

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA CABECERA PARROQUIAL DE LICÁN”**

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

JULIANA MARIBEL MAITA ABAD

RIOBAMBA-ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme su amor protección y fortaleza en todo momento, a mis padres pilares fundamentales de mi vida, infinitas gracias por su amor, entereza y apoyo incondicional en mi formación personal y académica, a mis hermanos por todo el cariño, y cooperación.

Al Dr. Gerardo León, Director de Tesis por la confianza y paciencia brindada; y por su invaluable colaboración en el desarrollo de la presente investigación; a usted mi gratitud eterna.

Al Dr. Raúl Valverde y a la Dra. Jenny Moreno distinguidos miembros del tribunal quienes con su valioso aporte han permitido el progreso de este trabajo.

A todos quienes conforman la Junta Parroquial de Licán de manera especial al Licenciado Pedro Brito por la contribución y apertura prestadas para la realización de mi trabajo de Tesis.

A todos quienes de alguna u otra manera me brindaron su ayuda desinteresada para conseguir culminar esta investigación, “gracias amigos”.

Juliana

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia de manera especial a mis padres Ramiro y Elizabeth, y a mis hermanos Pablo y David, por ser fuente inagotable de amor, alegría, comprensión, confianza y ayuda en cada etapa de mi vida, para ustedes con todo el corazón porque han sido y serán la mayor motivación para superar cada meta planteada a lo largo de mi existencia.

¡Los amo infinitamente!

Juliana

“Yo, Juliana Maribel Maita Abad, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

JULIANA MARIBEL MAITA ABAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

% Sólidos:	Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo residual
ρ_s	Densidad de la arena, g/cm ³
\emptyset	Diámetro de la partícula
°C	Grados Celsius
A	Área total
A_L	Área libre al paso del agua
A_f	Área del filtro
A_{ls}	Área lecho de secado
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Word Association
AS	Área del sedimentador
A_s	Área superficial
B	Ancho del tanque imhoff
B	ancho del canal, ancho del sedimentador
CR	Coefficiente de retorno
C	Carga de sólidos que ingresa a sedimentar
C_D	Coefficiente de arrastre
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
C_s	Carga Superficial
C	Altura de la cámara de sedimentación
D	Dotación de agua
D_m	Profundidad total del Tanque Imhoff
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
F	Factor de mayoración (L/s)
FAFA	Filtro anaerobio de flujo ascendente
F_{cr}	Factor de capacidad relativa
G	Aceleración de la gravedad
Hu	Profundidad útil del filtro

H	Tirante del agua en el canal
H	Altura del canal
Hal	Profundidad de aplicación de lodos
H _{máx}	Lámina de agua correspondiente al caudal máximo
H _{mín}	Lámina de agua correspondiente al caudal mínimo
H _D	Profundidad del desarenador
H _f	Pérdida de carga
H _s	Altura de seguridad
H _v	Altura del tirante del vertedero
K	Coefficiente de Manning
L	Longitud
LAB – CESTTA	Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección, del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental
L _D	Longitud del desarenador
M	Metros
m/h	Metros por hora
m/s	Metros por segundo
Mm	Milímetros
Msd	Masa de sólidos que conforman los lodos
N	Coefficiente de rugosidad de Manning.
Nb	Número de barras
NMP	Número más probable
OPS	Organización Panamericana de la Salud
P	Población de diseño
P _f	Población futura
pH	Potencial de hidrógeno
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
Q	Caudal
Q _{CE}	Caudal de conexiones erradas
Q _{Diseño}	Caudal de diseño
Q _i	Caudal instantáneo

Q_{INF}	Caudal de infiltración
Q_m	Caudal medio
Q_{MD}	Caudal medio diario de aguas residuales
$Q_{m\acute{a}x.}$	Caudal máximo diario de diseño
Q_{min}	Caudal mínimo
$Q_{mínDiseño}$	Caudal mínimo de diseño
Re	Número de Reynolds
R_H	Radio hidráulico
S	Pendiente o gradiente hidráulico
SS	Sólidos suspendidos
T_d	Tiempo de digestión
T_r	Tiempo de retención hidráulica
V	Velocidad de flujo
V	Volumen
V_a	Velocidad en el canal de aproximación.
V_a	Velocidad de arrastre.
V_{Bm}	Velocidad a través de las rejillas.
V_d	Volumen de la cámara de digestión
V_{el}	Volumen a extraerse del tanque
V_f	Volumen del filtro
V_h	Velocidad horizontal
V_{ld}	Volumen diario de lodos digeridos
V_s	Velocidad de sedimentación
V_S	Volumen del sedimentador
V_s	Velocidad de sedimentación
W	Ancho de garganta del canal Parshall

ÍNDICE GENERAL

1	MARCO TEÓRICO	1
1.1	AGUAS RESIDUALES	1
1.1.1	CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	1
1.1.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	2
1.1.2.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	3
1.1.2.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	4
1.1.2.3	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	8
1.2	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	11
1.2.1	TIPOS DE TRATAMIENTO	12
1.2.1.1	TRATAMIENTO PRELIMINAR	12
1.2.1.2	TRATAMIENTO PRIMARIO	12
1.2.1.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	13
1.2.1.4	TRATAMIENTO AVANZADO O TERCARIO.....	13
1.2.2	PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	14
1.2.2.1	OPERACIONES FÍSICAS UNITARIAS.....	14
1.2.2.2	PROCESOS QUÍMICOS UNITARIOS	15
1.2.2.3	PROCESOS BIOLÓGICOS UNITARIOS.....	16
1.3	CAUDALES EN AGUAS RESIDUALES.....	18
1.3.1	MEDICIÓN DE CAUDALES	18
1.3.2	EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE FLUJOS DE DISEÑO.....	18
1.3.3	CARGAS CONTAMINANTES	19
1.3.4	MUESTREO.....	20
1.3.4.1	TIPOS DE MUESTRAS.....	20
1.4	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS POBLACIONES	21
1.4.1	CANAL DE LLEGADA.....	22

1.4.1.1	DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE LLEGADA.....	22
1.4.2	REJILLAS.....	23
1.4.2.1	DIMENSIONAMIENTO.....	25
1.4.3	CANAL PARSHALL.....	27
1.4.4	DESARENADOR.....	28
1.4.4.1	COMPONENTES.....	29
1.4.4.2	CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	29
1.4.4.3	DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR RECTANGULAR DE FLUJO HORIZONTAL.....	31
1.4.5	TANQUE IMHOFF.....	35
1.4.5.1	DIMENSIONAMIENTO.....	36
1.4.5.1.1	DISEÑO DEL SEDIMENTADOR.....	37
1.4.5.1.2	DISEÑO DEL DIGESTOR O CÁMARA DE DIGESTIÓN.....	38
1.4.5.1.3	EXTRACCIÓN DE LODOS.....	40
1.4.6	LECHOS DE SECADO.....	40
1.4.6.1	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.....	40
1.4.6.2	DIMENSIONAMIENTO.....	42
1.4.7	FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA).....	43
1.4.7.1	DIMENSIONAMIENTO.....	44
1.5	NORMATIVA AMBIENTAL.....	47
1.6	GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	48
1.6.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	49
1.6.2	CLIMATOLOGÍA.....	52
1.6.3	CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS.....	53
1.6.4	RIESGOS NATURALES.....	54
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
2.1	MATERIALES Y EQUIPOS.....	56
2.1.1.1	MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO Y TOPOGRÁFICOS.....	56

2.1.1.2	MATERIALES DE MUESTREO	56
2.2	MÉTODOS	57
2.2.1.1	MÉTODO DE MEDICIÓN DE CAUDAL	57
2.2.1.2	MÉTODO DE MUESTREO.....	57
2.2.1.3	MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL.	58
2.2.1.4	MÉTODOS TOPOGRÁFICOS	58
2.2.1.5	MÉTODO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	58
2.2.1.6	MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS.....	59
2.2.1.7	MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	59
2.2.1.7.1	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.....	60
3	CÁLCULOS Y RESULTADOS	63
3.1	CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	63
3.1.1	POBLACIÓN DE DISEÑO.....	63
3.1.2	CAUDAL DE DISEÑO	64
3.1.3	DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE LLEGADA.....	67
3.1.4	DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS	69
3.1.5	DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PARSHALL	72
3.1.6	DIMENSIONAMIENTO DE DESARENADOR.....	75
3.1.7	DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES IMHOFF.....	78
3.1.8	DIMENSIONAMIENTO DE LOS LECHOS DE SECADO.....	82
3.1.9	DIMENSIONAMIENTO DE FILTROS ANAEROBIOS	85
3.2	CÁLCULOS PARA DETERMINAR LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DBO ₅ , DQO Y COLIFORMES FECALES	86
3.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	88
3.3.1	RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA	88

