



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE POTABILIZACIÓN PARA LA
COMUNIDAD DE TUNTACTO PARROQUIA
SAN ANDRÉS CANTÓN GUANO.**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN

DIRECTOR: ING. MÓNICA ANDRADE

RIOBAMBA – ECUADOR

-2015-

*El presente trabajo se lo dedico primero a Dios,
por darme las herramientas para la culminación
del mismo.*

*A mis padres Eduardo y Nora por ser el pilar
de mi vida, mí modelo a seguir, mis ángeles
aquellos que me protegen y me dan fortaleza.*

*A mis hermanas, sobrinos, amigos, compañeros
y familiares, quienes confiaron en mí, aquellos
que nunca me han dejado sola, gracias por su
apoyo incondicional.*

María Augusta Morales León.

Te agradezco mi Dios por ser luz, fuente de energía, por haberme permitido llegar a culminar esta etapa de mi vida, por las bendiciones recibidas y las personas maravillosas que has puesto en mi camino.

A mis papis que me enseñaron el valor del trabajo y la gratificación del mismo, gracias por sus consejos, enseñanzas, a ustedes les debo lo que soy y en especial a ti omni por a pesar de estar sola, cumpliste el sueño de mi papi ver a sus hijas profesionales.

A mis hermanas Vanessa y Verónica por ser parte importante en mi vida, con quienes comparto mis alegrías y tristezas.

A mis sobrinos Joshua, Jhoselyn y Valentina por ser fuente de alegría y amor.

A la Ing. Mónica Andrade, al Ing. Marco Chuiza; Director y Miembro del Tribunal de Tesis, a la Dr. Gina Álvarez, quienes con sus conocimientos y experiencia contribuyeron a la realización del presente trabajo de investigación.

Al GAD Municipal del Cantón Guano por permite realizar el presente estudio y a todas las personas que aportaron con sus conocimientos.

María Augusta Morales León

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

El Tribunal de tesis certifica que: La Tesis de Grado titulada "DISEÑO DE UNA PLANTA DE POTABILIZACIÓN PARA LA COMUNIDAD DE TUNTACTO PARROQUIA SAN ANDRÉS CANTÓN GUANO" de responsabilidad María Augusta Morales León ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación:

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Nancy Veloz DECANO FAC. CIENCIAS	_____	_____
Dr. Juan Ramos DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA	_____	_____
Ing. Mónica Andrade DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Marco Chuiza MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
NOTA DE TESIS	

"Yo, MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN, 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"

MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
SUMARY	II
INTRODUCCIÓN	II
ANTECEDENTES	III
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS	V
OBJETIVOS	VI
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1 FUENTES DE AGUAS.....	1
1.1 ABASTECIMIENTOS SUBTERRÁNEOS	1
1.2 ABASTECIMIENTOS SUPERFICIALES	2
2 MUESTREO.....	3
2.1 TÉCNICAS DE MUESTREO APROPIADAS	3
2.2 PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	4
2.3 TIPO DE MUESTRA	4
2.3.2 Muestra Compuesta	4
3 AGUA POTABLE.....	5
3.1 POTABILIZACIÓN DEL AGUA	5
3.2 CARACTERÍSTICAS Y CALIDAD DEL AGUA	5
3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA.....	5
3.2.2 CARATERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA.....	7
3.2.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	9
4 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	11
4.1 CAPTACIÓN.....	11
4.2 CONDUCCIÓN	11
4.3 PLANTA DE TRATAMIENTO.....	12
4.4 DIMENSIONAMIENTO	13
4.4.1 PERIODO DE DISEÑO	13
4.4.2 POBLACIÓN DE DISEÑO.....	13

4.4.3	CÁLCULOS DE CAUDALES DE DISEÑO.....	14
4.4.3.1	Caudal Medio Diario.....	14
4.4.3.2	Caudal Máximo Diario.....	15
4.4.3.3	Caudal Máximo Horario.	15
4.4.3.4	Caudal de la Planta de Potabilización.	15
4.4.4	SEDIMENTADOR SIMPLE.....	16
4.4.4.1	Teoría de la sedimentación de partículas.	17
4.4.5	FILTRACION LENTA.....	24
4.4.5.1	Zeolitas.....	24
4.4.5.1.1	Antecedentes Generales	25
4.4.5.1.2	Concepto	25
4.4.5.1.3	Propiedades de la zeolita.....	26
4.4.5.1.4	Tipos de zeolitas.....	27
4.4.5.2	ELEMENTOS DE UN FILTRO LENTO.....	27
4.4.5.2.1	Caja de filtración y su estructura de entrada	28
4.4.5.2.2	Lecho filtrante.....	28
4.4.5.2.3	Sistema de drenaje, que incluye lecho de soporte y cámara de salida.	29
4.4.5.2.4	Conjunto de dispositivos para la regulación, control y rebose de flujo. ...	29
4.4.5.3	DIMENSIONAMIENTO DE UN FILTRO LENTO.....	29
4.4.5.3.1	Número de filtros.	29
4.4.5.3.2	Área superficial.....	30
4.4.5.3.3	Coefficiente de mínimo costo.....	30
4.4.5.3.4	Longitud de unidad.	30
4.4.5.3.5	Ancho de unidad.	31
4.4.5.3.6	Altura del filtro.....	31
4.4.5.3.7	Sistema de drenaje.	32
4.4.5.3.7.1	Área de los orificios laterales.....	32
4.4.5.3.7.2	Caudal de ingreso a cada orificio.....	32
4.4.5.3.7.3	Número de laterales	32
4.4.5.3.7.4	Diámetro de la tubería de entrada al filtro.	33
4.4.5.3.7.5	Diámetro de la tubería de salida del filtro.....	33
4.4.5.3.8	Sistema de lavado del filtro.....	34
4.4.5.3.8.1	Velocidad óptima de lavado del filtro.....	34
4.4.5.3.8.2	Cantidad de agua para el lavado del filtro.....	34

4.4.6	MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDEROS RECTANGULARES	35
4.4.6.1	Mezcla rápida con polímeros.	36
4.4.6.2	Policloruro de aluminio.....	36
4.4.6.2.1	Descripción general.....	37
4.4.6.2.2	Aplicaciones.....	37
4.4.6.2.3	Beneficios	38
4.4.6.2.4	Presentación	38
4.4.6.3	Mezcla rápida en vertedero rectangular.	38
4.4.6.3.1	Canal del vertedero.	39
4.4.6.3.2	Ancho del vertedero.....	39
4.4.6.3.3	Caudal por unidad de ancho.....	40
4.4.6.3.4	Longitud de salto.....	40
4.4.6.3.5	Profundidad crítica de flujo.....	41
4.4.6.3.6	Profundidad supercrítica o altura del agua después del salto.....	41
4.4.6.3.7	Número de Froude.	42
4.4.6.3.8	Velocidad del agua después en el salto.....	42
4.4.6.3.9	Velocidad del agua en el resalto.....	43
4.4.6.3.10	Pérdida de energía en el resalto.....	43
4.4.6.3.11	Longitud del resalto.	43
4.4.6.3.12	Velocidad media en el resalto.	44
4.4.6.3.13	Tiempo de mezcla.	44
4.4.6.3.14	Gradiente de velocidad.....	45
4.4.7	FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL.....	45
4.4.7.1	Distancia total recorrida por el agua.	46
4.4.7.2	Volumen del agua.	46
4.4.7.3	Sección transversal de los canales.....	46
4.4.7.4	Profundidad del agua.....	47
4.4.7.5	Espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque.....	47
4.4.7.6	Longitud efectiva de cada canal.	48
4.4.7.7	Número requerido de canales.....	48
4.4.7.8	Longitud total interior de la cámara de floculación.	48
4.4.7.9	Radio hidráulico.....	49
4.4.7.10	Pérdidas por fricción en el tanque.	49
4.4.7.11	Pérdidas adicionales.	50

4.4.7.12	Pérdidas de energía total.	50
4.4.7.13	Gradiente de velocidad.....	51
4.4.7.14	Número adimensional de Camp.	51
4.4.8	DESINFECCIÓN.....	54
4.4.8.1	Aspectos microbiológicos del agua.....	54
4.4.8.2	Indicadores bacteriológicos de contaminación.	54
4.4.8.3	Métodos de desinfección.....	55
4.4.8.4	El cloro y otros compuestos utilizados para la desinfección.....	55
4.4.8.4.1	Cloro.	56
4.4.8.4.2	Hipocloritos.....	56
4.4.8.4.3	Peso necesario de cloro.	56
4.4.8.4.4	Volumen del hipoclorador.	57
4.4.8.4.5	Volumen del tanque de mezcla de cloro.	57
4.4.8.4.6	Altura del tanque de mezcla de cloro.....	57
CAPITULO II.....		59
1	MUESTREO.....	59
1.1	LOCALIZACIÓN.....	59
1.2	FRECUENCIA DE MUESTREO.....	59
1.3	METODOLOGIA DEL TARABAJO.....	60
1.4	TRATAMIENTO DE MUESTRAS.....	61
1.5	MÉTODOS.....	62
1.5.1	MÉTODO EXPERIMENTAL.....	63
1.6	TÉCNICAS.....	65
2	DATOS EXPERIMENTALES.....	84
2.1	DIAGNÓSTICO.....	84
2.2	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA A TRATAR.....	84
2.3	PARÁMETROS FUERA DE NORMA.....	89
3	PRUEBAS DE TRATABILIDAD.....	94
3.1	ENSAYO CON ZEOLITA.....	94
3.2	ENSAYO CON POLICLORURO DE ALUMINIO.....	97
3.3	ENSAYOS CON HIPOCLORITO DE SODIO.....	99
3.3.1	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	99
3.3.1.1	Estandarización de Tiosulfito de sodio 0.1 N.	99

3.3.1.2	Determinación de cloro libre en un blanqueador comercial.....	100
CAPITULO III.....		101
1	CÁLCULOS DEL DISEÑO DE INGENIERÍA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN	102
1.1	CAUDAL DE DISEÑO	102
1.1.1	Población de diseño	102
1.1.2	Caudal medio diario.....	103
1.1.3	Caudal máximo diario.....	103
1.1.4	Caudal máximo horario.	104
1.1.5	Caudal de la planta de potabilización.	104
1.2	SEDIMENTADOR	105
1.2.1	Velocidad de sedimentación para régimen laminar.....	105
1.2.2	Número de Reynolds.	105
1.2.3	Coefficiente de arrastre	106
1.2.4	Velocidad de sedimentación en la región de transición.....	107
1.2.5	Área superficial.....	107
1.2.6	Longitud de la zona de sedimentación.....	108
1.2.7	Altura del sedimentador.....	108
1.2.8	Tiempo de retención.	108
1.2.9	Carga de sólidos que ingresan al lecho.....	109
1.2.10	Masa de sólidos que conforman los lodos.	110
1.2.11	Volumen diario de lodos digeridos	110
1.2.12	Volumen de lodos a extraer del tanque.....	110
1.2.13	Área superficial del lecho.	111
1.3	FILTRACIÓN LENTA.....	112
1.3.1	Número de filtros.	112
1.3.2	Área superficial.....	112
1.3.3	Coefficiente de mínimo costo.	113
1.3.4	Longitud de unidad.	113
1.3.5	Ancho de la unidad.	114
1.3.6	Altura del filtro.	114
1.3.7	Sistema de drenaje.	115

1.3.7.1	Área de los orificios laterales.....	115
1.3.7.2	Caudal de ingreso a cada filtro.....	115
1.3.7.3	Número de laterales.....	116
1.3.7.4	Diámetro de la tubería de entrada al filtro.....	116
1.3.7.5	Diámetro de la tubería a la salida del filtro.....	117
1.3.8	Sistema de lavado del filtro.....	117
1.3.8.1	Velocidad óptima de lavado del filtro.....	118
1.3.8.2	Cantidad de agua para el lavado del filtro.....	118
1.4	MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULARES.....	118
1.4.1	Canal del vertedero rectangular.....	119
1.4.2	Ancho del vertedero.....	119
1.4.3	Caudal de ancho.....	120
1.4.4	Longitud de salto.....	120
1.4.5	Profundidad crítica de flujo.....	120
1.4.6	Profundidad supercrítica o altura del agua después del salto.....	121
1.4.7	Número de Froude.....	122
1.4.8	Velocidad del agua después en el salto.....	123
1.4.9	Velocidad del agua en el resalto.....	123
1.4.10	Pérdida de energía en el resalto.....	124
1.4.11	Longitud de resalto.....	124
1.4.12	Velocidad media en el resalto.....	125
1.4.13	Tiempo de mezcla.....	125
1.4.14	Gradiente de velocidad.....	126
1.5	FLOCULADOR.....	126
1.5.1	Distancia total recorrida por el agua.....	126
1.5.2	Volumen de agua.....	127
1.5.3	Sección transversal de los canales.....	127
1.5.4	Profundidad del agua.....	128
1.5.5	Espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque.....	128
1.5.6	Longitud efectiva de cada canal.....	129
1.5.7	Número requerido de canales.....	129
1.5.8	Longitud total interior de la cámara de floculación.....	129
1.5.9	Radio hidráulico.....	130

1.5.10	Pérdidas por fricción en el tanque.....	130
1.5.11	Pérdidas adicionales.....	131
1.5.12	Pérdidas de energía total.....	131
1.5.13	Gradiente de velocidad.....	132
1.5.14	Número adimensional de Camp.....	132
1.5.15	Dosificación del Policloruro de Aluminio.....	133
1.6	DESINFECCIÓN.....	134
1.6.1	Peso de Cloro necesario.....	134
1.6.2	Volumen del hipoclorador.....	134
1.6.3	Volumen del tanque de mezcla de cloro.....	135
1.6.4	Altura del tanque de mezcla de cloro.....	135
2	CÁLCULOS DE LA DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS	136
2.1	Kilogramos necesarios de policloruro de aluminio al día.....	136
2.2	Galones de hipoclorito de sodio al 12.9% necesarios al día.....	136
2.3	Kilogramos de zeolitas necesarios para el filtro lento.....	137
2.4	Litros de Na (OH) 0.5 M necesarios para activación de la zeolita.....	137
2.5	Kilogramos de Na (OH) necesarios para la activación de la zeolita.....	138
3	ANÁLISIS DEL RESULTADO PRUEBAS DE TRATABILIDAD.....	138
4	EFICIENCIA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN.....	145
5	RESULTADOS	150
5.1	CAUDAL DE DISEÑO.....	150
5.2	SEDIMENTADOR.....	150
5.3	FILTRO LENTO DE ZEOLITA.....	151
5.4	MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR.....	152
5.5	FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO DE HORIZONTAL.....	153
5.6	TANQUE DE DESINFECCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO.....	154
5.7	DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS.....	155
6	PROPUESTA.....	155
7	PRESUPUESTO.....	157
7.1	ACCESORIOS.....	157
7.2	EQUIPOS.....	157
7.3	COSTOS DE DOSIFICACIÓN DE QUIMICOS.....	159

7.4	COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN.	159
8	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	159

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1. EFECTOS DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO SOBRE LA CALIDAD DE AGUA.	12
Tabla 2. TASA DE CRECIMIENTO ACTUAL.....	14
Tabla 3. TIEMPO REQUERIDO DE DIGESTIÓN.	24
Tabla 4. GRANULOMETRÍA DEL LECHO FILTRANTE.....	28
Tabla 5. CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE.	35
Tabla 6. VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.....	52

CAPÍTULO 2

Tabla 1. RECOLECCION DE MUESTRAS.....	60
Tabla 2. PARÁMETROS PARA EL AGUA POTABLE.....	61
Tabla 3. MÉTODOS DE LABORATORIO.....	63
Tabla 4. DETERMINACIÓN DE COLOR.....	66
Tabla 5. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO.....	67
Tabla 6. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD.....	68
Tabla 7. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES.....	69
Tabla 8. DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD.....	70
Tabla 9. DETERMINACIÓN DE CLORUROS.....	71
Tabla 10. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA TOTAL.....	72
Tabla 11. DETERMINACIÓN DE CALCIO.....	73

Tabla 12. DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD.....	74
Tabla 13. DETERMINACIÓN DE SULFATOS.....	75
Tabla 14. DETERMINACIÓN DE NITRITOS.....	76
Tabla 15. DETERMINACIÓN DE NITRATOS.....	77
Tabla 16. DETERMINACIÓN DE HIERRO.....	78
Tabla 17. DETERMINACIÓN DE FOSFATOS.....	79
Tabla 18. DETERMINACIÓN DE FLUORUROS.....	80
Tabla 19. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES.....	81
Tabla 20. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES Y TOTALES.....	82
Tabla 21. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.....	84
Tabla 22. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA PRIMERA TOMA.....	85
Tabla 23. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA SEGUNDA TOMA.....	86
Tabla 24. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA TERCERA TOMA.....	87
Tabla 25. PROMEDIO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS.....	88
Tabla 26. PARÁMETROS FÍSICO –QUÍMICOS FUERA DE NORMA.....	90
Tabla 27. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS FUERA DE NORMA.....	90
Tabla 28. REACTIVOS UTILIZADOS EN LA ACTIVACIÓN DE LA ZEOLITA.....	94
Tabla 29. ENSAYO 1- ZEOLITAS.....	95
Tabla 30. ENSAYO 2-ZEOLITAS.....	95
Tabla 31. ENSAYO 3 – ZEOLITAS.....	95

Tabla 32. PRUEBA DE JARRAS POLICLORURO.....	97
---	----

CAPÍTULO 3

Tabla 1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA TRATADA.....	138
Tabla 2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA TRATADA.....	138
Tabla 3. PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FUERA DE NORMA.	144
Tabla 4. RESULTADOS DEL CAUDAL DE DISEÑO.....	149
Tabla 5. RESULTADOS SEDIMENTADOR.....	149
Tabla 6. RESULTADOS FILTRO LENTO DE ZEOLITA.....	150
Tabla 7. RESULTADOS MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDEROS RECTANGULARES.....	151
Tabla 8. RESULTADOS FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL.....	152
Tabla 9. RESULTADOS TANQUE DE DESINFECCIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO.....	153
Tabla 10. RESULTADOS DOSIFICACIÓN QUÍMICOS.....	153
Tabla 11. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS ACCESORIOS.....	156
Tabla 12. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS ACCESORIOS.....	156
Tabla 13. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS QUÍMICOS EMPLEADOS.....	157
Tabla 14. COSTO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN.....	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2

Gráfico 1. pH fuera del límite permisible.....	91
Gráfico 2. Fosfatos fuera del límite permisible.....	92
Gráfico 3. Coliformes totales fuera del límite permisible.....	93

CAPÍTULO 3

Gráfico 1. Valores Permisibles de los parámetros físico-químicos del Agua Tratada.....	140
Gráfico2. Valores Permisibles de los parámetros físico-químicos del Agua Tratada.....	141
Gráfico3. Valores Permisibles de los parámetros físico-químicos del Agua Tratada.....	142
Gráfico4. Valores Permisibles de los parámetros microbiológicos del Agua Tratada.....	143
Gráfico5. Agua Cruda vs Agua Tratada – Parámetro fosfatos.....	145
Gráfico 6. Agua Cruda vs Agua Tratada – Parámetro pH.....	146
Gráfico 7. Agua Cruda vs Agua Tratada – Parámetro Coliformes Totales.....	147
Gráfico 8. Eficiencia en la Remoción de los Parámetros fuera de Norma.....	148
Gráfico 9. Propuesta de Diseño de la Planta de Potabilización.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Esquema de un Sedimentador Simple.....	16
Figura 2. Coeficiente de arrastre en función del número de Reynolds.....	19
Figura 3. Zeolitas.....	25
Figura 4. Estructura de la Zeolita.....	26
Figura 5. Corte Longitudinal de un Filtro Lento de Arena.....	27
Figura 6. Estructura de salida de un Filtro Lento de Arena.....	29
Figura 7. Mezcla rápida en vertederos rectangulares.....	35
Figura 8. Policloruro de aluminio.....	36
Figura 9. Configuración de resalto en un vertedero rectangular.....	38
Figura 10. Floculador hidráulico de flujo horizontal.....	45

CAPÍTULO 2

Figura 1. Activación y medio filtrante de zeolita.....	96
Figura 2. Dosificación de policloruro de aluminio.....	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 1

Ecuación 1. Factor de crecimiento.....	14
Ecuación 2. Población futura.....	14
Ecuación 3. Dotación básica.....	15
Ecuación 4. Dotación futura.....	15
Ecuación 5. Caudal medio diario.....	15
Ecuación 6. Caudal máximo diario.....	15
Ecuación 7. Caudal máximo horario.....	15
Ecuación 8. Caudal de la planta de potabilización.....	16
Ecuación 9. Fuerza de gravedad.....	17
Ecuación 10. Fuerza de arrastre ejercida.....	18
Ecuación 11. Velocidad terminal de la partícula.....	18
Ecuación 12. Coeficiente de arrastre.....	19
Ecuación 13. Número de Reynolds.....	19
Ecuación 14. Velocidad de sedimentación.....	20
Ecuación 15. Velocidad de sedimentación en la región de transición.....	20
Ecuación 16. Área superficial del tanque de sedimentación.....	21
Ecuación 17. Longitud de la zona de sedimentación.....	21
Ecuación 18. Tiempo de retención.....	22
Ecuación 19. Carga de sólidos que ingresan al lecho.....	22

Ecuación 20. Masa de sólidos que conforman los lodos.....	23
Ecuación 21. Volumen diario de lodos digeridos.....	23
Ecuación 22. Volumen de lodos digeridos.....	23
Ecuación 23. Área superficial del lecho.....	24
Ecuación 24. Número de filtros.....	29
Ecuación 25. Área superficial del filtro.....	30
Ecuación 26. Coeficiente de mínimo costo.....	30
Ecuación 27. Longitud de unidad.....	30
Ecuación 28. Ancho del filtro.....	31
Ecuación 29. Altura del filtro.....	31
Ecuación 30. Área de los orificios laterales.....	32
Ecuación 31. Caudal de ingreso a cada orificio.....	32
Ecuación 32. Número de laterales.....	32
Ecuación 33. Diámetro de la tubería de entrada al filtro.....	33
Ecuación 34. Diámetro de la tubería de salida del filtro.....	33
Ecuación 35. Velocidad óptima de lavado de filtros.....	34
Ecuación 36. Cantidad de agua para el lavado del filtro.....	34
Ecuación 37. Profundidad del canal del vertedero.....	39
Ecuación 38. Ancho del vertedero.....	39
Ecuación 39. Caudal por unidad de ancho.....	40
Ecuación 40. Longitud de salto.....	40
Ecuación 41. Longitud de salto para pared gruesa.....	40
Ecuación 42. Profundidad crítica de flujo.....	41

Ecuación 43. Profundidad supercrítica.....	41
Ecuación 44. Profundidad después del resalto.....	42
Ecuación 45. Número de Froude.....	42
Ecuación 46. Velocidad del agua después en el salto.....	42
Ecuación 47. Velocidad del agua en el resalto.....	43
Ecuación 48. Pérdida de energía en el resalto.....	43
Ecuación 49. Longitud del resalto.....	43
Ecuación 50. Velocidad media en el resalto.....	44
Ecuación 51. Tiempo de mezcla.....	44
Ecuación 52. Gradiente de velocidad.....	45
Ecuación 53. Distancia total recorrida por el agua.....	46
Ecuación 54. Volumen de agua.....	46
Ecuación 55. Área de los canales.....	47
Ecuación 56. Profundidad del agua.....	47
Ecuación 57. Espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque.....	47
Ecuación 58. Longitud efectiva de cada canal.....	48
Ecuación 59. Número requerido de canales.....	48
Ecuación 60. Longitud total interior de la cámara de floculación.....	48
Ecuación 61. Radio hidráulico.....	49
Ecuación 62. Pérdidas por fricción en el tanque.....	49
Ecuación 63. Pérdidas adicionales.....	50
Ecuación 64. Pérdidas de energía total.....	50
Ecuación 65. Gradiente de velocidad.....	51
Ecuación 66. Número adimensional de Camp.....	51
Ecuación 67. Carga De sólidos que ingresan al lecho.....	52
Ecuación 68. Masa de sólidos que conforman los lodos.....	52

Ecuación 69. Volumen diario de lodos digeridos.....	53
Ecuación 70. Volumen de lodos digeridos.....	53
Ecuación 71. Área superficial del lecho.....	53
Ecuación 72. Peso necesario de cloro.....	56
Ecuación 73. Volumen hipoclorador.....	57
Ecuación 74. Volumen tanque de mezcla cloro.....	57
Ecuación 75. Altura del tanque de mezcla de cloro.....	58

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I. NORMA TECNICA NTE INEN 1108:2006

ANEXO II. CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION.C.E.C. CPE INEN 005 parte 9-2.

ANEXO III. RESUTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA CRUDA. PRIMER ENSAYO

ANEXO IV. RESUTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA CRUDA. SEGUNDO ENSAYO

ANEXO V RESUTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA CRUDA. TERCER ENSAYO.

ANEXO VI. RESULTADOS DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA CRUDA.

ANEXO VII. RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA TRATADA.

ANEXO VIII. RESULTADOS DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA.

ANEXO IX. FICHA TECNICA DE LA ZEOLITA NATURAL.

ANEXO X. FICHA TECNICA DEL POLICLORURO DE ALUMINIO.

ANEXO XI. VISTA LATERAL SEDIMENTADOR

ANEXO XII. VISTA PLANTA DEL SEDIMENTADOR

ANEXO XIII VISTA LATERAL DEL FILTRO LENTO DE ZEOLITA.

ANEXO XIV VISTA LATERAL DEL FILTRO DE ZEOLITA.

ANEXO XV. VISTA PLANTA DEL FILTRO LENTO DE ZEOLITA.

ANEXO XVI. VISTA LATERAL MEZCLA RAPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR.

ANEXO XVII. VISTA PLANTA MEZCLA RAPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR.

ANEXO XVIII. VISTA LATERAL FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL

ANEXO XIX. VISTA PLANTA FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL

ANEXO XX. HIPOCLORADOR.

ANEXO XXI. PLANTA DE POTABILIZACIÓN

ÍNDICE SIGLAS Y ABREVIATURAS.

Zf	Altura del filtro.
H	Altura del sedimentador.
HTc	Altura del tanque de mezcla de cloro.
B	Ancho
Ao	Área de los orificios laterales.
As	Área superficial.
As	Área superficial del filtro.
Als	Área del lecho de secado.
C	Carga de sólidos que ingresan al lecho.
Cv	Canal del vertedero.
VI	Cantidad de agua para el lavado del filtro.
q	Caudal de ancho.
Qo	Caudal de ingreso a cada filtro
Cd	Coefficiente de arrastre.
K	Coefficiente de mínimo costo.
DT	Diámetro de la tubería de entrada al filtro.
DTs	Diámetro de la tubería a la salida del filtro.
L	Distancia total recorrida por el agua.
x	Dosificación de policloruro de aluminio.
E	Espacio libre entre los tabiques.

G	Gradiente de velocidad.
galón/día	Galones necesarios por día.
Kg	Kilogramos
Kg/día	Kilogramos por día.
L	Longitud
Lm	Longitud de salto.
Lj	Longitud de resalto.
l	Longitud efectiva de cada canal.
L _T	Longitud total interior de la cámara de floculación.
L	Litros
Msd	Masa de sólidos que conforman los lodos.
m	Metros, distancia.
m ²	Metros cuadrados, superficie.
m ³	Metros cúbicos, volumen.
F	Número de Froude.
N	Número de filtros.
Nc	Número requerido de canales
NL	Número de laterales.
Gt	Número adicional de Camp.
NRe	Número de Reynolds.
h	Pérdida de energía en el resalto.
ha	Pérdidas adicionales

h_f	Pérdidas por fricción del tanque.
h_T	Pérdidas de energía total.
PCI	Peso de cloro necesario.
d	Profundidad del agua.
h_c	Profundidad crítica de flujo.
h_1	Profundidad supercrítica.
h_2	Profundidad después del resalto.
R	Radio hidráulico.
A	Sección transversal de los canales.
t	Tiempo de mezcla.
t_o	Tiempo de retención.
v_2	Velocidad del agua en el resalto.
v_1	Velocidad del agua después del salto.
v_m	Velocidad media en el resalto.
v_l	Velocidad óptima de lavado del filtro.
V_s	Velocidad de sedimentación régimen laminar.
V_s	Velocidad de sedimentación en la región de transición.
V	Volumen del agua.
V _{ld}	Volumen diario de lodos digeridos.
VHCl	Volumen del hipoclorador.
Vel	Volumen de lodos a extraer del tanque.
VTM	Volumen del tanque de mezcla de cloro.

RESUMEN

El propósito de esta investigación es el Diseño de una Planta de Potabilización para la Comunidad de Tuntatacto parroquia San Andrés cantón Guano, provincia Chimborazo.

Se utilizó el método experimental para realizar la presente investigación, la técnica elegida fue el muestreo, se tomaron cuatro muestras en el mes, en días soleados como lluviosos, a las muestras tomadas se les realizó un análisis de caracterización basado en el Estándar Métodos y el Manual de Procesos Hach, utilizando técnicas gravimétricas, volumétricas e instrumentales.

Al realizar la caracterización del agua captada se determinó tres parámetros fuera de norma con valores de 0.89 mg/L de fosfatos, 6.1 de pH, 200UFC /100mL de Coliformes Totales., en base a estos datos se plantea un sistema de potabilización obteniendo valores de 0.17 mg/L de fosfatos, 7.86 de pH y 0 UFC/100 mL. de Coliformes Totales, como lo estable la norma ecuatoriana NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión

Se concluye que el sistema de tratamiento propuesto constará de cinco fases una sedimentación simple, filtración lenta con zeolita, mezcla rápida con policloruro de aluminio, un floculador de flujo horizontal, y desinfección.

El factor de remoción de la planta de potabilización es del 86.16%, esto nos indica la efectividad de la planta en la extracción de sales minerales y microorganismos patógenos presentes en el agua captada.

Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guano la implementación del sistema de potabilización, para garantizar la calidad del agua que consume actualmente la Comunidad de Tuntatacto.

< COMUNIDAD TUNTACTO> <POTABILIZACIÓN DE AGUA>
<SEDIMENTACIÓN> <FILTRACIÓN LENTA CON ZEOLITA> <MEZCLA
RÁPIDA CON POLICLORURO DE ALUMINIO> <FLOCULACIÓN>
<DESINFECCIÓN>.

SUMARY

This research work deals with the design of a Purification Water Plant for the town of Tuntatacto in San Andrés, city of Guano, province of Chimborazo.

Experimental method and sampling technique were used. Four simple a moth were taken both sunny and rainy days. Taken samples were analyzed base to Standard Methods and Hach Processing Manual using gravimetric, volumetric and instrumental techniques.

Three parameters over norm were determined at collecting water with values of 0.89 mg/L of phosphate, 6.1 of pH, 200 UFC7100 mL of Total Coliformes after characterization of water. Base to above information, a purification water System is proposed resulting 0.17 mg/L of phosphate, 7.86 of pH and 0 UFC/100 mL of Total Coliforms according to Ecuadorian norm NTE INEN 1108:2006 Second Check- out.

It is concluded that the proposed Treatment System will have five stages: simple sedimentation, slow filtration of zeolite, quick mix of polichloride of aluminum, horizontal flow flocculator, and desinfeccion.

Removal factor of purification water plant is 86.16%, this shows the plant effectiveness on extraction of mineral salts and pathogen microorganisms in water collected.

It is recommended to Municipal Autonomous Government of Guano to implement the purification water System in order to guarantee the water quality consumed by people of Tuntatacto.

<TOWN OF TUNTACTO> <WATER PURIFICATION> <SEDIMENTATION>
<SLOW FILTRATION OF ZEOLITE> <QUICK MIX OF POLICHLORIDE OF
ALUMINUM> <FLOCCULATION> <DESINFECTION>

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural, necesario pero vulnerable que se renueva a través del ciclo hidrológico y que tiene un valor social, ambiental. Necesario para el desarrollo social y económico de un país.

El consumo de una agua de calidad es un derecho de todos los seres vivos, pero lamentablemente no todas las personas tienen acceso a ella, es por este motivo las municipalidades de nuestra provincia han visto necesario el estudio de diseño de plantas de potabilización.

La presente investigación está enfocada al diseño de una planta de potabilización para la comunidad de Tuntatacto cantón Guano, el agua que abastece la comunidad proviene de las vertientes de Chilig y Gulag.

En el presente trabajo se realizarán el diseño y dimensionamiento hidráulico de las diferentes unidades con un periodo de diseño para 10 años el mismo que constará con 5 etapas: sedimentación simple, filtro lento de zeolita, mezcla rápida en vertedero rectangular, floculador hidráulico de flujo horizontal y un hipoclorador.

El agua que se obtendrá después de ser tratada cumplirá los requisitos de la norma NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión y la Planta de Potabilización será diseñada bajo el CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN CPE INEN 005 parte 9-2.

ANTECEDENTES

La comunidad de Tuntatacto perteneciente al cantón Guano parroquia San Andrés se encuentra a diecisiete y medio kilómetros de la ciudad de Riobamba vía Riobamba - Ambato, ubicada a 3380 m.s.n.m.

La comunidad está constituida por tres sectores Loma, Hondonada y Gavilán, teniendo una población de 1420 habitantes siendo esta la comunidad más grande de la parroquia San Andrés.

Se caracteriza por tener un clima frío y topografía irregular, motivo por el cual la mayor parte de su población se dedica a la agricultura.

El agua que abastece a esta comunidad proviene de dos vertientes la primera y más importante la de Gulag la misma que proviene del nevado Chimborazo, la segunda la vertiente de Chilig que proviene de los páramos de Igualata.

El agua es transportada por tubos de PVC hasta el tanque de almacenamiento para su posterior distribución.

El caudal de estas vertientes abastecen satisfactoriamente a los habitantes existentes en la comunidad, y existen más vertientes que no son captadas y que podrían formar parte de esta red frente a un crecimiento de población.

Sin embargo el agua no recibe ningún tratamiento y tampoco existen estudios para diseñar algún sistema de tratamiento de las aguas que serán consumidas por la población ni a nivel cantonal como provincial.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

El agua es el principal e imprescindible componente del cuerpo humano. El ser humano no puede pasar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida.

Es importante consumir agua cada día para el correcto funcionamiento en los procesos de asimilación y de eliminación de los residuos del metabolismo.

Se recomienda consumir por lo bajo tres litros de agua diarios, de los que la mitad los obtenemos mediante los alimentos y la otra debemos conseguirlo bebiendo.

El agua que debemos consumir debe ser libre de sustancias tóxicas y microorganismos patógenos que sean perjudiciales para nuestra salud.

En muchas comunidades de la zona rural de la provincia de Chimborazo no cuentan con abastecimiento de agua potable, por dicho motivo deben consumir agua de vertientes, ríos, aguas subterráneas, etc.

Los habitantes de la comunidad siempre han consumido agua sin ningún tipo de tratamiento, solo se confía en una breve cloración, por este motivo primero es hervida para poder ser consumida.

Debido a estas circunstancias el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guano vio la necesidad de empezar con el estudio para la potabilización del agua, con el propósito de implementarla en el futuro.

El beneficio será para la población de la Comunidad Tuntatacto, proporcionando agua que cumpla con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1108: 2006 Segunda Revisión.

La Planta de Potabilización será diseñada bajo la normativa estipulada en el CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. CPE INEN 005 parte 9-2.

Garantizando la salud y seguridad en su consumo, evitando así la aparición de enfermedades que pueden ser graves e incluso causar la muerte de la persona.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una Planta de Potabilización para la comunidad de Tuntacta, parroquia San Andrés, cantón Guano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el agua en la captación.
- Realizar las pruebas de tratabilidad.
- Efectuar el Diseño de Ingeniería.
- Validar el sistema propuesto mediante la caracterización del agua tratada.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1 FUENTES DE AGUAS

El agua circula continuamente a través del interminable ciclo hidrológico, una fuente de abastecimiento es aquel punto o fase de ciclo del cual se desvía o aparta el agua, pudiendo o no volver a su fuente original.

Para el abastecimiento público de agua usan comúnmente tanto los recursos superficiales como los subterráneos, se incluyen consideraciones como la calidad, cantidad disponible, seguridad de abastecimiento y el costo de construcción y operación.

1.1 ABASTECIMIENTOS SUBTERRÁNEOS

Las comunidades pequeñas utilizan este tipo de abastecimientos, estas resultan limitantes debido a su poco caudal, además las aguas negras, aguas industriales son descargadas directamente a estas corrientes.

La desventaja de estas aguas es su elevada dureza y la ventaja de las mismas es su menor grado de tratamiento.

Pozos poco profundos: Su profundidad menor es a 30 metros, los mismo pueden ser cavados o entubados.

