

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
“DPTO. DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS”



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
PARA EL REUSO DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN RIEGO
DE ÁREAS VERDES EN EL PARQUE MIRADOR HÉROES DE LA
INDEPENDENCIA (SENAC)”**

POR:

AYDA YISELL AGUIAR FERNÁNDEZ

Proyecto presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

SEMESTRE II / GESTIÓN 2016

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
PARA EL REUSO DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN RIEGO
DE ÁREAS VERDES EN EL PARQUE MIRADOR HÉROES DE LA
INDEPENDENCIA (SENAC)”**

POR:

AYDA YISELL AGUIAR FERNÁNDEZ

SEMESTRE II / GESTIÓN 2016

TARIJA-BOLIVIA

V° B° Ing. Juan Carlos Loza Vélez

DOCENTE CIV-502

.....
M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez

**DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Ing. Silvana Paz Ramírez

**VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Moisés Perales Avilés

.....
Ing. Jaime Zenteno Benítez

.....
Ing. Alberto Calderón Orellana

ADVERTENCIA

El docente y el tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidades del autor.

DEDICATORIA

Con todo mi amor a mi madre Aida Fernández, por su sacrificio, esfuerzo, amor y dedicación para darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad para conseguir mis sueños, agradecida por todas tus palabras de aliento y la ayuda que siempre me has brindado ha sido sumamente importante, sobre todo estando ahí a mi lado en los momentos y situaciones más difíciles sosteniendo mi mano para alcanzar este objetivo.

No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, siempre fuiste motivadora y perseverante para que logre mis sueños.

Y a mí angelito que me ha acompañado en esta última etapa, llegaste para cambiar y alegrar nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, Padre Celestial que me dio salud, fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar.

A mi familia en general, que siempre ha estado acompañándome en el transitar de mi vida, acrecentando mi ser con sus consejos, su paciencia y su infinito cariño, que nunca me permitieron decaer para que siga adelante, sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mis amigos, compañeros y docentes presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas; y a todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

A todos ustedes

¡GRACIAS TOTALES!

Los sueños parecen al principio imposibles, luego improbables, y luego, cuando nos comprometemos, se vuelven inevitables.

Mahatma Ghandi

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1.1 SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DEL TEMA DEL PROYECTO	1
1.1.1 ANTECEDENTES PRELIMINARES DEL TEMA	2
1.2 ÁREA DE ESTUDIO	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:	5
1.3.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	6
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	6
1.5.1 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	7
1.5.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	7
1.5.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	7
1.5.4 JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL	7
1.6 MARCO DE REFERENCIA	8
1.6.1 MARCO TEÓRICO	8
1.6.2 MARCO CONCEPTUAL	23
1.6.3 MARCO ESPACIAL	25
1.6.4 MARCO TEMPORAL	26
CAPÍTULO II	27
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	27
2.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS LÍQUIDOS CLOACALES	27
2.1.2 EL LIQUÍDO CLOACAL: CARACTERÍSTICAS SEGÚN SU ORIGEN ...	28
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES:	29
2.1.4 CARACTERIZACIÓN BACTERIOLÓGICA DEL AGUA:	29
2.1.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA:	30

2.2	TIPOS DE DISPOSICIÓN FINAL DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA...	31
2.3	RE USO DEL AGUA EN RIEGO	33
2.3.1	GENERALIDADES DEL REUSO	34
2.3.2	AGUAS RESIDUALES Y REUSO.....	35
2.3.3	TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES:	37
2.4	CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO	40
2.4.1	NORMAS INTERNACIONALES.....	40
2.4.2	NORMAS DE CALIDAD VIGENTES.	43
2.4.3	RE USO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO DE PARQUES, JARDINES PÚBLICOS Y CAMPOS DEPORTIVOS.....	45
2.5	EXPERIENCIAS EN EL USO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA CON FINES DE RIEGO.....	47
2.6	TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	51
2.6.1	PROCESOS UNITARIOS DE LA DEPURACIÓN DEL AGUA:	51
2.6.2	TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO.....	54
2.7	CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y NORMATIVA BOLIVIANA	64
2.7.1	LEY 1333 REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACION HÍDRICA	66
CAPÍTULO III		69
3.1	PARÁMETROS DE CONTROL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	70
3.1.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES EN LAS AGUAS RESIDUALES.....	70
3.1.2	GRASAS Y ACEITES	72
3.1.3	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	73
3.1.4	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).....	74
3.2	PARTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO A DISEÑAR	77
3.2.1	PRE TRATAMIENTO.....	77
3.2.2	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	80