3.3.2	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL	94
3.3.3	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL.....	96
3.3.4	RESULTADOS TOPOGRÁFICOS	99
3.3.5	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	99
3.3.5.1	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO	99
3.3.5.2	RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	99
3.3.5.3	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE LLEGADA.....	100
3.3.5.4	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS.....	100
3.3.5.5	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PARSHALL 101	
3.3.5.6	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR ..	102
3.3.5.7	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES IMHOFF	103
3.3.5.8	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LOS LECHOS DE SECADO.....	104
3.3.5.9	RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE FILTROS ANAEROBIOS.....	105
3.4	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTA	105
3.5	VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL	106
3.6	IMPACTO AMBIENTAL.....	
3.6.1	ACCIONES QUE SE REALIZARÁN DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	108
3.6.1.1	CONSTRUCCIÓN	108
3.6.1.2	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	109
3.6.2	FACTORES AMBIENTALES QUE SE VERÁN AFECTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	110
3.6.3	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	111

3.6.4	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	113
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
4.1.1	CONCLUSIONES	116
4.1.2	RECOMENDACIONES.....	117
	RESUMEN.....	118
	SUMMARY	120
	BIBLIOGRAFÍA	122
	ANEXOS	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Composición de aguas residuales	2
Tabla II. Clasificación de los microorganismos	8
Tabla III. Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual doméstica bruta.	10
Tabla IV. Objetivos de los procesos de tratamiento preliminar.	12
Tabla V. Operaciones físicas unitarias más comunes	14
Tabla VI. Procesos químicos más comunes	15
Tabla VII. Determinación de flujos de diseño	19
Tabla VIII: Geometría recomendada para un desarenador de flujo horizontal	29
Tabla IX: Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación.	30
Tabla X: Valores recomendados para el dimensionamiento del tanque imhoff	36
Tabla XI. Factor de capacidad relativa	38
Tabla XII. Tiempo para digestión de lodos	39
Tabla XIII. Ventajas y desventajas de las eras de secado	40
Tabla XIV. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	47
Tabla XV. Centros Educativos en el área de estudio.	49
Tabla XVI. Ubicación geográfica	50
Tabla XVII. Temperatura	52
Tabla XVIII. Precipitación	53
Tabla XIX. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	55
Tabla XX. Valoración de la magnitud para la matriz de Leopold	61
Tabla XXI. Valoración de la importancia para la matriz Leopold	61

Tabla XXII. Evaluación de impactos según la metodología de Leopold.	62
Tabla XXIII. Datos para el cálculo de la población de diseño	63
Tabla XXIII. Datos para el cálculo de la población de diseño	63
Tabla XXIV. Datos para el cálculo del caudal medio de aguas residuales	65
Tabla XXV. Datos para el cálculo de verificación la velocidad	67
TABLA XXVI. Parámetros para el dimensionamiento de rejillas	70
Tabla XXVII. Datos para el dimensionamiento de la canaleta Parshall	72
Tabla XXVIII. Valor de grado de sumersión	73
Tabla XXIX. Parámetros para el dimensionamiento del desarenador	75
Tabla XXX. Datos para el dimensionado del tanque imhoff	78
Tabla XXXI. Datos para el de diseño de lechos de secado.	82
Tabla XXXII. Parámetros para el dimensionamiento de filtros anaerobios	85
Tabla XXXIII. Resultados de la encuesta: población y viviendas	89
Tabla XXXIV. Resultados de la encuesta: Servicios Básicos	90
Tabla XXXV. Resultados de la encuesta: Actividad económica	93
Tabla XXXVI. Resultados De La Medición De Caudal	95
Tabla XXXVII. Resultados de la caracterización físico – química y microbiológica del agua residual	98
Tabla XXXVIII. Resultado del cálculo de la población de diseño	99
Tabla XXXIX. Resultados del cálculo de caudales de diseño	99
Tabla XL. Resultados del dimensionamiento del canal de llegada	100
Tabla XLI. Dimensiones del canal de llegada	100
Tabla XLII. Resultados del dimensionamiento de rejillas	100
Tabla XLIII. Dimensiones de rejillas	101
Tabla XLIV. Dimensiones y capacidad de canal Parshall (W= 0.08)	102
Tabla XLV. Resultado del dimensionamiento del desarenador	102
Tabla XLVI. Dimensiones del desarenador	103
Tabla XLVII. Dimensiones de cada tanque Imhoff	104
Tabla XLVIII. Dimensiones de cada lecho de secado	104

Tabla XLIX. Dimensiones de cada filtro anaerobio	105
Tabla L. Verificación del cumplimiento con la Normativa Ambiental	106
Tabla LI. Factores ambientales	110
Tabla LII. Matriz de identificación y valoración de impactos (Leopold)	112
Tabla LIII. Resumen de afecciones (positivas y negativas) según la actividad y resultado de agregación de impactos	114
Tabla LIV. Resumen de afecciones (positivas y negativas) según los factores ambientales y resultado de agregación de impactos	115
Tabla LV. Formato de la encuesta realizada	126
Tabla LVI. Cálculo de Caudal Día Lunes	127
Tabla LVII. Cálculo de Caudal Día Martes	129
Tabla LVIII. Cálculo de Caudal Día Miércoles	131
Tabla LIX. Cálculo de Caudal Día Jueves	133
Tabla LX. Cálculo de Caudal Día Viernes	135
Tabla LXI. Cálculo de Caudal Día Sábado	137
Tabla LXII. Cálculo de Caudal Día Domingo	139
Tabla LXIII. Dimensiones y capacidad de canales Parshall, para distintos anchos de garganta(W)	142
Tabla LXIV. Fórmulas para evaluar el gasto	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Vista planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras	24
Gráfico N°2. Corte y vista planta de un medidor Parshall	27
Gráfico N°3. Desarenador Vista planta y corte longitudinal	29
Gráfico N°4. Diagrama de tanque Imhoff	35
Gráfico N° 5. Filtro anaerobio de flujo ascendente	43
Gráfico N° 6. Mapa del Cantón Riobamba	50
Gráfico N° 7. Parroquia Licán	51
Gráfico N° 8. Nivel sintético de amenaza de origen natural por cantón en el Ecuador	54
Gráfico N° 9. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Z	55
Gráfico N° 10. Abastecimiento de Agua	91
Gráfico N° 11. Eliminación de Excretas	91
Gráfico N° 12. Eliminación de basura	92
Gráfico N° 13. Cobertura energía eléctrica	92
Gráfico N° 14. Cobertura Servicio Telefónico	93
Gráfico N° 15. Principales Actividades Económicas	94
Gráfico N° 16. Variación diaria de caudales	96
Gráfico N° 17. Planta de Tratamiento de aguas residuales propuesta	106
Gráfico N° 18. Variación horaria del caudal Día Lunes	128
Gráfico N° 19. Variación horaria del caudal Día Martes	130
Gráfico N° 20. Variación horaria del caudal Día Miércoles	132
Gráfico N°21. Variación horaria del caudal Día Jueves	134
Gráfico N° 22. Variación horaria del caudal Día Viernes	136

Gráfico N° 23. Variación horaria del caudal Día Sábado	138
Gráfico N° 24. Variación horaria del caudal Día Domingo	140

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Formato de la encuesta realizada	126
ANEXO B: Tablas de cálculo de caudal para los siete días monitoreados	127 – 140
ANEXO C: Plano topográfico del lugar donde será emplazada la Planta de Tratamiento de aguas residuales.	141
ANEXO D: Tablas para el dimensionamiento del canal Parshall	142
Anexo E: Fotografías de la medición de caudal en el punto de descarga	143 -144
ANEXO F: Fotografías Del Muestreo	145
ANEXO G: Fotografías De La Ejecución De La Encuesta	146
ANEXO H: Planos de la Planta de tratamiento de aguas residuales	147

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua de los sistemas naturales se ve afectada por varios factores y actividades humanas entre ellas la descarga de aguas residuales; a lo largo del tiempo estos sistemas han sido capaces de depurar las aguas servidas de manera natural, pero con el incremento de la población, se elevan también el caudal y la carga contaminante de estas de aguas; lo que ha provocado que los cuerpos receptores pierdan esa capacidad.