Pozos profundos: Se perforan a través de superficies rocosas para extraer el agua de las grietas, hasta localizar los estratos acuíferos más profundos. Generalmente tienen un diámetro de 15 a 30 cm, pero pueden ser mayores.

Los recubrimientos metálicos pueden proporcionar una protección efectiva contra la introducción de aguas superficiales y aguas subterráneas contaminadas, siempre y cuando el recubrimiento este bien soldado.

Manantiales: Se generan cuando el estrato que lleva agua alcanza la superficie del terreno, o las fisuras de las rocas.

1.2 ABASTECIMIENTOS SUPERFICIALES

Las grandes ciudades toman las corrientes de lagos, embalses, ríos, estos no son seguros y requieren de tratamientos más complejos.

Los lagos, represa y embalses dan un agua de mejor calidad que la mayoría de las corrientes, debido al efecto benéfico de la autopurificación por sedimentación y reposo.

Ríos: Requieren un mayor tratamiento, debido a su turbiedad, grado de contaminación, contenido mineral, variación de temperatura. Se prefiere solo cuando no hay otras fuentes.

Lagos naturales: Proporcionan agua de calidad, necesitan un tratamiento mínimo, la disponibilidad de agua ilimitada constituye una ventaja decisiva. Sin embargo se

descargan aguas negras a los mismos, se debe localizar cuidadosamente los puntos de toma de muestras.

Embalses: La cantidad de agua de una corriente está sujeta a variaciones, por este motivo se crea embalses para almacenar agua de lluvia, debido al reposo se da una sedimentación, la desventaja generación de malos olores y sabor desagradable.

2 MUESTREO

La toma de muestras de agua, es vital para el análisis de calidad de agua. Los resultados son:

- Base del diseño y operación de las plantas de potabilización y tratamiento.
- El montaje (datos de entrada) de los modelos matemáticos.
- Base de diagnósticos, programas de control y sistemas de evaluación.

Programas de muestreo mal elaborados producen resultados incoherentes, diseños errados.

Los aspectos básicos que debe cumplir un programa de muestreo son:

- Asegurar que la muestra de agua sea representativa.
- Utilizar las técnicas de muestreo recomendadas.
- Preservar las muestras.
- Analizar correctamente los resultados obtenidos.

El análisis de la variación de la composición de la muestra de agua es fundamental, de la calidad dependerá el tipo de muestra a tomar.

2.1 TÉCNICAS DE MUESTREO APROPIADAS

Una técnica de muestreo apropiada se garantiza mediante el conocimiento de los equipos de muestreo, manipulación, forma de tomar muestras, sitio adecuado de muestreo.

2.2 PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras pueden ser preservadas en neveras portátiles, añadiendo soluciones ácidas, el medio de preservación se determina mediante el tipo de parámetro a analizar.

2.3 TIPO DE MUESTRA

Los diferentes tipos de muestras pueden tomarse manual o automáticamente. Los tipos más comunes de muestras son:

2.3.1 MUESTRAS INSTANTÁNEAS

Se toma el momento que se recolecta una corriente o un agua residual. Se recomienda tomar este tipo de muestras cuando:

- *Las descargas de aguas residuales son intermitentes.* En procesos industriales los desechos no fluyen continuamente, sino que son almacenados y se desechan luego.
- *Las características del agua son constantes.* Las descargas o vertimientos de aguas residuales, son muy constantes en el tiempo.
- *Existen variaciones extremas en la composición del agua por muestrear.* Cuando se presentan estos casos es necesario tomar muestras instantáneas porque los muestreos compuestos pueden contrarrestar los picos.
- *Parámetros especiales.* Existen parámetros evaluados con muestreos instantáneos, entre ellos los más comunes son: OD, temperatura, cloro residual y otros gases disueltos.

2.3.2 MUESTRA COMPUESTA

Se toma si la composición del agua es variable, esta consta de la toma de pequeñas muestras individuales, proporcionales al tiempo y flujo, se mezclan para formar la muestra a analizar.

- *Según el flujo.* Tomando muestras de igual volumen, pero a intervalos de tiempo que son inversamente proporcionales al caudal de la corriente.
- *Según el tiempo.* Se toman las muestras a intervalos de tiempo constantes pero el volumen de la muestra es proporcional al caudal de la corriente.

3 AGUA POTABLE

Es un agua libre de microorganismos, minerales, sustancias orgánicas e inorgánicas, que pueden generar daños en la salud, está exenta de turbidez, color, olor y sabor.

3.1 POTABILIZACIÓN DEL AGUA

Durante su recorrido, el agua va arrastra sustancias que pueden ser perjudiciales para la salud, para garantizar la sanidad de la misma se realiza un proceso denominado potabilización, el agua debe cumplir las normas de calidad promulgadas, tanto físico-químicas como microbiológicas.

La potabilización se realiza sobre aguas de manantiales naturales como aguas subterráneas mayoritariamente.

3.2 CARACTERÍSTICAS Y CALIDAD DEL AGUA

El agua es un líquido sin sabor, color y olor, formado por hidrógeno y oxígeno con una fórmula química H_2O , es casi un solvente universal.

Las sustancias que arrastra se identifican con frecuencia, como impurezas que contienen el agua, generalmente las impurezas se clasifican como físicas, químicas y biológicas.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA

❖ COLOR

El color del agua es por la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución. Su remoción se efectúa con un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el Al y Fe.

El color verdadero cuando se ha removido la turbidez, color aparente debido al material suspendido, se determina sin filtración.

❖ **OLOR Y SABOR**

Los olores y sabores en el agua con frecuencia ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles, la causa es la presencia de materia orgánica en solución.

Un observador experimentado puede detectar la presencia de sales metálicas disueltas de Fe, Zn, Mn, Cu, K y Na, por medio del sabor.

❖ **TURBIEDAD**

Es la propiedad óptica de una suspensión, debido a la gran variedad de materia en suspensión de varios tamaños, se hace incidir un haz de luz este se disemina en todas las direcciones el valor es directamente proporcional a la concentración de partículas.

❖ **TEMPERATURA**

El agua fresca es más agradable, mientras a elevadas temperaturas favorece la proliferación de microorganismos, afectando el sabor, olor y color.

❖ **CONDUCTIVIDAD**

Es la habilidad de transportar una corriente eléctrica, debido a la concentración de sustancias ionizadas disueltas en el agua y de su temperatura.

❖ **SÓLIDOS**

Se denomina a toda la materia sólida presente en el agua, se clasifican en:

Sólidos Totales: Son los residuos después de la evaporación y secado a 103 °C, tanto los sólidos disueltos como los no disueltos.

Sólidos disueltos: Se calculan directamente o por diferencia entre sólidos totales y sólidos suspendidos.

Sólidos suspendidos: Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol se seca 103 – 105 °C.

Sólidos sedimentables: Son los sólidos en suspensión que sedimentan por acción de la gravedad, se llena un cono Imhoff con un litro del agua a analizar y se registra el volumen sedimentado en una hora.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA

Es debido a la presencia de sustancias disueltas, y son determinadas por medio de análisis químico.

La presencia de ciertos compuestos o la concentración de oxígeno disuelto, nos indica si la contaminación es reciente o remota.

❖ POTENCIAL HIDROGENO, pH

Definido como menos logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno, no tiene efectos directos sobre la salud, pero puede afectar los procesos de tratamiento como en la desinfección.

El control del pH es importante en los procesos de tratamiento e influye en los fenómenos de corrosión o incrustación en las redes de distribución.

❖ ALCALINIDAD

Es la capacidad de reaccionar con iones hidrógeno, neutralizar ácidos, receptor protones o la totalidad de sustancias alcalinas.

Su determinación es fundamental para el proceso de coagulación, ablandamiento, corrosión, entre otros.

Se debe principalmente a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

❖ **ÁCIDEZ**

Es la capacidad de neutralizar bases, ceder protones, reaccionar con iones hidróxido, contenido total de sustancias ácidas.

Es un factor fundamental para procesos de ablandamiento.

❖ **DUREZA**

Está ligada a parámetros como el pH y la alcalinidad y puede formar depósitos en las tuberías de alimentación de calderas, en donde la alta temperatura favorece la formación de sedimentos.

Las aguas duras consumen más jabón y detergente durante el lavado al impedir la formación de espuma, por lo tanto limita el uso doméstico.

En términos de dureza, las aguas pueden clasificarse así:

- **Aguas blandas:** concentración de sales 50 ppm(partes por millón)
- **Aguas moderadas:** concentración de sales 50 ppm - 150 ppm(partes por millón)
- **Aguas duras:** concentración de sales 150 ppm - 300 ppm(partes por millón)
- **Aguas muy duras:** concentración de sales >300 ppm(partes por millón)

❖ **CLORUROS**

La limitación de cloruros se basa en razones de gusto, antes que de salud. Las aguas superficiales no contienen cloruros en elevadas cantidades, excepto si los terrenos son salinos o acuíferos de influencia marina.

❖ **FLUORUROS**

El límite permisible de flúor fluctúa entre los de 0.8 a 1.2 mg/L, siendo benéfico para el esmalte dental. Si se excede los límites genera manchas permanentes.

❖ **HIERRO**

El límite permisible es menor a 0.3 mg/L a concentraciones mayores su sabor se hace perceptible, produce manchas en artefactos sanitarios y causa obstrucciones en redes de distribución.

Esta presente con mayor frecuencia en aguas subterráneas en forma ferrosa, a la atmósfera se oxida generando hierro férrico el mismo da al agua un color marrón rojizo.

❖ **SULFATOS**

En fuentes naturales y agua subterráneas se encuentran a concentraciones elevadas, afectando el sabor, actúa como laxante, su tratamiento es costoso y complicado.

❖ **NITRITOS**

Es la representación toxica del nitrógeno inorgánico en el agua, debido a la oxidación bacteriana: proteínas-amonio-nitritos-nitratos.

Son un indicador de contaminación, ya que se genera una nitrificación incompleta.

❖ **NITRATOS**

La presencia de nitratos se debe en su mayoría a la contaminación por aguas residuales y fertilizantes. Un consumo mayor a los 10 mg/L produce metahemoglobinemia en recién nacidos.

3.2.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

El agua por contener sustancias orgánicas es un medio de cultivo para los microorganismos, que provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o descomposición, fuentes minerales y materiales fecales.

Una bacteria indicadora debe poseer las siguientes características:

- Ser un componente de la flora intestinal de individuos.
- Ser de origen exclusivamente fecal.
- Estar presente siempre que microorganismos patógenos intestinales estuvieren presentes.
- No reproducirse fuera del intestino.
- Fácilmente detectables y cuantificables.
- No ser patógenos.

Entre los principales grupos de bacterias que cumplen algunas de estas características están:

- Coliformes(totales y fecales)
- Streptococos fecales.

Hay dos grupos de coliformes:

❖ **COLIFORMES TOTALES**

Están presentes en su mayoría en la materia fecal de animales y humanos, mas sin embargo existen coliformes de vida libre.

En medios acuáticos los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas, entre los coliformes más importantes están:

- *Escherichia coli*; de origen fecal
- *Citrobacter spp*; ocurren naturalmente en el suelo, agua y vegetales no contaminados
- *Enterobacter spp*; idem
- *Klebsiella spp*; idem

❖ COLIFORMES FECALES

El más representativo es el *E.coli*, el mismo constituye el 90% de los coliformes totales en animales de sangre caliente, también se halla presente en aguas residuales, a mayor número de coliformes fecales mayor probabilidad de bacterias patógenas.

4 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

4.1 CAPTACIÓN

El agua de vertiente es la más limpia y apta para el consumo, el caudal de las mismas depende del área de recolección, permeabilidad del terreno, están libres de bacterias patógenos.

Al tomar la muestra se debe realizar un análisis físico-químico y bacteriológico de la misma, para determinar la calidad.

El agua proveniente de fuentes superficiales no es segura, y será necesario realizar algún tratamiento, los caudales pueden variar en forma brusca, es difícil por esto determinar el caudal medio, salvo que se tengan valores en verano e invierno.

4.2 CONDUCCIÓN

El agua es transportada a una planta de tratamiento o a una reserva para que después sea distribuida a la comunidad.

Debemos decidir en donde estará ubicada la planta de tratamiento, escogiendo en lo posible un sitio en las partes altas y lo más cercano a la comunidad.

Debe tener un desnivel de por lo menos 30 m o 40 m entre la reserva y la casa más distante, a fin de tener en la red de distribución una presión suficiente.

Según la topografía y condiciones locales, se conduce a través de canales de flujo libre, en conductos a presión o en una combinación de ambos, para caudales pequeños se conduce el agua por tuberías a presión.

4.3 PLANTA DE TRATAMIENTO

Los servicios públicos de abastecimiento deben suministrar agua siempre segura y de buena calidad. Los análisis de las fuentes de agua realizados con una cierta regularidad, revelarán la necesidad o no de tratamiento, éste deberá comprender apenas los procesos imprescindibles para obtener la calidad deseada al mínimo costo.

La selección de los procesos de tratamiento depende de la calidad del agua, de los riesgos sanitarios involucrados, la capacidad económica y la capacidad técnica administrativa de la comunidad.

Los principales procesos de purificación se indican a continuación:

- ❖ Aeración
- ❖ Sedimentación simple
- ❖ Filtración lenta
- ❖ Coagulación + filtración rápida
- ❖ Desinfección

Los efectos de estos procesos de tratamiento sobre la calidad del agua pueden ser visualizados en el siguiente cuadro.

Tabla 1. EFECTOS DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO SOBRE LA CALIDAD DE AGUA.

ATRIBUTOS	AERACIÓN	SEDIMENTACIÓN	FILTRACIÓN SIMPLE	COAGULACIÓN LENTA	DESINFECCIÓN
Bacterias	0	++	++++	++++	++++
Color	0	0	++	++++	0
Turbiedad	0	+++	++++	++++	0
Olor y sabor	++++	(+)*	+++	(+)*	++++
Dureza	+	0	0	- -	0
Hierro y magnesio	+++	+	++++	++++	0

continuará...

...

continúa.

SIMBOLOGÍA.		
Efectos favorables	Grado	Efectos adversos
++++	MUCHISIMO	----
+++	MUCHO	---
++	POCO	--
+	LIGERAMENTE	-
0		0

Fuente: IDROVO D. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA POTABLE.

Elaborado por: Morales León María Augusta

4.4 DIMENSIONAMIENTO

4.4.1 PERIODO DE DISEÑO

Un sistema de abastecimiento de agua, debe satisfacer las necesidades de la población durante un período razonable de tiempo.

Este depende de muchos factores entre los más importantes están:

- La durabilidad o vida útil de los materiales y/o instalaciones, equipos.
- Facilidad de construcción, ampliación o sustituciones: por ejemplo las plantas de tratamiento, tanques de reserva y redes de distribución se pueden planificar por etapas.
- El crecimiento de la población.
- La realidad económica de la comunidad.

Por lo general el período de diseño está entre los 10 y 15 años dependiendo del tamaño del sistema.

4.4.2 POBLACIÓN DE DISEÑO

El sistema debe hacer frente al futuro crecimiento de la población y a una mayor dotación de agua. Estimar la población futura es particularmente difícil en el sector rural debido a la fuerte emigración.

Los organismos de desarrollo crearon el "factor de crecimiento de la población", que se basa en la tasa de crecimiento anual y de período de diseño, algunos valores se pueden encontrar en el siguiente cuadro:

Tabla 2. TASA DE CRECIMIENTO ACTUAL.

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL				
Período	2%	3%	4%	5%
10 años	1.22	1.34	1.48	1.63
15 años	1.35	1.56	1.80	2.08
20 años	1.49	1.81	2.19	2.65

Fuente: IDROVO D. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA POTABLE.

Elaborado por: Morales León María Augusta

El Método Aritmético, se basa en el conocimiento de por lo menos dos datos de la población en un período determinado, es la diferencia de la población encontrada dividida por el número de años.

La población futura se calcula en base del último dato de la población más el valor resultante de multiplicar el factor de crecimiento por el número de años definidos en el período de diseño.

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(\text{Población 1} - \text{Población 2})}{\text{tiempo transcurrido}} \quad \text{Ec. 1}$$

$$\text{Población futura} = \text{Población inicial } P1 + \text{Factor} * \text{No. de años} \quad \text{Ec. 2}$$

4.4.3 CÁLCULOS DE CAUDALES DE DISEÑO

4.4.3.1 CAUDAL MEDIO DIARIO.

Es el consumo que se espera realice la población de diseño durante un período de un día.

$$\mathbf{Dotación} = \frac{\mathbf{Volúmen consumido}}{\mathbf{Total de habitantes}} \quad \text{Ec. 3}$$

$$\mathbf{Dotación futura} = 1.18 * \mathbf{Dotación} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\mathbf{Qmd} = \frac{(\mathbf{número de habitantes}) * (\mathbf{dotación futura})}{86400} = \frac{\mathbf{lts}}{\mathbf{seg}} \quad \text{Ec. 5}$$

4.4.3.2 CAUDAL MÁXIMO DIARIO.

Es el máximo consumo de la población en un día y se calcula como un factor de aplicación (K_1) del Qmd, para comunidades rurales el valor estimado es de 1.3 – 1.4 Según el Código ecuatoriano de la construcción C.E.C.

$$\mathbf{Qmaxd} = K_1 \mathbf{Qmd} = \frac{\mathbf{lts}}{\mathbf{seg}} \quad \text{Ec. 6}$$

4.4.3.3 CAUDAL MÁXIMO HORARIO.

Es el máximo gasto que será requerido en una determinada hora del día, y se calcula como un valor ampliado del Qmd, para zonas rurales el coeficiente varía entre 2 – 2.3. Según el Código ecuatoriano de la construcción C.E.C.

$$\mathbf{Qmaxh} = K_2 \mathbf{Qmaxd} = \frac{\mathbf{lts}}{\mathbf{seg}} \quad \text{Ec. 7}$$

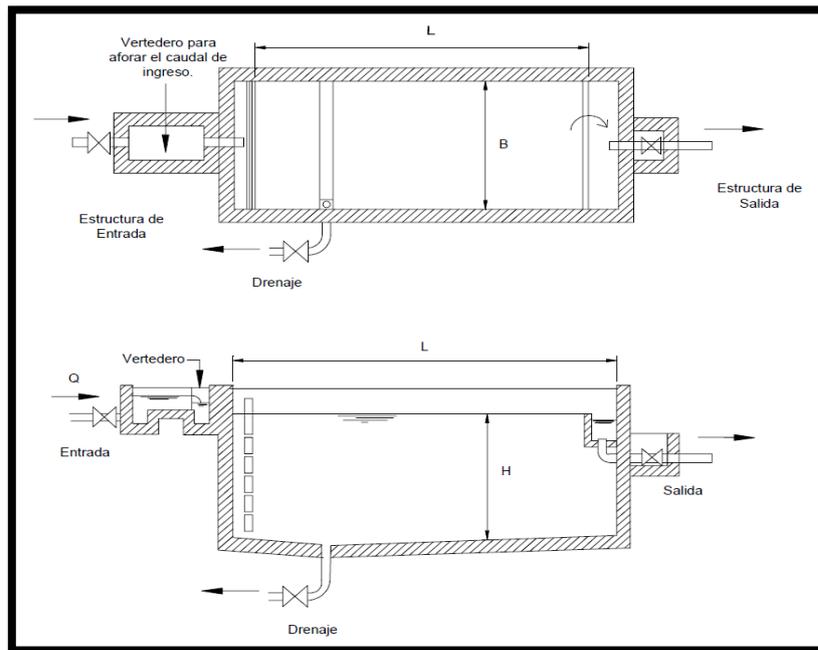
4.4.3.4 CAUDAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN.

Es el caudal que será tratado en la planta, el mismo se determina como un valor ampliado del caudal máximo horario por el factor del seguridad del 10% Según el Código ecuatoriano de la construcción C.E.C.

$$Q_{potabilización} = 1.10 * Q_{maxh} = \frac{lbs}{seg} \quad Ec. 8$$

4.4.4 SEDIMENTADOR SIMPLE

Figura 1. Esquema de un Sedimentador Simple.



Fuente: www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Tratamientos%20preliminares.pdf
TRATAMIENTOS PRELIMINARES

La separación de partículas por gravedad constituye una de las operaciones unitarias de tratamiento más ampliamente usada.

Mediante la fuerza de la gravedad la material coloidal y en suspensión se separan del agua.

Se usa en la remoción de arenas sedimentadores primarios, en flóculos biológicos sedimentadores de lodo activo.

Con base en la concentración de partículas y la tendencia de estas a interactuar entre sí, se pueden presentar cuatro clases:

- ✓ Sedimentación de partículas discretas
- ✓ Sedimentación de partículas floculentas

- ✓ Sedimentación interferida o zonal
- ✓ Sedimentación por compresión

La sedimentación acelerada y la flotación se consideran también parte de la remoción de partículas por gravedad.

4.4.4.1 TEORÍA DE LA SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS.

La sedimentación de partículas discretas no floculentas se puede analizar por medio de las leyes de Newton y Stokes.

La ley de Newton se obtuvo al igualar la fuerza de gravedad y la fuerza de resistencia al movimiento o fuerza de arrastre ejercida sobre una partícula de material en suspensión.

La fuerza de gravedad, tomando en cuenta el efecto de flotación, está dada por la expresión:

$$F_G = (\rho_s - \rho_w)gV_p \quad Ec. 9$$

Donde:

F_G =Fuerza de gravedad

ρ_s =Densidad de la partícula

ρ_w =Densidad del agua

g = Aceleración debida a la gravedad

V_p =Volumen de partícula

La fuerza de arrastre debida a la fricción es función de la velocidad de la partícula, de la densidad del fluido, del diámetro de la partícula y del coeficiente de arrastre C_d (adimensional), como indica la ecuación:

$$F_d = \frac{C_d A_p \rho_w v_p^2}{2} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

F_d = Fuerza de arrastre ejercida

C_d = Coeficiente de arrastre

v_p = Velocidad de la partícula

A_p = Área de la sección transversal o área de la proyección de la partícula sobre el plano normal a v_p .

Al igualar la fuerza de gravedad a la fuerza de arrastre para partículas esféricas se obtiene la ley de Newton:

$$v_{p(t)} = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) d_p} = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} (sg_p - 1) d_p} \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

$v_{p(t)}$ = Velocidad terminal de la partícula

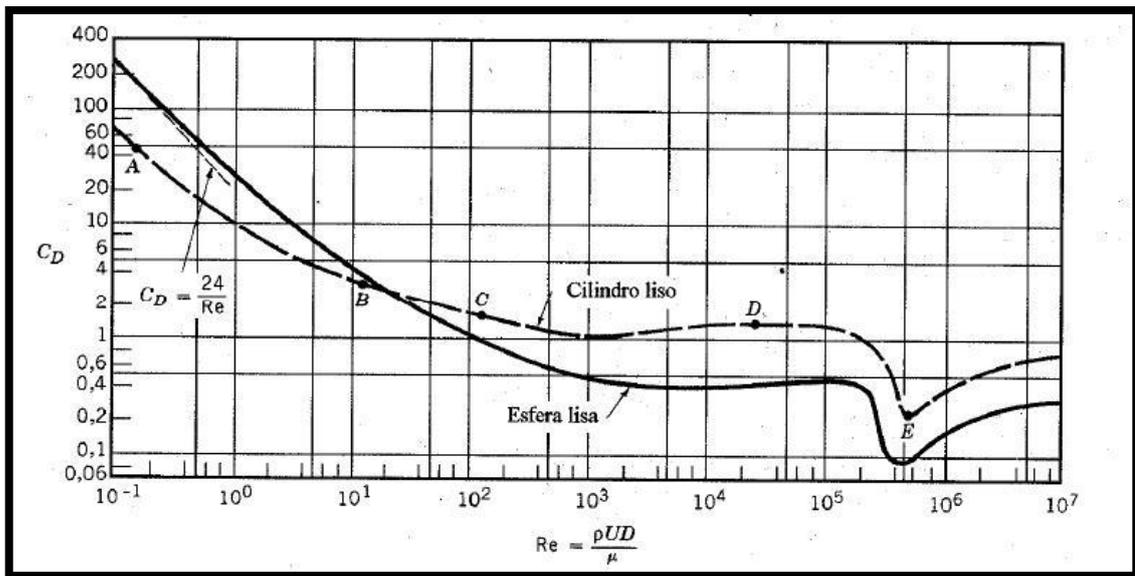
d_p = Diámetro de la partícula

sg_p = Gravedad específica de la partícula.

El coeficiente de arrastre toma diferentes valores dependiendo si el régimen de flujo alrededor de la partícula es laminar o turbulento.

En la figura se presenta valores del coeficiente de arrastre para varias partículas en función del número de Reynolds.

Figura 2. Coeficiente de arrastre en función del número de Reynolds.



Fuente: MC GRAWHILL. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Existen tres regiones en función del número de Reynolds laminar ($N_R < 1$), de transición $N_R = 1$ a 2000 y turbulento ($N_R > 2000$).

A pesar de que la forma de la partícula afecta el valor del coeficiente de arrastre para partículas esféricas se puede expresar en forma aproximada por medio de la siguiente ecuación válida para valores de $N_R = 10^4$.

$$C_d = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34 \quad \text{Ec. 12}$$

El número de Reynolds para partículas que sedimentan se define como:

$$N_R = \frac{V_s * d}{\mu} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

V_s = velocidad de sedimentación.

μ = viscosidad dinámica

d = diámetro de la partícula

La sedimentación está gobernada por la fuerza de viscosidad y, por tanto, el primer término de la ecuación Ec.12 es el más importante.

Se asume que se trata de partículas esféricas se reemplaza el primer término de la ecuación para calcular el coeficiente de arrastre, se obtiene la expresión de la ley de Stokes.

$$V_s = \frac{g(\rho_s - \rho_w)d_p^2}{18\mu} = \frac{g(sg_p - 1)d_p^2}{18v} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación

v = Viscosidad cinemática

sg_p = Gravedad específica de la partícula.

d_p = Diámetro de la partícula

μ = Viscosidad dinámica.

Se determina la velocidad de sedimentación en la región de transición mediante la Ley de Newton, por medio del coeficiente de arrastre.

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_d} (\rho_p - 1)d_p} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación.

C_d = Coeficiente de arrastre.

ρ_p = Densidad de la partícula.

d_p = Diámetro de la partícula.

El área superficial es el espacio que disponen las partículas para sedimentar. Se calcula mediante la velocidad de sedimentación, Asevedo Netto estableció una velocidad de sedimentación o carga superficial de 0.010 cm/s mediante la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{Q}{V_s} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

A_s =Área superficial, m²

Q = caudal, m³/s

V_s = Velocidad de sedimentación, m/s

Se adopta un tanque rectangular de B= 1.60 de ancho con este valor determinamos la longitud de la zona de sedimentación.

$$L = \frac{A_s}{B} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

L = Longitud de la zona de sedimentación, m

A_s = Área superficial, m²

B = Ancho, m

La relación $\frac{L}{B}$ debe satisfacer el requisito $\frac{L}{B}$ de 3 a 8

Es conveniente colocar una pantalla perforada entre 0.60 - 1.00 de distancia de la pared de la entrada, los orificios más altos deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura H a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 y 1/5 de H a partir de la superficie del fondo.

El fondo de la unidad debe tener una pendiente del 5 al 10 % hacia la compuerta o válvula de salida para facilitar el escurrimiento del material depositado.

Se fija una altura H determinada que satisfaga la relación $\frac{L}{H}$ de 5 a 20.

Se debe determinar el tiempo de retención el mismo que se determina mediante la siguiente ecuación:

$$t_o = \frac{A_s * H}{Q} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

t_o =Tiempo de retención, s

A_s = Área superficial, m²

H = Altura, m

Q = Caudal, m³/s

Los sistemas de sedimentación generan lodos los mismos son tratados en lechos de secado, esta técnica es la más común y económica, se encarga de deshidratar, es ideal para comunidades pequeñas.

Primero debemos determinar la carga de sólidos que ingresan al lecho, tomando en cuenta los sólidos en suspensión y el caudal promedio de las aguas residuales.

$$C = Q_l * SS * 0.00864 \qquad \text{Ec. 19}$$

Donde:

C = Carga de sólidos que ingresan al lecho, kg /día

Q_l = Caudal promedio de las aguas residuales.

SS =Sólidos en suspensión en el agua. mg/L

Para determinar el caudal del lecho o de las aguas residuales se estima la población, la dotación básica y el número de meses al que se realizara el mantenimiento.

$$Q_l = \frac{\text{Población} * \text{Dotación}}{1000}$$

Se debe determinar la masa de sólidos que conforman los lodos, con la ecuación:

$$Msd = (0.5 * 0.3 * 0.7 * C) + (0.3 * 0.5 * C) \quad Ec. 20$$

Donde:

Msd = Masa de sólidos que conforman los lodos, kgSS/día.

C = Carga de sólidos que ingresan al lecho, kg /día

Una vez determinada la cantidad de lodos generados al día, es necesario determinar el volumen de lodos, mediante la ecuación:

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ sólidos}}{100}\right)} \quad Ec. 21$$

Donde:

Vld = Volumen diario de lodos digeridos, L/día

Msd = Masa de sólidos que conforman los lodos, kgSS/día.

Se determina el volumen del tanque donde se depositaran los lodos, mediante la ecuación:

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad Ec. 22$$

Donde:

Vel = Volumen de lodos a extraer del tanque, m³

Vld = Volumen diario de lodos digeridos, L/día

Td = Tiempo de digestión, Tabla 3

Determina el volumen se debe establecer el área del lecho de secado, la profundidad que se establece está entre 0.20 a 0.40 m. Mediante la ecuación:

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad Ec. 23$$

Donde:

A_{ls} = Área superficial del lecho, m²

V_{el} = Volumen de lodos a extraer del tanque, m³

H_a = Profundidad de aplicación, m

Tabla 3. TIEMPO REQUERIDO DE DIGESTIÓN.

TEMPERATURA °C	TIEMPO DE DIGESTIÓN EN DÍAS
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf

Elaborado por: Morales León María Augusta

4.4.5 FILTRACION LENTA

La filtración lenta se da a velocidades menores a 12 m³/d, es uno de los procesos de tratamiento más antiguos, efectivos, simples y económicos. Se tiene noticia de su utilización en 1804 en Escocia.

Es un proceso físico y biológico, se desarrolla en los lechos granulares. Sustancias disueltas y suspensiones coloidales son removidas mediante la adsorción o adherencia (fuerzas superficiales actuando entre la superficie del medio filtrante).

Se caracteriza por su eficiencia, facilidad de operación y mantenimiento, lo que posibilita su aplicación en pequeñas comunidades.

4.4.5.1 ZEOLITAS.

Figura 3. Zeolitas.



Fuente: Morales León María Augusta.

4.4.5.1.1 Antecedentes Generales

Las zeolitas naturales han sido usadas desde la antigüedad debido a su ligereza y fácil manejo.

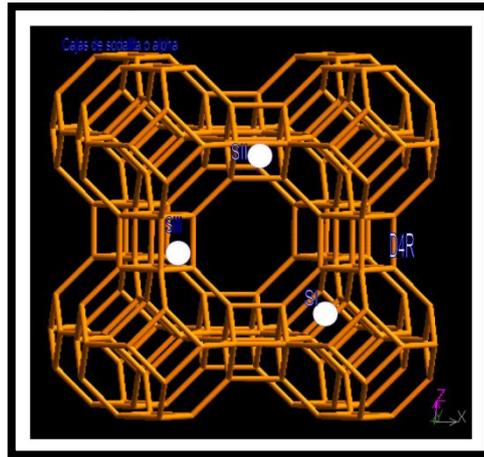
Debido a sus calidoscópicas aplicaciones como tamiz, poder de absorción, e intercambio iónico ha despertado gran interés científico.

Desde 1954, las zeolitas han producido tal fascinación en el mundo científico y económico, por sus excepcionales y diversas aplicaciones.

Se han producido más de quince mil artículos y mil patentes, describiéndose sus síntesis, propiedades, estructuras y aplicaciones.

4.4.5.1.2 Concepto

Figura 4. Estructura de la Zeolitas.



Fuente: http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6982/10CAPITULO4_3_1.pdf?sequence=10

La zeolita son medios porosos altamente cristalinos, constituyen un grupo de aluminosilicatos hidratados de sodio, calcio o potasio, compuestos por tetraedros de $[\text{SiO}_4]^{4-}$ y $[\text{AlO}_4]^{5-}$ los cuales comparten uno de sus vértices para formar estructuras abiertas altamente estables, el agua se sostiene en las cavidades de los enrajados, se cargan negativamente.

La fórmula estructural de una zeolita está basada en la celda unitaria cristalográfica, la cual puede ser representada por:



Donde M representa un catión intercambiable de valencia n y es generalmente un elemento del grupo I o II, aunque otro metal y cationes orgánicos pueden balancear la carga negativa creada por la presencia de Al en la estructura es el número de Al; y es el número de Si; w son moléculas de H_2O (van Bekkum et al., 2001).

4.4.5.1.3 Propiedades de la zeolita

Las propiedades de la zeolita están vinculadas a sus propiedades físico-químicas, como a su capacidad de intercambio iónico.

La adsorción

Son capaces de absorber moléculas de diámetro inferior a su cavidad central, la misma se encuentra repleta de moléculas de agua, esto se da a una temperatura adecuada la misma depende del tipo de zeolita.

Hidratación - Deshidratación

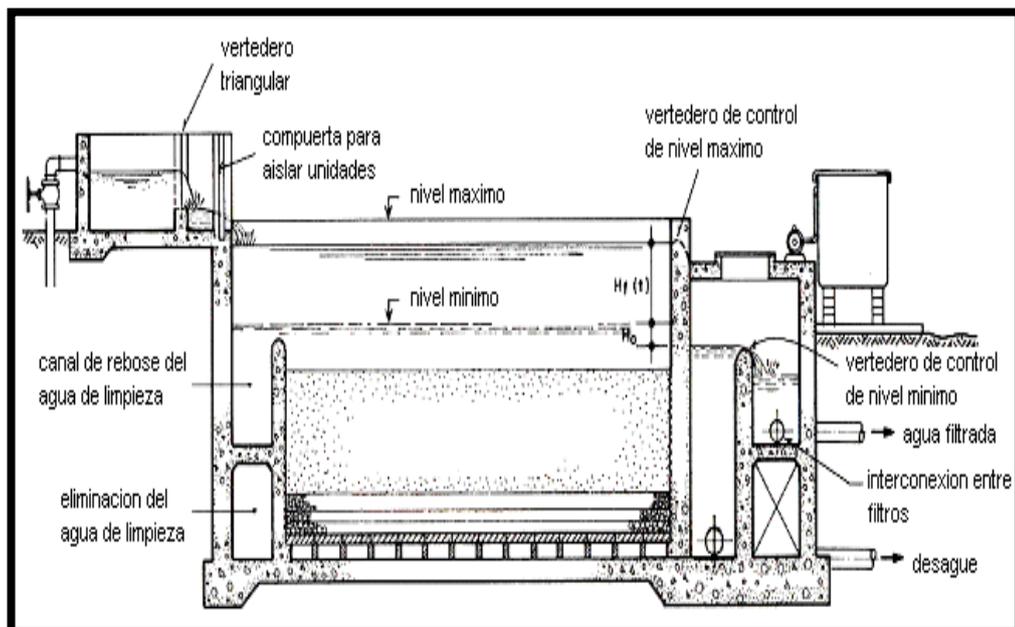
Este fenómeno depende de la presión, temperatura y armazón estructural. La hidratación tiene un efecto endotérmico, y la deshidratación exotérmica.

4.4.5.1.4 Tipos de zeolitas.

- ✓ Clinoptilolita
- ✓ Mordenita
- ✓ Heronita
- ✓ Cabazita
- ✓ Zeolitas sintéticos

4.4.5.2 ELEMENTOS DE UN FILTRO LENTO

Figura 5. Corte Longitudinal de un Filtro Lento de Arena.



Fuente: www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf

Una unidad de filtración lenta en arena consta generalmente de los siguientes elementos:

4.4.5.2.1 *Caja de filtración y su estructura de entrada*

El área superficial está condicionada por el caudal, velocidad de filtración y el número de filtros, el área máxima recomendada es de 100m², para facilidad de operación y mantenimiento.

En la estructura de entrada se tiene vertederos de excesos, canales de distribución, válvulas, cámara de entrada y dispositivos de medición y regulación.

4.4.5.2.2 *Lecho filtrante*

El medio filtrante puede ser granos de arena o silicatos duros y redondos, libres de arcilla y materia orgánica.

La arena o silicatos no deben contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio.

Tabla 4. GRANULOMETRÍA DEL LECHO FILTRANTE.

