}}$	Saco de 50 Kg	2	10	70	300	3650
Cloro	0,840 Kg/d	Tambor de 60 Kg	10,20	0,15	1,05	4,2	50,4
Total				10,15	71,05	304,2	3700,4

Fuente: Dennys Paul Vallejo V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se ejecutó la caracterización físico – química y microbiológica del agua entubada que se encuentra consumiendo la Parroquia Valparaíso del Cantón Guano, expuesto en la tabla 2.22 y tabla 2.23, las técnicas empleadas son las indicadas en los Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Aguas Residuales: “STANDARD METHODS”. También fue necesario del Manual de Análisis de Agua, métodos HACH. Proporcionados por el mismo equipo.
- Se identificó las variables que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”, los parámetros fuera de Norma son: dureza: 594,666 mg/l, calcio: 115,2 mg/l, magnesio: 74,533 mg/l, alcalinidad: 333,333 mg/l, bicarbonatos: 340 mg/l y Solidos Disueltos: 569,333 mg/l.
- Se estableció el sistema de tratamiento de agua más óptimo basándose en varias pruebas realizadas según la complejidad y su economía, las pruebas se las ejecutaron en el laboratorio de Análisis Técnicos, Facultad de Ciencias, ESPOCH. El tratamiento consta de las siguientes operaciones unitarias: ablandamiento con cal, sedimentación, filtración y desinfección.
- Se comprobó que el diseño propuesto de tratamiento de agua, cumpla con los requerimientos de calidad, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011 “Agua Potable. Requisitos”, mediante la caracterización del agua tratada, el cual consta de un vertedero rectangular, un sedimentador laminar, un filtro rápido de arena, y un tanque de almacenamiento, las dimensiones calculadas se mencionan en las tablas de resultados, Tablas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7.

RECOMENDACIONES

- Implementar el sistema de potabilización de agua propuesto con la finalidad de mejorar la calidad del agua que consumen los habitantes de la parroquia Valparaíso del Cantón Guano, y garantizar un mejor abastecimiento del agua.
- Se recomienda la realización de un estudio de impacto ambiental previo a la construcción del sistema de tratamiento de agua potable, con la finalidad de no alterar el hábitat de animales, plantas o seres vivos de la zona.
- Realizar los mantenimientos de la planta de potabilización, con la finalidad de que la planta no baje su rendimiento, para aquello es necesario contar con un stock amplio de repuestos, herramientas y equipos apropiados.
- El almacenamiento de la cal se lo debe realizar en sacos resistentes, en un lugar seco, alejado del agua y la humedad.
- Para el procedimiento de dosificación de cal se debe aplicar el procedimiento que se establece en el Anexo C.
- Para el lavado del filtro rápido de arena se debe seguir el manual de procedimientos expuesto en el Anexo D.
- Se recomienda realizar periódicamente las caracterizaciones físico – químicas y microbiológicas del agua con la finalidad de mantener los parámetros dentro de los límites de la norma y crear una base de datos que permita identificar la calidad del agua.
- Se recomienda reutilizar los lodos de cal producidos en el sedimentador, como nutriente para los cultivos; protección de cultivos; nutrición de ganados, porcinos y aves; higiene de los ranchos y como elemento de construcción

BLIBIOGRAFIA

- **CLIFFORD, K. J.**, Publicaciones sobre Química y Análisis del Agua en el Campo de la Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales., 2^{da} ed., Lima – Perú., CEPIS., 1977., Pp 123-133
- **FRANK, N. K.**, Manual de Agua Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Tomo 1., México D.F. - México., McGraw-Hill., 1992., Pp 1-3
- **LOPEZ, P. A.**, Abastecimiento de agua potable y disposición y eliminación de excretas., México D.F. - México., Instituto Politécnico Nacional., 2009., Pp 18.
- **MAZARI, M.**, y otros., Contaminación de suelos y Aguas Subterráneas, Unidad origen y Mecanismos de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas., Madrid – España, Formaselect., 2007., Pp 68-70
- **RAMIREZ, Q. F.**, Tratamiento de Desinfección del agua Potable., Madrid - España., Canaleduca., 2005., Pp 20 - 24, 48, 86 – 89.
- **ROMERO, Roras. J.** Purificación del Agua. 2^{da} ed. Bogotá – Colombia., Colombiana de Ingeniería. 2006., Pp. 29, 48 - 47, 53 - 58, 71 - 76, 63, 64, 84, 97, 102-105, 141-143, 219, 238, 240 - 246, 249, 355-359
- **ROMERO, Rojas. J.** Calidad del Agua. 3^{ra} ed. Bogotá – Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería., Pp. 2009. 107-110, 112, 114, 118, 119, 130, 149, 162, 164, 169, 215, 217.
- **SIERRA, R. C.**, Calidad del Agua Evaluación y Diagnóstico., 2^{da} ed., Medellín - Colombia., Universidad de Medellín., 2011., Pp 47.
- **VILLEGAS, M.**, Purificación de Aguas, 2^{da} ed., Bogotá – Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2007., Pp. 83, 4, 95, 96, 157-160.