El vertido de aguas residuales domésticas e industriales a los diferentes cursos superficiales de agua constituye un problema ambiental y de salud pública; debido a que en la mayoría de ocasiones éstas contienen un sin número de compuestos orgánicos, inorgánicos y microorganismos patógenos que alteran la calidad del líquido vital y convierten a este recurso en una posible fuente de enfermedades para la población.

El diseño de una planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales involucra una serie de factores que afectarán el dimensionamiento, desempeño y la confiabilidad de las instalaciones; es necesario determinar caudales y la carga contaminante de diseño¹, para seleccionar las unidades de tratamiento apropiadas; tomando en cuenta además factores ambientales, económicos y sociales; y obtener así un efluente cuyos parámetros estén acorde a la normativa ambiental vigente.

El tratamiento de las aguas residuales es por lo tanto una gran alternativa de solución para mitigar la contaminación de las fuentes receptoras, lo que contribuye a la protección de la salud pública y la conservación del ambiente; respetando de esta manera lo que se establece en el Título II, Capítulo Segundo, Sección Segunda; Art. 14 de la Constitución Ecuatoriana, en el que se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

Licán, parroquia rural del cantón Riobamba, actualmente tiene una población de 7963 habitantes, la Cabecera Parroquial, específicamente los barrios: La Florida , Central, 24 de Mayo, Santa Rosa de Licán, Barrio Urdesa del Sur, Alborada de Licán, Manzanapamba y

¹CRITES R, TCHOBANOGLOUS, G. Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.

Villa la Unión; constituyen el área de estudio, actualmente tienen 2201 habitantes, de los que el 91 % tienen servicio de alcantarillado en su vivienda; las aguas residuales provenientes del sector hoy en día son descargadas al subsistema norte de alcantarillado sanitario de la ciudad de Riobamba; para ser vertidas finalmente al río Chibunga, lo que causa la contaminación de esa importante corriente de agua; por lo que quienes conforman la Junta Parroquial de Licán conscientes de su responsabilidad con el ambiente y la población consideran prioritario el diseño y posterior implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales; avalando la presente investigación.

OBJETIVOS

GENERAL

- Dimensionar una planta de tratamiento de Aguas Residuales para la Cabecera Parroquial de Licán.

ESPECÍFICOS

- Cuantificar el caudal de las aguas residuales generadas en la Cabecera Parroquial de Licán.
- Realizar la caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales generadas en la Cabecera Parroquial de Licán.
- Realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y los planos correspondientes.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. (19)

1.1.1 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Según la fuente de generación, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- a. **Domésticas:** son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales o públicos.
- b. **Industriales:** son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- c. **Infiltración y caudal adicionales:** las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

- d. **Pluviales:** son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo. (19)

1.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos; es importante la caracterización de las aguas residuales para establecer principalmente las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultarán más eficaces y económicos. (1)

Tabla I. Composición de aguas residuales

DESCRIPCIÓN	CONCENTRACIÓN		
	Contaminantes	Unidad	Intervalo
Sólidos totales	mg/L	350-1200	700
Sólidos disueltos totales	mg/L	280-850	500
Fijos	mg/L	145-525	300
Volátiles	mg/L	105-325	200
Sólidos suspendidos totales	mg/L	100-350	210
Fijos	mg/L	20-75	55
Volátiles	mg/L	80-275	160
Sólidos sedimentables	mg/L	5-20	10
Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días	mg/L	110-400	210
Carbono orgánico total	mg/L	80-290	160
Demanda química de oxígeno	mg/L	250 - 1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20 – 85	35
Nitrógeno orgánico	mg/L	8 – 35	13
Amoníaco libre	mg/L	12 – 50	22
Nitritos	mg/L	0 – 0	0
Nitratos	mg/L	0 – 0	0
Fósforo total	mg/L	4-15	7
Fósforo orgánico	mg/L	1-5	2
Fósforo inorgánico	mg/L	3-10	5
Cloruros	mg/L	30-100	50
Sulfatos	mg/L	20-50	30
Grasas y aceites	mg/L	50-150	90
Coliformes totales	NMP	$10^6 \cdot 10^9$	$10^7 \cdot 10^8$
Coliformes fecales	NMP	$10^3 \cdot 10^7$	$10^4 \cdot 10^5$

FUENTE: Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones

1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las principales características físicas de un agua residual son: contenido de sólidos, distribución de partículas por tamaño, turbiedad, color, transmitancia/absorbancia, olor, temperatura, densidad y conductividad. (1)

a. Sólidos: Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En aguas residuales la determinación de sólidos es ordinariamente de poco valor, ya que es difícil su significado en forma real y exacta.

La determinación de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles es importante para evaluar la concentración del agua residual y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento; el valor de sólidos sedimentables es básico para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficiencia. (4)

b. Turbidez: Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión; puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. (13)

Es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. (1)

c. Color: El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente, mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero. En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es café claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones

anaerobias. El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (FeS). (1)

- d. **Olor:** La determinación de olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El olor de un agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos mal olientes son liberados cuando se produce la degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno. (1)
- e. **Temperatura:** La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. Es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. (1)
- f. **Conductividad:** La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio, por esta razón el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos. (4)

1.1.2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Los constituyentes químicos de las aguas residuales son con frecuencia clasificados en inorgánicos y orgánicos. Los inorgánicos incluyen: a) elementos individuales como: calcio, cloruro, hierro, cromo, y zinc, b) una amplia variedad de compuestos como nitratos y sulfatos. Los constituyentes orgánicos de mayor interés se clasifican en agregados e individuales, los agregados comprenden un número de compuestos que no pueden ser distinguidos en forma separada, de gran interés en el tratamiento, vertimiento y reutilización de aguas residuales al igual que los constituyentes orgánicos específicos. (1)

- a. Materia inorgánica:** Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan. Las aguas naturales disuelven parte de las rocas y minerales con los que entran en contacto. Las aguas residuales, salvo el caso de determinados residuos industriales, no se suelen tratar con el objetivo específico de eliminar los constituyentes inorgánicos que se incorporan durante el ciclo de uso. Las concentraciones de constituyentes inorgánicos aumentan, igualmente, debido al proceso natural de evaporación que elimina parte del agua superficial y deja las sustancias inorgánicas en el agua. Puesto que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos, especialmente aquellos que han sido incorporados al agua superficial durante su ciclo de uso. (2)
- b. pH:** La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.(2)
- c. Cloruros:** Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. Una fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales. Las heces humanas, por ejemplo, suponen unos 6g de cloruros por persona y día. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza de las aguas también son una importante fuente de aportación de cloruros. Puesto que los métodos convencionales de tratamiento de las aguas no contemplan la

eliminación de cloruros en cantidades significativas, concentraciones de cloruros superiores a las normales pueden constituir indicadores de que la masa de agua receptora está siendo utilizada para el vertido de aguas residuales. La infiltración de agua subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituye también una potencial fuente de cloruros y sulfatos. (2)

- d. Alcalinidad:** La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad ayuda a regular los cambios de los pH producidos por la adición de ácidos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos. La alcalinidad se determina por titulación con un ácido normalizado, expresándose los resultados en carbonato de calcio, CaCO_3 . La concentración de alcalinidad en un agua residual es importante en aquellos casos en los que empleen tratamientos químicos, en la eliminación biológica de nutrientes, y cuando haya que eliminar el amoníaco mediante arrastre por aire.(2)
- e. Nitrógeno:** Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarias para el crecimiento biológico. No obstante, el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos. Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, será preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual. En aquellos casos en los que sea necesario el control del crecimiento de algas en la masa de agua receptora para preservar los usos a que se destina, puede ser necesaria la eliminación o reducción del nitrógeno en las aguas residuales antes del vertido. (2)
- f. Fósforo:** El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar nocivas proliferaciones

incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales. (2)

- g. Azufre:** El ion sulfato se encuentra, de forma natural, tanto en la mayoría de las aguas de abastecimiento como en el agua residual. Para la síntesis de proteínas, es necesario disponer de azufre, elemento que posteriormente será liberado en el proceso de degradación de las mismas. Los sulfatos se reducen químicamente a sulfuros y a sulfuros de hidrógeno (H_2S) bajo la acción bacteriana en condiciones anaerobias. (2)
- h. Gases:** Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4). Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales. (2)
- i. Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que puede estar presente en la solución, viene condicionada por los siguientes aspectos: solubilidad del gas; presión parcial del gas en la atmósfera; temperatura, y pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión, etc.).(2)
- j. Sulfuro de hidrógeno:** Se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor típicamente característico que recuerda al de huevos podridos. El ennegrecimiento del agua residual y del fango se debe, generalmente, a la formación de sulfuro de hidrógeno que se combina con el hierro presente para formar sulfuro ferroso (FeS) u otros sulfuros metálicos. (2)
- k. Metano:** El principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual es el gas metano. El metano es un hidrocarburo combustible

de alto valor energético, incoloro e inodoro. En las plantas de tratamiento, el metano se genera en los procesos de tratamiento anaeróbicos.(2)