CRITERIOS DE DISEÑO	VALORES RECOMENDADOS
Velocidad de sedimentación (m/h)	0.2 - 0.9
Altura de arena o silicatos (m)	1.00
 Inicial	0.50
 Mínima	0.10 - 0.35
Diámetro efectivo (mm)	<3
Coefficiente de uniformidad	1.5 - 2.0
 Aceptable	0.1 - 0.4
 Deseable	

Fuente: www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf

Elaborado por: Morales León María Augusta

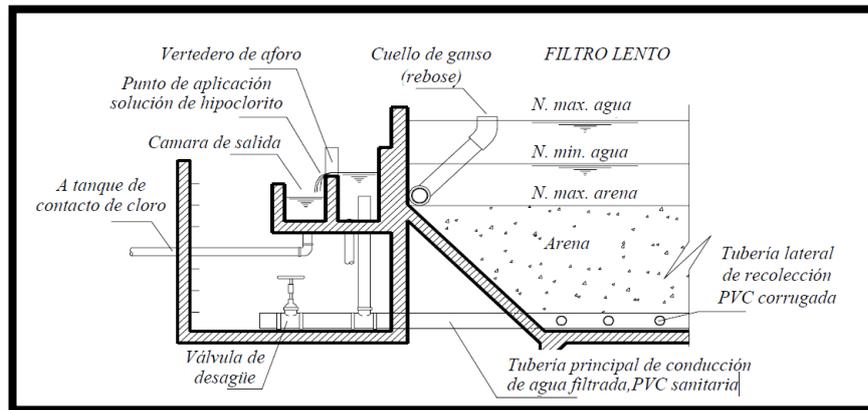
La velocidad de filtración fluctúa entre 0.1 y 0.2 m/h A mayor contaminación del agua menor velocidad de filtración.

La altura del agua sobrenadante debe variar entre 1.0 y 1.50m.

4.4.5.2.3 Sistema de drenaje, que incluye lecho de soporte y cámara de salida.

El nivel máximo del filtro se controla mediante el vertedero de salida, el cual se debe ubicar en el mismo o 0.10 m por encima de la superficie del lecho filtrante.

Figura 6. Estructura de salida de un Filtro Lento de Arena.



Fuente: www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf

4.4.5.2.4 Conjunto de dispositivos para la regulación, control y rebose de flujo.

- Válvula para controlar entrada de agua y regular velocidad de filtración.
- Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, “cuello de ganso”
- Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia.
- Válvula para drenar lecho filtrante.
- Válvula para desechar agua tratada.
- Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia.
- Vertedero de entrada y salida.

4.4.5.3 DIMENSIONAMIENTO DE UN FILTRO LENTO

4.4.5.3.1 Número de filtros.

De acuerdo con Mcrill y Wallace, el número de filtros puede estimarse a partir de:

$$N = 0.044\sqrt{Q} \quad \text{Ec. 24}$$

Donde:

N =número de filtros, adimensional

Q =caudal de diseño m^3/h

4.4.5.3.2 Área superficial.

El área superficial del filtro se determina mediante la ecuación:

$$As = \frac{Q}{N * V_f} \quad Ec. 25$$

Donde:

As =Área superficial, m^2

Q = Caudal de diseño, m^3/h

N = Número de filtros, adimensional.

V_f = Velocidad de filtración (0.1 – 0.9) m/h

4.4.5.3.3 Coeficiente de mínimo costo.

El coeficiente de mínimo costos se determina mediante el número de filtros.

$$K = \frac{2 * N}{N + 1} \quad Ec. 26$$

Donde:

K = Coeficiente de mínimo costo, adimensional.

N = Número de filtros, adimensional.

4.4.5.3.4 Longitud de unidad.

La longitud del filtro se calcula con la siguiente ecuación:

$$L = (As * K)^{1/2} \quad Ec. 27$$

Donde:

As = Área superficial, m²

K =Coeficiente de mínimo costo, adimensional.

4.4.5.3.5 Ancho de unidad.

El ancho del filtro se determina mediante la ecuación:

$$B = \left(\frac{As}{K}\right)^{1/2} \quad Ec. 28$$

Donde:

B = Ancho del filtro, m

As = Área superficial, m²

K =coeficiente de mínimo de costo, adimensional

4.4.5.3.6 Altura del filtro.

La altura del filtro se determina mediante la siguiente ecuación.

$$Z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + F_c) \quad Ec. 29$$

Donde:

Z_f =Altura del filtro, m

f_s =Factor de seguridad, %

C_a = Altura del agua sobrenadante, m

L_a = Altura del lecho filtrante, m

C_s =Altura de la capa de soporte, m

F_c = Altura del drenaje, m

4.4.5.3.7 Sistema de drenaje.

Los drenes se diseñaran para generar una distribución correcta y uniforme del agua de lavado y recoger el agua filtrada.

4.4.5.3.7.1 Área de los orificios laterales

El área de los orificios laterales se determina mediante la ecuación.

$$A_o = \frac{\pi D_o^2}{4} \quad Ec. 30$$

Donde:

A_o = Área de cada orificio, m²

D_o = Diámetro del orificio, m. Tabla 5. Capítulo 1.

4.4.5.3.7.2 Caudal de ingreso a cada orificio.

El caudal de ingreso a cada orificio se determina mediante la ecuación:

$$Q_o = A_o v_o \quad Ec. 31$$

Donde:

Q_o = Caudal de ingreso en cada orificio, m³/s

A_o = Área de cada orificio, m²

v_o = Velocidad en cada orificio, m/s. Tabla 5. Capítulo 1.

4.4.5.3.7.3 Número de laterales

El número de laterales se calcula por la ecuación:

$$N_L = n_L * \frac{L}{e_L} \quad Ec. 32$$

Donde:

N_L =Número de laterales, adimensional

n_L =Número de laterales por lado, adimensional, Tabla 5. Capítulo 1.

L = Longitud del filtro, m

e_L = Espacio entre los laterales, m. Tabla 5. Capítulo 1.

4.4.5.3.7.4 Diámetro de la tubería de entrada al filtro.

Se basa en la velocidad y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D_T = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_e}} \quad \text{Ec. 33}$$

Donde:

D_T =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 5. Capítulo 1.

4.4.5.3.7.5 Diámetro de la tubería de salida del filtro.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_s}} \quad \text{Ec. 34}$$

Donde:

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

Q = Caudal de diseño, m³/s

v_s =Velocidad de agua a través de la tubería de salida, m/s. Tabla 5. Capítulo 1.

4.4.5.3.8 Sistema de lavado del filtro.

El lavado de filtros consiste, convencionalmente, en hacer pasar agua de modo ascensional por el lecho filtrante a una velocidad tal que los granos del medio filtrante se muevan a través de flujo ascensional, se froten unos contra otros y se limpien de los depósitos de la mugre formados sobre ellos. (Romero Rojas, 2006)

4.4.5.3.8.1 Velocidad óptima de lavado del filtro.

La velocidad óptima de lavado se determina mediante la ecuación:

$$v_l = D_{60} * CU * TE \quad \text{Ec. 35}$$

Donde:

v_l = 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 zeolita, adimensional, Tabla 4. Capítulo 1.

TE =Tamaño efectivo de la zeolita, mm

4.4.5.3.8.2 Cantidad de agua para el lavado del filtro.

La determinación del volumen necesario para el lavado del filtro esta dado por la ecuación:

$$V_l = v_l * As * t_l \quad \text{Ec. 36}$$

Donde:

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

v_l =Tiempo óptimo de lavado, min

As =Área superficial, m²

t_l =Tiempo óptimo de lavado, min.

Tabla 5. CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE.

CRITERIOS DE DISEÑO	VALORES RECOMENDADOS
Velocidad de entrada	0.3 m/s
Velocidad de salida	2.0 m/s
Número de laterales por lado	2.0 - 4.0
Espacio entre los laterales	2.0 - 4.0 m
Diámetro de los orificios	0.4 - 0.8 cm

Fuente: VIGNESWARA. Water Treatment Processes.

Elaborado por: Morales León María Augusta

4.4.6 MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDEROS RECTANGULARES

Figura 7. Mezcla rápida en vertederos rectangulares.



Fuente: www.simaspiedrasnegras.gob.mx/Transparencia/informacion/25.Otrainformacion/03.-saneamiento/calidad.html

Se efectúa la mezcla rápida con la finalidad de la masa de agua se una con el coagulante en condiciones óptimas, vigilando la intensidad de agitación y tiempo de retención.

La dosificación se realiza en la unidad de mezcla rápida; esta debe satisfacer las condiciones del proceso para optimización del mismo.

4.4.6.1 MEZCLA RÁPIDA CON POLÍMEROS.

En este tipo de mezcla no se recomienda que el gradiente de velocidad tenga valores muy elevados, ya que no se producen reacciones de precipitación o absorción, que se dan durante la etapa de la mezcla.

Se recomiendan gradientes de velocidad de mayores a $1000s^{-1}$, tiempos de retención de 60 a 30 segundos, números de Froude entre 4.5 - 9.0 respectivamente., garantizando la optimización del proceso.

4.4.6.2 POLICLORURO DE ALUMINIO.

Figura 8. Policloruro de aluminio.



Fuente: syquem.com/poli.html

Es un polímero coagulante – floculante diversamente utilizado en tratamiento de aguas sean éstas potables, residuales e industriales.

El mismo tiene un alto porcentaje de Al_2O_3 siendo su mínima concentración del 31%, muy buena en aguas con alto contenido de minerales entre los principales el hierro, aguas duras o con exceso de color.

4.4.6.2.1 Descripción general.

Este producto es un polímero inorgánico en polvo, con las siguientes características:

- **Apariencia:** polvo
- **Color:** amarillento
- **Olor:** penetrante
- **pH:** 3.5 - 5.0
- **Carácter:** iónico- catiónico
- **% Al_2O_3 :** 31%
- **Solubilidad en el agua:** 99.9 %

4.4.6.2.2 Aplicaciones.

- ✓ Se utiliza como coagulante en tratamientos primarios de sistemas de potabilización, tratamientos de agua residual, industria metal-mecánica, entre muchos
- ✓ Contribuye a la remoción de sólidos suspendidos, color, turbidez y algunos otros contaminantes tales como partículas orgánicas.
- ✓ Desestabiliza los microorganismos y las partículas coloidales, formando coágulos estos se aglomeran debido al peso precipitan.
- ✓ En la industria papelera, tiene el potencial de incrementar la eficiencia de los procesos de encolado, retención y drenado.
- ✓ En la clarificación de todos los efluentes industriales.

En la Figura 9, se representa la configuración del flujo y del resalto hidráulico en un vertedero rectangular.

Para asegurar una dispersión homogénea y continua, el coagulante debe aplicarse sobre la sección1, a una distancia L_m del vertedero, si se aplica a una distancia menor genera una mayor dosis de coagulante.

Al llegar el agua al fondo, se divide en una corriente principal que va hacia el frente y en una corriente secundaria que retorna, represando una cantidad de agua contra el vertedero.

4.4.6.3.1 Canal del vertedero.

La profundidad del canal del vertedero puede calcularse a partir de la ecuación.

$$C_v = f_s * H \quad \text{Ec. 37}$$

Donde:

C_v = profundidad del canal del vertedero, m

f_s =factor de seguridad, adimensional

H = carga sobre el vertedero o altura de la lámina de agua, m

4.4.6.3.2 Ancho del vertedero.

El ancho del vertedero se calcula a partir de la ecuación:

$$B = \frac{Q}{1.84 * H^{\frac{3}{2}}} \quad \text{Ec. 38}$$

Donde:

B = ancho del vertedero, m

Q = caudal de diseño, m³/s

H = carga sobre el vertedero o altura de la lámina de agua, m

4.4.6.3.3 Caudal por unidad de ancho.

El caudal unitario o caudal por unidad de ancho del vertedero, esta dado por:

$$q = \frac{Q}{B} \quad \text{Ec. 39}$$

Donde:

q = caudal por unidad de ancho, m^2/s

Q = caudal de diseño, m^3/s

B = ancho del vertedero, m

4.4.6.3.4 Longitud de salto.

La distancia L_m puede calcularse por la ecuación de Scimeni, en función de la altura del vertedero P y de la altura de la lámina de agua H :

$$L_m = 1.45 P^{0.54} H^{0.46} \quad \text{Ec. 40}$$

Donde:

L_m = longitud de salto, m

P = altura de la pared del vertedero, m

H = altura de la lámina de agua, m

Para vertederos rectangulares de pared gruesa se usa la ecuación siguiente, deducida experimentalmente:

$$L_m = 4.3 P^{0.1} h_c^{0.9} \quad \text{Ec. 41}$$

Donde:

L_m = longitud de salto, m

h_c = profundidad crítica, m

4.4.6.3.5 Profundidad crítica de flujo.

Es la profundidad donde un determinado caudal pasa por un canal con el mínimo de energía específica. La profundidad crítica de flujo es:

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. 42}$$

Donde:

h_c = profundidad crítica de flujo, m

q = caudal por unidad de ancho, m²/s

g = aceleración de la gravedad, m/s²

4.4.6.3.6 Profundidad supercrítica o altura del agua después del salto.

En presencia de resalto, se relaciona la profundidad en la sección 1 con la profundidad crítica h_c , mediante la ecuación White:

$$\frac{h_1}{h_c} = \frac{\sqrt{2}}{1.06 + \sqrt{\frac{P}{h_c} + 1.5}} \quad \text{Ec. 43}$$

Donde:

h_1 = profundidad supercrítica, m

P = altura de la pared del vertedero, m

h_c = profundidad crítica de flujo, m

Las profundidades, antes y después del resalto h_1 y h_2 , están relacionadas entre sí por:

$$h_2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F^2} - 1 \right) h_1 \quad \text{Ec. 44}$$

Donde:

h_2 = profundidad subcrítica, m

F = número de Froude, adimensional

h_1 = profundidad supercrítica, m

4.4.6.3.7 Número de Froude.

El número de Froude es un número adimensional, se recomienda que el valor de este fluctúe entre 4.5 y 9,0.

$$F = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} \quad Ec. 45$$

Donde:

F = número de Froude, adimensional.

v_1 = velocidad del agua en el salto, m/s

h_1 = profundidad supercrítica, m

g = aceleración de la gravedad, m/s²

4.4.6.3.8 Velocidad del agua después en el salto.

La velocidad del agua en el salto se calcula por la expresión:

$$v_1 = \frac{q}{h_1} \quad Ec. 46$$

Donde:

v_1 = velocidad del agua en el salto, m/s

q = caudal por unidad de ancho, m²/s

h_1 = profundidad supercrítica, m

4.4.6.3.9 Velocidad del agua en el resalto.

La velocidad del agua en el resalto se calcula por la expresión:

$$v_2 = \frac{q}{h_2} \quad \text{Ec. 47}$$

Donde:

v_2 = velocidad del agua en el resalto, m/s

q = caudal por unidad de ancho, m²/s

h_2 = profundidad subcrítica, m

4.4.6.3.10 Pérdida de energía en el resalto.

Cuando el flujo a régimen supercrítico se encuentra con una corriente subcrítica, se presenta un choque, la turbulencia genera pérdidas de energía. Se determina por la fórmula de Belanger.

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2} \quad \text{Ec. 48}$$

Donde:

h = pérdida de energía en el resalto, m

h_2 = profundidad subcrítica, m

h_1 = profundidad supercrítica, m

4.4.6.3.11 Longitud del resalto.

La longitud de resalto, para resalto estable, se calcula por la formula de Smetana.

$$L_j = 6(h_2 - h_1) \quad \text{Ec. 49}$$

Donde:

L_j = longitud del resalto, m

h_2 = profundidad subcrítica, m

h_1 = profundidad supercrítica, m

4.4.6.3.12 Velocidad media en el resalto.

La velocidad media en el resalto se calcula por la siguiente ecuación:

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad \text{Ec. 50}$$

Donde:

v_m = velocidad media en el resalto, m/s

v_1 = velocidad del agua en el salto, m/s

v_2 = velocidad del agua en el resalto, m/s

4.4.6.3.13 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:

$$t = \frac{L_j}{v_m} \quad \text{Ec. 51}$$

Donde:

t =tiempo de mezcla o retención, s

L_j = longitud del resalto, m

v_m = velocidad media en el resalto, m/s

4.4.6.3.14 Gradiente de velocidad.

Mediante este se puede determinar los requerimientos energéticos de mezcla. El gradiente de velocidad debe ser mayor a 1000 s^{-1} puede calcularse con la ecuación siguiente:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h}{\mu t}} \quad \text{Ec. 52}$$

Donde:

G = gradiente de velocidad, s^{-1}

h = pérdida de energía en el resalto, m

t = tiempo de mezcla o retención, s

γ = peso específico del agua, N/m^3

μ = viscosidad dinámica del agua, Pas

4.4.7 FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL

Figura 10. Floculador hidráulico de flujo horizontal.



Fuente: <http://juntabanos.org/planta.html>

Es un tanque de concreto u hormigón separado por tabiques, baffles o pantallas de concreto u hormigón.

Se distribuyen en forma paralela alternándose de tal manera de dejar espacios libres entre los baffles y la pared.

Para proveer una adecuada floculación, depende del número de baffles y de la velocidad de flujo, los mismos se usan para caudales menores a 50 L/s.

4.4.7.1 DISTANCIA TOTAL RECORRIDA POR EL AGUA.

Para un periodo de mezcla, t y una velocidad de flujo, la distancia total recorrida por el agua es

$$L = v * t \quad \text{Ec. 53}$$

Donde:

L = longitud total recorrida por el agua, m

v = velocidad de flujo, m/s

t = tiempo de mezcla o retención, s

4.4.7.2 VOLUMEN DEL AGUA.

El volumen de agua que hay que mezclar en un periodo, t , es:

$$V = Q * t \quad \text{Ec. 54}$$

Donde:

V = volumen de agua, m³

Q = caudal de diseño, m³/s

t = tiempo de mezcla o retención, s

4.4.7.3 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS CANALES

La sección transversal requerida de un canal entre baffles será:

$$A = \frac{Q}{v} \quad \text{Ec. 55}$$

Donde:

A = sección transversal requerida de los canales

Q = caudal de diseño, m³/s

v = velocidad de flujo, m/s

4.4.7.4 PROFUNDIDAD DEL AGUA.

La profundidad del agua puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$d = \frac{A}{a} \quad \text{Ec. 56}$$

Donde:

d = profundidad del agua, m

A = sección a área transversal requerida de los canales, m

a = separación entre tabiques, m

4.4.7.5 ESPACIO LIBRE ENTRE LOS TABIQUES Y LA PARED DEL TANQUE.

Es la distancia de los baffles o tabiques a la pared del tanque, y es 1.5 veces la separación entre tabiques y puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$E = 1.5 * a \quad \text{Ec. 57}$$

Donde:

e = espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque, m

a = separación entre tabiques, m

4.4.7.6 LONGITUD EFECTIVA DE CADA CANAL.

La longitud efectiva de cada canal se calcula por la ecuación:

$$l = B_F - E \quad \text{Ec. 58}$$

Donde:

l = longitud efectiva de cada canal, m

B_F = ancho del floculador, m

E =espacio libre entre los tabiques y la pared del tanque, m

4.4.7.7 NÚMERO REQUERIDO DE CANALES.

El número requerido de canales se calcula por la expresión:

$$N = \frac{L}{l} \quad \text{Ec. 59}$$

Donde:

N = número de canales, adimensional

L = longitud total recorrida por el agua, m

l = longitud efectiva de cada canal, m

4.4.7.8 LONGITUD TOTAL INTERIOR DE LA CÁMARA DE FLOCULACIÓN.

La longitud total interior de la cámara de floculación se calcula por la expresión:

$$L_T = N * a + (N - 1)b \quad \text{Ec. 60}$$

Donde:

L_T = longitud total interior de la cámara de floculación, m

N = número de canales, adimensional

a = separación entre tabiques, m

b = espesor de la lámina o tabique, m

4.4.7.9 RADIO HIDRÁULICO.

Es fundamental en el diseño de canales, obras hidráulicas. Es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado.

Para su cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{2d + a} \quad \text{Ec. 61}$$

Donde:

R = radio hidráulico, m

A = sección a área transversal requerida de los canales, m

d = profundidad del agua, m

a = separación entre tabiques, m

4.4.7.10 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN EL TANQUE.

Las pérdidas por fricción son las que se generan a lo largo de los canales o en los tramos rectos y se calculan a partir de la ecuación de Manning:

$$h_f = \frac{(v * n)^2}{R^{\frac{4}{3}}} * L \quad \text{Ec. 62}$$

Donde:

h_f = pérdidas por fricción en el tanque, m

v = velocidad de flujo, m/s

n = coeficiente de Manning, adimensional. Tabla 6. Capítulo 1.

R = radio hidráulico, m

L = longitud total recorrida por el agua, m

4.4.7.11 PÉRDIDAS ADICIONALES.

Las pérdidas adicionales son las que se generan principalmente en las vueltas o giros que da el agua al pasar de un canal a otro.

$$h_a = k(N - 1) \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. 63}$$

Donde:

h_a = pérdidas adicionales, m

k = constantes empíricas (2 a 4, comúnmente 3)

N = número de canales, adimensional

v = velocidad de flujo, m/s

g = aceleración de la gravedad, m²/s

4.4.7.12 PÉRDIDAS DE ENERGÍA TOTAL.

La potencia disipada en el agua está dada por la pérdida de energía correspondiente a las pérdidas por fricción en los tramos rectos y las pérdidas adicionales o localizadas en los giros.

$$h_T = h_f + h_a \quad \text{Ec. 64}$$

Donde:

h_T = pérdidas de energía total, m

h_f = pérdidas por fricción en el tanque, m

h_a = pérdidas adicionales, m

4.4.7.13 GRADIENTE DE VELOCIDAD.

El gradiente de velocidad al igual que el tiempo son importantes al aumentar la probabilidad de que las partículas se unan, y da más tiempo para que las partículas descendan, por efecto de la gravedad, y así se acumulan en el fondo.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * h_T}{\mu * t}} \quad \text{Ec. 65}$$

Donde:

G = gradiente de velocidad, s^{-1}

γ = peso específico del agua, N/m^3

h_T = pérdidas de energía total, m

μ = viscosidad dinámica del agua, Pa.s

t = tiempo de mezcla o retención, s

4.4.7.14 NÚMERO ADIMENSIONAL DE CAMP.

El número adimensional de Camp puede calcularse por la expresión:

$$G_t = G * t \quad \text{Ec. 66}$$

Donde:

G_t = número adimensional de Camp

G = gradiente de la velocidad, s^{-1}

t = tiempo de mezcla o retención, s

Tabla 6. VALORES TÍPICOS DE COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING

Material	Coefficiente de Manning
Asbesto – cemento	0,012
Latón	0,011
Hierro fundido	0,012
Concreto (cimbra metálica)	0,011
Concreto (cimbra madera)	0,015
Concreto simple	0,013
Cobre	0,011
Acero corrugado	0,022
Plástico (PVC)	0,009

Fuente: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2012/02/Coefficientes-de-Rugosidad-de-Manning.pdf>

Elaborado por: Morales León María Augusta

Los sistemas de floculación generan lodos, estos serán tratados en lechos de secado al ser más económico.

Primero debemos determinar la carga de sólidos que ingresan al lecho, con la ecuación:

$$C = Q * SS * 0.00864 \quad \text{Ec. 67}$$

Donde:

C = Carga de sólidos que ingresan al lecho, kg /día

Q = Caudal promedio de las aguas residuales.

SS = Sólidos en suspensión en el agua. mg/L.

Se debe determinar la masa de sólidos que conforman los lodos, con la ecuación:

$$Msd = (0.5 * 0.3 * 0.7 * C) + (0.3 * 0.5 * C) \quad \text{Ec. 68}$$

Donde:

Msd = Masa de sólidos que conforman los lodos, kgSS/día.

C = Carga de sólidos que ingresan al lecho, kg /día

Una vez determinada la cantidad de lodos generados al día, es necesario determinar el volumen de lodos, mediante la ecuación:

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ sólidos}}{100}\right)} \quad Ec. 69$$

Donde:

Vld = Volumen diario de lodos digeridos, L/día

Msd = Masa de sólidos que conforman los lodos, kgSS/día.

Se determina el volumen del tanque donde se depositaran los lodos, mediante la ecuación:

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad Ec. 70$$

Donde:

Vel = Volumen de lodos a extraer del tanque, m³

Vld = Volumen diario de lodos digeridos, L/día

Td = Tiempo de digestión, Tabla 3

Determina el volumen se debe establecer el área del lecho de secado, la profundidad que se establece está entre 0.20 a 0.40 m. Mediante la ecuación:

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad Ec. 71$$

Donde:

Als = Área superficial del lecho, m^2

Vel = Volumen de lodos a extraer del tanque, m^3

Ha = Profundidad de aplicación, m

4.4.8 DESINFECCIÓN.

4.4.8.1 ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.

Solo el 0.3 % del agua del planeta es agua dulce, debido al desarrollo industrial, crecimiento poblacional, uso intensivo del suelo el agua se contamina, según la OMS la mayoría de las enfermedades(80 %), son causadas por la ingesta de agua contaminada.

4.4.8.2 INDICADORES BACTERIOLÓGICOS DE CONTAMINACIÓN.

Preservar la calidad del agua es la principal necesidad de las autoridades de salud, organizaciones o instituciones prestadoras de servicios, el origen de la mayoría de los microorganismos son debido a las excretas de las personas y animales.

La primera aplicación de cloro y compuestos clorados se la realizó alrededor del año 1180 donde se demostró que los gérmenes son los responsables de enfermedades, así se demostró su efectividad como desinfectante.

Su primer uso fue en Bélgica en 1902, como ayudante de la coagulación y desinfectante.

En 1908, la práctica de la cloración fue declarada como una defensa más de la salud pública, lo que facilitó que se extendiera rápidamente su utilización.

La desinfección del agua incluye tratamientos especializados para la destrucción de organismos patógenos y otros microorganismos no deseables.

Los procesos de desinfección se emplean para destruir o inactivar organismos particularmente bacterias de origen intestinal, tales organismos pueden sobrevivir por semanas a temperaturas cercanas a 21° C.

El que produzcan enfermedades una vez ingeridos depende de su concentración, virulencia y de la vulnerabilidad de cada individuo.

4.4.8.3 MÉTODOS DE DESINFECCIÓN.

Los procesos previos a la desinfección son útiles para disminuir los índices de contaminación y aumentar la eficiencia de la misma, ya que tanto bacterias como virus son partículas coloidales y son removidos en estos procesos.

Los métodos específicos de desinfección incluyen los siguientes:

- Tratamientos físicos, tal como la aplicación de calor.
- Irradiación con luz ultravioleta.
- Adicción de iones metálicos, como plata
- Alcalis y ácidos
- Oxidantes tales como los halógenos y el ozono.

Excepto el cloro y algunos de sus compuestos los demás tienen serias limitaciones para ser utilizados de manera normal en plantas de tratamiento. El ozono es utilizado ya con frecuencia en países desarrollados.

La cloración es el proceso más ampliamente usado y que reúne las mayores ventajas es eficiente, fácil de aplicar y deja un residual medible por métodos muy simples. La desventaja es muy corrosiva y forma subproductos.

4.4.8.4 EL CLORO Y OTROS COMPUESTOS UTILIZADOS PARA LA DESINFECCIÓN.

4.4.8.4.1 Cloro.

En estado gaseoso tiene un color verde amarillento y es de 2.5 veces más pesado que el aire, es un líquido de color ámbar que cuando se descomprime rápidamente se vaporiza a forma gaseosa, reacciona con la mayoría de elementos.

Debe ser manejado y almacenado lejos de otros gases comprimidos y de materiales inflamables, ya que es inflamable.

Es principalmente un irritante del aparato respiratorio, puede ser detectado en el aire en una concentración de tres partes por millón por la mayoría de personas.

4.4.8.4.2 Hipocloritos.

Son sales del ácido hipocloroso, actúan de la misma manera que el cloro elemental, su efecto en el pH es mayor.

El hipoclorito de calcio tiene cerca de un 70% de cloro disponible, es blanco, no higroscópico, corrosivo, con un olor muy fuerte a cloro y puede ser granular, en polvo o tabletas.

El hipoclorito de sodio, se consigue solo en forma de solución concentraciones que varían entre 5 - 15 %, son relativamente claras, ligeramente amarillenta, fuertemente alcalina y con fuerte olor a cloro.

La degradación de estas soluciones se minimiza almacenándolas en lugares frescos, secos, oscuros y en envases protegidos de la luz.

4.4.8.4.3 Peso necesario de cloro.

El peso de cloro necesario para tratar el agua viene dado por:

$$P_{Cl} = \frac{Q * D * 86400}{1000} \quad Ec. 72$$

Donde:

P_{Cl} = peso necesario de cloro, kg/d

Q = caudal de diseño, m³/s

D = dosis de cloro, mg/l

4.4.8.4.4 Volumen del hipoclorador.

El volumen del hipoclorador se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$V_{HCl} = \frac{P_{Cl}}{5C} \quad Ec. 73$$

Donde: V_{HCl} = volumen del hipoclorador, m³

P_{Cl} = peso necesario de cloro, kg/d

$5C$ = concentración de la solución

4.4.8.4.5 Volumen del tanque de mezcla de cloro.

El tanque que se diseñara para realizar la adición del cloro al agua, el mismo que servirá como tanque de almacenamiento, cuyo volumen se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_{Tc} = Q * t * f_s \quad Ec. 74$$

Donde:

V_{Tc} = volumen del tanque

Q = caudal de diseño, m³/s

t = tiempo de contacto, s

f_s = factor de seguridad, %

4.4.8.4.6 Altura del tanque de mezcla de cloro.

La altura del tanque de mezcla para el cloro, el mismo que servirá como tanque de almacenamiento.

$$H_{Tc} = \frac{V_{Tc}}{A_{Tc}} \quad Ec. 75$$

Donde:

H_{Tc} = altura del tanque para la mezcla de cloro, m

V_{Tc} = volumen del tanque para la mezcla de cloro, m³

A_{Tc} = área del tanque para la mezcla de cloro, m²

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

1 MUESTREO

1.1 LOCALIZACIÓN

La planta de Potabilización de Agua se encuentra localizada en la Comunidad Tuntatacto Parroquia San Andrés Cantón Guano perteneciente a la provincia de Chimborazo

Se encuentra a una latitud de 3125 metros sobre el nivel del mar a 12 km de la ciudad de Riobamba.

1.2 FRECUENCIA DE MUESTREO

La frecuencia de la recolección de las muestras será mensual en el tanque de almacenamiento, como se puede ver en la siguiente tabla:

TABLA 1. RECOLECCION DE MUESTRAS

ZONA DE MUESTREO	DÍAS DE MUESTREO	NÚMERO DE MUESTRAS	TOTAL DE MUESTRAS EN EL MES
Muestras para el análisis de laboratorio			
Almacenamiento	3	4	4
Total de muestras			4

Elaborado por: Morales León María Augusta

1.3 METODOLOGIA DEL TRABAJO

Las muestras deben ser tomadas en diferentes semanas del mes, debemos recolectarlas en día lluvioso, frío, soleado.

Para determinar si varía o no la calidad de la misma, a las muestras tomadas se les debe hacer un registro en el cual constara:

- ✓ Fecha y lugar de muestro, técnica de preservación y nombre de la persona que tomo la muestra.
- ✓ Identificación de la muestra, control de rutina del sistema de distribución, de verificación, agua cruda o tratada.
- ✓ Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio y fecha de análisis
- ✓ Laboratorio y personas que ejecutaron el análisis
- ✓ Técnica / medio analítico empleado y fecha del último control analítico realizado al laboratorio.

Acabada la recolección de las muestras se lleva inmediatamente a la ciudad de Riobamba donde se realizará los análisis físicos- químicos de la misma, los cuales se realizaran en el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Los recipientes para la recolección de las muestras fueron envase plásticos para los tratamientos físicos - químicos y para los microbiológicos utilice envases esterilizados.

1.4 TRATAMIENTO DE MUESTRAS

Se realiza las pruebas de caracterización físico- químico al agua cruda basándonos en la norma INEN 1108-2006 para el agua potable que consta de los siguientes parámetros:

Tabla 2. PARÁMETROS PARA EL AGUA POTABLE

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE PERMISCIBLE
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
Color	Unidades de color aparente (Pt - Co)	<15
Turbiedad	NTU	5
Olor	.....
Sabor	.....
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
pH	.....	6.5 - 8.5
Conductividad	µs	<1250
INORGÁNICOS		
Nitritos	mg/l	0.01
Nitratos	mg/l	<40
Sulfatos	mg/l	200
Fosfatos	mg/l	<0.3
Cloruros	mg/l	250
Calcio	mg/l	70
Magnesio	mg/l	30 - 50
Alcalinidad	mg/l	250 - 300

continúa

Amonios	mg/l	<0.5
Hierro	mg/l	0.3
Flúor	mg/l	>1.5
Sólidos disueltos	g	500
Sólidos totales	g	1000
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS		
Coliformes Totales	U.F.C/100 ml	<200
Coliformes Fecales	U.F.C/100 ml	<200

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Segunda Revisión.

Elaborado por: Morales León María Augusta

1.5 MÉTODOS

Los métodos a utilizar para la caracterización física- química son dos los de Hach y el colorimétrico.

1.5.1 MÉTODO EXPERIMENTAL

Tabla 3. METODOS DE LABORATORIO

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
pH	Electrométrico	Se utiliza del pH metro
Color	Comparativo	Se emplea el comparador de color.
Conductividad	Electrométrico	Mediante la utilización del conductímetro
Turbiedad	Nefelométrico	Se utiliza el turbidímetro
Cloruros	Volumétrico	25 ml de muestra + 4 gotas de K_2CrO_4 . Titular con $AgNO_3$ (0.01 N)
Dureza	Volumétrico	25 ml de muestra + 1 ml KCN + 2 ml buffer pH 10 + pizca de indicador Negro de Ericromo T. Titular con EDTA (0.02M)
Calcio	Volumétrico	25 ml de muestra + 1 ml KCN + 1 ml NaOH (1N) + pizca de indicador Murexida. Titular con EDTA (0,02 M)
Alcalinidad	Volumétrico	25 ml de muestra + 2 gotas de fenolftaleína. Titular con H_2SO_4 hasta incoloro + 3 gotas de

continuará.....

continúa

		naranja de metilo. Titular con H_2SO_4
Sulfatos	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar el reactivo indicado en el manual y registrar el resultado.
Amonios	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar el resultado.
Nitritos	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar el reactivo indicado en el manual y registrar el resultado.
Nitratos	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar el reactivo indicado en el manual y registrar el resultado.
Hierro	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar el reactivo indicado en el manual y registrar el resultado.
Fosfatos	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar el reactivo indicado en el manual y registrar el resultado.
Flúor	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar el reactivo indicado en el manual y registrar el resultado.
Sólidos Disueltos	Electrométrico	Mediante el electrodo de cristal del equipo, se lee y registra.

continúa

Sólidos Totales	Secado	Pesar una caja Petri, colocar 25 ml de la muestra, llevar a baño María hasta sequedad, después llevar a la estufa por media hora, llevar al desecador y pesar.
MICROBIOLOGICO (Coliformes totales y fecales)	Sembrado	Se esteriliza el equipo microbiológico para la filtración, se toma 50 ml de muestra y se procede a filtrar, se incorporan los respectivos medios y se siembra.

Fuente: STANDARD METHODS.

Elaborado por: Morales León María Augusta

1.6 TÉCNICAS.

Los análisis físicos-químicos al agua a tratar se adaptaron al manual “STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER” (Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales) y el Manual de Procesos HACH.

COLOR MÉTODO 8025

Tabla 4. DETERMINACIÓN DE COLOR.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El color es causado por la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color producido por los sólidos suspendidos se denominan color aparente, mientras que el causado por sustancias disueltas es el color verdadero.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colorímetro HACH • Celda de vidrio. • Vaso de precipitación de 250 ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tomar la muestra en el vaso de precipitación. ✓ Tomar la celda y enjuagar con agua destilada y secarla. ✓ Colocar la muestra en la celda de vidrio. ✓ Leer la celda. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: HACH. Manual de Análisis de Agua.

Elaborado por: Morales León María Augusta

pH STANDAR METHODS- 4500

Tabla 5. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El pH o la actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua.</p> <p>La determinación de la actividad de los iones hidrógenos por medidas potenciométricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de hidrógeno de vidrio con un electrodo de referencia.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH • Vaso de precipitación de 250 ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soluciones Buffer de pH 4 • Solución Buffer de pH 6.863 • Solución Buffer pH 10 • Agua destilada y desionizada 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calibrar el equipo usando por lo menos dos soluciones buffer, cuyos valores de pH deben cubrir el rango de pH esperado por la muestra a medir. ✓ Medir el pH de la muestra indicando la temperatura de la misma, realizar la medición con una agitación moderada. ✓ Una vez finalizada la medida enjuagar y secar suavemente los electrodos y proceder a ubicarlos en la solución de preservación de los mismos. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: STANDAR METHODS.