INTERNET.

- **TRANSMISION O CONDUCCION DEL AGUA. OBTENIDO DE CONDUCCION DEL AGUA.**
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/020867/020867-19.pdf>
09 - 03 - 2015.
- **CIENCIAS DE LA TIERRA MEDIO AMBIENTE.**
<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/110ConAg.htm>
05 - 03 - 2015.
- **AGUA DE BEBIDA SALUDABLE POR TUBERIA: UNA MISION (CASI) IMPOSIBLE. OBTENIDO DE AGUA DE BEBIDA SALUDABLE POR TUBERIA.**
<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n11/ajmar.html>
11 - 03 - 2015.
- **AGUA POTABLE EN ZONAS RURRALES.**
http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/3502/4/BVCI0002407_1.pdf
05 - 03 - 2015.
- **TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACION DE AGUA.**
http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf
20 - 03 - 2015.
- **MATERIALES Y METODOS. OBTENIDO DE PRUEBA DE JARRAS.**
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/padilla_s_mf/capitulo3.pdf
30 - 03 - 2015.
- **DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCION EL AGUA FUENTE DE VIDA.**
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
10 - 03 - 2015.

- **METODOS DE AFORO DE CAUDAL.**

http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_50.pdf

15 - 03 - 2015.

- **ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION., NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2176: 1998.**

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>

03 – 04 – 2015

- **ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION., NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108: 2011.**

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2011.pdf>

03 – 04 - 2015

ANEXOS

ANEXO A

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108:2011 AGUA POTABLE.

REQUISITOS

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. (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 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, repelar 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.
- 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 Ministerios 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 ^{††}
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fuoruros	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

[†] 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, ²²⁸Ra

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
Epclorohidrina	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

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendmetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofend	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	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
Dimetato	mg/l	0,006
Endrin	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:		
▪ Bromodiclorometano	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	

5.2. Requisitos complementarios

5.2.1. Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100 UFC/ml.

6. INSPECCIÓN

6.1. Muestreo

6.1.1.El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Mhetods).

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 a lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Mhetods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

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 Mhetods) 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.

ANEXO B
PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA A 1 ATMOSFERA.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA							
Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Módulo de elasticidad (kN/m ²)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Tensión superficial (N/m)	Presión de vapor (kN/m ²)
0	9,805	999,8	$1,98 \cdot 10^6$	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	$2,05 \cdot 10^6$	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	$2,10 \cdot 10^6$	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	$2,15 \cdot 10^6$	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	$2,17 \cdot 10^6$	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	$2,22 \cdot 10^6$	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	$2,25 \cdot 10^6$	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$0,658 \cdot 10^{-6}$	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	$2,29 \cdot 10^6$	$0,547 \cdot 10^{-3}$	$0,553 \cdot 10^{-6}$	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,466 \cdot 10^{-3}$	$0,474 \cdot 10^{-6}$	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	$2,25 \cdot 10^6$	$0,404 \cdot 10^{-3}$	$0,413 \cdot 10^{-6}$	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	$2,20 \cdot 10^6$	$0,354 \cdot 10^{-3}$	$0,364 \cdot 10^{-6}$	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	$2,14 \cdot 10^6$	$0,315 \cdot 10^{-3}$	$0,326 \cdot 10^{-6}$	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	$2,07 \cdot 10^6$	$0,282 \cdot 10^{-3}$	$0,294 \cdot 10^{-6}$	0,0589	101,33