- l. Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica. Esta prueba proporciona un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual. (13)
- m. Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO₅):** Es la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable durante cinco días y a 20°C y corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La relación DQO/DBO₅ proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales.(3)

1.1.2.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las características biológicas son muy importantes en el control de enfermedades causadas por microorganismos patógenos y por la importancia que tienen las bacterias y otros microorganismos que interviene en la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual. (1)

Los principales grupos de microorganismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias, como se muestra en la siguiente tabla: (2)

Tabla II. Clasificación de los microorganismos

Grupo	Estructura Celular	Caracterización	Miembros Representativos
Eucariotas	Eucariota(a)	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido. Unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados e invertebrados). Protistas (algas, hongos y protozoos).
Bacterias	Procariota(b)	Química celular parecida a las eucariotas.	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota(b)	Química celular distintiva.	Metanógenos, halófitos, termo acidófilos.

FUENTE: Metcalf& Eddy, 1995

a. Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en las aguas residuales son: bacterias, virus y protozoarios. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea, paratifoidea, la disentería, diarrea y cólera. Debido a la alta infecciosidad estos organismos, cada año son responsables de gran número de muertes en países con escasos recursos sanitarios, especialmente en zonas tropicales. (18)

**Tabla III. Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual doméstica
bruta.**

Organismo	Enfermedad	Comentario
Bacteria		
<i>Escherichia coli</i> (entero patogénica)	Gastroenteritis	Diarrea
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionelosis	Enfermedades respiratorias
<i>Leptospira</i> (150 esp.)	Leptospirosis	Leptospirosis, fiebre (Enfermedad de Weil)
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado.
<i>Salmonella</i> (1700 esp)	Salmonelosis	Envenenamiento de alimentos.
<i>Shigella</i> (4 esp.)	Shigelosis	Disentería bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Diarreas extremadamente fuertes, deshidratación
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersinosis	Diarrea
Virus		
Adenovirus (31 tipos)	Enfermedades respiratorias	
Enterovirus (67 tipos)	Gastroenteritis	
p.e. polio, eco y virus (Coxsackie)	Anomalías cardíacas, meningitis	
Hepatitis A	Hepatitis infecciosas	Leptospirosis, fiebre
Agente Norwalk	Gastroenteritis	Vómitos
Reovirus	Gastroenteritis	
Rotavirus	Gastroenteritis	
Protozoos		
<i>Balantidium coli</i>	Balantidiasis	Diarrea, disentería
<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidiosis	Diarrea
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis (disentería amébrica)	Diarreas prolongadas con sangre, abscesos en el hígado y en el intestino delgado.
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis	Diarrea, náuseas, indigestión.
Helmintos		
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis	Infestación de gusanos
<i>Enterobius vericularis</i>	Enterobiasis	Gusanos
<i>Fasciola hepatica</i>	Fascioliasis	Gusanos (tercera)
<i>Hymenolepis nana</i>	Hymealepiasis	Tenia enana
<i>Taeniasaginata</i>	Teniasis	Tenia (buey)
<i>T. solium</i>	Teniasis	Tenia (cerdo)
<i>Trichuristrichiura</i>	Trichuriasis	Gusanos

FUENTE: Metcalf & Eddy. 1995.

b. Organismos Indicadores.

Los organismos patógenos se presentan en las aguas residuales contaminadas en cantidades muy pequeñas, y además, resultan difíciles de aislar y de identificar. Por ello se emplea el organismo *coliforme* como indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. El tracto intestinal humano contiene innumerables bacterias conocidas como organismos coliformes, cada humano evacua de 100 000 a 400 000 millones de organismos coliformes cada día. Por ello se puede considerar que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un indicador de que las aguas están libres de organismos que pueden causar enfermedades. Debido a que algunos patógenos pueden estar presentes en el agua aún en ausencia de coliformes, este grupo ya no sería tan buen indicador. (18)

1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales es realizado con el propósito de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radioactiva de los cursos y cuerpos de agua receptores. De un modo general, el tratamiento persigue evitar:

- Daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua.
- Daño a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento.
- Daños a las actividades piscícolas.
- Perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra.
- Impacto al entorno ecológico. (13)

Incluye una serie de operaciones unitarias que son métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, y como procesos unitarios a los métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos. En la actualidad, estas operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los así llamados tratamiento primario, secundario y terciario (o tratamiento avanzado). (18)

1.2.1 TIPOS DE TRATAMIENTO

1.2.1.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento. (13)

Tabla IV. Objetivos de los procesos de tratamiento preliminar.

Proceso	Objetivo
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente: Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS-OMS

1.2.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos. Entre los tipos de tratamiento primario se citan:

- Sedimentación primaria.
- Flotación.
- Precipitación química.
- Filtros gruesos.
- Oxidación química.
- Coagulación, floculación, sedimentación y filtración. (13)

1.2.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

La reducción de los compuestos orgánicos presente en el agua residual, acondicionada previamente mediante tratamiento primario, se realiza exclusivamente por procesos biológicos. Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculentos que puedan ser separados por sedimentación en tanques de decantación. Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Son muchas las modificaciones de estos procesos que se utilizan para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento. Asimismo, dentro de este grupo se incluyen a las lagunas de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95%, y están compuestos por:

- Filtración biológica,
- Lodos activados:
- Lagunas de estabilización: aerobia, facultativa, de maduración, aireada.
- Otros Anaeróbicos:
 - Contacto.
 - Filtro anaerobio.
 - Reactor anaeróbico de flujo ascendente.
- Discos rotatorios. (13)

1.2.1.4 TRATAMIENTO AVANZADO O TERCIARIO

Tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc. Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son: fosfatos y nitratos, huevos y quistes de parásitos, sustancias tensoactivas, algas, bacterias y virus (desinfección), radionúclidos, sólidos totales y disueltos, temperatura. (13)

1.2.2 PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El grado de tratamiento necesario puede determinarse comparando las características del agua residual cruda con las exigencias del efluente correspondiente. Existen operaciones físicas, procesos químicos y procesos biológicos para el tratamiento del agua residual, dando lugar a tratamiento primario, secundario y terciario o avanzado. Así tenemos:

1.2.2.1 OPERACIONES FÍSICAS UNITARIAS

Los métodos de tratamiento en donde predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como operaciones unitarias. El desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son operaciones unitarias típicas. (2)

Tabla V. Operaciones físicas unitarias más comunes

OPERACIÓN	APLICACIÓN
Medición del caudal	Control y seguimiento de procesos, informes de descargas.
Desbaste	Eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción (retención en superficie).
Dilaceración	Trituración de sólidos gruesos hasta conseguir un tamaño más o menos uniforme.
Homogenización del caudal	Homogenización del caudal y de las cargas de DBO y de sólidos en suspensión.
Mezclado	Mezclado de productos químicos y gases con el agua residual, mantenimiento de los sólidos en suspensión.
Floculación	Provoca la agregación de pequeñas partículas aumentando el tamaño de las mismas, para mejorar su eliminación por sedimentación por gravedad.
Sedimentación	Eliminación de sólidos sedimentables y espesados de fangos.
Flotación	Eliminación de sólidos en suspensión finamente divididos y de partículas con densidades cercanas a la del agua. También espesa los lodos biológicos.
Filtración	Eliminación de los sólidos en suspensión residuales presentes después del tratamiento químicos o biológico.
Microtamizado	Mismas funciones que la filtración. También la eliminación de las algas de los efluentes de las lagunas de estabilización.
Transferencia de gases	Adición y eliminación de gases.
Volatilización y arrastre de gases	Emisión de compuestos orgánicos volátiles y semi-volátiles del agua residual.

FUENTE: Metcalf & Eddy. 1995

1.2.2.2 PROCESOS QUÍMICOS UNITARIOS

Los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Fenómenos como la precipitación, adsorción y la desinfección son ejemplos de los procesos de aplicación más comunes en el tratamiento de las aguas residuales.