Elaborado por: Morales León María Augusta

CONDUCTIVIDAD STANDAR METHODS- 2510 B

Tabla 6. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>La conductividad es la capacidad que posee una solución acuosa de conducir la corriente eléctrica, a 25 °C. El método consiste en la medida directa de la conductividad utilizando una celda de conductividad previamente estandarizada con una solución de KCl.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro Hach • Vaso de precipitación de 250 ml. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Enjaguar la celda de conductividad con agua desionizada y secar. ✓ Enjaguar la celda de conductividad con una o más porciones de la muestra a medir. ✓ Ubicar la celda de la muestra de tal manera que no queden retenidas burbujas de aire. ✓ Medir la resistencia a la conductividad de la muestra. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

SÓLIDOS DISUELTOS STANDAR METHODS – 2540 C

Tabla 7. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Los sólidos totales disueltos es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular sumando la concentración de todos los cationes y aniones.	<p style="text-align: center;">Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro. • Vaso de precipitación de 250 ml. <p style="text-align: center;">Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Enjaguar la celda de conductividad con una o más porciones de la muestra a medir ✓ Cambiamos la función para determinar los sólidos disueltos. ✓ Medir los sólidos disueltos en la muestra 	Lectura directa.

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

TURBIEDAD STANDAR METHODS -2130

Tabla 8. DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>La turbidez es una medida de la propiedad óptica que causa dispersión y absorción de la luz con disminución de la transmisión en línea recta. Se miden en unidades de turbidez nefelométrica, (NTU). Este método está basado en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersa, mayor será la turbidez.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro • Tubos para la muestra de vidrio transparente y limpio. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar una cantidad determinada en la celda de vidrio. ✓ Secar cuidadosamente las paredes exteriores. ✓ Colocar la celda dentro del turbidímetro. ✓ Esperar la lectura. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

CLORUROS STANDAR METHODS - 4500

Tabla 9. DETERMINACIÓN DE CLORUROS.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El cloruro se determina en una solución neutra o ligera alcalina por titulación con nitrato de plata estándar, usando cromato de potasio como indicador del punto final. El cloruro de plata es cuantitativamente precipitado antes de que sea formado el cromato de plata de color rojo.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bureta de 25 ml • Erlenmeyer de 250 ml • Pipetas graduadas de 1 y 5 ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución estándar de Nitrato de plata 0.01N • Indicador de Dicromato de potasio. • Agua destilada y desionizada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tomar 25 ml de la muestra en un erlenmeyer de 250 ml ✓ Agregar de dos a tres gotas del indicador dicromato de potasio. ✓ Valorar la solución con Nitrato de plata hasta un punto final de color amarillo-naranja. 	<p>Lectura de titulación.</p>

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

DUREZA TOTAL STANDAR METHODS - 2340 C

Tabla 10. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA TOTAL.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>La dureza se define como la suma de concentración de iones calcio y magnesio, expresado como carbonato de calcio, mg/L.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer de 250 ml. • Bureta de 25 ml • Pipetas de 1,2 y 25 ml • Gotero <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cianuro de potasio KCN • Solución Buffer pH 10 • Indicador Negro de Ericromo • EDTA 0,02 M • Agua destilada y desionizada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tomar 25 ml de muestra en un erlenmeyer de 250 ml. ✓ Agregar 1 ml de KCN ✓ Incorporar 2 ml de buffer de pH 10. ✓ Colocar una pequeña cantidad de Negro de Ericromo. ✓ Valorar la solución con EDTA hasta un punto final de color de morado a azul. 	<p>Lectura de la titulación.</p>

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

CALCIO STANDAR METHODS - 3500

Tabla 11. DETERMINACIÓN DE CALCIO.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Los iones de calcio y magnesio forman complejos estables con etilendiaminotetra-acetato disódico. Si el pH es suficientemente alto (12 ó 13) como para que el magnesio precipite como hidróxido, el calcio puede ser determinado directamente. El punto final de titulación es detectado por el indicador Murexida, el que vira de rosado a púrpura en el punto final.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer de 250 ml • Buretas de 25 ml • Pipetas aforadas de 10 y 1 ml. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cianuro de potasio KCN • Hidróxido de sodio Na(OH) 1N • Indicador Murexida • EDTA 0,02 M • Agua destilada y desionizada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tomar 25 ml de muestra en un erlenmeyer de 250 ml. ✓ Añadir 1ml de KCN y 1ml de Na(OH) ✓ Poner 1 pizca de indicador Murexida. ✓ Valorar la solución con EDTA hasta un punto final de color de rosado a morado. 	<p>Lectura de titulación.</p>

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

ALCALINIDAD STANDAR METHODS -02320 A

Tabla 12. DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>La alcalinidad se determina por titulación con una solución estándar de un ácido mineral fuerte a los puntos sucesivos de equivalencia del bicarbonato y el ácido carbónico.</p> <p>El indicador de fenolftaleína permite cuantificar la alcalinidad a la fenolftaleína.</p> <p>Para determinar la alcalinidad total se emplea el indicador anaranjado de metilo.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bureta de 25 ml • Pipetas aforadas de 10, <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • H₂SO₄ • Indicador fenolftaleína • Indicador anaranjado de metilo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tomar 25 ml de muestra en un erlenmeyer de 250 ml. ✓ Añadir 2 gotas de fenolftaleína ✓ Titular con H₂SO₄ hasta el viraje de color de rosado a incoloro. ✓ Añadir 3 gotas del indicador anaranjado de metilo. ✓ Valorar la solución con H₂SO₄ hasta un punto final de color de morado a rosado. 	<p>Lectura de la titulación.</p>

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

SULFATOS MÉTODO 8051

Tabla 13. DETERMINACIÓN DE SULFATOS.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Los iones de sulfato en la muestra reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato SulfaVer y forman una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de 10 ml aforada • Celdas de análisis • Erlenmeyer de 250ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. • SulfaVer4 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programamos el equipo para sulfatos. ✓ Tomamos 10ml de muestra y blanco en un erlenmeyer de 250 ml respectivamente. ✓ Añadimos los sobres del reactivo SulfaVer4 en los dos erlenmeyers. ✓ Seguimos las instrucciones del equipo donde nos indica el tiempo de agitación y reposo. ✓ Procedemos a leer primero el blanco y a continuación la muestra, anotamos la lectura. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: HACH. Manual de Análisis de Agua.

Elaborado por: Morales León María Augusta

NITRITOS MÉTODO 8507

Tabla 14. DETERMINACIÓN DE NITRITOS.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El nitrito de la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar sal de diazonio que reacciona con el ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa. Este color es proporcional a la cantidad de nitrito presente. Los resultados del ensayo miden a 507 nm.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de 10 ml aforada • Celdas de análisis • Erlenmeyer de 250ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. • NitriVer3 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programamos el equipo para nitritos. ✓ Tomamos 10ml de muestra y blanco en un erlenmeyer de 250 ml respectivamente. ✓ Añadimos los sobres del reactivo NitriVer3 en los dos erlenmeyers. ✓ Seguimos las instrucciones del equipo donde nos indica el tiempo de agitación y reposo. ✓ Procedemos a leer primero el blanco y a continuación la muestra, anotamos la lectura. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: HACH. Manual de Análisis de Agua.

Elaborado por: Morales León María Augusta

NITRATOS MÉTODO 8039

Tabla 15. DETERMINACIÓN DE NITRATOS.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El cadmio metálico reduce el nitrato presente en la muestra. El ion nitrito reacciona en medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio. Esta sal reacciona con el ácido glentísico para formar una solución de color ámbar. Los resultados delo ensayo se miden a 500nm.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de 10 ml aforada • Celdas de análisis • Elenmeyer de 250ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. • NitraVer5 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programamos el equipo para nitratos. ✓ Tomamos 10ml de muestra y blanco en un erlenmeyer de 250 ml respectivamente. ✓ Añadimos los sobres del reactivo NitraVer5 en los dos erlenmeyers. ✓ Seguimos las instrucciones del equipo donde nos indica el tiempo de agitación y reposo. ✓ Procedemos a leer primero el blanco y a continuación la muestra, anotamos la lectura. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: HACH. Manual de Análisis de Agua.

Elaborado por: Morales León María Augusta

HIERRO MÉTODO 8008

Tabla 16. DETERMINACIÓN DE HIERRO.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El reactivo FerroVer reacciona con el hierro disuelto y la mayoría de las formas insolubles del hierro presente en la muestra para producir hierro ferroso soluble. El hierro ferroso reacciona con la fenantrolina 1.10 en el reactivo para formar un color naranja proporcional a la concentración de hierro. Los resultados del ensayo se miden a 510nm.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de 10 ml aforada • Celdas de análisis • Elenmeyer de 250ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. • FerroVer 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programamos el equipo para hierro. ✓ Tomamos 10ml de muestra y blanco en un erlenmeyer de 250 ml respectivamente. ✓ Añadimos los sobres del reactivo FerroVer en los dos erlenmeyers. ✓ Seguimos las instrucciones del equipo donde nos indica el tiempo de agitación y reposo. ✓ Procedemos a leer primero el blanco y a continuación la muestra, anotamos la lectura. 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: HACH. Manual de Análisis de Agua.

Elaborado por: Morales León María Augusta

FOSFATOS MÉTODO 8190

Tabla 17. DETERMINACIÓN DE FOSFATOS.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El ortofosfato reacciona con molibdato en un medio ácido, formando un complejo de fosfomolibdato. El ácido ascórbico reduce entonces el complejo, dando un intenso color azul de molibdeno. Los resultados de ensayo se miden a 880nm.</p>	<p style="text-align: center;">Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de 10 ml aforada • Celdas de análisis • Elenmeyer de 250ml <p style="text-align: center;">Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. • PhosVer3 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programamos el equipo para hierro. ✓ Tomamos 10ml de muestra y blanco en un erlenmeyer de 250 ml respectivamente. ✓ Añadimos los sobres del reactivo PhosVer3 en los dos erlenmeyers. ✓ Seguimos las instrucciones del equipo donde nos indica el tiempo de agitación y reposo. Procedemos a leer primero el blanco y a continuación la muestra, anotamos la lectura 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: HACH. Manual de Análisis de Agua.

Elaborado por: Morales León María Augusta

FLUORURO MÉTODO 8029

Tabla 18. DETERMINACIÓN DE FLUORUROS.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El método SPADNS para la determinación de fluoruro implica la reacción de fluoruro con una solución tinte de circonio rojo. El fluoruro se combina con parte del circonio para formar un complejo incoloro, blanqueado así el color rojo en cantidad proporcional a la concentración de fluoruro.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta de 10 ml aforada • Celdas de análisis • Elenmeyer de 250ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. • Reactivo SPADNS 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programamos el equipo para hierro. ✓ Tomamos 10ml de muestra y blanco en un erlenmeyer de 250 ml respectivamente. ✓ Añadimos 2 ml de reactivo SPADNS en los dos erlenmeyers. ✓ Seguimos las instrucciones del equipo donde nos indica el tiempo de agitación y reposo. ✓ Procedemos a leer primero el blanco y a continuación la muestra, anotamos la lectura 	<p>Lectura directa.</p>

Fuente: HACH. Manual de Análisis de Agua.

Elaborado por: Morales León María Augusta

SÓLIDOS TOTALES MÉTODO STANDAR METHODS - 2540

Tabla 19. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Los sólidos totales son los residuos resultantes luego de la evaporación y secado de la muestra en una estufa a 103 – 105°C. Los sólidos totales incluyen volátiles y fijos. Se determina por diferencia de pesos.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cápsula de porcelana. • Baño de agua, con soporte para cápsulas. • Estufa para operar a 103 - 105°C. • Balanza analítica • Probetas. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada y desionizada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar la capsula de porcelana. ✓ Medir un volumen de 25 ml y colocar en la cápsula. ✓ Evaporar a baño María hasta sequedad. ✓ Llevar a la estufa por media hora ✓ Llevar al desecador la cápsula. ✓ Pesar la cápsula. 	$ST = \frac{(P_2 - P_1) * 1000}{V}$

Fuente: STANDAR METHODS

Elaborado por: Morales León María Augusta

COLIFORMES FECALES Y TOTALES MÉTODO FILTRACIÓN POR MENBRANA STANDAR METHODS

Tabla 20. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES Y TOTALES.

continúa.

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El principio de esta técnica consiste en la filtración de un volumen medido de muestra a través de una membrana de nitrato de celulosa y su incubación en un medio de cultivos selectivos a 44,5 °C. Este medio selectivo y la temperatura de incubación disminuyen el desarrollo de bacterias no coliformes que afectarían negativamente el crecimiento de los coliformes fecales y totales.</p>	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membranas estériles. • Equipo de absorción por filtración en membrana.. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medios de cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esterilizar la pinza. ✓ Codificar las cajas ✓ Colocar la membrana en el soporte. ✓ Colocar el embudo cerrar la llave. ✓ Homogenizar la muestra. ✓ Encender la bomba. ✓ Verter 100 ml de muestra sobre el embudo de poco a poco. ✓ Cerrar la llave. ✓ Tomar la membrana con cuidado. ✓ Introducir la membrana a la caja codificada. 	<p>Conteo de colonias.</p>

Fuente: STANDAR METHODS

continuará.....

		<ul style="list-style-type: none">✓ Agregar el medio de cultivo indicado para fecales y en la otra para totales.✓ Encubar de 24 a 48 horas.	
--	--	--	--

Elaborado por: Morales León María Augusta

2 DATOS EXPERIMENTALES.

2.1 DIAGNÓSTICO

Actualmente el agua que es consumida por la comunidad de Tuntatacto, proviene de la vertiente de Chilig e Igualata. La misma es transportada por medio de tuberías PVC que se encuentran a una profundidad de 20 metros esto se realizo en el año 2001.

El agua llega a un tanque de cemento de una capacidad de 20 m³, de ahí es distribuida a toda la comunidad.

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA A TRATAR.

La muestra de agua a analizar se obtuvo de la fase de captación, siendo este el único procedimiento que se realiza antes de su distribución. A la misma se le realizo análisis físico- químico y microbiológico.

Las muestras de agua fueron tomadas en diferentes días, en clima soleado como lluvioso, durante un mes de trabajo de campo.

Los análisis físicos- químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Los análisis microbiológicos se realizaron en SAQMIC. Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos de la ciudad de Riobamba. A continuación se detalla los resultados obtenidos después de la caracterización:

TABLA 21. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100	<200	200
Coliformes Fecales	UFC/100	<200	Ausencia

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Segunda Revisión.

Elaborado por: Morales León María Augusta

**TABLA 22. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA.
PRIMERA TOMA.**

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
Color	und Co/Pt	<15	4
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.01
Conductividad	M Siems/cm	<1250	227
Turbiedad	UNT	5	0.2
Cloruros	mg/L	250	21.3
Dureza	mg/L	200	112.0
Calcio	mg/L	70	28.8
Magnesio	mg/L	30 - 50	9.7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	140.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	142.8
Sulfatos	mg/L	200	9.0
Amonios	mg/L	<0.50	<0.01
Nitritos	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	<40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.060
Fosfatos	mg/L	<0.30	0.850
Sólidos Totales	mg/L	1000	240.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	140.7

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Segunda Revisión.

Elaborado por: Morales León María Augusta

**TABLA 23. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA.
SEGUNDA TOMA.**

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
Color	und Co/Pt	<15	4
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.15
Conductividad	M Siems/cm	<1250	190
Turbiedad	UNT	5	0.3
Cloruros	mg/L	250	21.3
Dureza	mg/L	200	112.0
Calcio	mg/L	70	28.8
Magnesio	mg/L	30 - 50	9.7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	200.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	204.0
Sulfatos	mg/L	200	9.0
Amonios	mg/L	<0.50	0.070
Nitritos	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	<40	0.010
Hierro	mg/L	0.30	0.060
Fosfatos	mg/L	<0.30	0.840
Sólidos Totales	mg/L	1000	240.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	74.40

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Segunda Revisión.

Elaborado por: Morales León María Augusta

**TABLA 24. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA.
TERCERA TOMA.**

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
Color	und Co/Pt	<15	3
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.16
Conductividad	M Siems/cm	<1250	189
Turbiedad	UNT	5	0.20
Cloruros	mg/L	250	22.70
Dureza	mg/L	200	104.00
Calcio	mg/L	70	22.40
Magnesio	mg/L	30 - 50	11.70
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	150.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	153.0
Sulfatos	mg/L	200	9.0
Amonios	mg/L	<0.50	0.050
Nitritos	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	<40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.050
Fosfatos	mg/L	<0.30	0.860
Sólidos Totales	mg/L	1000	240.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	75.60

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Segunda Revisión.

Elaborado por: Morales León María Augusta

continúa.

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Según **TABLA 25. PROMEDIO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS.**

Elaborado por: Morales León María Augusta

PARÁMETRO	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	PROMEDIO
Color	4	4	3	3.67
pH	6.01	6.15	6.16	6.11
Conductividad	227	190	189	202
Turbiedad	0.2	0.3	0.20	0.23
Cloruros	21.3	21.3	22.70	21.77
Dureza	112.0	112.0	104.00	109.33
Calcio	28.8	28.8	22.40	26.67
Magnesio	9.7	9.7	11.70	10.36
Alcalinidad	140.0	200.0	150.0	163.33
Bicarbonatos	142.8	204.0	153.0	166.6
Sulfatos	9.0	9.0	9.0	9.0

Amonios	<0.01	0.070	0.050	0.040
Nitritos	0.01	0.01	0.01	0.01
Nitratos	0.020	0.010	0.020	continuará....
Hierro	0.060	0.060	0.050	0.057
Fosfatos	0.850	0.840	0.860	0.850
Sólidos Totales	240.0	240.0	240.0	240.0
Sólidos Disueltos	140.7	74.40	75.60	97.0

2.3 PARÁMETROS FUERA DE NORMA.

Mediante los resultados obtenidos en la caracterización físico- química del agua, a los mismos los comparamos con los valores establecidos por la Norma NTE: INEN 1:108:2006 agua Potable, pudimos verificar que existen parámetros fuera de norma, los cuales se citan a continuación:

TABLA 26. PARÁMETROS FÍSICO –QUÍMICOS FUERA DE NORMA

PARÁMETRO	UNIDADES	LIMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
pH	unid	6.5 - 8.5	6.11
Fosfatos	mg/L	< 0.3	0.850

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Segunda Revisión.

Elaborado por: Morales León María Augusta

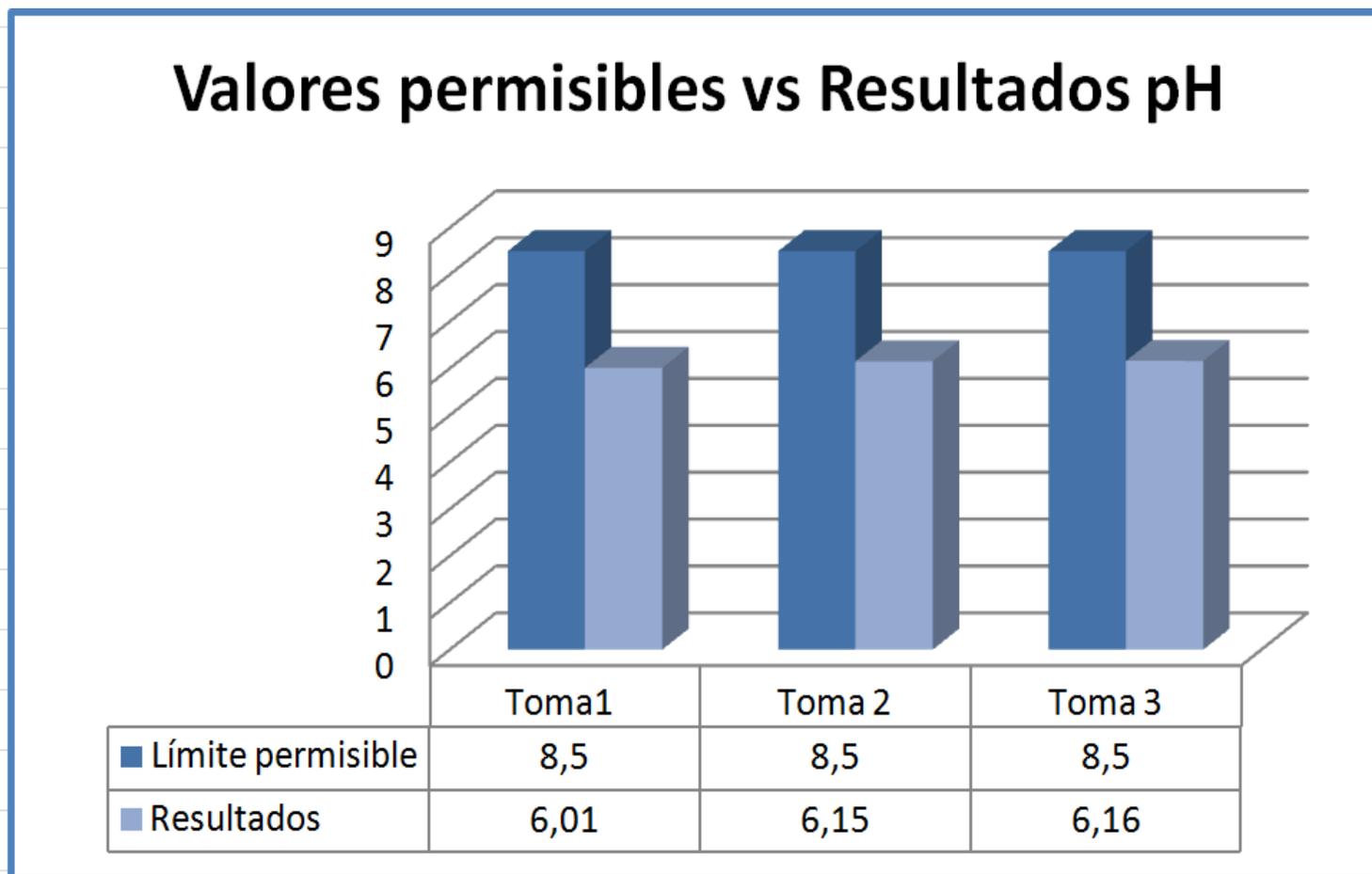
TABLA 27. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS FUERA DE NORMA.

PARÁMETRO	UNIDADES	LIMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
Coliformes totales	UFC/100ml	<200	200

Fuente: Norma INEN 1:108:2006, Segunda Revisión.

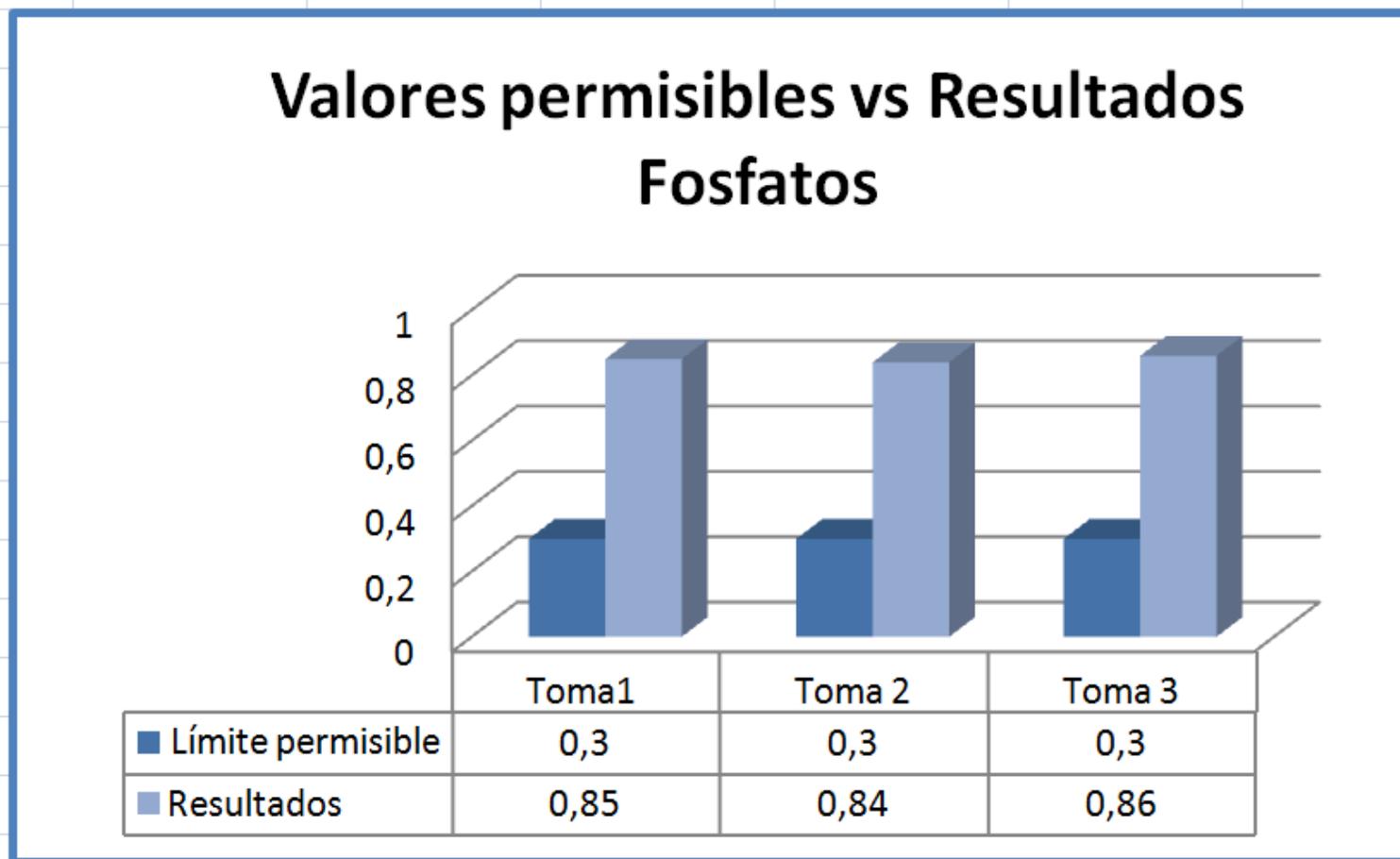
Elaborado por: Morales León María Augusta

Gráfico 1. pH fuera del límite permisible.



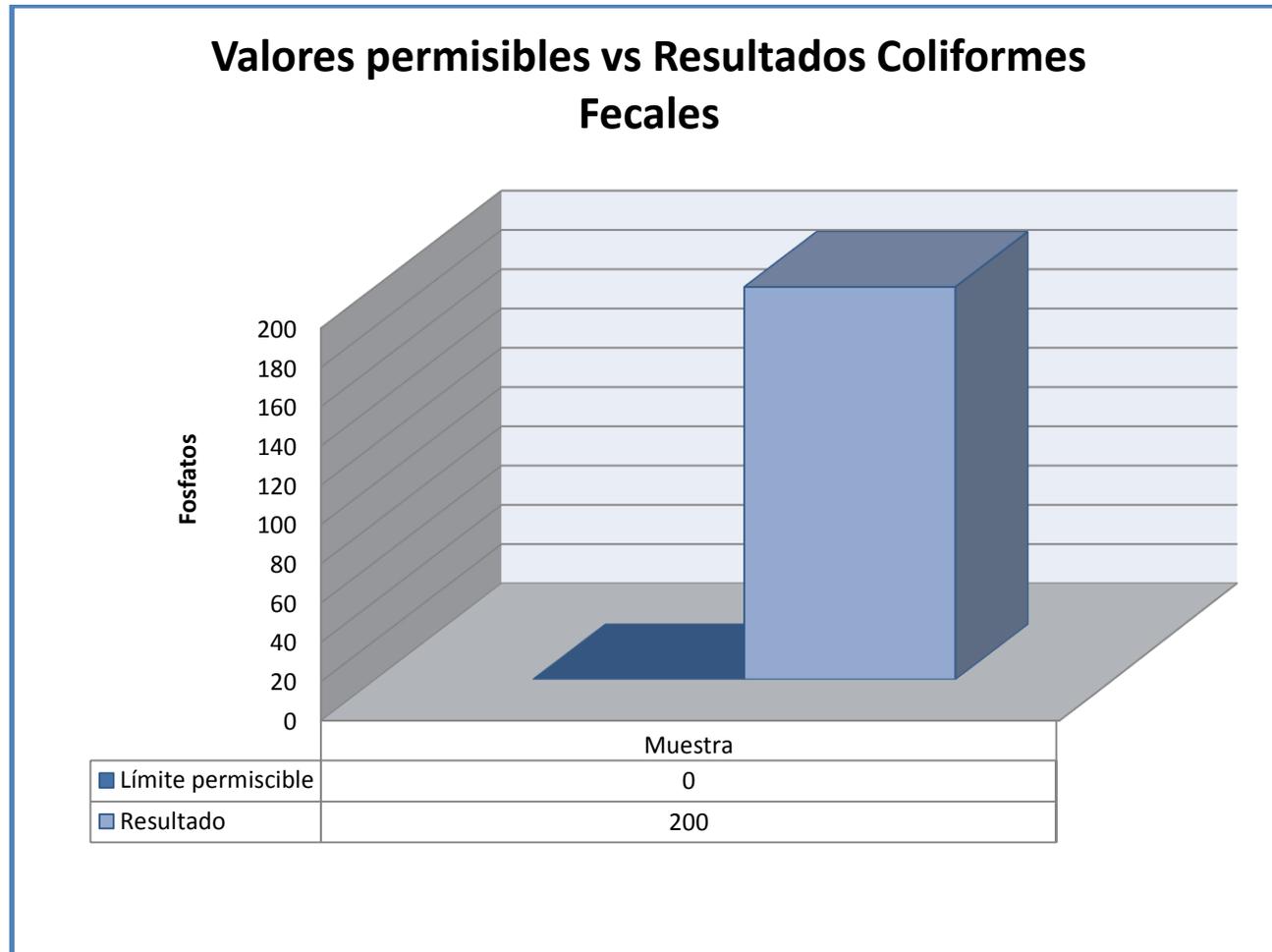
Elaborado por: Morales León María Augusta

Gráfico 2. Fosfatos fuera del límite permisible.



Elaborado por: Morales León María Augusta

Gráfico 3. Coliformes totales fuera del límite permisible.



Elaborado por: Morales León María Augusta

3 PRUEBAS DE TRATABILIDAD

Una vez realizadas las pruebas de caracterización de la vertiente Chilig fuente del agua de consumo actual de la comunidad de Tuntatacto parroquia San Andrés cantón Guano.

Se estableció los parámetros que están fuera de norma los cuales son el pH y fosfatos, procedemos a realizar el tratamiento necesario.

Se utilizara zeolita como medio filtrante, a la misma se le debe realizar una síntesis química con soluciones acuosas, controlando variables macroscópicas como volumen, tiempo y concentración.

Tabla 28. REACTIVOS UTILIZADOS EN LA ACTIVACIÓN DE LA ZEOLITA

REACTIVOS	NOMBRE	COCENTRACIÓN	ONCENTRACIÓN
NH ₄ Cl	Cloruro de amonio	0.5 M	26.74 gr/L
K(OH)	Hidróxido de potasio	0.5 M	28.06 gr/L
Na(OH)	Hidróxido de sodio	0.5 M	20 gr/ L

Fuente: Morales León María Augusta.

Una vez establecidos los reactivos a ser utilizados así como la concentración de los mismos se procede a la activación de la zeolita.

Esta tarea consiste en propiciar el intercambio iónico con el fin de liberar espacio dentro de la cavidad de la zeolita entre los iones que la zeolita posee de forma natural, por otros de igual o diferente tamaño y carga.

Considerando las características físicas y químicas, propicien la formación del compuesto que se desea obtener.

3.1 ENSAYO CON ZEOLITA

Se toman 800 gramos de zeolita natural a la misma se le añade 1000 ml de NH₄Cl 0.5 M se agita durante media hora.

Se deja en reposo la zeolita con NH_4Cl 0.5 M por 24 horas, pasado este tiempo se procede a el lavado con agua desionizada (0.5 litro por cada 20 gramos de zeolita).

En un tubo de cromatografía de 250 ml, se elabora un lecho con 10 gramos de la zeolita ya activada, el mismo procedimiento se realizo con las diferentes soluciones salinas obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 29. ENSAYO 1- ZEOLITAS

Ensayo	Solución salina	pH	Temperatura	Conductividad	Fosfatos
1	NH_4Cl 0.5M	6.96	16.5	173.5	0.70
2	$\text{K}(\text{OH})$ 0.5 M	7.01	16.1	180.6	0.75
3	$\text{Na}(\text{OH})$ 0.5M	7.25	16.5	190.2	0.54

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

Tabla 30. ENSAYO 2-ZEOLITAS

Ensayo	Solución salina	pH	Temperatura	Conductividad	Fosfatos
1	NH_4Cl 0.5M	6.85	17.4	164.6	0.75
2	$\text{K}(\text{OH})$ 0.5 M	7.52	17.1	173.6	0.73
3	$\text{Na}(\text{OH})$ 0.5M	7.25	17.5	190.2	0.51

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

Tabla 31. ENSAYO 3 - ZEOLITAS

Ensayo	Solución salina	pH	Temperatura	Conductividad	Fosfatos
1	NH_4Cl 0.5M	6.98	17.4	194.6	0.72
2	$\text{K}(\text{OH})$ 0.5 M	7.02	17.1	201.6	0.75
3	$\text{Na}(\text{OH})$ 0.5M	7.25	17.5	229.2	0.54

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

Figura 1. Activación y medio filtrante de zeolita.





Fuente: Morales León María Augusta.

Una vez finalizado el ensayo con la zeolita como podemos ver vemos que al activarla con Na (OH) 0.5 M se obtiene un pH de 7.25 y los fosfatos bajan a 0.54 mg/L.

Comparamos con la norma NTE: INEN 1108:2006, nos indica que el valor todavía excede la norma. Motivo por el cual se realizo una floculación con policloruro de aluminio a continuación se detalla el ensayo con el mismo.

3.2 ENSAYO CON POLICLORURO DE ALUMINIO

Se realiza la prueba de jarras para disminución del fosfato, que consiste en la simulación de una floculación utilizando policloruro de aluminio,

Primero para poder obtener mejores resultados con el policloruro debemos dejarlo secar por un día ya que al ser este un compuesto muy higroscópico.

Preparamos una solución al 1%, colocamos tres vasos de precipitación de 1000ml en los cuales se colocó un litro del agua filtrada.

Se añade una cantidad determinada de nuestra solución de policloruro de aluminio al 1%.

Determinamos experimentalmente la cantidad adecuada y eficiente de coagulante que se requiere para el proceso.

Tabla 32. PRUEBA DE JARRAS POLICLORURO.

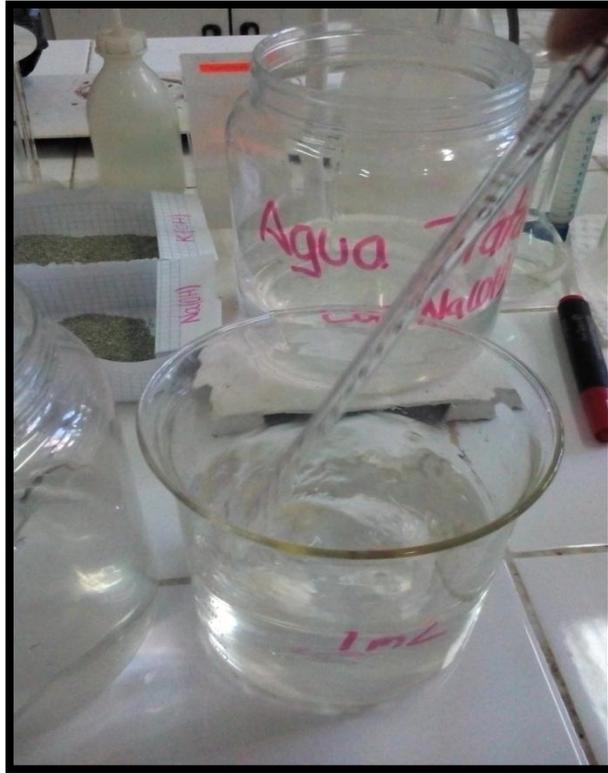
Ensayo	ml Policloruro	pH	Temperatura	Conductividad	Fosfatos
1	0.5	8.57	16.5	173.5	0.51
2	1	8.42	16.1	180.6	0.42
3	5	7.86	16.5	190.2	0.17

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

Figura 2. Dosificación de policloruro de aluminio.





Fuente: Morales León María Augusta.

3.3 ENSAYOS CON HIPOCLORITO DE SODIO.

Se analizará la solución de hipoclorito que será utilizada en el proceso de desinfección, con la finalidad de determinar la concentración real de cloro presente en la solución, al ser un oxidante fuerte y económico.

