

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACION
INGENIERIA CIVIL**



TRABAJO DIRIGIDO

PROPUESTA DE CÁLCULO DE UN FILTRO LENTO EN ARENA PARA LA COMUNIDAD DE “SANTA ANA LA VIEJA”

POSTULANTE: NILTON ARNOLDY LUGO AIZAMA

TUTOR: ING. OSCAR RICARDI TORREZ

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

A DIOS.

Por concederme el don de la vida, el don de sabiduría e inteligencia y por estar
conmigo todos los días de mi vida.

A mi Madre:

Por ser la persona que más admiro en el mundo y un ejemplo a seguir, por su apoyo
su esfuerzo, su paciencia, todos estos años, este triunfo tiene su nombre. Porque sin
ella no hubiera sido posible.

A mis hermanos:

Por preocuparse por mí y empujarme a este gran éxito.

A mi familia:

Por ayudarme emocionalmente a seguir adelante con este gran logro.

A mis tribunales:

Ing. Oscar Ricaldi Torrez

Ing. Nelson Rodríguez

Ing. Weimar Adolfo Mejía

Por su colaboración en el proyecto de graduación y por haber sido parte de mi
formación académica.

INDICE

CAPÍTULO I:	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.4. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	5
1.5. OBJETIVOS	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. MARCO HISTÓRICO	7
2.2. ESTUDIOS PRELIMINARES	8
2.3. MARCO CONTEXTUAL	9
2.3.1. Información general	9
2.3.1.1. Ubicación física y geográfica	9
2.3.1.2. Vías de acceso a la zona	10
2.3.1.3. Selección del sitio de ubicación de la planta	11
2.3.1.4. Descripción física del área del proyecto	12
2.3.2. Información socioeconómica	12
2.3.2.2. Aspectos socioeconómicos	13
2.4. ESTUDIOS TÉCNICOS	15
2.4.4. Enfermedades relacionadas con el agua	23
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	25
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
3.2. MÉTODOS Y TÉCNICAS A UTILIZAR	25

3.3. CONCEPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA	26
3.3.1. Población del proyecto	26
3.3.1.1. Población inicial	26
3.3.1.2. Población futura	26
3.3.1.3. Métodos de cálculo para la población futura	26
3.3.2. Consumo de agua	28
3.3.3. Caudales de diseño	30
3.3.3.1. Caudal medio diario (Q_{md})	30
3.3.3.2. Caudal máximo diario ($Q_{max.d}$)	31
3.3.4. Tendencias de crecimiento de la población	31
3.3.5. Periodo de diseño (T)	32
3.4. FILTRACIÓN LENTA EN ARENA	33
3.4.1. Definición	33
3.4.2. Aspectos generales	33
3.4.3. Componentes principales del “FLA”	34
3.4.4. Descripción del proceso de purificación	44
3.4.5. Mecanismos de la desinfección mediante filtración lenta	46
3.4.6. Rendimiento de los filtros lentos de arena	50
3.4.7. Aplicabilidad del FLA	51
3.4.8. Ventajas de la filtración lenta en arena	52
3.4.9. Factores que modifican la eficiencia del filtro lento de arena	53
3.4.10. Operación y mantenimiento de filtros lentos de arena	56
3.4.11. Pre tratamiento en combinación con “FLA”	62
CAPITULO IV: DISEÑO	70
4.1. Introducción	70

4.3. ESPECIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS DEL FLA	75
4.3.1. Caja del filtro	76
4.3.2. Capa de agua sobrenadante.....	79
4.3.3. Lecho filtrante de arena	80
4.3.4. Capa de soporte	92
4.3.5. Sistema de drenaje.....	93
4.3.6. Altura del filtro	99
4.3.7. Control de la velocidad de filtración.....	99
4.3.8. Resumen de parámetros de diseño de un FLA	104
4.4. INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO	105
4.4.1. Información existente	105
4.4.2. Tipo de proyecto	105
4.4.3. Localización del proyecto.....	105
4.4.4. Descripción física del área del proyecto	106
4.5. ESTUDIOS SOCIOECONÓMICOS	107
4.5.1. Aspectos Demográficos	107
4.5.2. Aspectos socioeconómicos	109
4.6. PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO	111
4.6.1. Laboratorio de Química	111
4.6.2. Laboratorio de suelos.....	111
CAPITULO V: CALCULOS Y RESULTADOS	113
MUESTRA N° 1	126
MUESTRA N° 2	128
MUESTRA N° 3	129
5.1. CONCEPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA	144