ANEXO C
PROCEDIMIENTO DE LA DOSIFICACION DE CAL

DOSIFICACIÓN DE CAL

La dosificación de cal se realizará por vía seca utilizando un dosificador gravimétrico, mediante el siguiente procedimiento:

1. Pesar la cantidad adecuada de cal que se debe aplicar al dosificador en el día, es decir, se pesará 419,9 Kg de cal.
2. Depositar la cal en la tolva del dosificador.
3. Abrir la compuerta de la tolva y descargar en la cámara de mezcla del dosificador la cal seca en cantidad, velocidad y concentración determinadas.
4. Aforar el caudal de agua que ingresa al vertedero rectangular, el volumen de agua con la cantidad de cal debe ser de 1 a 1, un litro de agua a tratar con un gramo de cal.

ANEXO D

PROCEDIMIENTO PARA EL LAVADO DEL FILTRO RÁPIDO DE ARENA

LAVADO DEL FILTRO RÁPIDO DE ARENA

Para el lavado del filtro rápido de arena se sugiere lo siguiente:

1. La noche anterior al día de la limpieza, cerrar el ingreso de agua cruda a la caja del filtro y se deja filtrar con tasa declinante durante la noche, para evitar el desperdicio de agua durante la eliminación de la capa sobrenadante.
2. A la mañana siguiente, apenas aclara el día, el personal encargado de esta tarea debe estar listo para iniciar la limpieza, tratando de concluirla antes de la salida del sol, para proteger de su efecto lesivo a la formación biológica del lecho filtrante.
3. El lavado del filtro se realizará en contraposición, el cual se hace a contracorriente donde el agua ingresará por la parte inferior de filtro y será evacuada por la parte superior del mismo, para eliminar cualquier resto de suciedad.
4. Es indispensable que el lavado sea efectivo para devolver al lecho filtrante sus cualidades iniciales, sin las cuales, el filtro iría perdiendo eficacia y el material filtrante debería retirarse para su limpieza completa o para ser reemplazado.
5. El lavado del filtro se recomienda realizarlo por lo menos una vez al mes, dependiendo de la carga contaminante que contenga el medio filtrante.
6. Cada cinco años se debe realizar un lavado completo del filtro y consiste en la limpieza del fondo del filtro, del sistema de drenaje, de la caja del filtro y el lavado de la grava y de la arena.

ANEXO E

PROCEDIMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORO

DOSIFICACIÓN DE CLORO

Por efectos de dimensionamiento de sistemas de potabilización de agua se considera una dosis mínima de 2mg/ L de cantidad de cloro.

El cloro se dosificará mediante un hipoclorador por goteo, permitiendo transferir la solución directamente al tanque de almacenamiento del agua, el mismo que estará ubicado encima del tanque de almacenamiento, protegido con una caseta para evitar el deterioro del cloro.

Para la instalación del hipoclorador por goteo se seguirán los siguientes pasos:

1. Conectar la entrada del dosificador a la salida del tanque de almacenamiento del desinfectante.
2. Conectar la tubería de alimentación desde el dosificador al punto de aplicación, es decir, al tanque de agua que se va a desinfectar.
3. Asegurarse que el control de dosificación esté cerrado. Luego abrir la llave del tanque de almacenamiento del desinfectante para llenar el dosificador.
4. Una vez lleno el dosificador, girar el dispositivo de control hasta obtener el caudal de aplicación del desinfectante. Hasta obtener la cantidad deseada de desinfectante se puede ayudar con un recipiente de volumen conocido y un cronómetro.

ANEXO F

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA CRUDA – MI

ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

FACULTAD DE CIENCIAS

asilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Dennys Vallejo

Fecha de análisis: 26 noviembre de 2014

Fecha de entrega de resultados: 1 diciembre de 2014

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico

Localidad: Parroquia Valparaiso Cantón Guano

TRABAJO DE TESIS

Código: 360-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.71
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	916
Turbiedad	UNT	5	0.2
Cloruros	mg/L	250	2.8
Dureza	mg/L	300	584.0
Calcio	mg/L	70	118.4
Magnesio	mg/L	30 - 50	70.0
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	340.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	346.8
Sulfatos	mg/L	200	12.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.290
Nitritos	mg/L	0.01	0.008
Nitratos	mg/L	< 40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.020
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0.500
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.300
Sólidos Totales	mg/L	1000	820.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	560.0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de dureza, calcio, magnesio y alcalinidad fuera de norma

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



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

Nota: El análisis ha sido realizado por el Sr. estudiante bajo la dirección del responsable del laboratorio.