Para determinar el cloro libre presente en una solución de Hipoclorito de sodio NaOCl, se lo hace por medio de una titulación con Tiosulfato de sodio 0.1N, por este motivo primero realizamos experimentalmente la estandarización de Tiosulfato de Sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N.

3.3.1 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

3.3.1.1 ESTANDARIZACIÓN DE TIOSULFITO DE SODIO 0.1 N.

- ✓ Pesar dos muestras de 0.2 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ colocar en un erlenmeyer de 500 ml.

- ✓ Disolver en 100 ml de agua destilada, poner 4 ml H₂SO₄ concentrado.
- ✓ En la primera muestra colocar 2 g de Na₂CO₃, con agitación suave.
- ✓ Disolver 5 g KI en 5 ml agua destilada y colocar en el segundo erlenmeyer, agitar y dejar reposar por 3 minutos.
- ✓ Diluir a 200 ml y titular con la solución de Tiosulfato de sodio, hasta la desaparición del color amarillo del yodo.
- ✓ Añadir 5 ml de solución de almidón y continuar la titulación, hasta que cambie de azul a verde esmeralda.
- ✓ Repetir pasos del 3 a 7.

La normalidad del Tiosulfato de sodio se determino igualando los miliequivalentes del Tiosulfato con los miliequivalentes del Dicromato de potasio, teniendo una normalidad de 0.1.

3.3.1.2 DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE EN UN BLANQUEADOR COMERCIAL.

- ✓ Tomar 10 ml de cloro industrial y llevarlo a 100 ml, tomar una alícuota de 10 ml en un erlenmeyer de 500ml.
- ✓ Pesar 4 g de KI, diluir en 25 ml de agua y llevar a 100 ml.
- ✓ Agregar la solución de KI a la muestra de cloro y agregar 4ml de ácido acético glacial.
- ✓ Titular con Tiosulfato de sodio 0.1 N, hasta que desaparezca el color amarillo.

- ✓ Añadir 1 ml de la solución de almidón, continuar la titulación hasta que desaparezca el color negro azulado de la solución.

$$\%NaOCl = \frac{ml Na_2S_2O_3 * Normalidad Na_2S_2O_3 * Peso equivalente Cl}{miligramos de cloro}$$

$$\%NaOCl = \frac{38.8 * 0.1 * 35.46}{10.66}$$

$$\%NaOCl = 12.91$$

Se determino experimentalmente que el cloro la solución de Hipoclorito de sodio a utilizar tiene una concentración del 12.9 %

CAPÍTULO III

CÁLCULOS Y RESULTADOS

1 CÁLCULOS DEL DISEÑO DE INGENIERÍA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN

1.1 CAUDAL DE DISEÑO

El sistema se basa en un período de diseño de 15 años, tomando en cuenta el crecimiento poblacional.

1.1.1 POBLACIÓN DE DISEÑO

La población de diseño se puede calcular:

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(\text{Población 1} - \text{Población 2})}{\text{tiempo transcurrido}}$$

$$\text{Población futura} = \text{Población inicial } P1 + \text{Factor} * \text{No. de años}$$

Datos:

Población 1 =1420

Población 2= 580

Tiempo transcurrido = 15

No. De años =

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(\text{Población 1} - \text{Población 2})}{\text{tiempo transcurrido}}$$

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1420 - 580)}{15}$$

$$\text{Factor de crecimiento} = 56$$

Determinado el factor de crecimiento calculamos la población futura

$$\text{Población futura} = \text{Población inicial } P1 + (\text{Factor} * \text{No. de años})$$

$$\text{Población futura} = 1420 + (56 * 10)$$

Población futura = 1980 habitantes.

1.1.2 CAUDAL MEDIO DIARIO

Para determinar el caudal medio diario se aplica las ecuaciones:

$$\mathbf{Dotación\ básica = \frac{Volumen\ consumido}{Total\ de\ habitantes}}$$

$$\mathbf{Dotación\ básica = \frac{388800}{1980}}$$

$$\mathbf{Dotación\ básica = 196.36\ L/habitante * día}$$

Con la dotación básica se determina la dotación futura

$$\mathbf{Dotación\ futura = 1.18 * Dotación\ básica}$$

$$\mathbf{Dotación\ futura = 1.18 * 196.36}$$

$$\mathbf{Dotación\ futura = 231.70\ L/habitante * día}$$

Calculando la dotación futura determinamos el caudal medio diario

$$\mathbf{Qmd = \frac{(número\ de\ habitantes) * (dotación\ futura)}{86400}}$$

$$\mathbf{Qmd = \frac{(1980) * (231.70)}{86400}}$$

$$\mathbf{Qmd = 5.31\ L/s}$$

1.1.3 CAUDAL MÁXIMO DIARIO.

El caudal máximo diario se determina con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Qmaxd = K_1 * Qmd}$$

Datos:

K_1 = coeficiente de variación diaria (1.3 según Código ecuatoriano de la Construcción- C.E. C- Anexo 2)

$$Q_{maxd} = K_1 * Q_{md}$$

$$Q_{maxd} = 1.3 * 5.31$$

$$Q_{maxd} = 6.90 L/s$$

1.1.4 CAUDAL MÁXIMO HORARIO.

El caudal máximo horario se lo obtiene con la ecuación:

$$Q_{maxh} = K_2 * Q_{maxd}$$

Datos:

K_2 = coeficiente de variación horaria (2.0 según Código ecuatoriano de la Construcción- C.E. C- Anexo 2)

$$Q_{maxh} = K_2 * Q_{maxd}$$

$$Q_{maxh} = 2.0 * 6.90$$

$$Q_{maxh} = 13.81 L/s$$

1.1.5 CAUDAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN.

El caudal de la planta de potabilización se determina mediante la ecuación:

$$Q_{potabilización} = 1.10 * Q_{maxh}$$

Datos:

Factor de seguridad: 10%

$$Q_{potabilización} = 1.10 * Q_{maxh}$$

$$Q_{potabilización} = 1.10 * 13.81$$

$$Q_{\text{potabilización}} = 15.19 \text{ L/s}$$

El caudal de diseño para nuestra planta será 15.19 L/s tomando en cuenta el período de diseño y la población de diseño.

1.2 SEDIMENTADOR

El cálculo del sedimentador se realiza con el fin de remover el material coloidal y en suspensión del agua mediante separación por gravedad.

1.2.1 VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN PARA RÉGIMEN LAMINAR.

La velocidad de sedimentación en régimen laminar se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{g(\rho_p - \rho_w)d_p^2}{18\mu}$$

Datos:

$$g=981 \text{ cm/s}^2$$

$$d_p=0.01 \text{ cm}$$

$$V_s = \frac{g(\rho_p - \rho_w)d_p^2}{18\mu}$$

$$V_s = \frac{981(2.65 - 1)(0.01)^2}{18 * 0.012068}$$

$$V_s = 0.75 \text{ cm/s} = 7.4515 * 10^{-3} \text{ m/s}$$

1.2.2 NÚMERO DE REYNOLDS.

El número de Reynolds se determina mediante la ecuación:

$$N_{Re} = \frac{V_s * d}{\mu}$$

Datos:

$$V_s = 0.75 \text{ cm/s}$$

$$d = 0.01 \text{ cm}$$

$$N_{Re} = \frac{V_s * d}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{0.75 * 0.01}{0.012068}$$

$$N_{Re} = 0.62$$

En vista del número de Reynolds es menor de 1.0, no es apropiada la Ley de Stokes Ec.1, por tanto se debe emplear la Ley de Newton para la calcular la velocidad de sedimentación en la región de transición, para esto debemos determinar el coeficiente de arrastre mediante el número de Reynolds.

1.2.3 COEFICIENTE DE ARRASTRE

$$C_d = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0.34$$

Datos:

$$N_{Re} = 0.62$$

$$C_d = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0.34$$

$$C_d = \frac{24}{0.62} + \frac{3}{\sqrt{0.62}} + 0.34$$

$$C_d = 42.86$$

Determinamos la velocidad de sedimentación mediante la Ley de Newton usando el valor calculado del coeficiente de arrastre.

1.2.4 VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN EN LA REGIÓN DE TRANSICIÓN.

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_d} (\rho_p - 1) d_p}$$

Datos:

$$C_d = 42.86$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_d} (\rho_p - 1) d_p}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981}{42.86} (2.65 - 1) 0.01}$$

$$V_s = 0.71 \text{ cm/s}$$

1.2.5 ÁREA SUPERFICIAL.

El área superficial se determina mediante la velocidad de sedimentación, Asevedo Netto estableció una velocidad de sedimentación o carga superficial 0.01cm/s.

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

Datos:

$$Q = 0.01519 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_s = 1 * 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

$$A_s = \frac{0.01519}{1 * 10^{-3}}$$

$$A_s = 15.19 \text{ m}^2$$

1.2.6 LONGITUD DE LA ZONA DE SEDIMENTACIÓN.

Se adopta un tanque rectangular de B=1.6m

$$L = \frac{A_s}{B}$$

Datos:

B=1.6 m

$$L = \frac{A_s}{B}$$

$$L = \frac{15.19}{1.6}$$

$$L = 11.58 \text{ m}$$

1.2.7 ALTURA DEL SEDIMENTADOR.

La altura del sedimentador se fija en H=1.10m con lo que:

$$\frac{L}{H} = \frac{11.58}{1.10} = 10.52$$

Cumple la relación $\frac{L}{H}$ de 5 a 20

1.2.8 TIEMPO DE RETENCIÓN.

El tiempo de retención se determina mediante la fórmula.

$$t_o = \frac{A_s * H}{Q}$$

Datos:

A_s=15.19 m²

$$H=1.10 \text{ m}$$

$$Q= 0.01519\text{m}^3/\text{s}$$

$$t_o = \frac{A_s * H}{Q}$$

$$t_o = \frac{15.19 * 1.10}{0.01519}$$

$$t_o = 1100 \text{ s} = 0.31 \text{ h}$$

1.3 LECHO DE SECADO DEL SEDIMENTADOR

1.3.1 CARGA DE SÓLIDOS QUE INGRESAN AL LECHO DE SECADO

La carga de sólidos que ingresan al lecho se determina mediante la ecuación:

$$C = Q * SS * 0.0864$$

Datos:

$$Q= 0.8 \text{ L/s}$$

$$SS= 10 \text{ mg/L}$$

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 0.8 * 10 * 0.0864$$

$$C = 0.6912 \text{ Kg SS/día}$$

Para determinar el caudal del lecho o de las aguas residuales se estima la población, la dotación básica y el número de meses al que se realizara el mantenimiento.

$$Q_l = \frac{1980 \text{ habitantes} * 231.70 \text{ L/hab} * \text{día}}{1000}$$

$$Q_l = 458.77 \frac{\text{L}}{\text{día}} * \frac{\text{día}}{24 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600}$$

$$Q_l = 0.8 \text{ L/s}$$

1.3.2 MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS.

La masa de sólidos que conforman los lodos, se calcula con la ecuación:

$$Msd = (0.5 * 0.3 * 0.7 * C) + (0.3 * 0.5 * C)$$

Datos:

$$C = 0.6912 \text{ kg /día}$$

$$Msd = (0.5 * 0.3 * 0.7 * C) + (0.3 * 0.5 * C)$$

$$Msd = (0.5 * 0.3 * 0.7 * 0.6912) + (0.3 * 0.5 * 0.6912)$$

$$Msd = 0.1762 \text{ Kg SS/día}$$

1.3.3 VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS

Es necesario determinar el volumen de lodos, mediante la ecuación:

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ sólidos}}{100}\right)}$$

Datos:

$$Msd = 0.1762 \text{ kgSS/día.}$$

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ sólidos}}{100}\right)}$$

$$Vld = \frac{0.1762}{1.04 * \left(\frac{9}{100}\right)}$$

$$Vld = 1.88 \text{ L/día}$$

1.3.4 VOLUMEN DE LODOS A EXTRAER DEL TANQUE.

Se determina el volumen del tanque donde se depositaran los lodos, mediante la ecuación:

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Datos:

Vld= 1.88 L/día

Td= 55 a 15 °C. Tabla 3. Capítulo 1.

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{1.88 * 55}{1000}$$

$$Vel = 0.103 m^3$$

1.3.5 ÁREA SUPERFICIAL DEL LECHO.

Se determina el área del lecho de secado, pero primero se establece la profundidad entre 0.20 a 0.40 m. Mediante la ecuación:

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Datos:

Vel= 0.103 m³

Ha= 0.4 m

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{0.103}{0.4}$$

$$Als = 0.26 m^2$$

1.4 FILTRACIÓN LENTA

El diseño del filtro será para un caudal de 15.19 L/s, el filtro de zeolita será construido de hormigón. El objetivo del filtro lento es bajar la concentración de fosfatos en el agua, mediante la zeolita.

1.4.1 NÚMERO DE FILTROS.

El número de filtros puede estimarse a partir de la ecuación.

$$N = 0.044\sqrt{Q}$$

Datos:

$$Q=54.69\text{m}^3/\text{h}$$

$$N = 0.044\sqrt{Q}$$

$$N = 0.044\sqrt{54.69}$$

$$N = 0.33$$

Se recomienda siempre dos filtros por lo mínimo.

1.4.2 ÁREA SUPERFICIAL.

El área superficial se determina por la ecuación.

$$As = \frac{Q}{N * V_f}$$

Datos:

$$Q = 54.69 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N = 2$$

$$V_f = 0.8 \text{ m/h. Tabla 4. Capítulo 1}$$

$$As = \frac{Q}{N * V_f}$$

$$As = \frac{54.69182.3}{2 * 0.8}$$

$$As = 34.18 \text{ m}^2$$

1.4.3 COEFICIENTE DE MÍNIMO COSTO.

El coeficiente de mínimo costo se determina por el número de Reynolds.

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Datos:

$$N=2$$

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

$$K = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$K = 1.33$$

1.4.4 LONGITUD DE UNIDAD.

La longitud de unidad se determina mediante la ecuación.

$$L = (As * K)^{1/2}$$

Datos:

$$As=84.7\text{m}^2$$

$$K=1.33$$

$$L = (As * K)^{1/2}$$

$$L = (34.18 * 1.33)^{1/2}$$

$$L = 6.74m$$

1.4.5 ANCHO DE LA UNIDAD.

El ancho del filtro se calcula por la ecuación.

$$B = \left(\frac{As}{K}\right)^{1/2}$$

Datos:

$$As=34.18 \text{ m}^2$$

$$K= 1.33$$

$$B = \left(\frac{As}{K}\right)^{1/2}$$

$$B = \left(\frac{34.18}{1.33}\right)^{1/2}$$

$$B = 5.07m$$

1.4.6 ALTURA DEL FILTRO.

La altura del filtro se determina mediante la ecuación.

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

Datos:

$$f_s=10\%$$

$$C_a=1.0$$

$$L_a=0.7$$

$$C_s=0.3$$

$$F_c=0.6$$

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

$$Z_f = 1.10(1 + 0.7 + 0.3 + 0.6)$$

$$Z_f = 2.86m$$

1.4.7 SISTEMA DE DRENAJE.

1.4.7.1 ÁREA DE LOS ORIFICIOS LATERALES.

El área de los orificios se determina con la ecuación.

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

Datos:

$D_o=0.004m$. Tabla 5. Capítulo 1.

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

$$A_o = \frac{\pi(0.004)^2}{4}$$

$$A_o = 0.00001256 \text{ m}^2$$

1.4.7.2 CAUDAL DE INGRESO A CADA FILTRO.

El caudal de ingreso a cada filtro esta dado por la ecuación.

$$Q_o = A_o v_o$$

Datos:

$A_o=0.00001256$

$v_o=0.3 \text{ m/s}$. Tabla 5. Capítulo 1.

$$Q_o = A_o v_o$$

$$Q_o = 0.00001256 * 0.3$$

$$Q_o = 0.000376 \text{ m}^3/\text{s}$$

1.4.7.3 NÚMERO DE LATERALES.

El número de laterales se calcula por la ecuación.

$$N_L = n_L * \frac{L}{e_L}$$

Datos:

$n_L=2$. Tabla 5. Capítulo 1.

$L= 6.74\text{m}$

$e_L=2.0 \text{ m}$. Tabla 5. Capítulo 1.

$$N_L = n_L * \frac{L}{e_L}$$

$$N_L = 2 * \frac{6.74}{2}$$

$$N_L = 6.74 = 7$$

1.4.7.4 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE ENTRADA AL FILTRO.

El diámetro de la tubería de entrada al filtro se determina en base la velocidad del agua a través de la tubería de entrada.

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

Datos:

$Q=0.01519\text{m}^3/\text{L}$

$v_e=2.0 \text{ m/s}$. Tabla 5. Capítulo 1.

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

$$D_T = \sqrt{\frac{4 * 0.01519}{\pi * 2}}$$

$$D_T = 0.098m$$

1.4.7.5 DIÁMETRO DE LA TUBERÍA A LA SALIDA DEL FILTRO.

La tubería de salida del filtro se diseña con base en criterios de la velocidad y se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Datos:

$$Q=0.01519$$

$$v_s= 0.8m/s$$

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

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 * 0.01519}{\pi * 0.8}}$$

$$D_{Ts} = 0.40m$$

1.4.8 SISTEMA DE LAVADO DEL FILTRO.

1.4.8.1 VELOCIDAD ÓPTIMA DE LAVADO DEL FILTRO.

La velocidad óptima de lavado de filtro se determina mediante la ecuación.

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

Datos:

CU=1.5 Tabla 4. Capítulo 1

TE=1.2

$$v_l = CU * TE$$

$$v_l = 1.5 * 1.2$$

$$v_l = 1.8m/min$$

1.4.8.2 CANTIDAD DE AGUA PARA EL LAVADO DEL FILTRO.

La determinación del volumen del agua de lavado esta dado por la ecuación.

$$V_l = v_l * As * t_l$$

Datos:

$v_l=1.8m /min$

As=34.18 m²

$t_l=5$

$$V_l = v_l * As * t_l$$

$$V_l = 1.8 * 84.7 * 5$$

$$V_l = 762.3 m^3$$

1.5 MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULARES.

El objetivo es realizar una mezcla rápida e uniforme, para facilitarnos la aplicación del policloruro de aluminio (coagulante), el mismo debe cumplir los siguientes requerimientos de diseño.

1.5.1 CANAL DEL VERTEDERO RECTANGULAR.

La profundidad del canal del vertedero se calcula mediante la ecuación.

$$C_v = f_s * H$$

Datos:

$$f_s=10\%$$

$$H=1.10\text{m}$$

$$C_v = f_s * H$$

$$C_v = 1 * 1.10$$

$$C_v = \mathbf{1.10\ m}$$

1.5.2 ANCHO DEL VERTEDERO.

El ancho del vertedero se calcula a partir de la ecuación.

$$B = \frac{Q}{1.84H^{\frac{3}{2}}}$$

Datos:

$$Q=0.01882\text{m}^3/\text{s}$$

$$H=1.10\text{m}$$

$$B = \frac{Q}{1.84H^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \frac{0.01882}{1.84 * 1.1^{\frac{3}{2}}}$$

$$B = \mathbf{0.010\ m}$$

Se estima el ancho de 0,5 m

1.5.3 CAUDAL DE ANCHO.

El caudal de ancho se determina por la ecuación.

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

Datos:

$$Q=0.01519\text{m}^3/\text{s}$$

$$B=0.50\text{m}$$

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

$$q = \frac{0.01519}{0.50}$$

$$q = 0.03038 \text{ m}^2/\text{s}$$

1.5.4 LONGITUD DE SALTO.

La longitud de salto para pared gruesa se calcula por la ecuación

$$L_m = 4.3P^{0.1}h_c^{0.9}$$

Datos:

$$P=1.10 \text{ m}$$

$$h_c=0.045 \text{ m}$$

$$L_m = 4.3P^{0.1}h_c^{0.9}$$

$$L_m = 4.3 * 1.1^{0.1} * 0.045^{0.9}$$

$$L_m = 0.27 \text{ m}$$

1.5.5 PROFUNDIDAD CRÍTICA DE FLUJO.

La profundidad crítica de flujo se determina mediante la ecuación.

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

Datos:

$$q=0.03038 \text{ m}^2/\text{s}$$

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

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

$$h_c = \left(\frac{0.03038^2}{9.8}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = 0.045 \text{ m}$$

1.5.6 PROFUNDIDAD SUPERCRÍTICA O ALTURA DEL AGUA DESPUÉS DEL SALTO.

Cuando hay resalto, la profundidad del agua debe estar relacionada con la profundidad crítica, por la ecuación.

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

Datos:

$$P=1.10 \text{ m}$$

$$h_c=0.045 \text{ m}$$

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

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{1.06 + \sqrt{\frac{1.10}{0.045} + 1.5}} * 0.045$$

$$h_1 = 0.010m$$

La profundidad, antes y después del resalto están relacionadas entre sí por:

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

Datos:

$$F=9.71$$

$$h_1= 0.010m$$

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

$$h_2 = \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 8(9.71)^2} - 1) 0.010$$

$$h_2 = 0.137m$$

1.5.7 NÚMERO DE FROUDE.

El número de Froude está dado por la ecuación.

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

Datos:

$$v_1= 3.04 \text{ m/s}$$

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

$$h_1=0.010m$$

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

$$F = \frac{3.04}{\sqrt{9.8 * 0.010}}$$

$$F = 8.71$$

1.5.8 VELOCIDAD DEL AGUA DESPUÉS EN EL SALTO.

La velocidad del agua después del resalto está dada por.

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

Datos:

$$q=0.03038 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h_1=0.010\text{m}$$

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

$$v_1 = \frac{0.03038}{0.010}$$

$$v_1 = 3.04\text{m/s}$$

1.5.9 VELOCIDAD DEL AGUA EN EL RESALTO.

La velocidad del agua en el resalto se determina con la ecuación.

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

Datos:

$$q=0.03038 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h_2=0.137 \text{ m}$$

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

$$v_2 = \frac{0.03038}{0.137}$$

$$v_2 = 0.224 \text{ m/s}$$

1.5.10 PÉRDIDA DE ENERGÍA EN EL RESALTO.

La pérdida de energía en el resalto se determina con la ecuación.

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

Datos:

$$h_2 = 0.137 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.010 \text{ m}$$

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

$$h = \frac{(0.137 - 0.010)^3}{4 * 0.137 * 0.010}$$

$$h = 0.374 \text{ m}$$

1.5.11 LONGITUD DE RESALTO.

La longitud de resalto, para resalto estable, se calcula por la ecuación.

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

Datos:

$$h_2 = 0.137 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.010 \text{ m}$$

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

$$L_j = 6(0.137 - 0.010)$$

$$L_j = 0.76 \text{ m}$$

1.5.12 VELOCIDAD MEDIA EN EL RESALTO.

La velocidad media en el resalto se calcula por la siguiente ecuación:

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

Datos:

$$v_1 = 3.04 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 0.224 \text{ m/s}$$

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

$$v_m = \frac{3.04 + 0.224}{2}$$

$$v_m = 1.63 \text{ m/s}$$

1.5.13 TIEMPO DE MEZCLA.

El tiempo de mezcla se determina por la ecuación.

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

Datos:

$$L_j = 0.76 \text{ m}$$

$$v_m = 1.63 \text{ m/s}$$

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

$$t = \frac{0.76}{1.63}$$

$$t = 0.47 \text{ s}$$

1.5.14 GRADIENTE DE VELOCIDAD.

El gradiente de temperatura se determina por la ecuación.

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

Datos:

$$\mu = 0.001307$$

$$\gamma = 9800$$

$$h = 0.374 \text{ m}$$

$$t = 0.47 \text{ s}$$

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

$$G = \sqrt{\frac{9800 * 0.374}{0.001307 * 0.47}}$$

$$G = 2352.83 \text{ s}^{-1}$$

El gradiente hidráulico debe ser mayor a 1000 s^{-1} para garantizar la eficiencia.

1.6 FLOCULADOR.

El floculador hidráulico, tiene como principal objetivo de aglomerar partículas mediante agitación lenta prolongada, las cuales incrementan su tamaño y adquieren mayor densidad.

1.6.1 DISTANCIA TOTAL RECORRIDA POR EL AGUA.

La distancia total recorrida por el agua se calcula con la ecuación, la velocidad debe estar entre $0.10 - 0.35 \text{ m/s}$.

$$L = v * t$$

Datos:

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

$$t = 30 \text{ min}$$

$$L = v * t$$

$$L = 0.2 * 30 * 60$$

$$L = 360 \text{ m}$$

1.6.2 VOLUMEN DE AGUA.

El volumen de agua se determina por la ecuación.

$$V = Q * t$$

Datos:

$$Q = 0.01519 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = 1800 \text{ s}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0.01519 * 1800$$

$$V = 27.34 \text{ m}^3$$

1.6.3 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS CANALES.

La sección transversal de los canales se calcula mediante la ecuación.

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

Datos:

$$Q = 0.01519 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 0.2 \text{ m/s}$$

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

$$A = \frac{0.01519}{0.2}$$

$$A = 0.0759m^2$$

1.6.4 PROFUNDIDAD DEL AGUA.

La profundidad del agua se determina con la ecuación.

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

Datos:

$$A=0.07591m^2$$

a=0.20 m distancia entre baffles.

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

$$d = \frac{0.07591}{0.20}$$

$$d = 0.3795 m$$

1.6.5 ESPACIO LIBRE ENTRE LOS TABIQUES Y LA PARED DEL TANQUE.

La distancia entre los baffles o tabiques está dada por la ecuación.

$$E = 1.5 * a$$

Datos:

$$a= 0.2 m$$

$$E = 1.5 * a$$

$$E = 1.5 * 0.2$$

$$E = 0.3 m$$

1.6.6 LONGITUD EFECTIVA DE CADA CANAL.

La longitud efectiva de cada canal está dada por la ecuación.

$$l = B_F - E$$

Datos:

$$B = 6\text{m}$$

$$E = 0.3$$

$$l = B_F - E$$

$$l = 6 - 0.3$$

$$l = 5.7\text{m}$$

1.6.7 NÚMERO REQUERIDO DE CANALES.

El número requerido de canales se calcula por la expresión.

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

Datos:

$$L = 360\text{ m}$$

$$l = 5.7\text{m}$$

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

$$N = \frac{360}{5.7}$$

$$N = 63.16$$

1.6.8 LONGITUD TOTAL INTERIOR DE LA CÁMARA DE FLOCULACIÓN.

La longitud total interior de la cámara de floculación se calcula por la expresión.

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

Datos:

$$N = 63.16$$

$$a = 0.21$$

$b = 0.03$, espesor del tabique

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

$$L_T = 133.3 * 0.20 + (133.33 - 1)0.03$$

$$L_T = 14.49 \text{ m}$$

1.6.9 RADIO HIDRÁULICO.

El radio hidráulico se determina mediante la ecuación.

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

$$R = \frac{0.079}{(2 * (0.3795)) + 0.2}$$

$$R = 0.082 \text{ m}$$

1.6.10 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN EL TANQUE.

Las pérdidas por fricción en el tanque esta dado por la ecuación.

$$h_f = \frac{(v * n)^2 * L}{R^{\frac{4}{3}}}$$

Datos:

$$v = 0.2 \text{ m/s}$$

$n = 0.013$, coeficiente de Manning. Tabla 5. Capítulo 1.

$$L = 360 \text{ m}$$

$$R=0.082$$

$$h_f = \frac{(v * n)^2 * L}{R^{\frac{4}{3}}}$$

$$h_f = \frac{(0.2 * 0.013)^2 * 360}{0.082^{\frac{4}{3}}}$$

$$h_f = 0.068 \text{ m}$$

1.6.11 PÉRDIDAS ADICIONALES.

Las pérdidas adicionales se generan al pasar de un canal a otro se determina mediante la ecuación.

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

Datos:

$$N=63$$

$$v=0.2\text{m/s}$$

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

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

$$h_a = 3(63 - 1) \frac{0.2^2}{2 * 9.8}$$

$$h_a = 0.379 \text{ m}$$

1.6.12 PÉRDIDAS DE ENERGÍA TOTAL.

La pérdida total de energía es la suma de todas las pérdidas sean estas por la fricción y giros.

$$h_T = h_f + h_a$$

Datos:

$$h_f = 0.071 \text{ m}$$

$$h_a = 0.379 \text{ m}$$

$$h_T = h_f + h_a$$

$$h_T = 0.071 + 0.379$$

$$h_T = 0.45 \text{ m}$$

1.6.13 GRADIENTE DE VELOCIDAD.

La gradiente de velocidad se determina mediante la ecuación.

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

Datos:

$$h_T = 0.45 \text{ m}$$

$$t = 1800 \text{ s}$$

$$\gamma = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\mu = 0.000001139 \text{ N*s/ m}^2$$

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

$$G = \sqrt{\frac{9.8 * 0.45}{0.000001139 * 1800}}$$

$$G = 46.38 \text{ s}^{-1}$$

1.6.14 NÚMERO ADIMENSIONAL DE CAMP.

El número adimensional de Camp se determina por la ecuación.

$$G_t = G * t$$

Datos:

$$G = 46.38 \text{ s}^{-1}$$

$$t = 1800 \text{ s}$$

$$G_t = G * t$$

$$G_t = 46.38 * 1800$$

$$G_t = 83482.16$$

1.6.15 DOSIFICACIÓN DEL POLICLORURO DE ALUMINIO.

La dosificación del policloruro se lo realizara mediante un dosificador, con una solución del 1%, el volumen necesario se determino experimentalmente.

$$x = \frac{Q * C}{60 * P * \rho}$$

Datos:

$$Q = 54.69 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C = 20$$

$$P = 1\%$$

ρ = densidad de PAC

$$x = \frac{Q * C}{60 * P * \rho}$$

$$x = \frac{54.69 * 20}{60 * 1 * 1.24}$$

$$x = 14.70 \text{ ml}/\text{min}$$

Para determinar la cantidad por día.

$$x = \frac{14.70 * 60 * 24}{1000}$$

$$x = 21.17 \text{ L/d}$$

Se necesita 21.17 L/d de una solución de PAC al 1%.

1.7 DESINFECCIÓN.

La dosificación del cloro se realiza para el caudal de diseño estimado.

1.7.1 PESO DE CLORO NECESARIO.

El peso de cloro necesario para tratar el agua viene dado por.

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

Datos:

$$Q=0.01519 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D= 2\text{mg/L}$$

$$P_{Cl} = \frac{0.01519 * 2 * 86400}{1000}$$

$$P_{Cl} = 2.63 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

1.7.2 VOLUMEN DEL HIPOCLORADOR.

El volumen del hipoclorador se calcula por.

$$V_{HCl} = \frac{P_{Cl}}{5C}$$

Datos:

$$P= 2.63 \text{ kg/d}$$

$$C = 12.9\%$$

$$V_{HCl} = \frac{P_{Cl}}{5C}$$

$$V_{HCl} = \frac{2.63}{5 * 12.9}$$

$$V_{HCl} = 0.040 \text{ m}^3$$

1.7.3 VOLUMEN DEL TANQUE DE MEZCLA DE CLORO.

El volumen del tanque de mezcla de cloro se determina mediante la ecuación.

$$V_{Tm} = Q * t_c * f_s$$

Datos:

$$Q = 0.01519$$

$$t_c = 1800 \text{ s}$$

$$f_s = 10\%$$

$$V_{Tm} = Q * t_c * f_s$$

$$V_{Tm} = 0.01519 * 1800 * 1.10$$

$$V_{Tm} = 30.08 \text{ m}^3$$

1.7.4 ALTURA DEL TANQUE DE MEZCLA DE CLORO

La altura del tanque de mezcla de cloro se determina mediante la ecuación.

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

Datos:

$$V_{TC} = 30.08 \text{m}^3$$

$$A_{TC} = 5 \text{m}^2$$

$$H_{Tc} = \frac{30.08}{5}$$

$$H_{Tc} = 6.02 \text{m}$$

2 CÁLCULOS DE LA DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS

2.1 KILOGRAMOS NECESARIOS DE POLICLORURO DE ALUMINIO AL DÍA.

Una vez determinada la cantidad de la solución de policloruro de aluminio al 1% necesaria para la dosificación en el floculador, debemos determinar la cantidad en kilogramos necesaria de policloruro de aluminio al día.

$$21.17 \frac{\text{L PAC } 1\%}{\text{día}} * \frac{10 \text{ gr PAC}}{1 \text{ L PAC } 1\%} * \frac{1 \text{ Kg PAC}}{1000 \text{ gr PAC}} = 0.2117 \text{ Kg PAC} / \text{día}$$

2.2 GALONES DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 12.9% NECESARIOS AL DÍA.

Una vez determinado la cantidad de kilogramos de cloros necesarios al día para el proceso de desinfección, debemos determinar los galones necesarios de la solución de Hipoclorito de sodio al 12.9% necesarios al día.

$$2.63 \frac{\text{Kg Cl}}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ gr Cl}}{1 \text{ Kg Cl}} * \frac{100 \text{ mL NaClO al } 12.9\%}{12.9 \text{ gr Cl}} = 20387.59 \text{ mL NaClO} / \text{día}$$

$$20387.59 \frac{\text{mL NaClO}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ L NaClO}}{1000 \text{ mL NaClO}} = 20.38 \text{ L NaClO } 12,9\% / \text{día}$$

La presentación comercial del Hipoclorito de sodio es en galones.

$$20.38 \frac{L \text{ NaClO } 12.9\%}{\text{día}} * \frac{1 \text{ galón}}{3.7854 L \text{ NaClO}} = 5.39 \text{ galones NaClO } 12.9\% / \text{día}$$

2.3 KILOGRAMOS DE ZEOLITAS NECESARIOS PARA EL FILTRO LENTO.

En primer lugar debemos determinar el volumen de zeolita que necesita nuestro filtro lento, esto lo hacemos basándonos en el área superficial del filtro y la altura del medio.

$$V = A_s * H_{\text{medio}}$$

Datos:

$$A_s = 34.18 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{medio}} = 0.7 \text{ m}$$

$$V = A_s * H_{\text{medio}}$$

$$V = 34.18 * 0.7$$

$$V = 23.93 \text{ m}^3$$

Experimentalmente se determino que 20 gramos de zeolita ocupa un volumen de 0.00008841 m^3 con el volumen anterior determinamos la cantidad de zeolita necesaria.

$$23.42 \text{ m}^3 * \frac{20 \text{ gr zeolita}}{8.841 * 10^{-5} \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ kg zeolita}}{1000 \text{ gr zeolita}} * \frac{1 \text{ qq zeolita}}{50 \text{ kg zeolita}} = 108.23 \text{ quintales}$$

2.4 LITROS DE Na (OH) 0.5 M NECESARIOS PARA ACTIVACIÓN DE LA ZEOLITA.

Se activo 200 gramos de zeolita con 100 mL de Na (OH) 0.5 M, para la cantidad de zeolita antes determinada cuanta solución activante es necesaria.

$$5411764.706 \text{ gr zeolita} * \frac{100 \text{ mL Na(OH)0.5 M}}{200 \text{ gr zeolita}} = 2705882.35 \text{ mL Na(OH)0.5 M}$$

2.5 KILOGRAMOS DE Na (OH) NECESARIOS PARA LA ACTIVACIÓN DE LA ZEOLITA.

La solución activante es Na (OH) 0.5 M, esto significa que 2 gr de Na(OH) se disuelven en 100 ml de agua, en nuestro volumen de diseño necesitamos.

$$2705882.35 \text{ mL Na(OH) } 0.5 \text{ M} * \frac{2 \text{ gr Na(OH)}}{100 \text{ mL Na(OH) } 0.5 \text{ M}} * \frac{1 \text{ kg Na(OH)}}{1000 \text{ gr Na(OH)}} \\ = 54.12 \text{ kg Na(OH).}$$

3 ANÁLISIS DEL RESULTADO PRUEBAS DE TRATABILIDAD.

Una vez terminadas las pruebas de tratabilidad en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.

En nuestro proceso de tratamiento hay una filtración lenta con zeolita, coagulación con policloruro de aluminio y desinfección con Hipoclorito de sodio.

Se puede constatar mediante la Tabla 4 la filtración con zeolita es muy efectiva para bajar la concentración de fosfatos, después de esto se realiza una floculación con una mínima cantidad de policloruro.

Al ser la zeolita barata se reducen los gastos operacionales de la planta, la misma debe activarse cada seis meses, tiene una vida útil de cinco años.

El policloruro de aluminio gracias a su doble función de coagulante y floculante abarata los costos al no necesitar de un floculante químico, para la remoción de minerales y sólidos.

Se debe realizar una prueba de tratabilidad al agua tratada, para asegurar su calidad y ver la eficiencia del proceso de potabilización.

Tabla 1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA TRATADA.

Fuente: SAQMIC. Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

Elaborado por: Morales León María Augusta.

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
Coliformes Totales	UFC/100	<200	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100	<200	Ausencia

Tabla 2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA TRATADA.