Con el fin de alcanzar los objetivos del tratamiento del agua residual, los procesos químicos unitarios se llevan a cabo en combinación con las operaciones físicas unitarias descritas anteriormente y los procesos biológicos unitarios. (2)

Tabla VI. Procesos químicos más comunes

PROCESO	APLICACIÓN
Precipitación química	Eliminación de fósforo y mejora de la eliminación de sólidos en suspensión en las instalaciones de sedimentación primaria empleadas en tratamientos físico-químicos
Adsorción	Eliminación de materia orgánica no eliminada con métodos convencionales de tratamiento químico y biológico. También se emplean para declorar el agua residual antes del vertido final.
Desinfección	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Desinfección con cloro	Destrucción selectiva de organismos causantes enfermedades. El cloro es el producto químico más utilizado.
Decloración	Eliminación del cloro combinado residual total remanente después de la cloración.
Desinfección con dióxido de cloro	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Desinfección con cloruro de bromo	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Desinfección con ozono	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Desinfección con luz ultravioleta	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Otros	Para alcanzar objetivos específicos en el tratamiento de las aguas residuales, se pueden emplear otros compuestos químicos.

FUENTE: Metcalf& Eddy. 1995

1.2.2.3 PROCESOS BIOLÓGICOS UNITARIOS

Los procesos de tratamiento en los que la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se conocen como procesos biológicos unitarios. La principal aplicación de los procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto coloidal, como en disolución. Básicamente estas sustancias se convierten en gases, que liberan a la atmósfera, y en tejido celular biológico, eliminable por sedimentación. Los tratamientos biológicos también se emplean para eliminar el nitrógeno contenido en el agua residual.

Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y en muchos casos la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. En el caso de las aguas de retorno de usos agrícolas, el principal objetivo es la eliminación de nutrientes que pueden favorecer el crecimiento de plantas acuáticas, como el nitrógeno y el fósforo. En el caso de las aguas residuales industriales, el principal objetivo es la reducción de la concentración de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos. (2)

La eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de los sólidos coloidales no sedimentables, y la estabilización de la materia orgánica se consiguen biológicamente, gracias a la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos se utilizan para convertir la materia carbonosa coloidal y disuelta en diferentes gases y tejido celular. Dado que el tejido celular tiene un peso específico ligeramente superior al del agua, se puede eliminar por decantación. Es importante señalar que salvo que se separe la solución el tejido celular que se produce a partir de la materia orgánica, no se alcanza un tratamiento completo. Si no se separa el tejido celular, el único tratamiento que se habrá llevado a cabo es el asociado con la conversión bacteriana de una fracción de la materia orgánica presente originalmente en diversos productos gaseosos finales. (2)

Algunos de estos procesos se describen a continuación:

- a. **Procesos Aerobios:** Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno.
- b. **Procesos Anaerobios:** Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en ausencia de oxígeno.
- c. **Desnitrificación anóxica:** Es el proceso por el cual el nitrógeno de los nitratos se transforma, biológicamente en nitrógeno gaseoso en ausencia de oxígeno. Este proceso también se lo conoce como desnitrificación anaerobia.
- d. **Eliminación biológica de nutrientes:** Término que se aplica a la eliminación de nitrógeno y fósforo mediante procesos de tratamiento biológico.
- e. **Procesos facultativos:** Son los procesos de tratamiento biológico en los que los organismos responsables pueden funcionar en presencia o ausencia de oxígeno molecular. Estos organismos se conocen con el nombre de organismos facultativos.
- f. **Eliminación de la DBO carbonosa:** Es la conversión biológica de la materia carbonosa del agua residual en tejido celular y en diversos productos gaseosos. En la conversión se supone que el nitrógeno presente en los diferentes compuestos se convierte en amoníaco.
- g. **Nitrificación:** Es el proceso biológico mediante el cual el amoníaco se transforma, primero en nitrito y posteriormente en nitrato.
- h. **Desnitrificación:** Proceso biológico mediante el cual el nitrato se convierte en nitrógeno gas y en otros productos gaseosos.
- i. **Procesos de cultivo en suspensión:** En este proceso los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejido celular, se mantienen en suspensión dentro del líquido.
- j. **Procesos de cultivo fijo:** Son los procesos de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejido celular fijados a un medio inerte, tal como piedras, escorias, o materiales cerámicos y plásticos especialmente diseñados para cumplir con esa función. Los procesos de cultivo fijo también se conocen con el nombre de procesos de película fija. (2)

1.3 CAUDALES EN AGUAS RESIDUALES

1.3.1 MEDICIÓN DE CAUDALES

La medición de caudales en cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales es de gran importancia, por consiguiente deben poseer dispositivos para la medición de caudal, tanto en la entrada como a la salida. Son unidades de bajo costo, en relación con el costo total de la obra y suministran datos importantes para la operación de los sistemas de tratamiento.

Los principales tipos de medidores usados son los vertederos proporcionales, el medidor Parshall, el medidor Venturi, los vertederos rectangulares y triangulares.

Los vertederos rectangulares o triangulares se deberán instalar en las salidas de los sistemas de tratamiento, no habiendo problemas de sólidos que puedan obstruir esos dispositivos. Estos vertederos deberán ser de pared delgada y arista viva y deberán trabajar a descarga libre.

El vertedero triangular deberá ser de escotadura en ángulo de 90°. Este vertedero proporciona un excelente método para medir pequeños caudales. (17)

1.3.2 EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE FLUJOS DE DISEÑO

El proceso de evaluar y determinar los flujos de diseño hacen necesario obtener flujos medios basados en la población actual y las predicciones de la población futura, la contribución de las aguas industriales y la influencia de la infiltración y las aportaciones incontroladas. Una vez determinados los flujos medios, se multiplican por una serie de factores de punta, para obtener los caudales punta del proyecto. Tanto para obtención de los flujos medios como de los factores de punta, es necesario obtener en cuenta los siguientes factores: (2)

- Obtención y predicción futura de los flujos medios diarios
- Criterios empleados para la elección de los factores de punta
- Aplicación de los factores de punta y del caudal mínimo.

- Elementos de control de flujos de punta existentes de aguas arriba de la planta que puedan afectar al diseño de misma. (2)

Tabla VII. Determinación de flujos de diseño

FACTOR	APLICACIÓN
BASADO EN EL CAUDAL	
Hora punta	Dimensionamiento de las instalaciones de bombeo y de las conducciones; dimensionamiento de rejillas. Dimensionamiento de las operaciones físicas unitarias; desarenadores tanques de sedimentación y filtros; tanques de coloración
Máximo diario	Dimensionamiento del bombeo de fangos
Mayor que el máximo diario	Almacenamiento de áreas y residuos eliminados en el proceso de tamizado
Máximo semanal	Elaboración de registros de datos e informes
Máximo mensual	Elaboración de registro de datos e informes, dimensionamiento de los depósitos de almacenamiento de los productos químicos
Mínimo horario	Para de los grupos de motobombas y valor inferior del intervalo de medida del caudalímetro de la planta.
Mínimo diario	Dimensionamiento de los canales de interconexión y dimensionamiento de los sistemas de recirculación para filtros percoladores
Mínimo mensual	Elección del número mínimo de unidades de proceso necesarias durante los periodos de caudales reducidos.
BASADO EN LA CARGA CONTAMINANTE	
Máximo diario	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento biológico
Mayor que el máximo diario	Dimensionamiento de los sistemas de espesamiento y deshidratación de fangos
Basado en el caudal	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento de fango
Mínimo mensual	Dimensionamiento de las instalaciones de almacenamiento de fango, dimensionamiento de las instalaciones de compostaje.
Mínimo mensual	Necesidad de paro del proyecto
Máximo diario	Dimensionamiento del sistema de recirculación en filtros percoladores.

FUENTE: Metcalf & Eddy 1995

1.3.3 CARGAS CONTAMINANTES

La evaluación y la determinación de las cargas contaminantes de proyecto comporta la determinación de:

- Variaciones en las concentraciones de los constituyentes del agua residual.
- Análisis de las cargas contaminantes, incluidas las cargas medias y puntas mantenidas.
- Efecto de la presencia de compuestos tóxicos y contaminantes inhibidores. (2)

1.3.4 MUESTREO

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio.

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio en este caso el agua residual para la cual se analizarán los parámetros de interés.

Para lograr el objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis. (23)

1.3.4.1 TIPOS DE MUESTRAS

Hay dos tipos de muestras que se puede tomar:

a. Muestra Simple: nos da las características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada, se usa generalmente cuando:

1. El caudal de agua residual y su composición es relativamente constante;
2. El flujo de agua residual es intermitente, y
3. Las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH y temperatura).