3.2.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO	83
3.2.4 LECHOS DE SECADO	85
 CAPÍTULO IV	 88
4.1 CROQUIS DE PLANTA	88
4.2 CÁLCULO DEL CAUDAL REQUERIDO (NECESIDADES HÍDRICAS DEL JARDÍN).....	89
4.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO ...	102
4.4 ELECCIÓN Y DISEÑO DE LA ADUCCIÓN	103
4.5 CROQUIS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	111
4.6 PRE-TRATAMIENTO.....	112
4.6.3 DESGRASADOR.....	130
4.7 TRATAMIENTO PRIMARIO.....	134
4.7.1 CÁMARA SÉPTICA	134
4.8 TRATAMIENTO SECUNDARIO	142
4.9 DISEÑO DEL TANQUE DE REGULACIÓN	159
4.10 DISEÑO DE TUBERÍA BY PASS	161
4.11 EFICIENCIA	162
4.12 ELECCIÓN Y DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN AL CÁRCAMO	164
CONCLUSIONES.....	175
RECOMENDACIONES	178
BIBLIOGRAFÍA	180
ANEXO 1	186
ANEXO 2 DATOS DE EVAPOTRASPIRACIÓN Y PRECIPITACIÓN MEDIA .	192
EVAPOTRASPIRACIÓN.....	192
PRECIPITACIÓN MEDIA	196
ANEXO 3	200
ELECCIÓN DE LA ADUCCIÓN $\Delta z= 3,5m$	200
ELECCIÓN DE LA ADUCCIÓN $\Delta z= 4,5m$	203
ELECCIÓN DE LA ADUCCIÓN $\Delta z= 5,5m$	205

ELECCIÓN DE LA ADUCCIÓN $\Delta z= 6,5m$	208
ELECCIÓN DE LA ADUCCIÓN $\Delta z= 7,5m$	211
ANEXO 4	215
ELECCIÓN DE LA CONDUCCIÓN	215
ALTERNATIVA 1 TANQUE ARRIBA	215
CAUDAL 6,17 l/s.....	215
CAUDAL 3,09 l/s.....	218
ALTERNATIVA 2 TANQUE ABAJO.....	220
CAUDAL 3,09 l/s.....	220
ANEXO 5 DISEÑO DEL CÁRCAMO Y DEL SISTEMA DE RIEGO	223
ANEXO 6	228
ANEXO 7	229
ANEXO 8 RESULTADOS DE LABORATORIO	239
FOTOGRAFÍAS DE LA EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS	241

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Vista satelital del área de estudio Parque Mirador Héroes de la Independencia.....	2
Ilustración 1.2 Vista satelital del área de Parque Mirador Héroes de la Independencia sin relieve	4
Ilustración 1.3 Vista de una Planta de Tratamiento.....	13
Ilustración 1.4 Tamiz.....	14
Ilustración 1.5 Esquema de Rejas en una Planta de Tratamiento.....	15
Ilustración 1.6 Esquema de un Microfiltro.....	16
Ilustración 1.7 La Coagulación - Floculación en el Proceso de Tratamiento.....	17
Ilustración 1.8 Sistema de Lodos Activados	19
Ilustración 1.9 Filtro Percolador.....	20
Ilustración 1.10 Esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	22
Ilustración 2.1 Distribución de los sólidos contenidos en el agua residual urbana típica	28
Ilustración 2.2 Ejemplos combinación de procesos unitarios de depuración:	54
Ilustración 2.3 Esquema del fango activado.....	59
Ilustración 4.1 Croquis del Proyecto	88
Ilustración 4.2 Esquema de la Evapotranspiración; Necesidades de agua de las plantas.	89
Ilustración 4.3 Curva de necesidades de lavados	98
Ilustración 4.4 Curva de Necesidades de Lavados	99
Ilustración 4.5 Croquis sistema de Aducción.....	103
Ilustración 4.6 Esquema de la tubería de aducción (diámetro calculado)	107
Ilustración 4.7 Croquis de los componentes de la Planta de Tratamiento.....	111
Ilustración 4.8 Vista en planta de un sistema de PRE-TRATAMIENTO	112
Ilustración 4.9 Imágenes de dos cámaras de rejas	114
Ilustración 4.10 Cámara de rejas: planta, cortes longitudinal y transversal	123
Ilustración 4.11 Imagen de un desarenador de una planta de tratamiento de re uso de aguas residuales	124