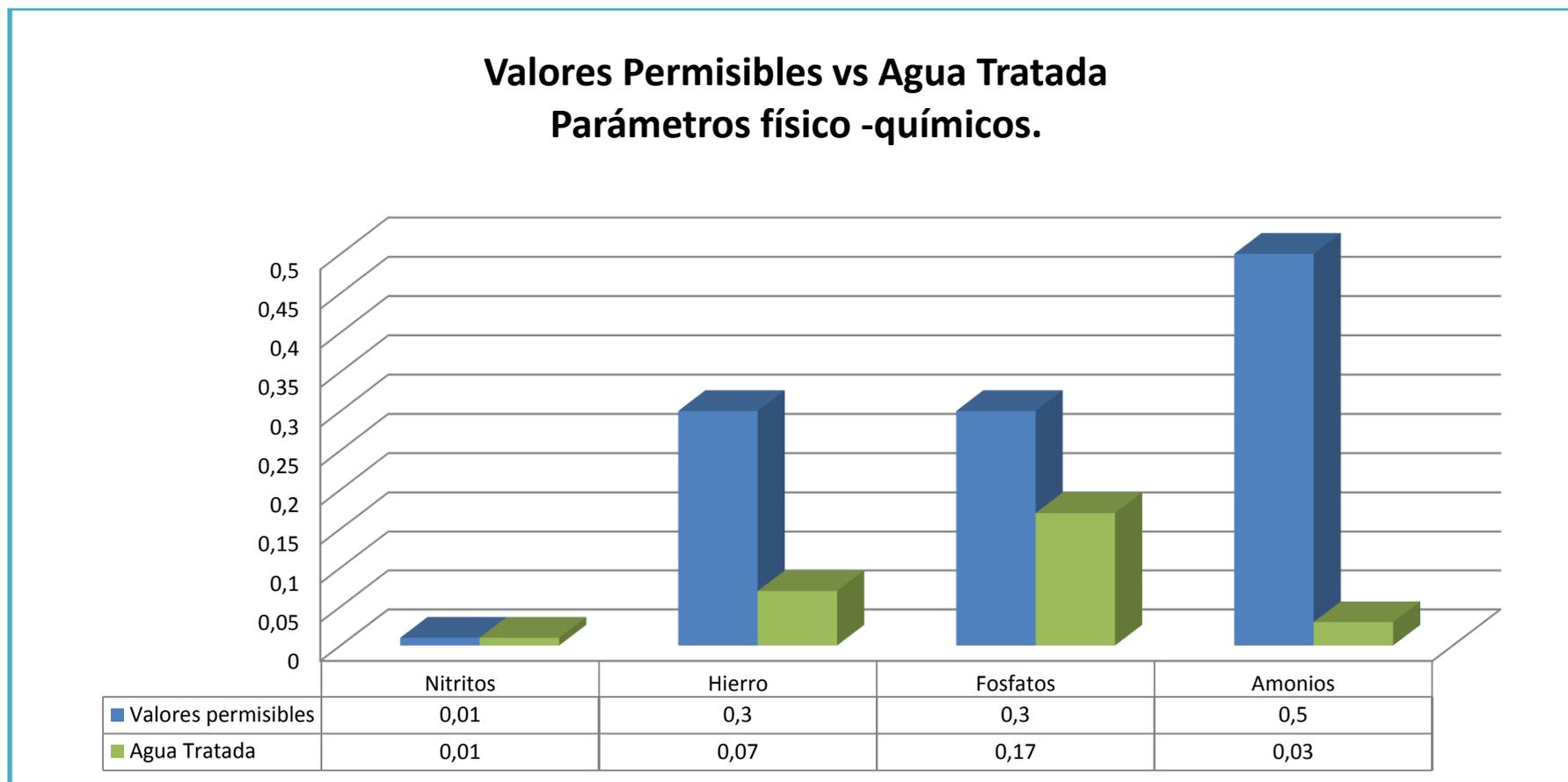
PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE NORMA NTE:INEN 1:108:2006	RESULTADO
Color	und Co/Pt	<15	3
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.86
Conductividad	M Siems/cm	<1250	174
Turbiedad	UNT	5	0.1
Cloruros	mg/L	250	21.3
Dureza continúa	mg/L	200	112.0
Calcio	mg/L	70	continuará...
Magnesio	mg/L	30 - 50	13.6
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	150.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	153.0
Sulfatos	mg/L	200	11.0
Amonios	mg/L	<0.50	0.030
Nitritos	mg/L	0.01	0.01

Nitratos	mg/L	<40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.070
Fosfatos	mg/L	<0.30	0.170
Sólidos Totales	mg/L	1000	257.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	75.6

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

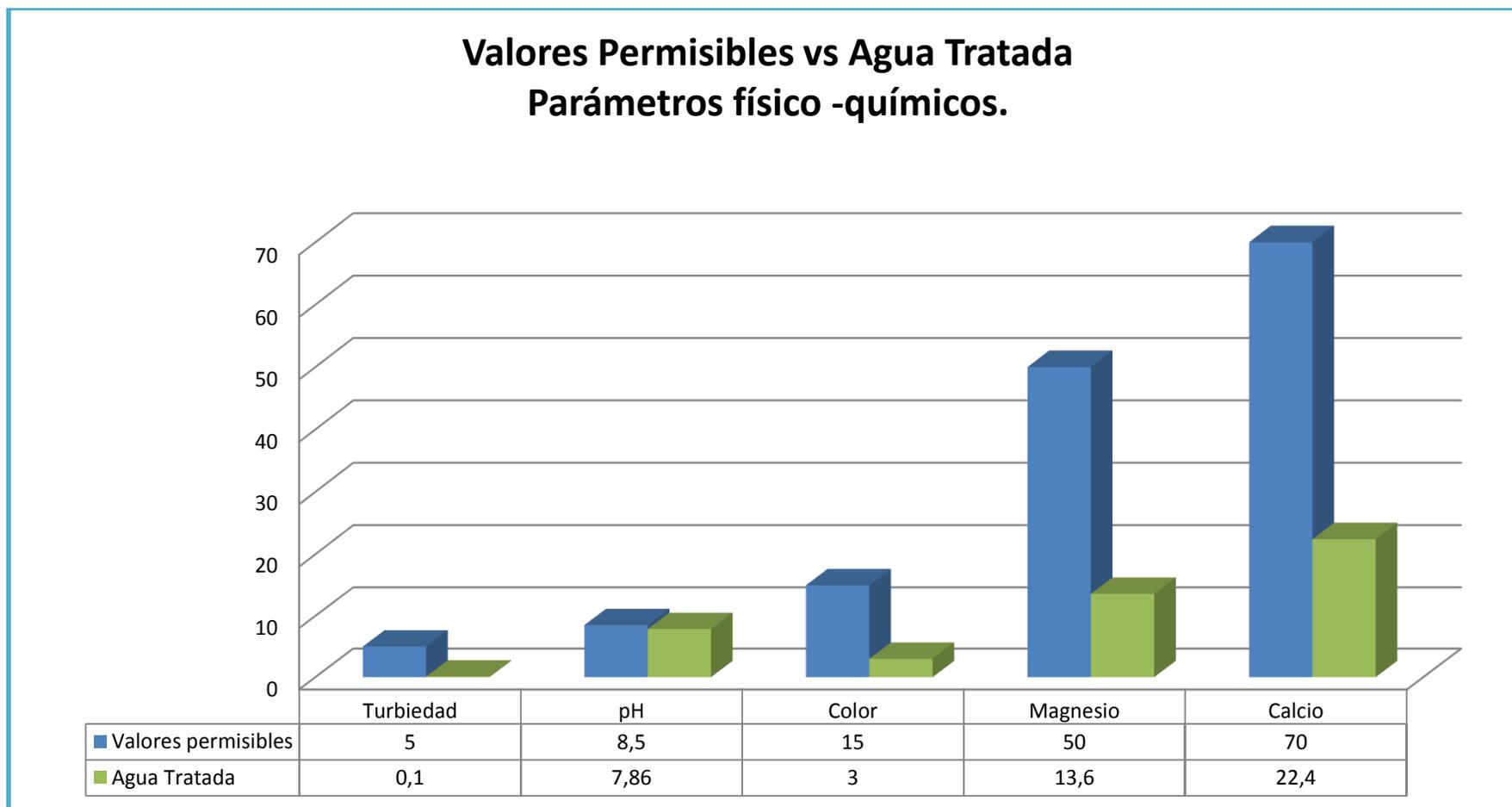
Gráfico 1. Valores Permisibles de los parámetros físico-químicos del Agua Tratada.



Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

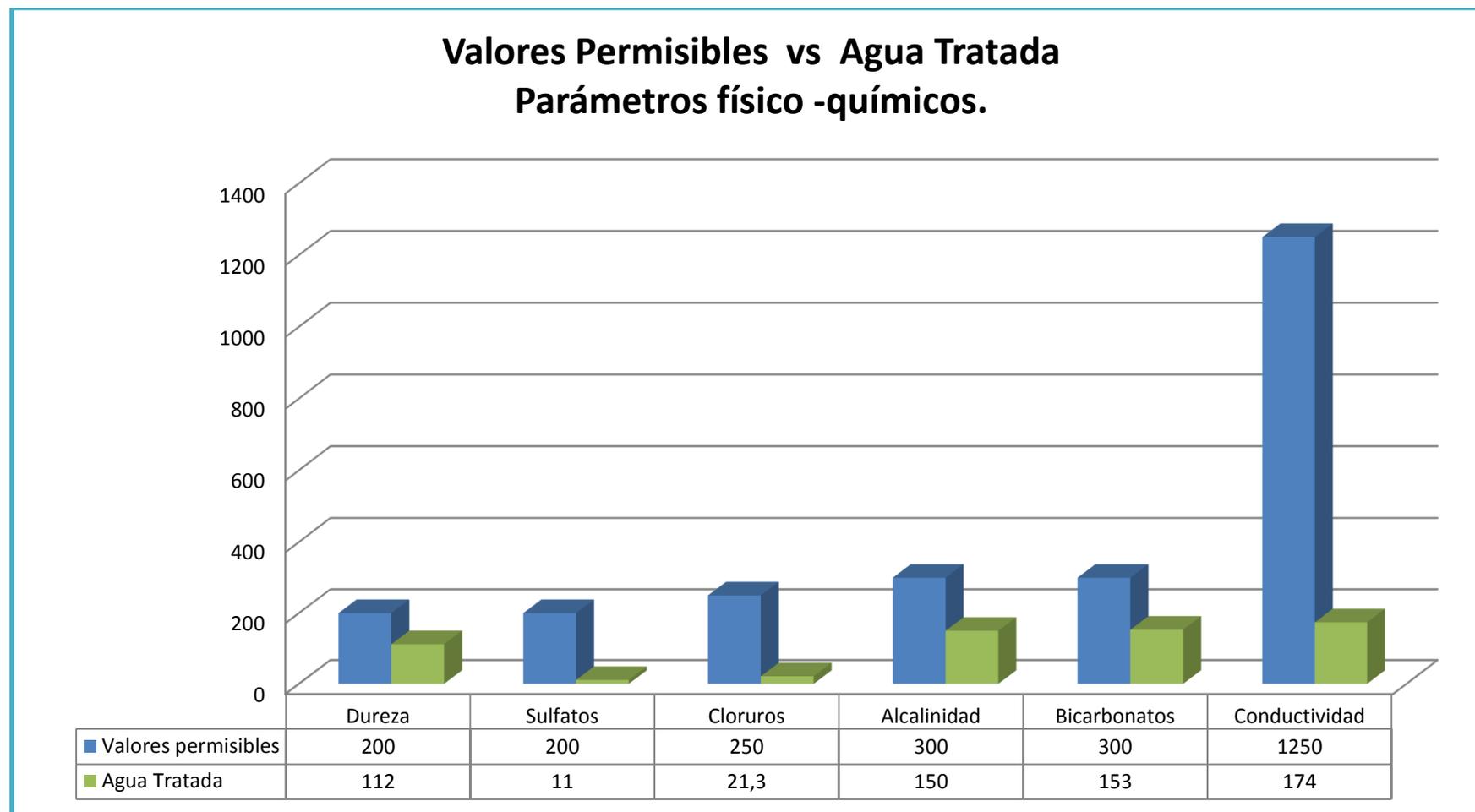
Gráfico2. Valores Permisibles de los parámetros físico-químicos del Agua Tratada.



Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

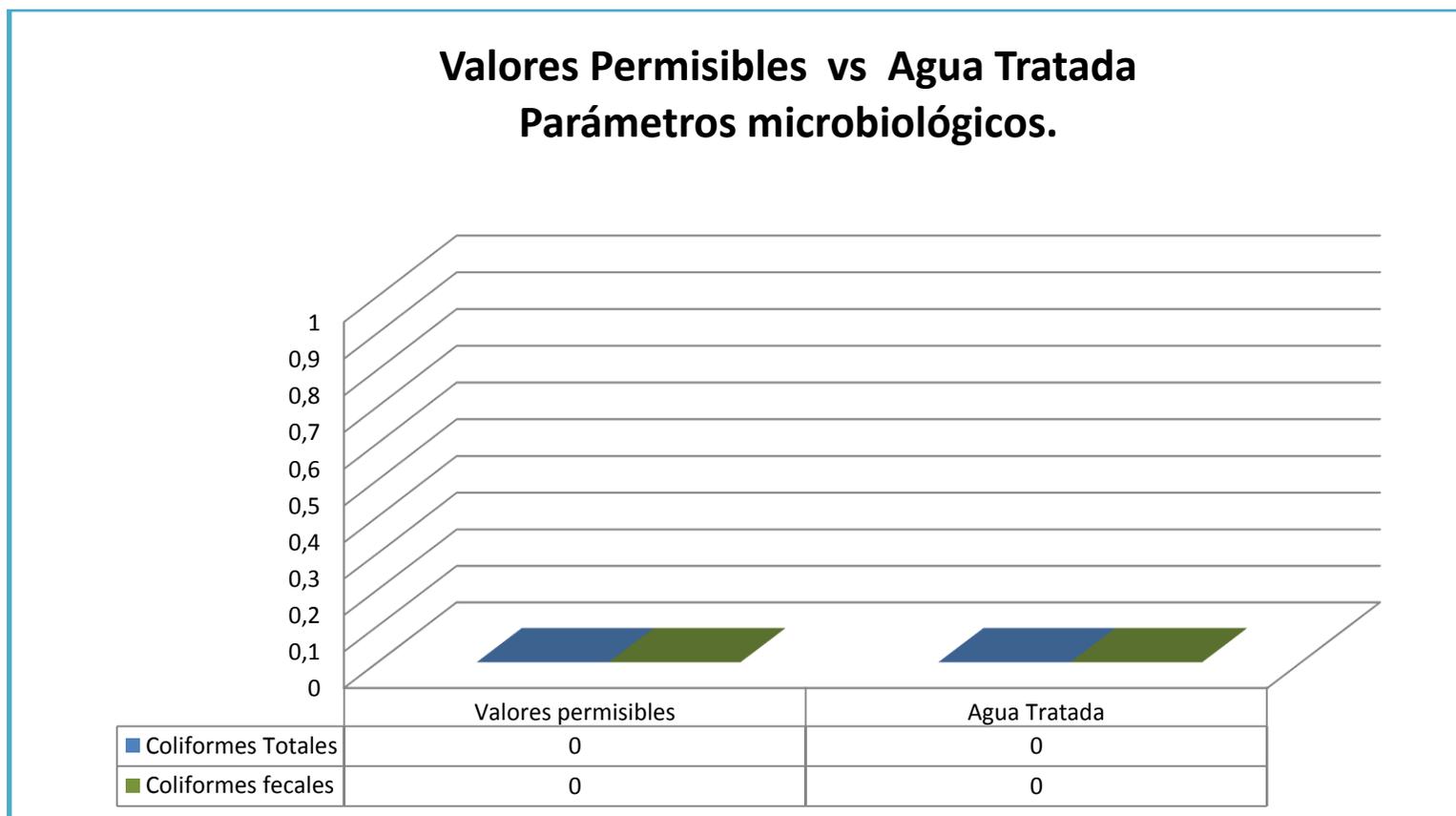
Gráfico3. Valores Permisibles de los parámetros físico-químicos del Agua Tratada.



Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

Gráfico4. Valores Permisibles de los parámetros microbiológicos del Agua Tratada.



Fuente: SAQMIC. Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

Elaborado por: Morales León María Augusta.

4 EFICIENCIA DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN.

El principal objetivo en la construcción de una planta de potabilización es que todas las unidades obtengan su mayor eficiencia, así garantizamos una calidad de agua de óptimas condiciones.

Los costos de operación deben ser bajos, la dosificación de químicos debe ser en cantidades adecuadas para que no haya contaminación del agua por exceso de las mismas.

Para determinar el rendimiento de nuestro proceso de potabilización debemos relacionar las características físico-químicas del agua cruda con el agua tratada, así tendremos una visión de la efectividad de nuestro proceso.

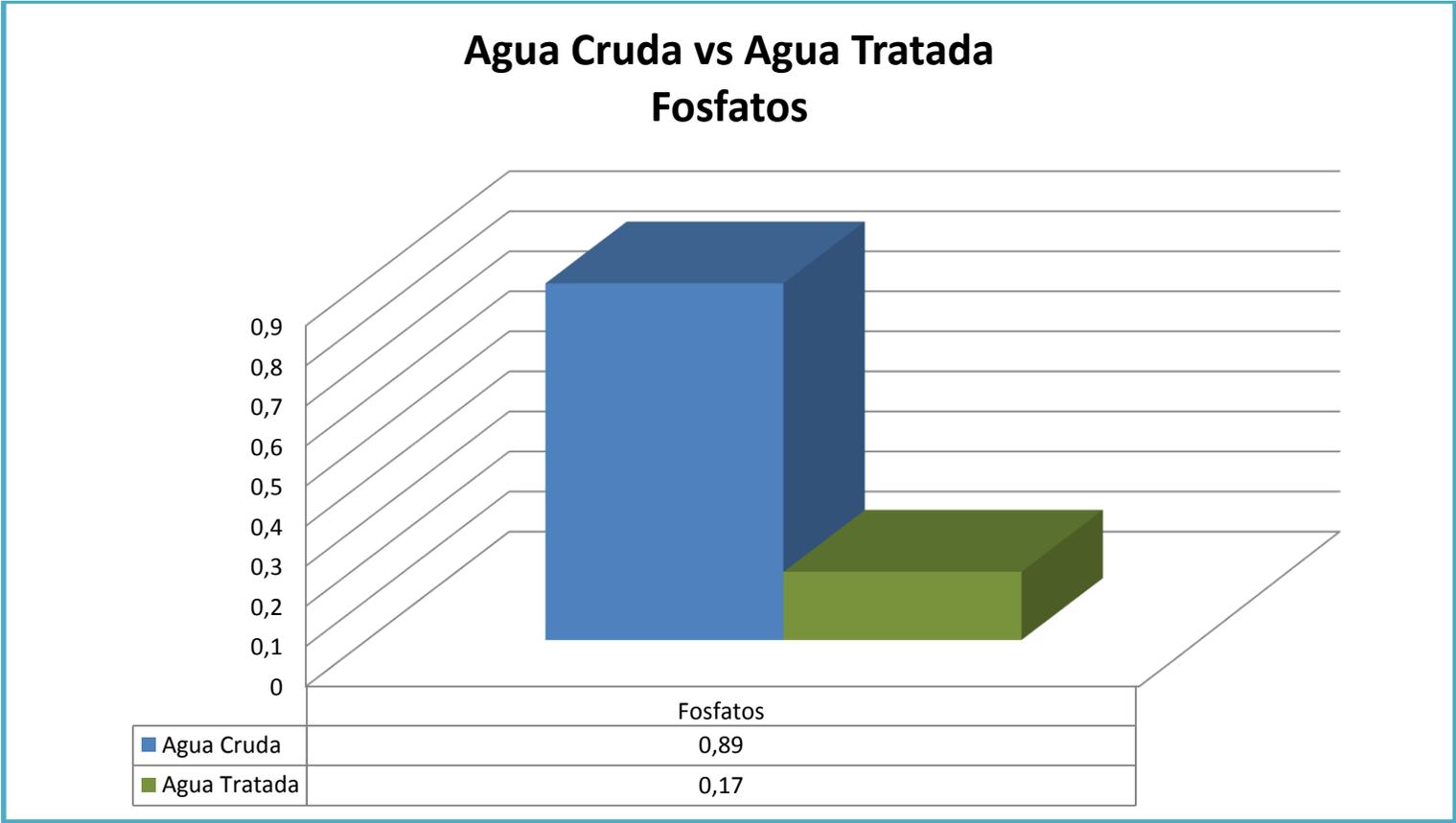
Tabla 3. PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE LOS PARÁMETROS FUERA DE NORMA.

Parámetros fuera de Norma	Agua Cruda	Agua Tratada	Rendimiento de remoción
Fosfatos	0.89 mg/L	0.17 mg/L	80.89 %
pH	6.1	7.86	77.60%
Coliformes Totales	200 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	100%

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias – ESPOCH
SAQMIC. Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

Elaborado por: Morales León María Augusta.

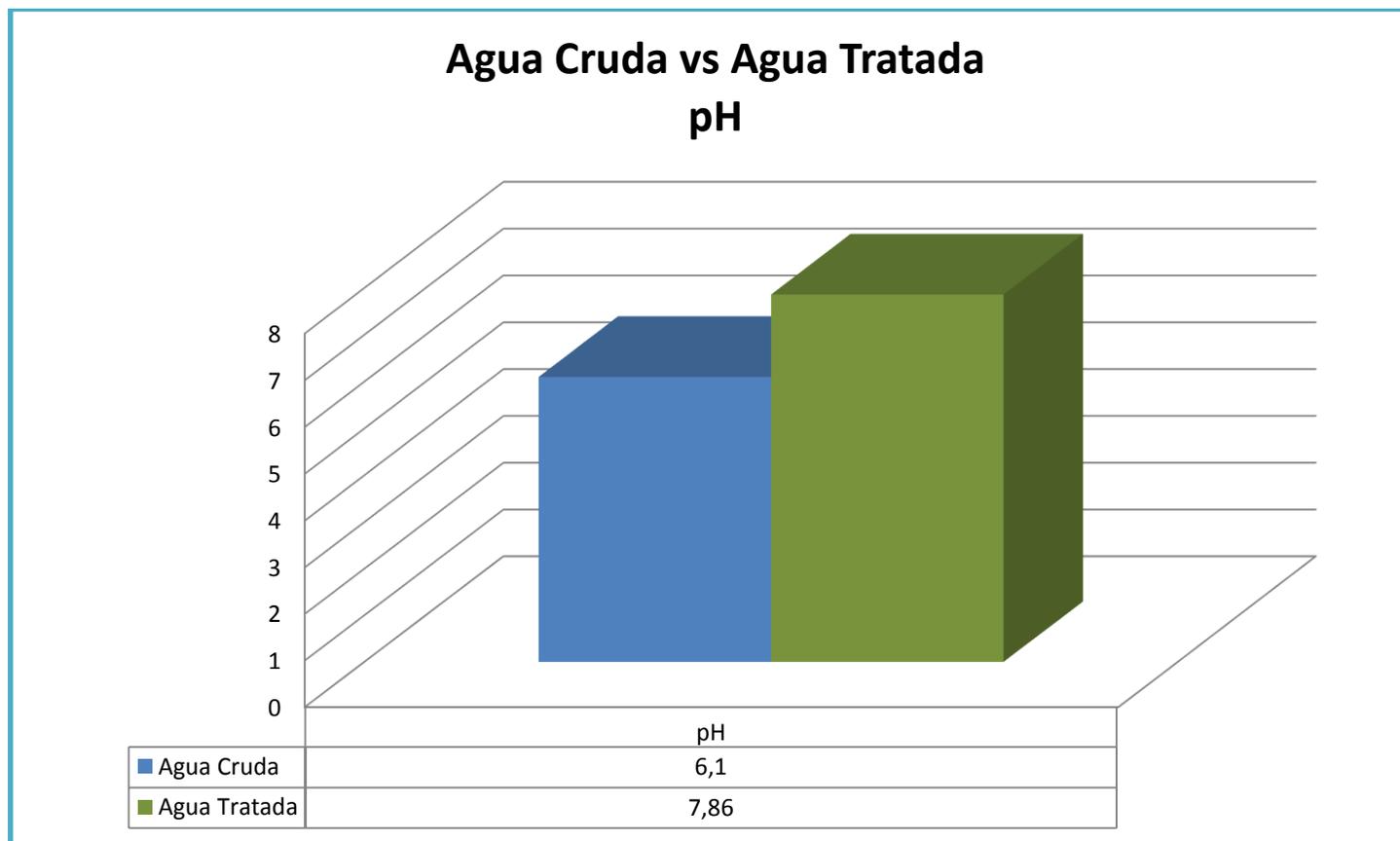
Gráfico5. Agua Cruda vs Agua Tratada – Parámetro fosfatos.



Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

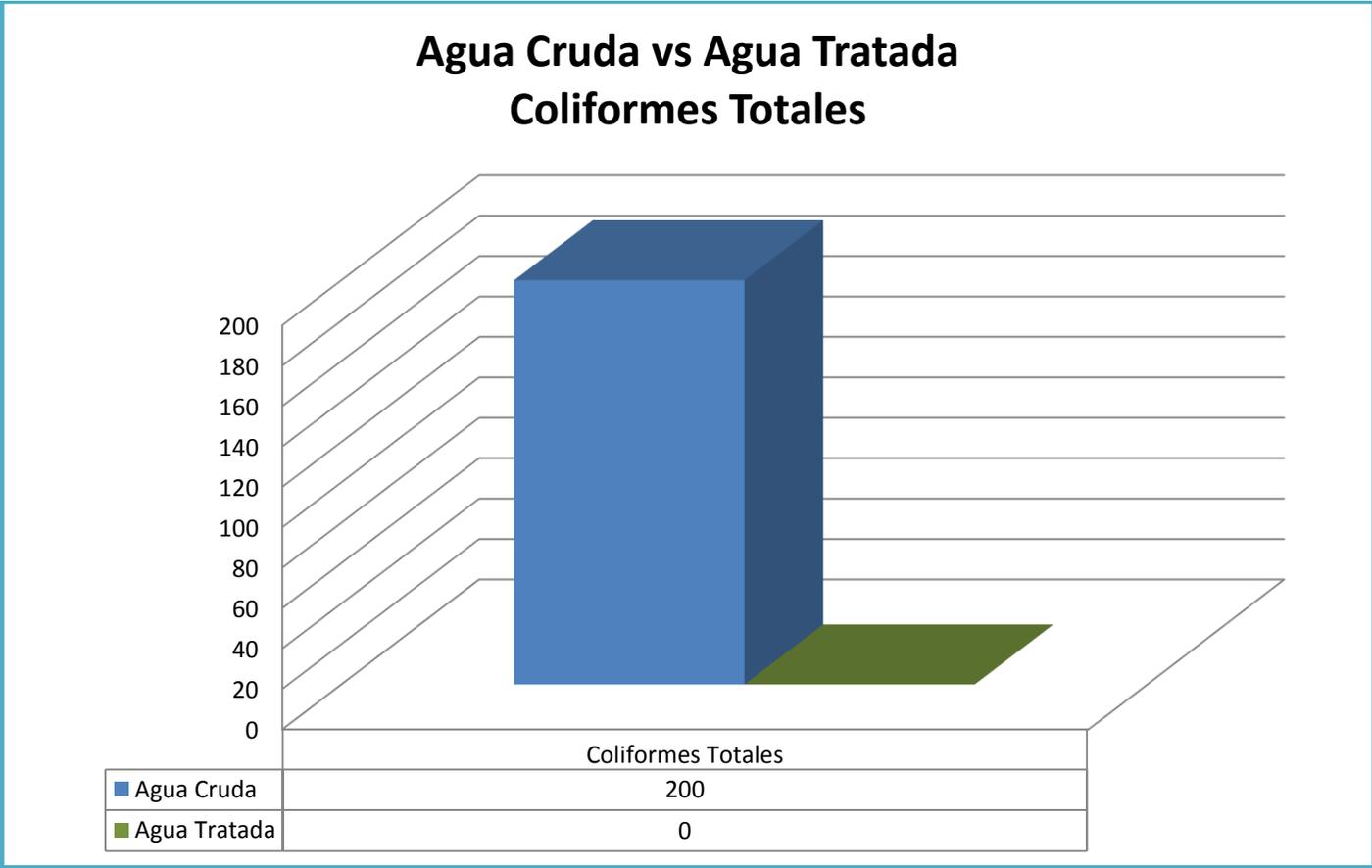
Gráfico 6. Agua Cruda vs Agua Tratada – Parámetro pH.



Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH

Elaborado por: Morales León María Augusta.

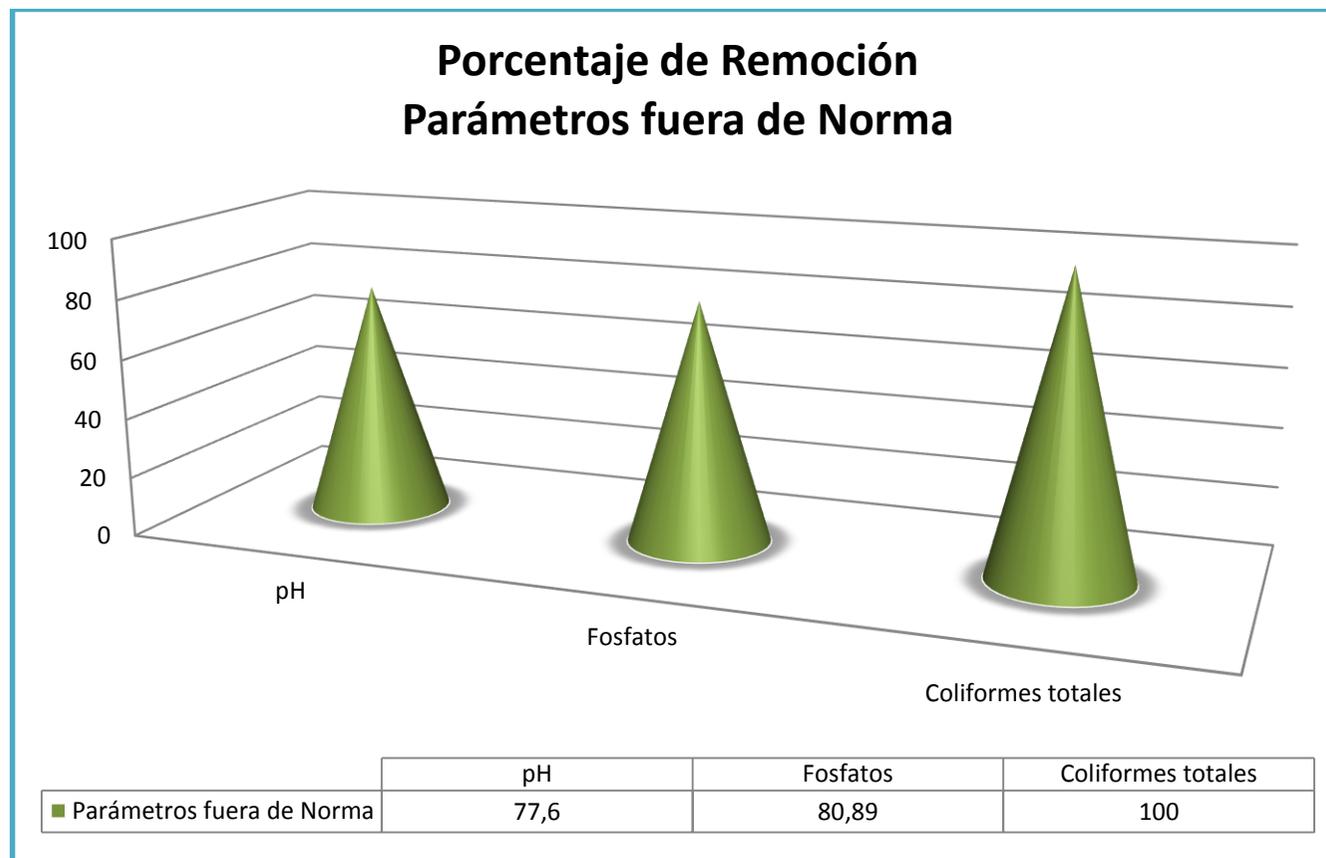
Gráfico 7. Agua Cruda vs Agua Tratada – Parámetro Coliformes Totales.



Fuente: Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

Elaborado por: Morales León María Augusta.

Gráfico 8. Eficiencia en la Remoción de los Parámetros fuera de Norma.



Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos Facultad de Ciencias - ESPOCH
SAQMIC. Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

Elaborado por: Morales León María Augusta.

5 RESULTADOS

5.1 CAUDAL DE DISEÑO.

Tabla 4. RESULTADOS DEL CAUDAL DE DISEÑO.

CÁLCULO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Factor de crecimiento	56	.....
Población futura	1980	Habitantes
Dotación Básica	196.36	L/ habitante*día
Dotación futura	231.70	L/ habitante*día
Caudal medio	5.31	L/s
Caudal máximo diario	6.90	L/s
Caudal máximo horario	13.81	L/s
Caudal de diseño	15.19	L/s

Elaborado por: Morales León María Augusta.

5.2 SEDIMENTADOR.

Tabla 5. RESULTADOS SEDIMENTADOR

CÁLCULO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Número de Reynolds	N_{Re}	0.00071	.....
Velocidad de sedimentación	V_s	0.0074515	m/s
Número de Reynolds	N_{Re}	0.62	.....
Coefficiente de arrastre	C_d	42.06	.....
Velocidad de sedimentación en la región de transición.	V_s	0.0071	m/s
Área superficial.	A_s	15.19	m^2

Longitud zona de sedimentación.	L	11.58	m
Altura del sedimentador.	H	1.10	m
Tiempo de retención	t_o	0.31	h
continúa	CADO DEL SEDIMENTADOR		
Carga de sólidos que ingresan al lecho.	C	0.6912	continuará...
Masa de sólido de lodos.	Msd	0.1762	kg/día
Volumen diario de lodos digeridos	Vld	1.88	L/día
Volumen de lodos a extraer	Vel	0.104	m ³
Área de lecho de secado	Als	0.26	m ²

Elaborado por: Morales León María Augusta.

5.3 FILTRO LENTO DE ZEOLITA.

Tabla 6. RESULTADOS FILTRO LENTO DE ZEOLITA.

CÁLCULO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Número de filtros	N	2	.....
Área superficial	A _s	34.18	m ²
Coefficiente de mínimo costo.	K	1.33	.....
Longitud de unidad	L	6.74	m
Ancho de la unidad	B	5.07	m
Altura del filtro	Z _f	2.86	m
Área de los orificios laterales.	A _o	0.00001256	m ²
Caudal de ingreso a cada filtro.	Q _o	0.000376	m ³ /s
Número de laterales	N _L	11	.....

Diámetro de tubería de entrada.	D_T	0.098	m
Diámetro de tubería de salida.	D_{Ts}	0.18	m
Velocidad óptima de lavado de filtros.	v_l	1.8	m/min
Cantidad de agua para lavado de los filtros	V_l	307.62	m^3

Elaborado por: Morales León María Augusta.

5.4 MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR.

Tabla 7. RESULTADOS MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDEROS RECTANGULARES.

CÁLCULO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Canal del vertedero	C_v	1.10	m
Ancho del vertedero	B	0.50	m
Caudal del ancho	q	0.03038	m^2/s
Longitud de salto	L_m	0.27	m
Profundidad crítica de flujo.	h_c	0.045	m
Profundidad supercrítica	h_1	0.010	m
Profundidad después del resalto	h_2	0.137	m
Número de Froude	F	8.71	.....
Velocidad del agua después del salto	v_1	3.04	m/s
Velocidad del agua en el resalto	v_2	0.224	m/s

Pérdida de energía en el resalto	h	0.374	m
Longitud de resalto	L_j	0.76	m
Velocidad media en el resalto	v_m	1.63	m/s
Tiempo de mezcla	t	0.47	s
Gradiente de velocidad	G	2352.83	s^{-1}

Elaborado por: Morales León María Augusta.

5.5 FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO DE HORIZONTAL.

Tabla 8. RESULTADOS FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL.

CÁLCULO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Distancia total recorrida por el agua.	L	360	m
Volumen de agua.	V	27.34	m^3
Sección transversal de canales	A	0.07591	m^2
Profundidad del agua	d	0.3795	m
Longitud efectiva de cada canal.	l	5.7	m
Número requerido de canales.	N	63	.....
Longitud interior de la cámara de floculación.	L_T	14.5	m
Radio hidráulico.	R	0.08	m
Pérdidas por fricción en el tanque.	h_f	0.071	m

Pérdidas adicionales.	h_a	0.379	m
Pérdidas de energía total.	h_T	0.45	m
Gradiente de velocidad.	G	46.38	s^{-1}
Número adimensional de Camp	G_t	83482.16	.....
Policloruro de aluminio al 1% cantidad por día.	x	21.17	L/día.
LECHO DE SECADO DEL FLOCULADOR			
Carga de sólidos que entra al lecho.	C	2.59	kg/día
continúa le lodos.	M_{sd}	0.66	kg/día
Volumen diario de lodos digeridos	V_{ld}	6.35	$\frac{L}{día}$ continuará...
Volumen de lodos a extraer	V_{el}	0.349	m^3
Área de lecho de secado	A_{ls}	1.16	m^2

Elaborado por: Morales León María Augusta.