a. Población actual	144
b. Periodo de diseño	144
c. Población futura	145
d. Dotación media diaria	147
e. Dotación futura	147
f. Consumo medio diario	148
5.2. DISEÑO de los elementos del “FLA”	149
5.2.1. Diseño de la caja del filtro	149
5.2.2. Altura del borde libre	151
5.2.3. Diseño de la capa de agua sobrenadante	151
5.2.4. Diseño del lecho filtrante de arena	152
5.2.4.1. Pérdida de carga en el lecho filtrante (arena)	152
5.2.5. Altura de la capa de soporte	154
5.2.5.1. Perdida de carga en la capa de soporte del filtro (grava)	155
5.2.6. Diseño del sistema de drenaje	155
5.2.6.1. Dren principal	155
5.2.6.2. Tuberías laterales (L)	157
5.2.6.3. Altura del filtro H_F	167
5.2.7. Estructura de ingreso al filtro	167
5.2.7.1. Tubería de ingreso	168
5.2.7.2. Orificio de entrada de agua cruda	168
5.2.7.3. Vertedero de aforo	170
5.2.7.4. Orificio de entrada a la caja del filtro lento de arena	172
5.2.8. Estructura de salida	174
5.2.8.1. Tubería de vaciado de la capa de agua sobre nadante	174

5.2.8.2. Control de excedencias	175
5.3. Pérdidas de carga y niveles.....	176
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.....	179
A. CONCLUSIONES	179
B. RECOMENDACIONES	181
BIBLIOGRAFIA.....	183

INDICE DE TABLAS

Tabla 1, Valores máximos permitidos por la Norma Boliviana.....	22
Tabla 2. Clases de enfermedades Infecciosas.	23
Tabla 3. Método de cálculo para estimación de población futura.....	27
Tabla 4. Dotación media diaria.	29
Tabla 5. Periodos de diseño.	32
Tabla 6. Clasificación Internacional de las arenas.	38
Tabla 7. Clasificación M.I.T.	39
Tabla 8. Clasificación de Kopecky.	39
Tabla 9 Rendimiento de los filtros lentos	50
Tabla 10. Variables que afectan la eficiencia de un filtro lento.....	55
Tabla 11 Guía para seleccionar un sistema de tratamiento de agua.....	69
Tabla 12 Criterios de diseño.	75
Tabla 13 Velocidades de filtración.	76
Tabla 14. valores de coeficiente c_1	77
Tabla 15 Resumen para el diseño del medio filtrante.	81
Tabla 16 Granulometría de la capa soporte.....	92
Tabla 17 Criterios de dimensionamiento del sistema de drenaje.....	95
Tabla 18 Resumen de los para metros de diseño	104
Tabla 19 Datos de comparación de habitantes Santa Ana.	108
Tabla 20 Datos de población actual.	108
Tabla 21 Resumen de muestras de laboratorio.	136
Tabla 22 Datos temperatura vs. Peso	137
Tabla 23 Datos para la permeabilidad obtenida en laboratorio.....	137
Tabla 24 Calculo de la permeabilidad.....	141
Tabla 25 Datos para el peso específico obtenidos en laboratorio	143
Tabla 26 Dotacion inicial de agua.....	147
Tabla 27 Características de la grava.....	154