El análisis realizado no tiene costo para el estudiante. El informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO G

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA CRUDA – M2

ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Dennys Vallejo

Fecha de análisis: 3 Diciembre de 2014

Fecha de entrega de resultados: 8 diciembre de 2014

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico

Localidad: Parroquia Valparaíso Cantón Guano

TRABAJO DE TESIS

Código: 360-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.70
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	921
Turbiedad	UNT	5	0.1
Cloruros	mg/L	250	4.3
Dureza	mg/L	300	608.0
Calcio	mg/L	70	112.0
Magnesio	mg/L	30 - 50	79.7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	320.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	326.4
Sulfatos	mg/L	200	12.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.340
Nitritos	mg/L	0.01	0.011
Nitratos	mg/L	< 40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.020
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0.430
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.270
Sólidos Totales	mg/L	1000	796.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	570.0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de dureza, calcio, magnesio y alcalinidad fuera de norma

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



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

Nota: El análisis ha sido realizado por el Sr. estudiante bajo la dirección del responsable del laboratorio.

El análisis realizado no tiene costo para el estudiante. El informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO H

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA CRUDA – M3

ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS

FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Dennys Vallejo

Fecha de análisis: 3 Diciembre de 2014

Fecha de entrega de resultados: 8 diciembre de 2014

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico

Localidad: Parroquia Valparaiso Cantón Guano

TRABAJO DE TESIS

Código: 360-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.62
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	907
Turbiedad	UNT	5	0.2
Cloruros	mg/L	250	1.4
Dureza	mg/L	300	576.0
Calcio	mg/L	70	115.2
Magnesio	mg/L	30 - 50	70.0
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	340.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	346.8
Sulfatos	mg/L	200	11.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.250
Nitritos	mg/L	0.01	0.007
Nitratos	mg/L	< 40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.020
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0.520
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.260
Sólidos Totales	mg/L	1000	860.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	560.0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de dureza, calcio, magnesio y alcalinidad fuera de norma

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



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

Nota: El análisis ha sido realizado por el Sr. estudiante bajo la dirección del responsable del laboratorio.

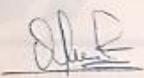
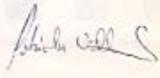
El análisis realizado no tiene costo para el estudiante. El informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO I

RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA CRUDA

SAQMIC
Servicio Analítico Químico y Microbiológico
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA **CÓDIGO 405-14**

CLIENTE: Sr. Dennys Vallejo		TELÉFONO:	
DIRECCIÓN: Junín y Juan Montalvo			
TIPO DE MUESTRA: Agua del grifo			
FECHA DE RECEPCIÓN: 04 de diciembre del 2014			
FECHA DE MUESTREO: 04 de diciembre del 2014			
EXAMEN FISICO			
COLOR: Incoloro			
OLOR: Inoloro			
ASPECTO: Normal libre de material extraño			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
<i>Coliformes totales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana		Ausencia
<i>Coliformes fecales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	<1	Ausencia
NORMA INEN 1108:2011			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 04 de diciembre del 2014			
FECHA DE ENTREGA: 08 de diciembre del 2014			
RESPONSABLES:			
			
Dra. Gina Álvarez R.		Dra. Fabiola Villa	

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

ANEXO J

FICHA TÉCNICA CAL T-30 > 60 % DE CAO_2



INCOREG

CAL T-30

Descripción

La Cal T-30 es un producto resultante de la calcinación y posterior hidratación del Carbonato de calcio, conocido como Hidróxido de calcio o cal hidratada, posee agregados que mejoran su desempeño en la regulación del PH.

La Cal T-30 proviene de una materia prima con una concentración aproximada del 96% de Carbonato de calcio.

La Cal T-30 viene en presentación de 25 Kg. o 50 Kg. en saco plástico laminado

Aplicaciones

La Cal T-30 se usa en siderurgia, regulación del PH, eliminación de ácidos en la elaboración de azúcar, tratamiento de suelos, tratamiento de agua potable, acuicultura, curtiembre, alimentos, tratamiento de residuos, etc.