5.6 TANQUE DE DESINFECCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO.

Tabla 9. RESULTADOS TANQUE DE DESINFECCIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO.

CÁLCULO	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Peso de cloro necesario	P_{Cl}	2.63	kg/día
Volumen del hipoclorador	V_{HCl}	0.040	m^3
Volumen del tanque de mezcla de cloro.	V_{TM}	30.08	m^3
Altura del tanque de mezcla de cloro	H_{Tc}	6.02	m

Ancho del tanque de mezcla de cloro	A_{Tc}	5	m^2
--	----------	---	-------

Elaborado por: Morales León María Augusta.

5.7 DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS.

Tabla 10. RESULTADOS DOSIFICACIÓN QUÍMICOS.

QUÍMICO	UNIDADES	CANTIDAD
POLICLORURO	Kg/día	0.2117
POCLORITO	galón/día	5.39
ZEOLITA	quintales	108.23
Na(OH) 0.5 M	L	2705.88
Na(OH)	Kg	54.12

Elaborado por: Morales León María Augusta.

6 PROPUESTA.

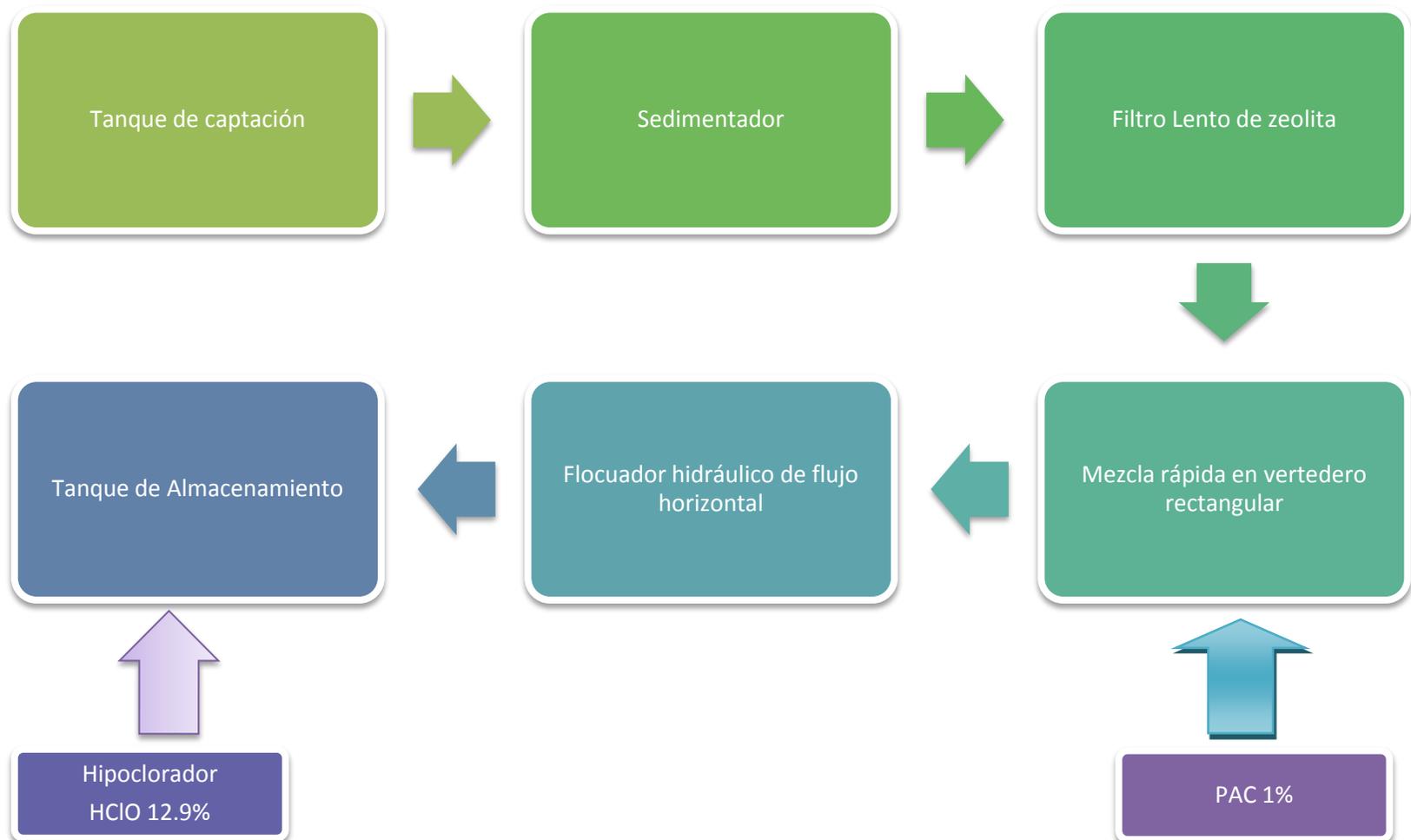
Se diseña un sistema de potabilización que garantice la calidad del agua, es decir que cumpla con todos los parámetros físico-químicos, microbiológicos como lo decreta la NORMA INEN 1108:2006 Segunda Revisión.

Los cálculos del diseño de ingeniería de la planta se basan en el CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. CPE INEN 005 parte 9-2.

Por este motivo se muestra un diseño de la Planta de Potabilización de la Comunidad de Tuntatacto, en la misma se trataron los tres parámetros fuera de norma pH, fosfatos y coliformes fecales.

A continuación se hará una propuesta del Diseño de la Planta de Potabilización para la comunidad, las especificaciones del diseño se encuentran en las Tabla 9, 10, 11, 12, 13, 14 del presente capítulo.

Gráfico 9. Propuesta de Diseño de la Planta de Potabilización.



Fuente: Morales León María Augusta.

7 PRESUPUESTO.

7.1 ACCESORIOS.

Tabla 11. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS ACCESORIOS.

Accesorio	Material	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Codos de 90°	PVC	2	0.30	0.60
Codos de 45°	PVC	2	0.30	0.60
Adaptador H	PVC	1	1.00	1.00
T reducida	PVC	2	1.00	2.00
Unión universal	PVC	1	1.50	1.50
Válvula de bola industrial.	PVC	7	6.00	42.00
Ladrillos perforados.	Ladillo	65	0.80	52.00
Tuberías	PVC	25	12.00	60.00
TOTAL				159.70

Elaborado por: Morales León María Augusta

7.2 EQUIPOS.

Tabla 12. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS EQUIPOS.

Equipo	Material	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Sedimentador simple	Hormigón	13.42 m ²	64.69	868.14
Filtro lento de zeolita	Hormigón	19.28 m ²	64.69	1247.22
Mezcla rápida en vertedero rectangular	Hormigón	1.408 m ²	64.69	91.08
Floculador hidráulico de flujo horizontal	Hormigón	87.00 m ²	64.69	5628.03
Tanque de almacenamiento	Hormigón	30.1 m ²	64.69	1947.17
Hipoclorador	Hormigón	0.040 m ³	140.69	5.63
Lecho de secado SEDIMENTADOR	Hormigón	0.26 m ²	64.69	16.82
Lecho de secado del FLOCULADOR	Hormigón	1.12 m ²	64.69	72.46

TOTAL	9876.55
--------------	----------------

Elaborado por: Morales León María Augusta

7.3 COSTOS DE DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS.

Tabla 13. ANÁLISIS DE COSTO DE LOS QUÍMICOS EMPLEADOS.

Químico	Presentación	Valor \$	Cantidad requerida	Valor Total
Zeolita	50 Kg	15.00	5411.76	1623.53
Na(OH)	25 Kg	70.00	54.12	151.55
PAC	25 Kg	30.00	0.2117	0.25
Cloro industrial	galones	11.00	5.39	59.29
TOTAL				1834.62

Elaborado por: Morales León María Augusta

7.4 COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN.

Tabla 14. COSTO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN

REQUERIMIENTOS	VALOR
Accesorios	159.70
Equipos	9876.55
Químicos	1834.62
Total	11870.87

Elaborado por: Morales León María Augusta

8 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La planta de potabilización diseñada para la Comunidad de Tuntatacto tendría un costo de implementación de \$ 11870.87, el mismo es factible para el GAD Municipal de Guano, el diseño de la planta se basa en el CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. CPE INEN 005 parte 9-2. El análisis físico- químico y microbiológico del agua a tratar se basa en la NORMA INEN 1108:2006.

A realizar las pruebas de caracterización del agua cruda se tuvo que el pH, fosfatos y coliformes totales se encontraban fuera de norma, para estabilizar estos parámetros se creó una propuesta de diseño que consta de cinco procesos: sedimentación simple,

filtración lenta con zeolita, mezcla rápida en vertederos rectangulares, floculador hidráulico de flujo horizontal, desinfección con hipoclorito.

A la zeolita se le activo con Na(OH) 0.5M, ya que con este se redujo a 0.54 mg/L de fosfatos pero este valor está fuera de la norma, por este motivo se realiza una coagulación y floculación con policloruro de aluminio el mismo se estableció a una concentración del 1%, los fosfatos se redujeron a 0.17 mg/L y el pH se estableció en 7.56.

Las características iniciales del agua cruda con las del agua tratada reflejan un porcentaje de remoción de fosfatos del 80.89%, pH del 77.60 % de los coliformes totales del 100%. Nuestro diseño genera un porcentaje de remoción del 86.16 %.

El CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. CPE INEN 005 parte 9-2. , establece que el resalto en la mezcla rápida en vertedero rectangular debe ser establece, esto se comprueba mediante el número de Froude el mismo debe estar entre 4.5 - 9.0 y el gradiente hidráulico debe ser mayor a 1000 s^{-1} , en nuestro diseño se obtuvo 8.71 y 2352.83 s^{-1} .

En el floculador y sedimentador se da la generación de lodos los mismos serán tratados en lechos secados, se recomienda utilizar pantallas removibles de acero inoxidable o acero de carbono, en el floculador.

En el filtro de zeolita se establece un espesor de capa de 0.7 m, el mismo constara de dos filtros, el sistema de drenaje será de tuberías perforadas los diámetros se establecen en la Tabla 11. Capítulo 3.

Con el propósito de eliminar los organismos patógenos del agua se ha considerado únicamente la desinfección con Hipoclorito de sodio, en el mismo se considero una dosis mínima de 2mg/L

CONCLUSIONES

- ✓ Se diseño de una Planta de Potabilización para la comunidad de Tuntatacto parroquia San Andrés cantón Guano.
- ✓ Al caracterizar el agua cruda, análisis físico-químico y microbiológico se obtuvo los parámetros que se encontraban fuera de norma: pH= 6.1, fosfatos=0.89 mg/L, coliformes totales 200 UFC/ 100ml, esto nos indica una calidad deficiente.
- ✓ Al realizar las pruebas de tratabilidad se utilizo zeolita activada con Na (OH) 0.5 M como medio filtrante, como floculante y coagulante una solución de policloruro de aluminio (PAC) al 1%, la desinfección se lo realizó con Hipoclorito de sodio 12.9% pureza.
- ✓ Se efectuó el diseño de la Planta de Potabilización en base a un período de diseño de 10 años, mediante cálculos de ingeniería se dimensiona el sedimentador, un filtro lento de zeolita, con su respectiva cámara de lavado, un vertedero de mezcla rápida donde se adiciona el PAC, un floculador y por último un tanque de almacenamiento donde se incorpora el Hipoclorito de sodio.
- ✓ La validación de un sistema de potabilización se determina mediante la efectividad de la remoción, enfocados en los resultados del agua tratada estos son: pH= 77.6%, fosfatos=80.89% y coliformes totales=100%.
- ✓ Mediante la caracterización final del agua tratada se evidencia el cumplimiento de las normas establecidas.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Implementar el sistema de potabilización para el consumo de un agua de calidad en la comunidad de Tuntatacto.
- ✓ Realizar el mantenimiento de la planta de manera manual, evitando el depósito de lodos.
- ✓ El almacenamiento de los químicos utilizados se debe realizar en lugares secos y en recipientes seguros, para evitar su contaminación.
- ✓ Se debe capacitar al operador de la planta, en cuanto a la dosificación correcta, manejo y preparación de las soluciones químicas.
- ✓ Efectuar periódicamente caracterizaciones físico- químico y microbiológico del agua, de esa manera se controlara el adecuado funcionamiento de la planta.
- ✓ Los lodos recolectados en lecho de secado pueden ser tratados en biodigestores anaerobios para obtener fertilizantes orgánicos.

BIBLIOGRAFÍA.

APHA, AWWA, WPCF: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales; 17 Edición; Madrid – España; Días de Santos; 1992; Pp 95 – 110.

CRISTES Ron; Tratamiento de Aguas Residuales en Poblaciones Pequeñas; Bogotá - Colombia; Mc Graw-Hill Interamericana S.A; 2000; Pp 267- 276.

GUERRERO Raúl; Manual de Tratamientos de guas; México DF - México; Limusa; 1994:Pp 65-85

IDROVO Diego; Agua para Consumo Humano: Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Evaluación de Sistemas de Agua Potable; Cuenca – Ecuador; Camaren; 1999; Pp 28-93.

ROMERO Jairo; Purificación del Agua; Segunda Edición; Bogotá – Colombia; Escuela Colombiana de Ingeniería; 2006; Pp 53-137.

SIERRA Carlos; Calidad del Agua. Evaluación y Diagnóstico; Medellín - Colombia; Universidad de Medellín; 2011; Pp: 217 - 233.

ECUADOR; INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN "INEN"; NTE INEN 1108:2006. AGUA POTABLE REQUISITOS; Quito - Ecuador; 2006; Pp 6p.

ECUADOR; CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. CPE INEN 005 parte 9-2.: NORMAS PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES; Quito - Ecuador; 1992; Pp: 14-48

CAUDALES DE DISEÑO

URL:www.univo.edu:8081/tesis/020308/0203/08.Cap4.pdf.

Fecha de consulta: 2015 - 04 - 25

DISEÑO DE SISTEMAS DE FLTRACIÓN

URL:<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/174esp-diseno-FiME.pdf>

Fecha de consulta: 2015 - 05 -16

TANQUES SEPTICOS, LECHO DE SECADO

URL:http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf.

Fecha de consulta: 2015-05-29

MEZCLA RÁPIDA

URL:<http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/cinco.pdf>

Fecha de consulta: 2015-03-24

POLICLORURO DE ALUMINIO.

URL: www.syquem.com/poli.html

URL: www.policlorurodealuminio.com/policloruro-de-aluminio.html

Fecha de consulta: 2015-03-25

SEDIMENTADOR LENTO.

URL: www.itacanet.org/esp/agua/.../Tratamientos%20preliminares.pdf

Fecha de consulta: 2015-01-26

ZEOLITA.

URL: www.zeolita.com.ar

URL: www.uantof.cl/salares/fichas/zeolita.pdf

Fecha de consulta: 2015-05-12



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2006

Segunda revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

WATER DRINKING. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable.

AL 01.06-401

CDU: 644.61

CIU: 4200

ICS: 13.060.20

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108:2006 SEGUNDA
REVISIÓN 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 *Agua potable*. Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.2 *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.

3.3 Límite máximo permitido. Límite máximo permisible. 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.

3.4 *UFC/ml*. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.5 *NMP*. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

3.6 *mg/l*. (miligramos por litro). Unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.7 *mg/l*. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.8 *Microorganismo patógeno*. Son los causantes de enfermedades para el ser humano.

- 3.9 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.
- 3.10 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.
- 3.11 Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.
- 3.12 Radio nucleido.** Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A .
- 3.13 MBAS, ABS.** Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato.
- 3.14 Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.
- 3.15 Dureza total.** Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.
- 3.16 Sólidos totales disueltos.** Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

- 4.1** 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

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
pH	---	6,5 – 8,5
Sólidos totales	mg/l	1 000
Sólidos disueltos	mg/l	500
Conductividad	μS/cm	< 1250
Inorgánicos		
Alcalinidad	mg/l	250 –300
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH ₃)	mg/l	< 0,5
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Bicarbonatos	mg/l	250 – 300
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Calcio, Ca	mg/l	70
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 – 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05

Dureza total, CaCO ₃	mg/l	200
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	> 1,5
Fósforo, (P-PO ₄)	mg/l	< 0,3
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Magnesio, Mg	mg/l	30 - 50
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO ₃	mg/l	< 40
Nitritos, N-NO ₂	mg/l	0,01
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	µg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	200
Vanadio, V	µg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3
Radiactivos	mg/l	
Radiación total α**	Bg/l	0,1
Radiación total β□***	Bg/l	1,0

1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: 210Po, 224Ra, 226Ra, 232Th, 234U, 238U, 239Pu.

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: 60Co, 89Sr, 90Sr, 129I, 131I, 134Cs, 137Cs, 210Pb, 228Ra.

Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo
--	--------	---------------

		permitido
Alcanos clorinados		
tetracloruro de carbono		2
Diclorometano	μg/l	20
1,2 dicloetano		30
1,1,1 – tricloetano		2 000
Etanos clorinados		
Cloruro de vinilo		5
1,1 dicloroetano	μg/l	30
1,2 dicloroetano		50
tricloroetano		70
Tetracloroetano		40
Hidrocarburos Aromáticos		
Benceno		10
Tolueno	μg/l	170
Xileno		500
Etilbenceno		200
Estireno		20
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	μg/l	0.3
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)		
benzo (a)pireno		0,01
benzo (a)fluoranteno	μg/l	0,03
benzo (k)Fluoranteno		0,03
benzo (ghi)pirileno		0,03
indeno (1,2,3-cd)pireno		0,03
Bencenos clorinados		
monoclorobenceno		300
1,2-diclorobenceno	μg/l	1 000
1,3-diclorobenceno		
1,4-diclorobenceno		300
triclorobenceno (total)		20
di(2-etilhexil)adipato	μg/l	80

di(2-etilhexil) ftalato	µg/l	8
acrylamida	µg/l	0,5
epiclorohidrin	µg/l	0,4
Hexaclorobutadieno	µg/l	0,6
Ácido etilendiaminatetracético EDTA	µg/l	200
Ácido nitrotriacético	µg/l	200
Dialquil	µg/l	
Oxido tributiltin	µg/l	2

Pesticidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Alaclor	µg/l	20
Aldicarb	µg/l	10
Aldrin/dieldrin	µg/l	0,03
Atrazina	µg/l	2
Bentazona	µg/l	30
Carbofuran	µg/l	5
Clordano	µg/l	0,2
Clorotoluron	µg/l	30
Diclorodifeniltricloroetano DDT	µg/l	2
1,2-dibromo-3-cloropropano	µg/l	1
2,4-ácido diclorofenoxiacético 2,4-D	µg/l	30
1,2- dicloropropano	µg/l	20
1,3-dicloropropeno	µg/l	20
Heptacoloro y heptacoloro epoxi de etilendibromide	µg/l	0,03
Hexaclorobenceno	µg/l	1
Isoproturon	µg/l	9
Lindano	µg/l	2
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA	µg/l	2
Metoxycoloro	µg/l	10
Molinato	µg/l	6
Pendimetalin	µg/l	20

Pentaclorofenol	μg/l	9
Permetrin	μg/l	20
Propanil	μg/l	20
Piridato	μg/l	100
Simazina	μg/l	2
Trifluralin	μg/l	20
Herbicidas Clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPa 2,4-DB	μg/l	90
Dicloroprop	μg/l	100
Fenoprop	μg/l	9
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxibutírico MCPB	μg/l	2
Mecoprop	μg/l	10
2,4,5-T	μg/l	9

Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina, di y tricloramina	μg/l	3
Cloro	μg/l	5

Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Bromato	μg/l	25
Clorito	μg/l	200
Clorofenoles	μg/l	
2,4,6-triclorofenol		200
Formaldehído	μg/l	900
Trihalometanos		
Bromoformo	μg/l	100
diclorometano		100
bromodiclorometano		60
cloroformo		200
Ácidos acéticos clorinados		
ácido dicloroacético	μg/l	50

ácido tricloroacético		100
Hidrato clorado	µg/l	
Tricloroacetaldeido		10
Acetonitrilos Halogenados	µg/l	
Dicloroacetonitrilo		90
Dibromoacetonitrilo		100
Tricloroacetonitrilo		1
Cianógeno clorado (como CN)	µg/l	70

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos:

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100 ml	< 2*
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2*
Criptosporidium número de quistes//100 litros	Ausencia
Giardia Lamblia número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 2 significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo	
(1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.	

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 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

7.1 Los Métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Mhetods) especificados en su última edición.

ANEXO II



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

CÓDIGO DE PRACTICA ECUATORIANO

CPE INEN 5
Parte 9-1:1992

CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. C.E.C.

NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES

Primera Edición

EQUATORIAN BUILDING CODE. PLUMBING DESIGN: DESIGN OF RUNNING WATER SUPPLY SYSTEMS, EXCRETA AND LIQUID RESIDUES FOR POPULATION OVER 1000 INHABITANTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, calidad del agua, agua potable, aguas servidas, abastecimiento agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en área rural.

CO: 01.09-603

CDU: 628.1

CIIU: 4200-5000

ICS: 13.060.20-13.060.30

$Q_{med} = q N / (1\ 000 \times 86\ 400)$
 q = dotación tomada de la tabla V.3 en l/hab/día
 N = número de habitantes.

El requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo diario, se debe calcular por la fórmula:

$$Q_{max.día} = K_{max.día} \times Q_{med}$$

El coeficiente de variación del consumo máximo diario deben establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores:

$$K_{max.día} = 1,3 - 1,5$$

El coeficiente de variación del consumo máximo horario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores:

$$K_{max.hor} = (2 \text{ a } 2,3) Q_{med}$$

4.1.5.2 Las dotaciones de agua para procesos industriales y agroindustriales debe establecerse en base a suficientes datos tecnológicos.

4.1.5.3 Las dotaciones de agua contra incendios, así como el número de incendios simultáneos debe adoptarse según las indicaciones de la tabla 4:

TABLA 4. Dotación de agua contra incendios

NUMERO DE HABITANTES (en miles)	NUMERO DE INCENDIOS SIMULTÁNEOS	DOTACIÓN POR INCENDIO (l/s)
5	1	10
10	1	10
25	2	10
50	2	20
100	2	25
200	3	25
500	3	25
1000	3	25
2000	3	25

4.1.6 Caudales de diseño

4.1.6.1 Para el diseño de las diferentes partes de un sistema de abastecimiento de agua potable, se usarán los caudales que constan en la tabla 5.

(Continúa)

ANEXO III

RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO

DEL AGUA CRUDA. PRIMER ENSAYO

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: Srta. Maria Augusta Morales

Fecha de análisis: 28 de julio del 2014

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. Agua cruda. Tanques de captación

Localidad: Comunidad Tuntatacto. GAD Municipal Guano

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT 221-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 15	3
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.16
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	189
Turbiedad	UNT	5	0.2
Cloruros	mg/L	250	22.7
Dureza	mg/L	200	104.0
Calcio	mg/L	70	22.4
Magnesio	mg/L	30 - 50	11.7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	150.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	153.0
Sulfatos	mg/L	200	9.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.050
Nitritos	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	< 40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.050
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.860
Sólidos Totales	mg/L	1000	240.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	75.6

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de pH y fosfatos fuera de norma

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El análisis ha sido realizado por el Sr, estudiante bajo la direccion del responsable del laboratorio. El analisis realizado no tiene costo para el estudiante. El informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO IV

RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA CRUDA. SEGUNDO ENSAYO

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: Srta. Maria Augusta Morales

Fecha de análisis: 28 de julio del 2014

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. Agua cruda. Tanques de captación

Localidad: Comunidad Tuntatacto. GAD Municipal Guano

TRABAJO DE TESIS

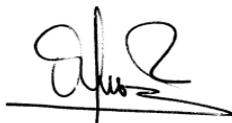
Código: LAT 221-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 15	4
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.15
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	190
Turbiedad	UNT	5	0.3
Cloruros	mg/L	250	21.3
Dureza	mg/L	200	112.0
Calcio	mg/L	70	28.8
Magnesio	mg/L	30 - 50	9.7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	200.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	204.0
Sulfatos	mg/L	200	9.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.070
Nitritos	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	< 40	0.010
Hierro	mg/L	0.30	0.060
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.840
Sólidos Totales	mg/L	1000	240.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	74.4

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de pH y fosfatos fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El análisis ha sido realizado por el Sr, estudiante bajo la direccion del responsable del laboratorio. El analisis realizado no tiene costo para el estudiante. El informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO V

RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA CRUDA. TERCER ENSAYO.

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: Srta. Maria Augusta Morales

Fecha de análisis: 28 de julio del 2014

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. Agua cruda. Tanques de captación

Localidad: Comunidad Tuntatacto. GAD Municipal Guano

TRABAJO DE TESIS

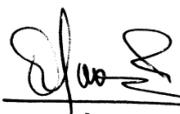
Código: LAT 221-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	und Co/Pt	< 15	4
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.01
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	227
Turbiedad	UNT	5	0.2
Cloruros	mg/L	250	21.3
Dureza	mg/L	200	112.0
Calcio	mg/L	70	28.8
Magnesio	mg/L	30 - 50	9.7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	140.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	142.8
Sulfatos	mg/L	200	9.0
Amonios	mg/L	< 0.50	< 0.01
Nitritos	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	< 40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.060
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0.850
Sólidos Totales	mg/L	1000	240.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	140.7

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de pH y fosfatos fuera de norma

Atentamente,




Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

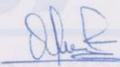
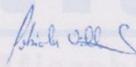
Nota: El análisis ha sido realizado por el Sr, estudiante bajo la direccion del responsable del laboratorio. El analisis realizado no tiene costo para el estudiante. El informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO VI
RESULTADOS DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO
DEL AGUA CRUDA.



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 220-14

CLIENTE: Srta. María augusta Morales			
DIRECCIÓN: Rocafuerte 25-19 y Orozco		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Agua de consumo Comunidad Tuntatacto Parrq. San Andrés			
FECHA DE RECEPCIÓN: 18 de julio del 2014			
FECHA DE MUESTREO: 18 de julio del 2014			
EXAMEN FISICO			
COLOR: Incoloro			
OLOR: Inoloro			
ASPECTO: Normal libre de material extraño			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 2	200
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	<2	Ausencia
NORMA INEN 1108:2006			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 18 de julio del 2014			
FECHA DE ENTREGA : 22 de julio 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 VII
RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO
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: Srta. Maria Augusta Morales

Fecha de análisis: 5 de diciembre del 2014

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico. Agua Tratada, salida de la planta

Localidad: Comunidad Tuntatacto. GAD Municipal Guano

TRABAJO DE TESIS

Código: LAT 234-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
<i>Color</i>	<i>und Co/Pt</i>	< 15	3
<i>pH</i>	<i>Unid</i>	6.5 - 8.5	7.86
<i>Conductividad</i>	<i>μ Siems/cm</i>	< 1250	174
<i>Turbiedad</i>	<i>UNT</i>	5	0.1
<i>Cloruros</i>	<i>mg/L</i>	250	21.3
<i>Dureza</i>	<i>mg/L</i>	200	112.0
<i>Calcio</i>	<i>mg/L</i>	70	22.4
<i>Magnesio</i>	<i>mg/L</i>	30 - 50	13.6
<i>Alcalinidad</i>	<i>mg/L</i>	250 - 300	150.0
<i>Bicarbonatos</i>	<i>mg/L</i>	250 - 300	153.0
<i>Sulfatos</i>	<i>mg/L</i>	200	11.0
<i>Amonios</i>	<i>mg/L</i>	< 0.50	0.030
<i>Nitritos</i>	<i>mg/L</i>	0.01	0.01
<i>Nitratos</i>	<i>mg/L</i>	< 40	0.020
<i>Hierro</i>	<i>mg/L</i>	0.30	0.070
<i>Fosfatos</i>	<i>mg/L</i>	< 0.30	0.170
<i>Sólidos Totales</i>	<i>mg/L</i>	1000	257.0
<i>Sólidos Disueltos</i>	<i>mg/L</i>	500	75.6

** Valores referenciales para aguas de consumo doméstico*

Observaciones: Valores dentro de norma.

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.



RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

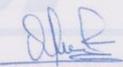
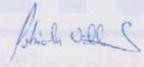
Nota: El análisis ha sido realizado por el Sr, estudiante bajo la direccion del responsable del laboratorio. El analisis realizado no tiene costo para el estudiante. El informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO VIII
RESULTADOS DEL ANALISIS FÍSICO- QUÍMICO
DEL AGUA CRUDA.



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 412-14

CLIENTE: Srta. María augusta Morales			
DIRECCIÓN: Rocafuerte 25-19 y Orozco		TELÉFONO:	
TIPO DE MUESTRA: Agua de consumo			
FECHA DE RECEPCIÓN: 15 de diciembre del 2014			
FECHA DE MUESTREO: 15 de diciembre del 2014			
EXAMEN FISICO			
COLOR: Incoloro			
OLOR: Inoloro			
ASPECTO: Normal libre de material extraño			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 2	Ausencia
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	<2	Ausencia
NORMA INEN 1108:2006			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 15 de diciembre del 2014			
FECHA DE ENTREGA : 18 de diciembre del 2014			
RESPONSABLES:			
 Dra. Gina Álvarez R.		 Dra. Fabiola Villa	
 Servicio Analítico Químico y Microbiológico			
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 IX

FICHA TECNICA DE LA ZEOLITA NATURAL

	FICHA TECNICA
---	----------------------

1.- IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Nombre Químico	Aluminosilicato hidratados altamente cristalizados
Nombre Comercial del producto	Catfertil Plus
Color	Verde azulado
Presentación	Granulado y polvo (mallas 16 hasta 200)
Formula Química	Na Al Si O ₂ H
IDENTIFICACION DE LA EMPRESA	ZEONATEC S.A.
Dirección	Ciudadela Las Garzas Mz 10 V11 Piso 1
Telefax	593 42 296 959 - 593 42 393 750
E-mail	zeonatec@gmail.com
USOS DE LA SUSTANCIA	<ul style="list-style-type: none">• En la agricultura como acondicionador y potencializador de fertilizante de suelos.• En la nutrición de animales, da eficiencia en el desarrollo del ganado haciendo decrecer el agua amoniacal en el sistema digestivo.• Acuicultura, absorbente de amonio.• Intercambio iónico.• Purificación del gas natural.• Purificación de agua para uso humano• Recuperación de aguas servidasAbsorbente de metales pesadosMejorador de las condiciones físicas de los suelosAbsorbente natural de acción rápida y liberación lenta

2.-COMPOSICION DEL PRODUCTO

Tipo	%	CIC.	Elementos componentes
Clinoptilolita	91.0	107 - 118	Ver análisis de laboratorio

3.- IDENTIFICACION DEL PELIGRO

Producto considerado como No Peligroso. En caso de ventilación insuficiente usar equipo de respiración adecuado. Como cualquier producto en polvo, debe evitarse la exposición al mismo.

4.-PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos	Lavar inmediatamente con agua y en caso de daños aparentes buscar atención médica.
Contacto con la piel	Lavar con agua la zona afectada. Si aparecen síntomas en la piel, buscar atención medica.
Inhalación	Apartar de la fuente de exposición. Si aparecen síntomas, buscar atención medica.
Ingestión	No provocar el vomito. Lavar la boca y dar de beber agua, si aparecen síntomas buscar atención medica.

Recomendaciones Generales	Utilizar equipos de protección individual durante su manipulación.
---------------------------	--

5.-MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Riesgos Especiales de incendio	No combustible
Agentes de extinción adecuados	Utilizar los medios propios para apagar el fuego circundante.
Sensibilidad a las cargas estáticas	Se requiere protección contra las cargas electrostáticas durante su manipulación.
Equipos de protección personal	Usar prendas de protección, gafas, traje, botas de goma, mascara facial para evitar proyecciones y atendiendo siempre al tipo de fuego a extinguir.

6.-MEDIDAS PARA FUGAS O DERRAMES ACCIDENTALES

Método de limpieza o recogida	Recoger el producto y trasvasar a contenedores adecuados, el producto residual admite su recuperación y reciclado. Limpiar o barrer la zona. Lavar con agua a la zona afectada.
Precauciones Medioambientales	No necesarias
Precauciones personales	Utilizar equipos adecuados para evitar contacto con el cuerpo, cara y ojos.
Otras indicaciones	

7.-MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Manipulación	Protegerse con equipos de protección personal adecuados. Evitar la formación de polvo. En presencia de polvo utilizar extracción de aire
Almacenamiento	Almacenar en lugar seco. La manipulación puede dar lugar a cargas electrostáticas. En ambientes inflamables cercanos, usar protección contra cargas electrostáticas, no almacenar con productos contaminantes.
Envases	Cualquier material Mantener bien cerrados los envases

8.-CONTROL DE EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL

Información general	Manipular en locales bien aireados.
Limites de exposición	Limites de exposición: TLV/TWA: 10mg/m ³ (PNOC) OES (UK): 10mg/m ³ polvo total-4mg/m ³ polvo respirable
Protección respiratoria	Si la ventilación es insuficiente utilizar mascarillas de protección en caso de polvo.
Protección de las manos	Utilizar guantes de protección de cualquier material.
Protección de la piel	Utilizar ropa de trabajo adecuada
Protección de los ojos	Utilizar gafas de seguridad cerradas o pantallas faciales.

9.-PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Estado físico	Polvo fino y granulado
---------------	------------------------

Color	Verde azulado
Olor	Inodoro
PH solución acuosa al 5%	7,5
Solubilidad en agua (20°C)	<1000mg/litro
Densidad aparente	300-400 Kg./m3:compactada 520 Kg./m3
Punto de fusión/reblandecimiento	Estable a 1300 grados Celsius /No aplicable
Higroscopicidad	El producto es Higroscópico

10.-ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	El producto es estable
Condiciones a evitar	Ninguna conocida
Productos de la descomposición	Ninguno

11.-INFORMACION TOXICOLOGICA

Toxicidad aguda	
- Oral LD50	>10000 mg/(rata)
- Piel LD50	> 2000 mg/(conejo)
- Inhalación LC50	> 18.3mg/(rata)
Efectos locales:	
- Irritación aguda de la piel	No irritante (conejo)
- Irritación aguda del ojo	Ligeramente irritante (conejo)
Peligro de sensibilización	No sensibiliza
Mutagenicidad	No mutagénico
Carcinogenicidad	IARC Clase 3, no está clasificado para los humanos como carcinógeno. Inadecuada evidencia en estudios animales.
Toxicidad reproductiva	
- Debilita la fertilidad	No disponible
- Desarrollo toxicidad	No hay evidencias

12.-INFORMACION ECOLOGICA

Adoptar buenas practicas en el trabajo, para obtener resultados esperados aplicar con dirección técnica y mantener registro de información	
Toxicidad acuática:	
- Peces LC 50, 96 H	1800-3200 mg/l
- DAPHNIA EC50, 48 H	1000-1800mg/l
- ALGAS EC 50, 96 H	18 mg/l
- BIODEGRADABILIDAD	No aplicable

13.-CONSIDERACIONES PARA LA ELIMINACION

El producto no esta considerado como residuo peligroso. Recoger si es posible. En todo caso cumplir con las leyes y condiciones vigentes.
--

14.-INFORMACION PARA EL TRANSPORTE

Producto no peligroso	Transportar unitarizado	Usar vía marítima, aérea o terrestre	
Embalaje apropiado	Marcas las necesarias	No recomendable como carga suelta	No transportar con productos contaminantes
Transporte por carretera y ferrocarril		Transporte por vía aérea	
Es absorbente	En contacto permanente es abrasivo	Soporta presión	Soporta temperatura
Manipulación	No restringido	No explosivo	No peligroso

15.-OTRAS INFORMACIONES

Entrenamientos y emergencias	Instrucciones al personal sobre los riesgos del producto
Usos no recomendados	Mezclar con ácidos
Cualquier producto químico puede ser manejado en condiciones seguras, si se conocen sus propiedades físicas y químicas y se utilizan las medidas y prendas de protección adecuadas.	
Principales fuentes bibliográfica general en libros e internet	

La información contenida en esta ficha técnica y hoja de seguridad está basada en nuestro estado de conocimiento y son una guía para el usuario, intentando reflejar en la misma el estado actual de la técnica pero que, de ningún modo puede comprometer nuestra responsabilidad.