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Clasificación de los solidos.....	18
Ilustración 2 detalle de los componentes del FLA	34
Ilustración 3 Esquemas de filtros lentos.....	37
Ilustración 4. Estructura de Salida del FLA	42
Ilustración 5 Dispositivos de regulación y control del FLA	43
Ilustración 6 Compuerta de vertedero	44
Ilustración 7 Valvula de compuerta	44
Ilustración 8. Líneas de flujo de mecanismos de transporte	47
Ilustración 9 Líneas de flujo en el interior del lecho filtrante	48
Ilustración 10 Proceso de encimado.....	61
Ilustración 11 Esquema de filtración en el lecho del rio.	63
Ilustración 12 Tanque de sedimentación simple.	64
Ilustración 13 Estructura de entrada y salida de un tanque de sedimentación simple.	65
Ilustración 14 Filtro grueso rápido.....	66
Ilustración 15 Filtración preliminar por flujo horizontal.	67
Ilustración 16 Modulos de filtración	78
Ilustración 17. Esquema del permeámetro de carga constante.	90
Ilustración 18 Capa soporte y tubería de drenaje de un FLA.....	93
Ilustración 19. Disposición de las tuberías.....	94
Ilustración 20 Disposición de orificios	97
Ilustración 21. Altura total del filtro	99
Ilustración 22. Unidades de control de un FLA.	101
Ilustración 23. Unidades de control de salida	102
Ilustración 24 Vertederos y sus ecuaciones de descarga.....	104

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Método Aritmético	27
Ecuación 2 Método Geométrico.....	27
Ecuación 3 Método De Wappaus	27
Ecuación 4 Método Exponencial	27
Ecuación 5 Dotación Futura.....	29
Ecuación 6 Caudal Medio Diario.....	30
Ecuación 7 Caudal Máximo Diario.....	31
Ecuación 8 Factor De Consumo.....	31
Ecuación 9 Superficie De La Unidad Del Filtro	77
Ecuación 10 Numero De Filtros.....	77
Ecuación 10-a Área Total De Filtro	78
Ecuación 11 Módulos De Filtración	78
Ecuación 12 Longitud De Pared	79
Ecuación 13 Longitud Total De Pared	79
Ecuación 14 Porcentaje Retenido.....	82
Ecuación 15 Porcentaje Que Pasa	82
Ecuación 16 Coeficiente De Uniformidad	83
Ecuación 16-A Diámetro Efectivo	83
Ecuación 16-B Coeficiente De Uniformidad De Allen Hasen.....	83
Ecuación 17 Peso Utilizable.....	84
Ecuación 18 Pasa Demasiado Fina	84
Ecuación 19 Pasa Demasiado Grueso	84
Ecuación 20 Peso Específico	86
Ecuación 21 Porosidad	87

Ecuación 22 Volumen De Vacíos	87
Ecuación 23 Volumen De La Muestra	87
Ecuación 24 Velocidad De Escurrimiento	88
Ecuación 25 Caudal De Escurrimiento	89
Ecuación 26 Constante De Permeabilidad	89
Ecuación 27 Constante De Permeabilidad A Temperatura 20°	90
Ecuación 28 % De Solubilidad	92
Ecuación 29 Relación De Velocidades (Drenes)	94
Ecuación 30 Separación Entre Drenes Laterales	95
Ecuación 31 Separación Entre Drenes Laterales Pare Y Muro	95
Ecuación 32 Numero De Drenes Laterales	95
Ecuación 33 Longitud Del Dren Lateral	96
Ecuación 34 Longitud Total De Los Drenes Laterales	96
Ecuación 35 Velocidad Del Dren Lateral	96
Ecuación 36 Caudal Para Cada Dren Lateral	96
Ecuación 37 Diámetro Del Tubo Lateral	96
Ecuación 38 Número Total De Orificios	97
Ecuación 39 Caudal Del Orificio	97
Ecuación 40 Ecuación De Orificios	97
Ecuación 41 Área Del Orificio.....	98
Ecuación 42 Diámetro De Cada Orificio	98
Ecuación 43 Caudal De Filtración	98
Ecuación 44 Área De Una Circunferencia	99
Ecuación 45 Diámetro De Una Circunferencia.....	99
Ecuación 46 Longitud De La Tubería Principal	99