Características físicas

Color blanco
Tamaño fino de partícula

Especificaciones técnicas

Óxido de calcio	Mínimo 60%
Densidad aproximada	0,65 gramos/cm ³ .

- La granulometría puede variar en función del requerimiento del cliente.

Atentamente,

INCOREG CIA. LTDA.

LABORATORIO
Firma Autorizada

Riobamba: Av. Celso Rodríguez entre Bolívar Bonilla y Av. Circunvalación. Parque Industrial Riobamba
Quito: General Roca N33-47 y Bosmediano
Teléfono: Oficina Riobamba: 03 2953-511. Oficina Quito: 02 2448-827

ANEXO K

FICHA TÉCNICA CAL T-30 > 80 % DE CaO_2



INCOREG

CAL T-30

Descripción

La Cal T-30 es un producto resultante de la calcinación y posterior hidratación del Carbonato de calcio, conocido como Hidróxido de calcio o cal hidratada, posee agregados que mejoran su desempeño en la regulación del PH.

La Cal T-30 proviene de una materia prima con una concentración aproximada del 96% de Carbonato de calcio.

La Cal T-30 viene en presentación de 25 Kg. o 50 Kg. en saco plástico laminado

Aplicaciones

La Cal T-30 se usa en siderurgia, regulación del PH, eliminación de ácidos en la elaboración de azúcar, tratamiento de suelos, tratamiento de agua potable, acuicultura, curtiembre, alimentos, tratamiento de residuos, etc.

Características físicas

Color blanco
Tamaño fino de partícula

Especificaciones técnicas

Hidroxido de calcio	Mínimo 80%
SiO_2	< 3%
MgO	< 3%
Densidad aproximada	0,65 gramos/cm ³ .

- La granulometría puede variar en función del requerimiento del cliente.

Atentamente,

LABORATORIO

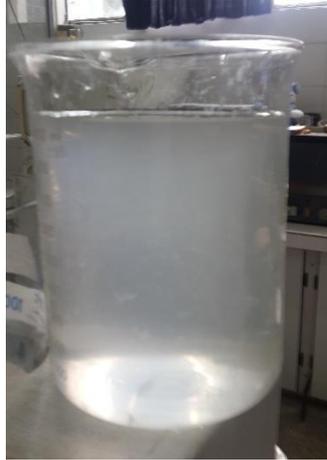
Riobamba: Av. Celso Rodríguez entre Bolívar Bonilla y Av. Circunvalación. Parque Industrial Riobamba
Quito: General Roca N33-47 y Bosmediano
Telfs.: Oficina Riobamba: 03 2953-511 Oficina Quito: 02 2448-827
E-mail: fausto.guevara@gmail.com / lguevara@interactive.net.ec

ANEXO L
ABLANDAMIENTO CON CAL



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ABLANDAMIENTO CON CAL Y SEDIMENTACION DE LA MISMA			
<ul style="list-style-type: none"> • Ablandamiento con cal • Sedimentación de la cal 	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE				
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información		Lamina	Escala	Fecha	
			1	----	09/06/2015	

ANEXO M
FILTRACION CON ARENA



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FILTRO DE ARENA		
<ul style="list-style-type: none"> Filtración con de arena 	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE	Lamina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información		2	---	09/06/2015

ANEXO N

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA TRATADA

ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Dennys Paul Vallejo Vizhuete

Fecha de análisis: 9 de marzo del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.

Localidad: Parroquia Valparaiso - Guano.

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT 55-15

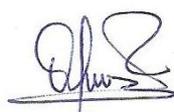
Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 5	1,0
pH	Unid	6.5 - 8.5	6,70
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	210
Turbiedad	UNT	5	0,1
Cloruros	mg/L	250	3,5
Dureza	mg/L	200	120,0
Calcio	mg/L	70	35,2
Magnesio	mg/L	30 - 50	7,8
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	220,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	224,4
Sulfatos	mg/L	200	11,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,26
Nitritos	mg/L	0,01	0,008
Nitratos	mg/L	< 40	0,01
Hierro	mg/L	0.30	0,02
Fluoruros	mg/L	1,5	0,43
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,23
Sólidos Totales	mg/L	1000	200,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	84,0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones:

Todos los Valores dentro de la norma.