ZEONATEC S.A. ZEOLITA NATURAL DEL ECUADOR

Oficina: Ciudadela Las Garzas Mz 10 V 11 Piso 1

Telefax: 593 42 807989

Telf. Móvil 593 85819418

Guayaquil - Guayas

Planta: Cantón Isidro Ayora, Km. 1.8 vía Las Mercedes

Email: jchafla@hotmail.com

ANEXO X

FICHA TECNICA DEL POLICLORURO DE ALUMINIO.



Policloruro de Aluminio, PAC
Ficha Técnica del Producto



KOSHER PAREVE
3627
No Reg. 290



Certificado N° 182 / 1

Propiedades Químicas (AWWA B408-03)

Fórmula Química	$[Al(OH)_m Cl_{3-m}]_n$
Densidad a 25 °C, g/ml	1.23 ± 0.05
pH a 25 °C	2.5 ± 0.3
% Al ₂ O ₃	10.5 ± 0.5
Relación de Basicidad	70% min.

*Vida útil posterior a su fabricación: 3 meses

Indicaciones

El policloruro de aluminio (PAC) es una sal de alta basicidad con base en anión cloruro. Se diferencia del hidroxiclорuro de aluminio (ACH) porque presenta especies polinucleares del metal convirtiéndolo en un coagulante de alto desempeño, con excelentes propiedades para el tratamiento de aguas con dificultades especiales y generando bajo volumen de lodos, pues trabaja bien con poco suministro de alumina.

Condiciones de Manejo

El producto debe ser almacenado en tanques de fibra de vidrio, polietileno o acero recubierto en caucho y conducido empleando fibra de vidrio, PVC o cualquier otro material termoplástico. También es compatible con EPDM, Caucho Natural y Vitón. El producto no debe estar en contacto con hierro, acero al carbón, acero inoxidable y bronce.

Es deseable que el Policloruro de Aluminio Líquido sea dosificado tal como se recibe del proveedor y no ser contaminados por agua u otra impureza durante el almacenamiento.

Para la dosificación exacta y uniforme, debe ser usada una bomba de desplazamiento positivo. El producto no se deteriora con el tiempo mientras sea manejado bajo las condiciones explicadas. Su vida útil es de 3 meses.

Precauciones y Seguridad

El producto no presenta alto riesgo en su manejo pero, por ser una sal ácida debe tratarse con cuidado. Evite el contacto con metales que puedan sufrir corrosión tales como hierro, cobre, bronce, aluminio y acero inoxidable. Se recomienda el uso de guantes y gafas protectoras.

En los ojos y mucosas causa irritación; en caso de contacto debe enjuagarse con agua abundante.

El producto no emite gases y por lo tanto no causa efectos nocivos al ser inhalado.



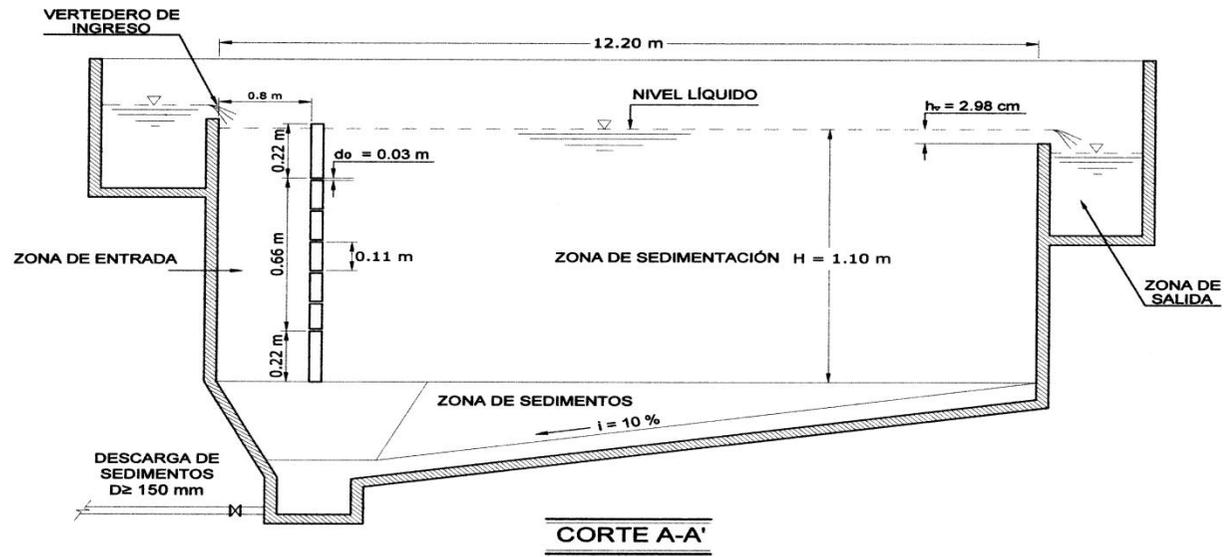
Oficina Principal y Producción

Medellín: Calle 55 No 46-85 Itagüí, Antioquia; Tel: (574)370 1170; Fax: (574)277 5676; sulfosa@sulfoquimica.com

Producción

- Barbosa: Via Girardota - El Hatillo km. 4 (Vereda Platanito), Barbosa, Antioquia. Tel. (574)289 2480, Fax. (574)289 1234; sgbarbosa@sulfoquimica.com
- Barranquilla: Via Malambo - Sabanagrande, km. 3, Parque Industrial PIMSA, Malambo, Atlántico, Tel (575)347 8350; Fax: (575)3478353; sgbarranquilla@sulfoquimica.com
- Caloto: Via Caloto - Santander de Quilichao, km. 7, Caloto, Cauca. Tel (572)550 4344; Fax: (572)550 4343; sgcaloto@sulfoquimica.com

ANEXO XI



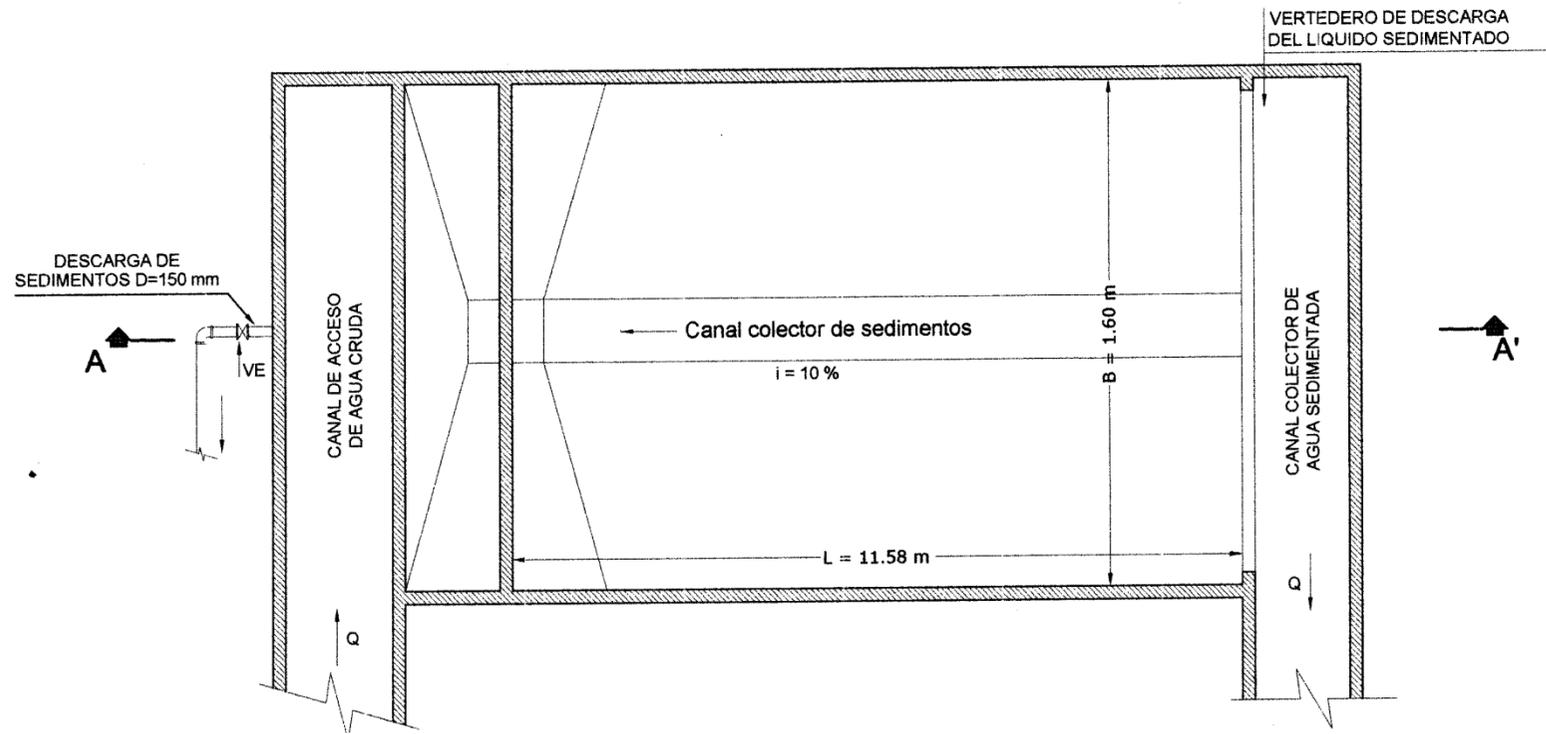
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIMENTADOR
a) Vista Lateral			

<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por aprobar
<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Para información

FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE ING. QUÍMICA
 MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN

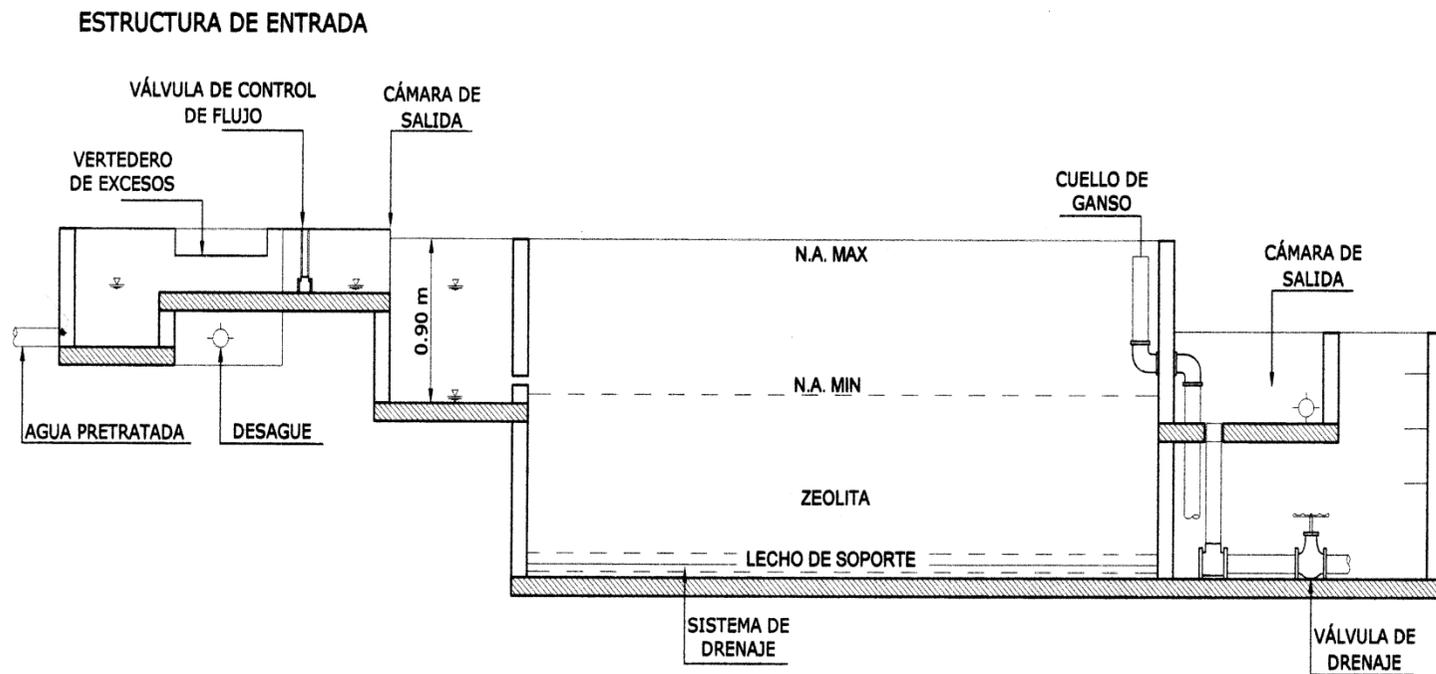
Lámina	Escala	Fecha
01	A4	08/06/2015

ANEXO XII



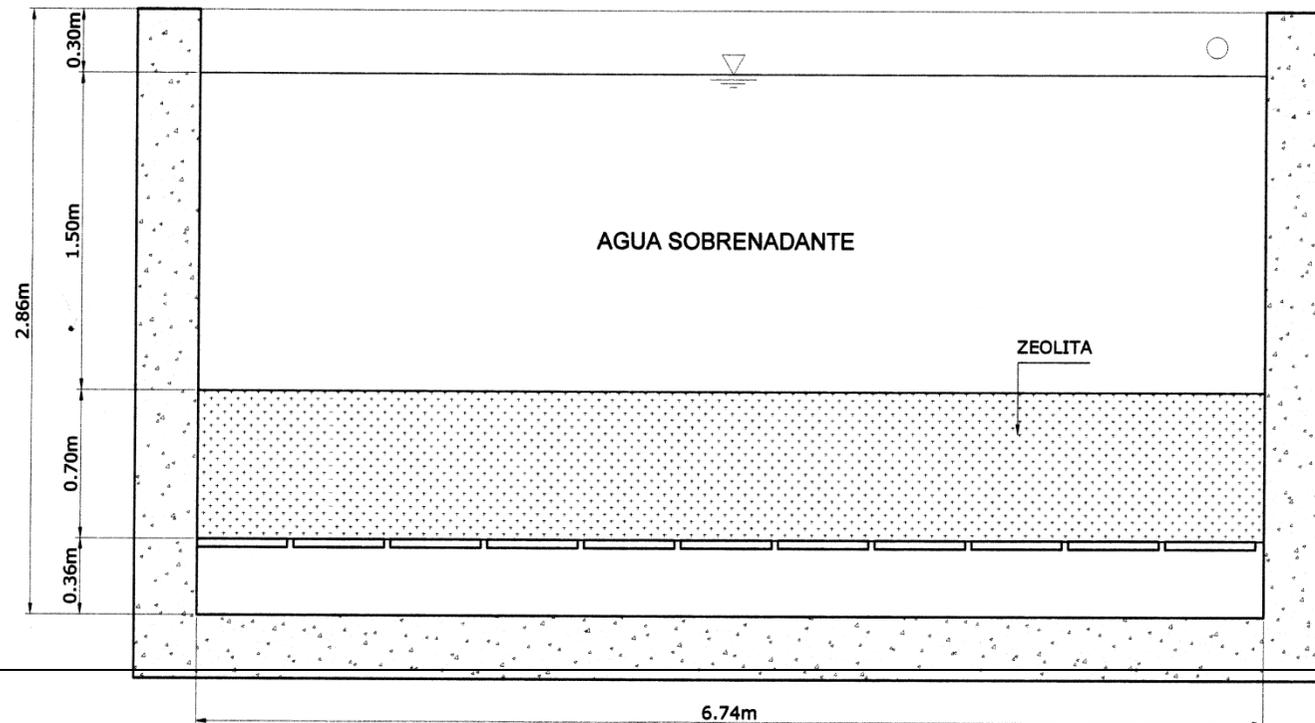
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIMENTADOR		
a) Vista Planta	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN	Lámina	Escala	Fecha
			02	A4	08/06/2015

ANEXO XIII



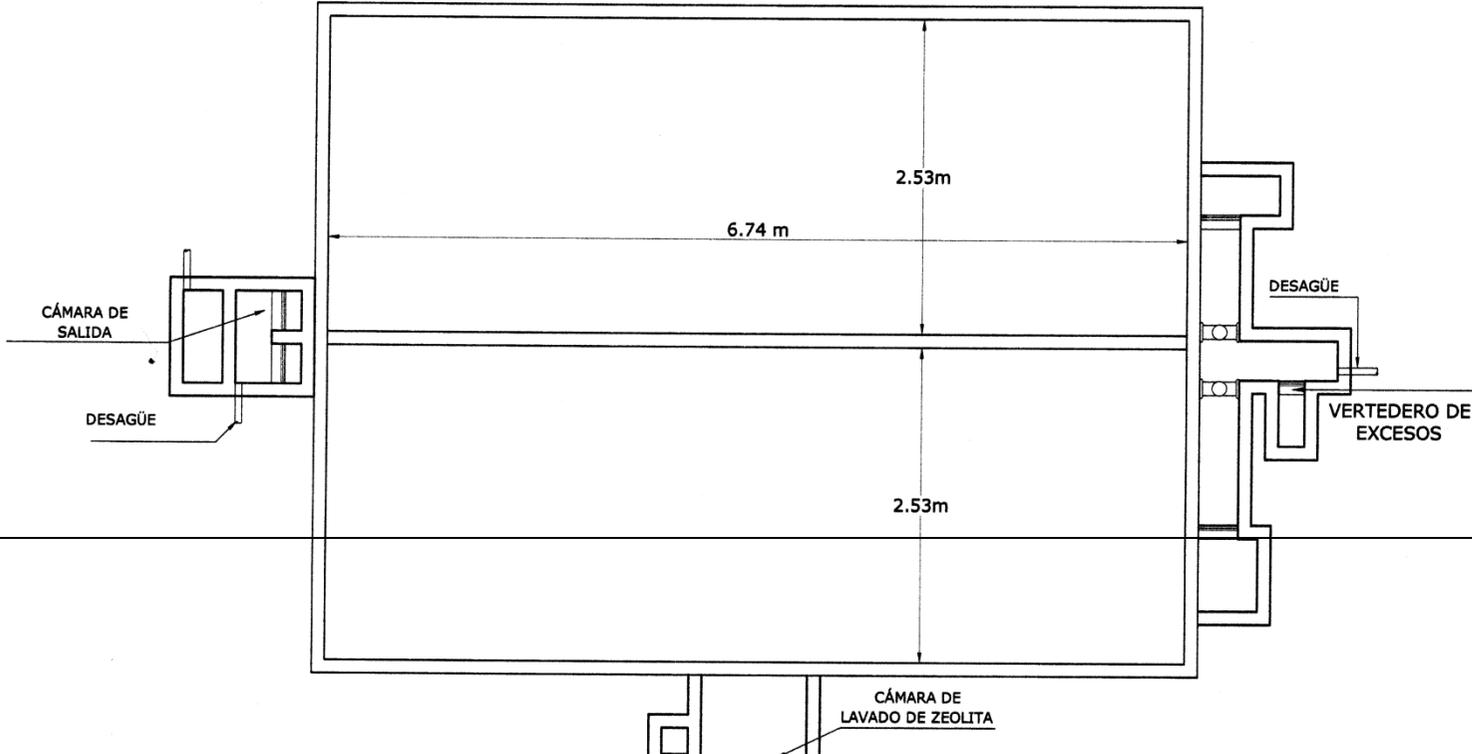
NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH		FILTRO LENTO DE ZEOLITA		
a) Vista Lateral		<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN		Lámina	Escala	Fecha
		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por aprobar			03	A4	08/06/2015
		<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Para					
		información						

ANEXO XIV



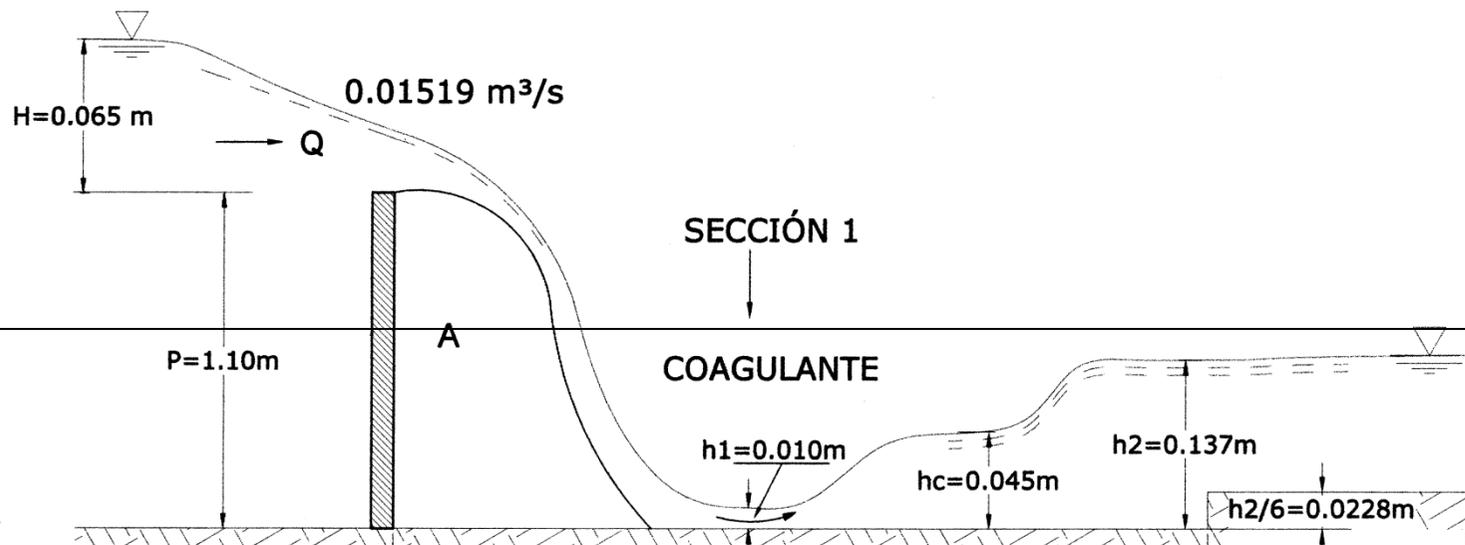
NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH		FILTRO LENTO DE ZEOLITA		
a) Vista Lateral		<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN		Lámina	Escala	Fecha
		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por aprobar					
		<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Para información			04	A4	08/06/2015

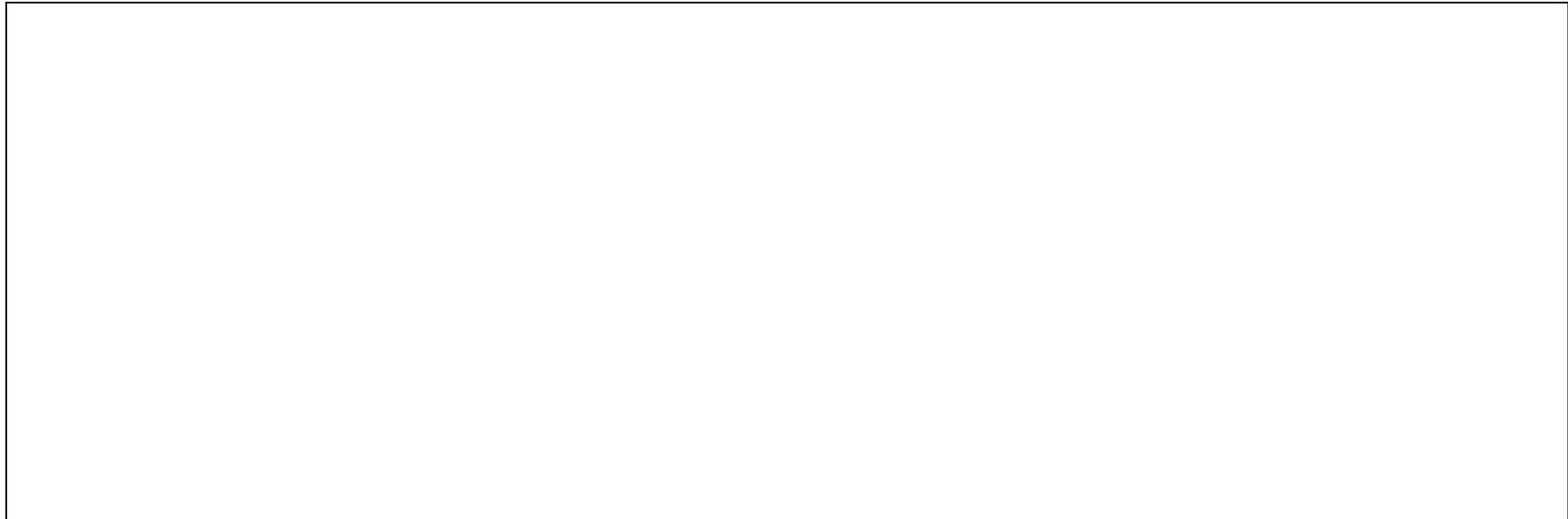
ANEXO XV



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FILTRO LENTO DE ZEOLITA		
a) Vista Planta	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN	Lámina	Escala	Fecha
			05	A4	08/06/2015

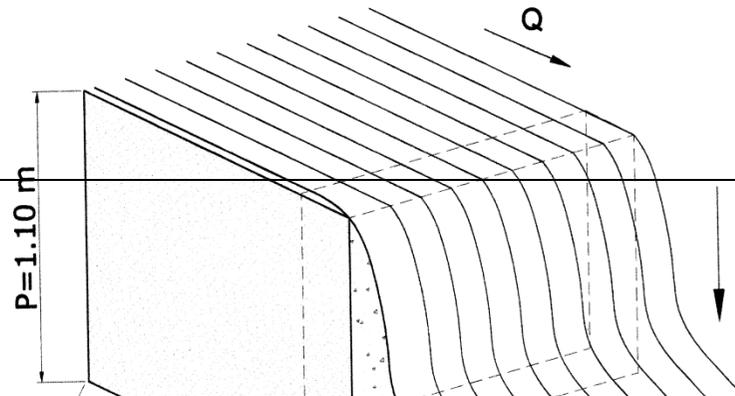
ANEXO XVI



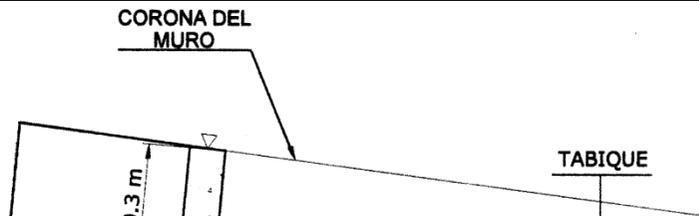


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR		
a) Vista Lateral	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN	Lámina	Escala	Fecha
			06	A4	08/06/2015

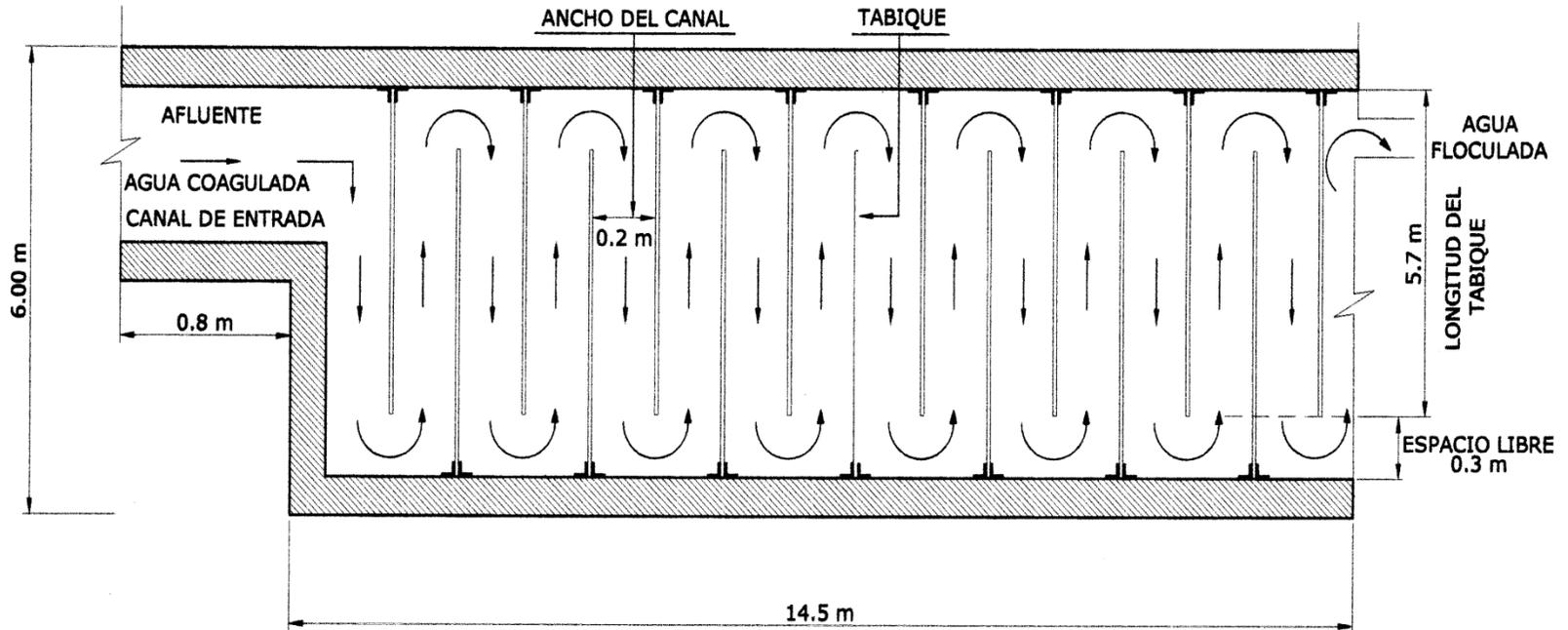
ANEXO XVII



NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH		MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO RECTANGULAR		
a) Vista Planta		<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA				
		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por aprobar					
		<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Para información	MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN		Lámina	Escala	Fecha
						07	A4	08/06/2015
ANEXO XVIII								



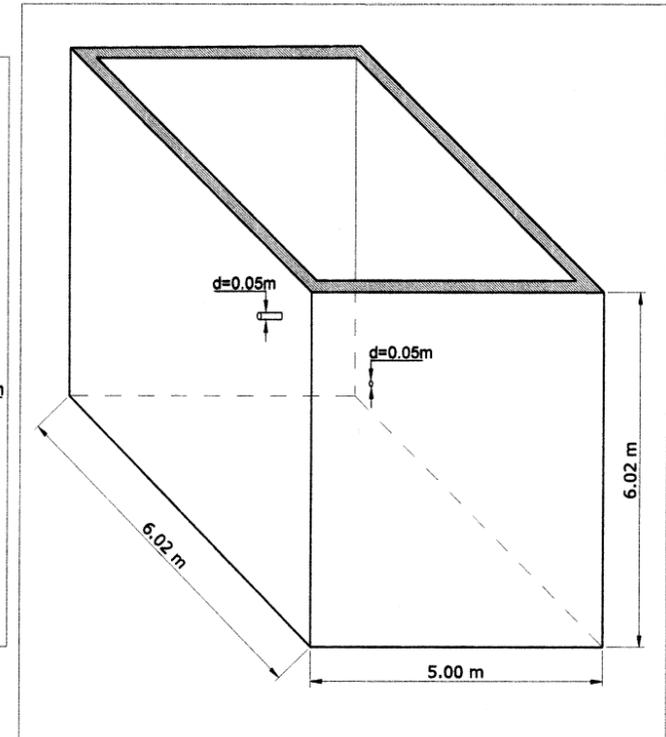
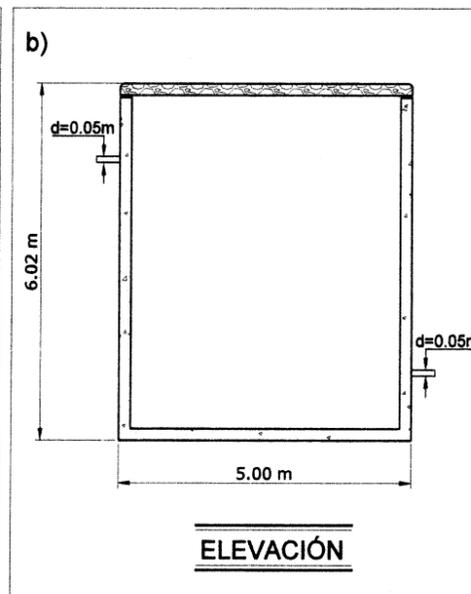
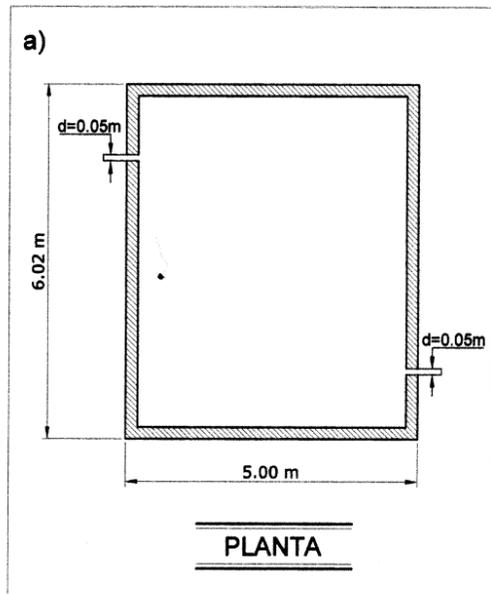
ANEXO XIX



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	
a) Vista Planta	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL

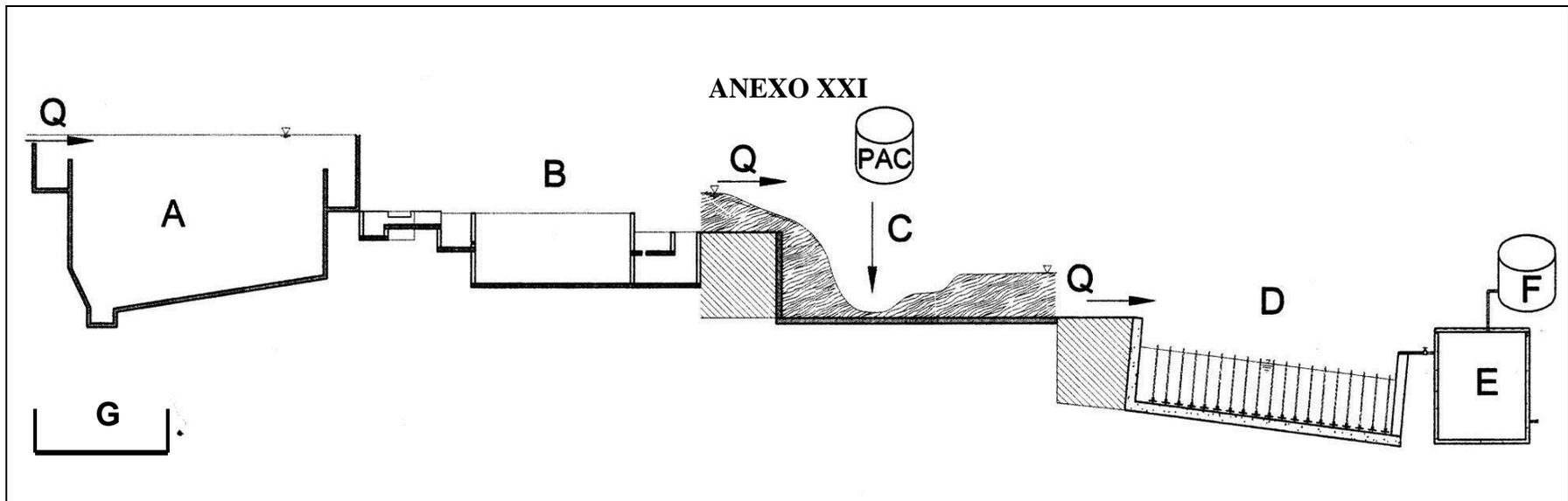
<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN	Lámina	Escala	Fecha
		09	A4	08/06/2015

ANEXO XX



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	
--------------	-------------------------------	---------------	--

a) Vista Planta b) Vista Lateral	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN	HIPOCLORADOR		
			Lámina	Escala	Fecha
			10	A4	08/06/2015



SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
A	SEDIMENTADOR SIMPLE
B	FILTRO LENTO DE ZEOLITA
C	MEZCLA RÁPIDA EN VERTEDERO REGTANGULAR
D	FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO HORIZONTAL
E	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
F	HIPOCLORADOR
PAC	POLICLORURO DE ALUMINIO 1%
G	LECHO DE SECADO DEL SEDIMENTADOR
H	LECHO DE SECADO DEL FLOCULADOR

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANTA DE POTABILIZACIÓN
a) Vista Lateral	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	

	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Para información	MARÍA AUGUSTA MORALES LEÓN	11	A4	08/06/2015