El volumen mínimo de una muestra simple debe estar entre 1 y 2 litros. (3)

b. Muestra compuesta: son originadas por una mezcla de muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada muestra individual que se añade a la mezcla compuesta debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento en que la muestra fue tomada.

Suponiendo que V es el volumen total de la muestra compuesta que hay que tomar; V_i el volumen de cada muestra individual i de la muestra compuesta; Q_m el caudal medio; Q_i el caudal instantáneo en el momento en que la muestra i es tomada y n el número de muestras que deben ser mezcladas; entonces obtenemos: (3)

$$\frac{V}{nQ_m} = \frac{V_i}{Q_i}$$

Ecuación 1

El volumen de la muestra requerida por unidad de caudal será:

$$V_i = \frac{V}{nQ_m} Q_i$$

Ecuación 2

La frecuencia del muestreo depende de la variabilidad del caudal y la carga contaminante. Para pequeñas variaciones sólo hace falta que las muestras se tomen a intervalos entre 2 y 24 horas. Sin embargo, para grandes variaciones puede ser necesario tomar muestras hasta cada 15 minutos. Las muestras individuales de la compuesta deben tener entre 25 y 100mL y el volumen compuesto debe tener entre 2 y 4 litros. (3)

1.4 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS POBLACIONES

En los últimos 15 años se han adoptado sistemas de tratamiento para agua residual clasificando a las poblaciones en pequeñas y grandes, por lo que cada una requiere de un sistema de tratamiento apropiado para lo cual se han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales, necesarias para proteger la salud de las comunidades, y también cuidar el ambiente de la contaminación.

Los sistemas de tratamiento para poblaciones pequeñas como: hogares, conjuntos habitacionales, comunidades aisladas, industrias o instituciones; así como también de sectores de comunidades existentes cerca del punto de generación de residuos; requieren de sistemas de tratamiento descentralizados de manejo de aguas residuales; que consisten en la recolección, tratamiento, y vertimiento o reutilización de aguas residuales

Estos sistemas de tratamiento deben estar diseñados de acuerdo al costo, flexibilidad y disposición de recursos físicos y económicos. (1)

Los objetivos de sistemas pequeños y sistemas descentralizados de manejo de aguas residuales son:

- a. Proteger la salud pública.
- b. Proteger de la degradación o de la contaminación al ambiente receptor.
- c. Reducir los costos de tratamiento mediante la retención de aguas y sólidos cerca de su punto reutilizándolos. (1)

1.4.1 CANAL DE LLEGADA

Previo al dimensionamiento de la rejilla se requiere diseñar el canal por el cual será conducida el agua residual hacia el proceso de tratamiento con el fin de conseguir que las velocidades estén acordes con las sugeridas más adelante para el diseño de rejillas.

1.4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE LLEGADA.

Para esto es necesario definir los siguientes datos y las características propias del diseño como son:

- Tipo de sección: en este caso será rectangular
- Dimensiones propuestas: Base de la sección, que se propone sea de 0.5m
- Caudal
- Coeficiente de rugosidad de Manning: las unidades se construirán en hormigón.(17)

La velocidad se calcula con la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación 3

Donde:

V: Velocidad de flujo, m/s

RH: Radio Hidráulico, m

S: Pendiente m/m

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Para verificar la velocidad que debe manejarse en el canal se procede de la siguiente manera:

a) Calcular el coeficiente de Manning (K)

$$K = \frac{Q * n}{b^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}$$

Ecuación 4

Donde:

Q: Caudal medio diario, m³/s

n: Coeficiente de rugosidad de manning

b: Base del canal, m

S: Pendiente del canal, m/m

b) Calcular la altura de agua en el canal(h)

$$h = 1.6624 * K^{0.74232} * b$$

Ecuación 5

c) Obtener el radio Hidráulico (RH)

El radio hidráulico para el caudal medio diario es:

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

Ecuación 6

1.4.2 REJILLAS

La primera operación unitaria obligada en el tratamiento de aguas residuales es el cribado, esta operación se realiza usando rejas y circulando el agua a través de ellas. Sus principales objetivos son:

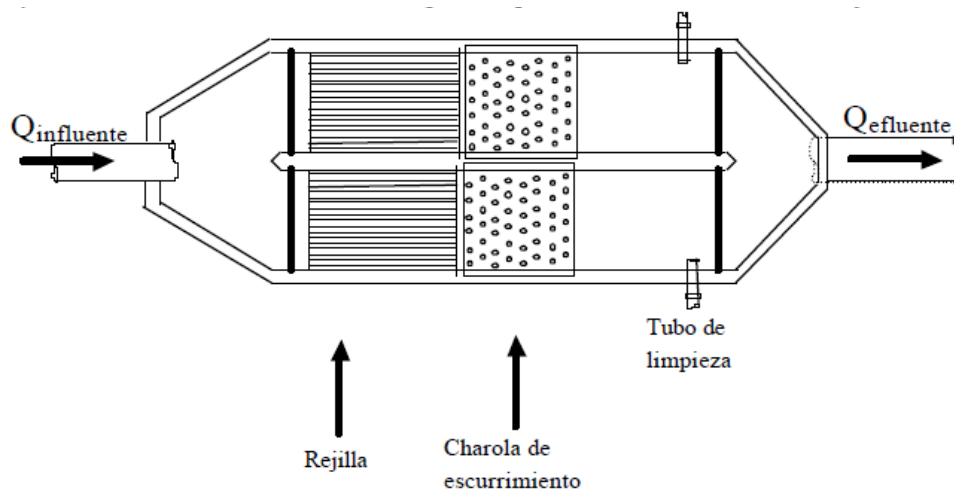
- Reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que trae consigo el influente de aguas residuales crudas,
- Evitar la obstrucción de los conductos,
- Proteger los equipos y
- Reducir al mínimo la absorción de oxígeno (6).

La distancia o la abertura de las barras de las rejillas dependen del tamaño de las partículas que se desean retener y eliminar mediante esta operación y de su limpieza.

Las rejillas o cribas pueden clasificarse de acuerdo a su colocación en fijas o móviles; por la sección transversal de sus barras en cuadradas, rectangulares, circulares o aerodinámicas; por el tamaño de la materia que se desea remover en micro rejillas, finas (0.1 - 1.5 cm), medianas (1.5 - 2.5 cm) y gruesas (2.5 - 5.0 cm); y, de acuerdo con su forma de limpieza en manuales o mecánicas.

Generalmente están formadas por barras de hierro. Éstas permiten el paso de papeles, excretas y materiales finos, reteniendo en cambio materias de mayor tamaño, como piedras, palos, etc.

Gráfico N° 1. Vista planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras



Fuente: ALLENDE. 1994

1.4.2.1 DIMENSIONAMIENTO

El procedimiento para el dimensionamiento es el siguiente: (22)

a) Calcular el Área libre al paso del agua (A_L, m^2)

Para su cálculo se requiere conocer el flujo de diseño y la velocidad mínima ente barras recomendada, y se usa la expresión:

$$A_L = \frac{Q_{Diseño}}{V_{Bm}}$$

Ecuación 7

Donde:

$Q_{Diseño}$: Caudal de diseño, m^3/s

V_{Bm} : Velocidad a través de las rejillas, m/s

b) Calcular el tirante del agua en el canal (h,m).

Se obtiene a partir de la ecuación:

$$A_L = b * h \therefore h = \frac{A}{b}$$

Ecuación 8.

Donde:

b: ancho del canal

c) Cálculo de la altura del canal (H):

$$H = h + H_s$$

Ecuación 9

Donde:

Hs: altura de seguridad asumida

d) Proponer las características de las rejillas

Espesor (s) y separación entre barras (e)

e) Calcular la longitud de las barras (Lb, m)

Para lo que se aplica:

$$\text{sen}\alpha = \frac{h}{Lb} \therefore Lb = \frac{h}{\text{sen}\alpha}$$

Ecuación 10

f) Calcular el número de barras (Nb)

A partir de la expresión:

$$Nb = \frac{b}{e + s}$$

Ecuación 11

Pérdida de carga a través rejillas

Las pérdidas hidráulicas a través de rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad del flujo a través de las barra; y se pueden estimar por medio de la siguiente ecuación:

$$hf = \frac{1}{0.7} * \left(\frac{V_{Bm} - Va^2}{2g} \right)$$

Ecuación 12

Donde:

hf: pérdida de carga, m

V_{Bm}: Velocidad a través de la rejilla, m/s

Va: velocidad en el canal de aproximación, m/s

g: aceleración de gravedad, 9.81m/s. (22)

Del Gráfico N° 1 tenemos:

W =Tamaño del canal

A =Longitud de las paredes laterales de la sección convergente

B =Longitud axial de la sección convergente

C =Ancho del extremo aguas abajo del canal

D =Ancho del extremo aguas arriba del canal

E = Profundidad del canal

F = Longitud de la garganta

G = Longitud de la sección divergente

K = Diferencia en elevación entre el extremo inferior del canal y la cresta

M = Longitud del piso de la entrada

N = Profundidad de la depresión en la garganta de bajo de la cresta

P = Ancho entre los extremos de las paredes curvas de entrada

R = Radio de las paredes curvas de la entrada

X = Distancia horizontal desde el punto bajo en la garganta al punto de medida Hb.