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

El resultado de analisis afecta solo la muestra analisada

ANEXO O

RESULTADOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA

SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA CÓDIGO 363-15

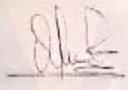
CLIENTE: Sr. Dennys Vallejo
DIRECCIÓN: Junin 29-64 y Juan Montalvo
TIPO DE MUESTRA: Agua potable
FECHA DE RECEPCIÓN: 10 de marzo del 2015
FECHA DE MUESTREO: 10 de marzo del 2015

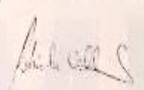
EXAMEN FISICO
COLOR: Incoloro
OLOR: Inoloro
ASPECTO: Libre de material extraño

PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100mL	Filtración por membrana	—	Ausencia
Coliformes fecales UFC/100mL	Filtración por membrana	<1	Ausencia

NORMA INEN 1108:2011
OBSERVACIONES:

FECHA DE ANÁLISIS: 10 de marzo del 2015
FECHA DE ENTREGA: 13 de marzo del 2015
RESPONSABLES:

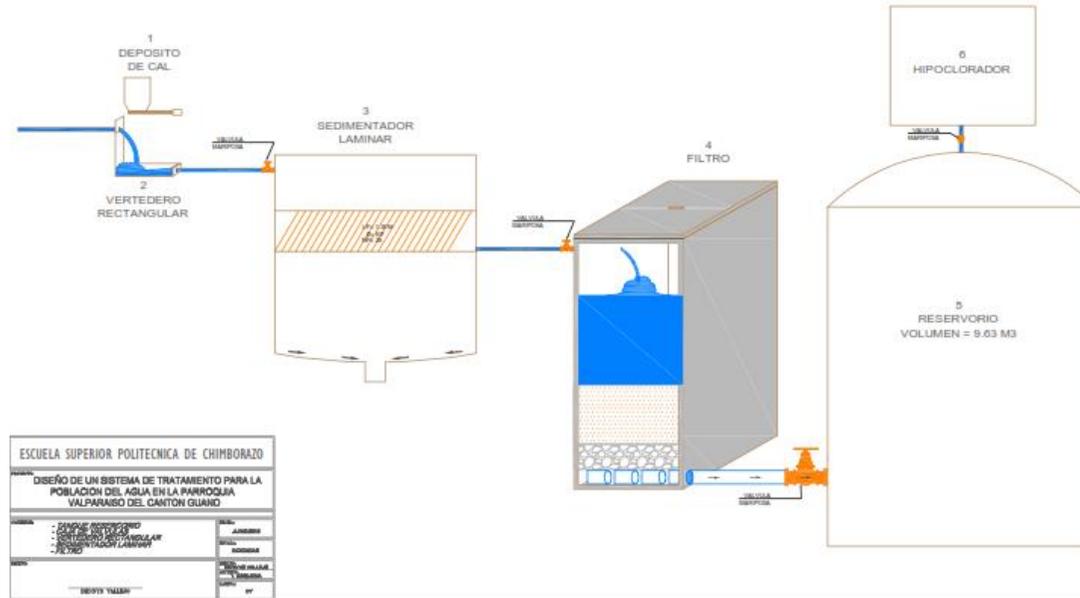

Dra. Gina Álvarez R.