Ilustración 4.12 Imagen de un desgrasador en planta de tratamiento.....	130
Ilustración 4.13 Esquema de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RALF)..	142
Ilustración 4.14 Esquema de un lecho de secado	153
Ilustración 4.15 Croquis del sistema de Conducción	164
Ilustración 4.16 Esquema de la tubería de Conducción (diámetro calculado)	168
Ilustración 4.17 Esquema de la tubería de Conducción (diámetro calculado)	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1	Coordenadas del área de estudio	3
Tabla 2.1	Principales cultivos empleados para re uso de aguas residuales domésticas*36	
Tabla 2.2	Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas	43
Tabla 2.3	Recomendaciones de la OMS para la reutilización de aguas residuales en riego agrícola	44
Tabla 2.4	Normativa de la Agencia de protección ambiental (EE. UU) sobre la reutilización de aguas residuales para uso agrícola	45
Tabla 2.5	Recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público	46
Tabla 2.6	Normas de la Agencia de Protección Ambiental para el riego de parques, campos deportivos, zonas verdes y otros usos.....	46
Tabla 2.7	Sistema de Tratamiento y Disposición final de las aguas residuales en los casos estudiados	50
Tabla 2.8	Calidad microbiológica de las aguas residuales empeladas para riego en los casos estudiados.....	51
Tabla 2.9	Periodo de supervivencia para los diferentes microorganismos en Lodos..	61
Tabla 3.1	Criterio de Diseño de desarenadores.....	80
Tabla 3.2	Valores de la Tasa de acumulación de lodo.....	82
Tabla 3.3	Recomendaciones para tipo de lodo digerido.....	86
Tabla 4.1	El valor del coeficiente de especie es clave para la determinación del coeficiente del jardín.....	91
Tabla 4.2	Valores Del Coeficiente De Densidad.....	92

Tabla 4.3 Valores Del Coeficiente De Microclima	93
Tabla 4.4 Tabla de Valores obtenidos para calcular el Coeficiente de Jardín	94
Tabla 4.5 Relación DBO5/ DQO.....	102
Tabla 4.6 Elección de Alternativas para el diseño de la aducción	104
Tabla 4.7 Tabla diseñada por el programa Aquasystems (Diámetro asumido por el programa).....	105
Tabla 4.8 Recomendaciones para el Diseño	113
Tabla 4.9 Valores más comunes que adopta el coeficiente (β)	121
Tabla 4.10 Criterio de Diseño de desarenadores	125
Tabla 4.11 Carga de diseño reactores (RAFA).....	145
Tabla 4.12 Tiempo de retención en bio digestores RAFA	146
Tabla 4.13 Áreas típicas requeridas para Lecho de secado abierto.	155
Tabla 4.14 Eficiencia de remoción en tipos de tratamiento	162
Tabla 4.15 Eficiencia de remoción en sistemas de tratamiento.....	162
Tabla 4.16 Tabla de Remoción de la demanda Bioquímica del Oxígeno	163
Tabla 4.17 Elección de Alternativas para el diseño de la Conducción.....	165
Tabla 4.18 Tabla diseñada por el programa Aquasystems (Diámetro asumido por el programa).....	166
Tabla A.1 Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso	187
Tabla A.2 Valores máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores.....	188
Tabla A.3 Límites permisibles para descargas liquidas en mg/l	191
Tabla A.4 Evapotranspiración total (mm)	192
Tabla A.5 Precipitación Media (mm).....	196
Tabla A.6 Datos del aspersor.....	223
Tabla A.7 Tubería clase 9.....	228
Tabla A.8 Tubería esquema 40.....	228
Tabla A.9 tabla de los tirantes medidos en el colector de la calle 6 Barrio Méndez Arcos	229
Tabla A.10 Cálculo del caudal medio diario en el colector de la calle 6 Barrio Méndez Arcos.....	238