Y = Distancia vertical desde el punto bajo en la garganta al punto de medida Hb (7)

1.4.4 DESARENADOR

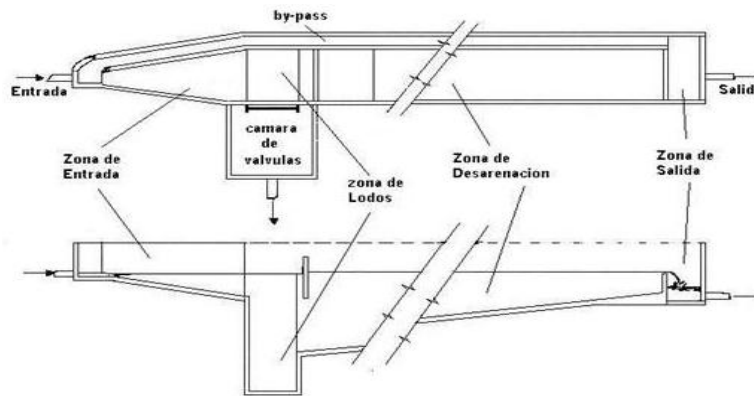
Tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitarla formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales; disminuir la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos, y minimizar la pérdida de volumen en tanques de tratamiento biológico.

El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm.

(14)

1.4.4.1 COMPONENTES

Gráfico N°3. Desarenador vista planta y corte longitudinal



FUENTE:OPS/CEPIS/05.158.UNATSABAR

- a. **Zona de entrada:** Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.
- b. **Zona de desarenación:** Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.
- c. **Zona de salida:** Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.
- d. **Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada:** Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos. (14)

1.4.4.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- a. **Geometría:** En la tabla siguiente aparecen las características geométricas y recomendadas para un desarenador de flujo horizontal:

Tabla VIII: Geometría recomendada para un desarenador de flujo horizontal

Parámetro	Dimensiones
Relación Largo: Ancho	2.5: 1-5:1
Relación Ancho: Profundidad	1: 1-5:1

FUENTE: Adaptado Ras 2000. Título E

- b. Localización:** Deben localizarse después de rejillas y antes de tanques de sedimentación primaria y estaciones de bombeo.
- c. Velocidad mínima del agua:** Los desarenadores deben diseñarse de manera tal que la velocidad pueda controlarse. La variación debe estar únicamente en un rango entre 0.2 m/s y 0.4 m/s.
- d. Número:** El número de desarenadores es característico a cada diseño. Se recomienda un mínimo de dos unidades. Cada unidad debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza.
- e. Tasa de desbordamiento superficial:** Se recomienda un rango entre 700 y 1600 m³/m²/día. Estos valores pueden ser expresados en términos de velocidad de sedimentación, variando aproximadamente entre 30 m/h y 65 m/h.
- f. Tiempo de retención hidráulico:** El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse; (20 segundos y 3 minutos). (8)

Tabla IX: Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación.

Material	Ø Límite de las partículas (cm)	# de Reynolds	vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$vs = 1.82 \sqrt{dg \frac{\rho_a - \rho}{\rho}}$ Newton
Arena Gruesa	0,100 0,080 0,050 0,050 0,040 0,030 0,020 0,015	1000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$vs = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)^{2/3} \left(\frac{\phi}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right)$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$vs = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

FUENTE: OPS/CEPIS5.158. UNATSABAR

1.4.4.3 DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR RECTANGULAR DE FLUJO HORIZONTAL

En los desarenadores de flujo horizontal, el agua a tratar pasa a través de la cámara en dirección horizontal y la velocidad lineal del flujo se controla con las dimensiones del canal, ubicando compuertas especiales a la entrada para lograr una mejor distribución del flujo, o utilizando vertederos de salida con secciones especiales.(14)

Según la Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores el dimensionamiento se realiza de la siguiente manera:

a) Determinar la Velocidad de Sedimentación

De acuerdo a los criterios indicados anteriormente en relación a los diámetros de las partículas, la partícula y el régimen de flujo considerados son de 0.02cm y de transición respectivamente, por lo que se aplica la Ley de Allen:

$$v_s = 0.22 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} * g \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{\phi}{(\eta)^{1/3}} \right)$$

Ecuación 13

Donde:

v_s : Velocidad de sedimentación (cm/s)

ϕ : Diámetro de la partícula (cm)

ρ : Densidad del agua (g/m³)

ρ_s : Densidad de la partícula (g/m³)

η : Viscosidad cinemática del agua (cm²/s)

b) Calcular el número de Reynolds(Re):

$$Re = \frac{vs * d}{\eta}$$

Ecuación 14

Donde:

vs: velocidad de sedimentación, cm/seg

ø: diámetro de la partícula, cm

η: Viscosidad cinemática del agua, cm²/seg

c) Determinar el coeficiente de arrastre (C_D)

Se obtiene con el valor del número de Reynolds

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

Ecuación 15

Donde:

C_D: coeficiente de arrastre

d) Determinar la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición:

$$vs = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} + (\rho_s - 1) * \varnothing}$$

Ecuación 16

e) Determinar la velocidad límite o velocidad de arrastre (v_a): Es aquella que resuspende el material, se calcula con la expresión:

$$va = 125[(\rho_s - \rho)\varnothing]^{1/2}$$

Ecuación 17

f) Determinar el área superficial mediante la expresión:

$$A_s = \frac{Q_{Diseño}}{v_s}$$

Ecuación 18

Donde:

A_s: Área superficial, m²

Q_{Diseño}: Caudal de diseño, m³/s

v_s: velocidad de sedimentación, m/s

g) Determinar las dimensiones del desarenador:

Longitud, ancho y profundidad; según las consideraciones de diseño mencionadas en la tabla VIII.

h) Cálculo del Área total

$$A = L_D * b$$

Ecuación 19

i) Determinar la velocidad horizontal mediante:

$$v_h = \frac{Q_{Diseño}}{A}$$

Ecuación 20

Donde:

v_h: velocidad horizontal, m/s

A: área total, m²

j) Verificar que se cumpla que:

$$v_a > v_h$$

Ecuación 21

k) Calcular el tiempo de retención:

$$tr = \frac{V}{Q_{Diseño}}$$

Ecuación 22

Para lo que se calcula el volumen del tanque desarenador con:

$$V = L_D * b * H_D$$

Ecuación 23

Donde:

tr: tiempo de retención, s

V: volumen del tanque desarenador, m³

L_D: longitud del desarenador, m

b: ancho del desarenador, m

H_D: profundidad del desarenador, m

Q: caudal de diseño, m³/s

l) Calcular la longitud de transición al ingreso del desarenador:

$$L_t = \frac{B - b_1}{2 \operatorname{tg}\theta}$$

Ecuación 24

Donde:

B: Ancho del desarenador: b

b₁: ancho del canal de llegada a la transición (Canal Parshall)

θ: Ángulo de divergencia = 12° 30'

1.4.5 TANQUE IMHOFF

Es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

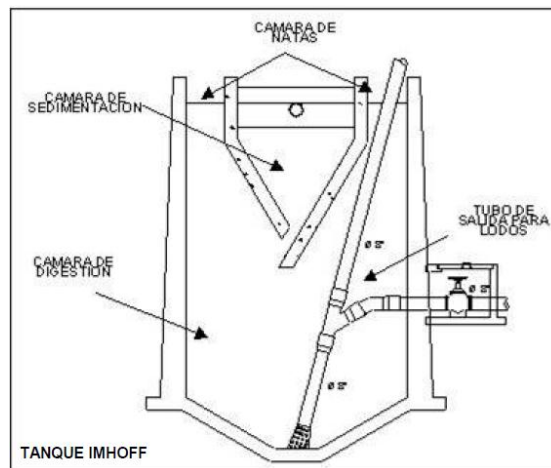
Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

El tanque imhoff tiene una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena. (15)

El tanque imhoff es de forma rectangular o circular y se divide en tres compartimientos.