Dra. Fabiola Villa

SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

ANEXO P
PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

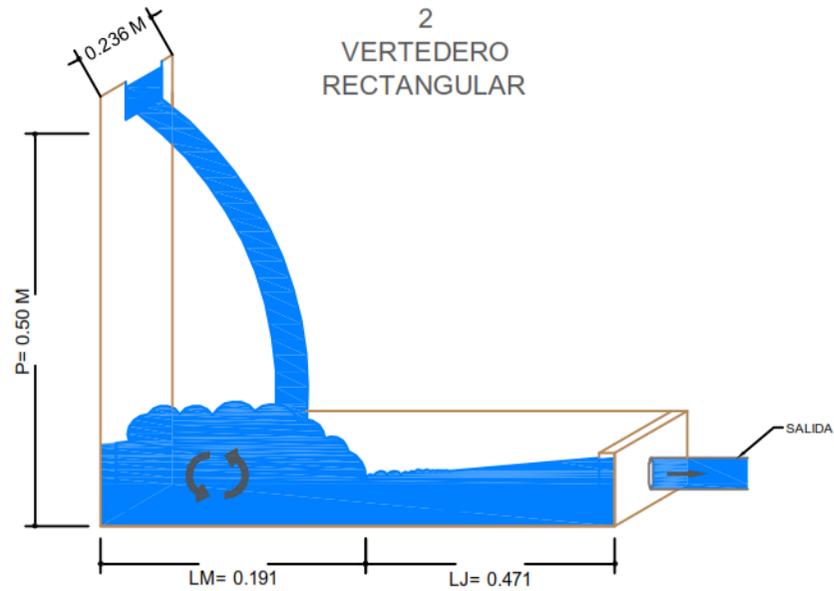


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA
 POBLACIÓN DEL AGUA EN LA PARROQUIA
 VALPARAISO DEL CANTÓN GUANO

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Esquema de la planta de potabilización de agua								
<ul style="list-style-type: none"> Equipos de la planta de potabilización de agua 	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por Eliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Por Aprobar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Por Calificar</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Para Información</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Eliminar	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar	<input type="checkbox"/> Por Calificar	<input checked="" type="checkbox"/> Para Información	<p align="center">FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE</p>	Lamina	Escala	Fecha
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por Eliminar										
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por Aprobar										
<input type="checkbox"/> Por Calificar	<input checked="" type="checkbox"/> Para Información										
			3	----	09/06/2015						

ANEXO Q

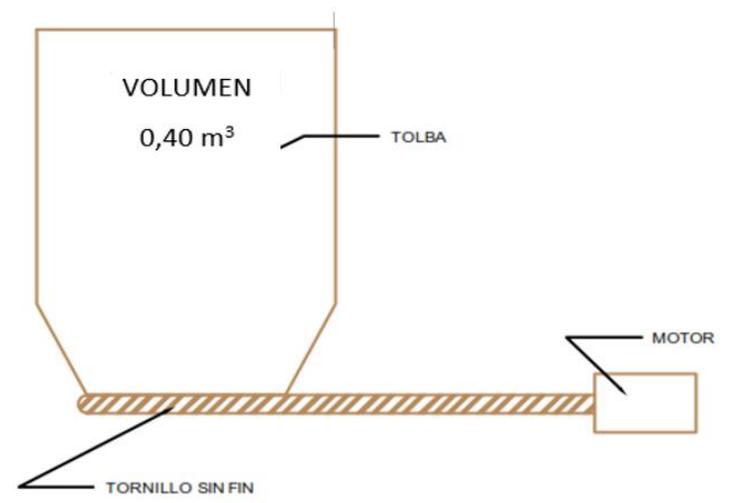
MEZCLADOR – VERTEDERO RECTANGULAR



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	VERTEDERO RECTANGULAR		
<ul style="list-style-type: none"> • VERTEDERO RECTANGULAR 	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE	Lamina	Escala	Fecha
			4	---	09/06/2015

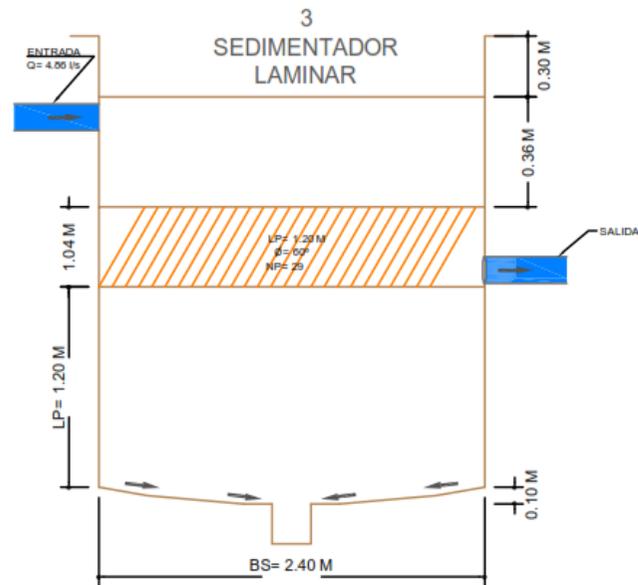
ANEXO R
DOSIFICADOR GRAVIMÉTRICO DE CAL

1
 DEPOSITO DE CAL



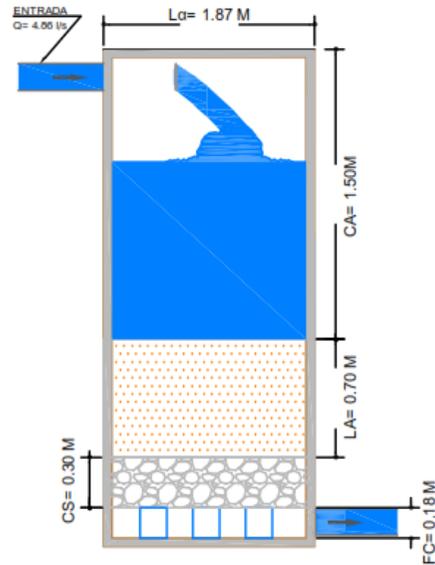
GNOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DOSIFICADOR GRAVIMÉTRICO		
<ul style="list-style-type: none"> • Dosificador Gravimétrico 	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE	Lamina	Escala	Fecha
			5	-----	09/06/2015

ANEXO S
SEDIMENTADOR LAMINAR



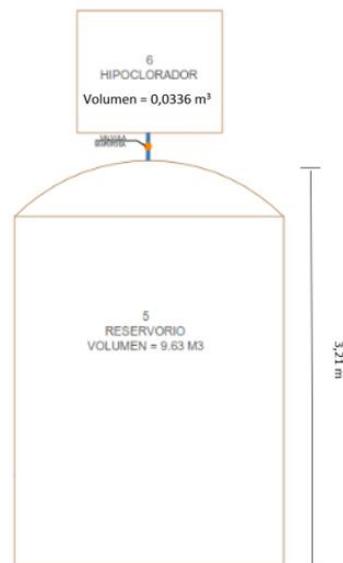
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIMENTADOR LAMINAR		
<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentador laminar 	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE	Lamina	Escala	Fecha
			6	---	09/06/2015

ANEXO T
FILTRO RÁPIDO DE ARENA



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FILTRO RÁPIDO DE ARENA		
<ul style="list-style-type: none"> Filtro Rápido de arena 	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE	Lamina	Escala	Fecha
			7	---	09/06/2015

ANEXO U
DESINFECCIÓN (TANQUE DE ALMACENAMIENTO)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	TANQUE DE DESINFECCIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • Tanque de desinfección y almacenamiento 	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input checked="" type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DENNYS PAUL VALLEJO VIZHUETE	Lamina	Escala	Fecha
			8	---	09/06/2015

ANEXO V

ANÁLISIS DEL AGUA CRUDA Y TRATADA REALIZADO EN EL LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES UNACH (Universidad Nacional de Chimborazo).



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 058 - 15

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Dennys Vallejo

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

DIRECCIÓN: Junin y Juan Montalvo

TELÉFONO: 2948853

NÚMERO DE MUESTRAS: 2 Agua

IDENTIFICACIÓN: MA - 097 -15
MA - 098 -15

INFORME N°: 058 - 15

N° SE: 058 - 15

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 - 07 - 15

FECHA DE INFORME: 23 - 07 - 15

TIPO DE MUESTRA: Agua
Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 097-15

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Dureza Total	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2340 - C	586	N/A	20 - 07 - 15
* Alcalinidad	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2320 - B	321.2	N/A	20 - 07 - 15
* Bicarbonatos	mg/l	STANDARD METHODS 2320 - B	334	N/A	20 - 07 - 15
* Calcio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Ca - 3111B	112	N/A	20 - 07 - 15
* Magnesio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Mg - 3111B	68.8	N/A	20 - 07 - 15
* Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	857	N/A	20 - 07 - 15

MA - 098-15

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Dureza Total	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2340 - C	116	N/A	20 - 07 - 15
* Alcalinidad	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2320 - B	208	N/A	20 - 07 - 15
* Bicarbonatos	mg/l	STANDARD METHODS 2320 - B	214.6	N/A	20 - 07 - 15
* Calcio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Ca - 3111B	38.4	N/A	20 - 07 - 15
* Magnesio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Mg - 3111B	7.6	N/A	20 - 07 - 15
* Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	87	N/A	20 - 07 - 15

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) 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

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Cuano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 058 – 15

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21^ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21^ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