- Cámara de sedimentación: Unidad del tanque imhoff, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.
- Cámara de digestión de lodos: Unidad del tanque imhoff, donde se almacenan y digieren los lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas (15)

Gráfico N°4. Diagrama de tanque Imhoff



FUENTE: OPS/CEPIS/05.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. (15)

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digester del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados. (15)

1.4.5.1 DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento de los tanques Imhoff, se recomiendan los siguientes valores:

Tabla X. Valores recomendados para el dimensionamiento del tanque imhoff

PARÁMETROS DE DISEÑO	
Componente y parámetros respectivos	VALOR
Compartimento de sedimentación	
Relación longitud–ancho	2:1 a 5:1
Pendiente	1.25:1 a 1.75:1
Abertura de las ranuras	15 - 30 cm
Proyección de las ranuras	15 - 30 cm
Baffle de espumas:	
Encima de la superficie	45 – 60 cm
Debajo de la superficie	15 cm
Tasa de desbordamiento superficial	25-40 m ³ /m ² *d
Tiempo de retención	2 – 4 h
Área de ventilación del gas	
Área superficial	15 – 30 % del total
Ancho de la abertura	45 a 75 cm
Cámara de digestión de lodos	
Volumen	55 a 100 L/cápita
Tubería de recolección de lodos	200 a 300 mm
Profundidad debajo de la ranura hasta la superficie superior del lecho de lodos	30 a 90 cm
Profundidad del tanque (desde la superficie del agua hasta el fondo del tanque)	7 a 10 m
Capacidad de almacenamiento de lodos	6 meses

FUENTE: RAS 2000. Título E.

1.4.5.1.1 DISEÑO DEL SEDIMENTADOR

Se realiza el dimensionamiento según se indica en la Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas De Estabilización; del modo siguiente: (15)

a) Área del Sedimentador

El cálculo se fundamenta en el caudal de diseño y la carga superficial.

$$AS = \frac{Q_{Diseño}}{Cs}$$

Ecuación 25

Donde:

AS: Área del Sedimentador, m²

Cs: Carga Superficial m³/m²*día

b) Volumen del Sedimentador:

La capacidad de la cámara de sedimentación, se obtiene del producto del caudal de diseño y el tiempo de retención del agua residual dado en horas.

$$VS = Q_{Diseño} * tr$$

Ecuación 26

Donde:

V: Volumen del sedimentador, m³

tr: tiempo de retención hidráulica, día

Recomendaciones:

- El tiempo de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas.
- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.
- En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de 0,15 a 0,20 m.

c) Longitud mínima del vertedero de salida (L_{v_s} , m).

$$L_{v_s} = \frac{Q_{\text{máx}}}{C_{\text{hv}}}$$

Ecuación 27

Donde:

$Q_{\text{máx}}$: Caudal máximo diario de diseño, en m³/día.

C_{hv} : Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 - 500 m³/(m*día),(recomendable 250).

1.4.5.1.2 DISEÑO DEL DIGESTOR O CÁMARA DE DIGESTIÓN

a) Volumen de la Cámara de digestión

$$V_d = \frac{70 * P * fcr}{1000}$$

Ecuación 28

Donde:

V_d : Volumen de almacenamiento y digestión (m³)

fcr : factor de capacidad relativa, ver la tabla a continuación.

P : Población de diseño

El factor de capacidad relativa según la temperatura se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla XI. Factor de Capacidad relativa

Temperatura °C	Factor de Capacidad Relativa (fcr)
5	2,00
10	1,40
15	1,00
20	0,70
> 25	0,50

FUENTE: Normas OPS/CEPIS. Lima 2005

Considerar que:

- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.
- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

b) Tiempo requerido para la digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura; se usará la tabla siguiente:

Tabla XII. Tiempo para digestión de lodos

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
> 25	30

FUENTE: Normas OPS/CEPIS. Lima 2005

c) Frecuencia del retiro de lodos

- Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en la tabla 2.
- La frecuencia de remoción de lodos deberá calcularse en base a estos tiempo referenciales, considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos; estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

1.4.5.1.3 EXTRACCIÓN DE LODOS

- El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. (15)

1.4.6 LECHOS DE SECADO

Este sistema por su simplicidad y bajo costo es el primero que se utilizó y aun se sigue utilizando en depuradoras pequeñas; permiten la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacua a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos.(5)

El lecho típico de secado es de forma rectangular poco profundo con fondos porosos colocados sobre un sistema de drenaje. Su diseño depende de diferentes factores como: clima, características y pre-tratamiento del lodo. (17)

Tabla XIII. Ventajas y desventajas de las eras de secado

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Costo bajo si hay terreno disponible	Diseño empírico que no permite análisis económico certero.
No requiere operación especial	Requiere de lodo estable
Consumo de energía bajo	Sensible a cambios del clima
Poco sensible a cambios en las características del lodos	Visible
Consumo de químicos bajo, contenido alto de sólidos en la pasta.	Requiere de mano de obra para remoción del lodo.

FUENTE: Adaptado de Cargua E. Tesis

1.4.6.1 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

a. Geometría

Un lecho de secado típico debe ser diseñado para retener en una o más secciones, el volumen total de lodo removido del digestor. Los elementos estructurales del lecho incluyen los muros laterales, tuberías de drenaje, capas de arena y grava, divisiones o tabiques, decantadores, canales de distribución de lodo y muros.(8)

Los muros laterales deben tener un borde libre entre 0.5 y 0.9 m por encima de la arena. Debe asegurarse que no existan filtraciones laterales a través de los muros separadores.

b. Drenajes

- **Medios:** Se recomienda utilizar como medios de drenaje capas de grava y de arena.
- **Espesores:** Se recomienda que la capa de grava tenga un espesor entre 200 y 460 mm. y la capa de arena un espesor entre 300 y 460 mm.

Granulometrías: Las partículas de grava deben presentar un diámetro entre 3 y 25 mm. La arena debe presentar las siguientes especificaciones:

- Partículas limpias, duras, durables y libres de arcilla, polvo, ceniza u otro material extraño.
- El coeficiente de uniformidad debe estar entre 3.5 y 4.0.
- El tamaño efectivo de los granos de arena debe estar entre 0.3 y 0.75 mm.

c. Recolección de percolados

La recolección de percolados se efectuará a través de tuberías de drenaje de plástico o de teja de arcilla vitrificada con junta abierta. Las tuberías de drenaje principal deben tener no menos de 100 milímetros de diámetro y una pendiente no menor a 1%; deben espaciarse entre 2.5 y 6 m y debe tenerse en cuenta el tipo de remoción de lodo que se emplee. Se localizarán por debajo de la capa de grava con no menos de 150 mm de este material por encima de ellas. Se recomienda que los canales laterales de alimentación de las tuberías principales tengan un espaciamiento entre 2.5 y 3 m. En los casos en que la infiltración sea un peligro para las aguas subterráneas, debe sellarse el fondo del lecho con un bitumen u otra membrana impermeable. El área situada alrededor de las tejas de drenaje debe rellenarse con grava. (8)

d. Necesidad de Cobertura

La cubierta proporciona un techo al lecho de arena. La necesidad de utilizarla depende de las condiciones ambientales de la zona. Su uso se recomienda en zonas de alta precipitación. Sin embargo, el diseñador estará en libertad para decidir si se coloca o no cobertura al lecho. En condiciones climatológicas favorables, la evaporación es más rápida en los lechos

descubiertos que en los cubiertos. En los cubiertos es conveniente mantener las ventilaciones cerradas durante la etapa de escurrimiento, para mantener la temperatura, y abrirlas durante la etapa de evaporación para que se renueve el aire. (8)

1.4.6.2 DIMENSIONAMIENTO

El procedimiento para el dimensionamiento según la Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas De Estabilización, es el siguiente:

a) Determinar la carga de sólidos que ingresa al sedimentador

Se estima la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, del modo siguiente:

$$C = \frac{\text{población} * \text{contribución per cápita (gss/kg)}}{1000}$$

Ecuación 29

b) Determinar la masa de Sólidos que conforman los lodos:

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

Ecuación 30

c) Determinar el Volumen diario de lodos digeridos:

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

Ecuación 31

Donde:

ρ_{lodos} : densidad de lodos= 1,04Kg/L

% Sólidos: contenidos en el lodo = 12%

d) Determinar el Volumen a extraerse del Tanque

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

Donde:

Vld: Volumen de lodo de cámara de digestión

Td: Tiempo de digestión de lodos

e) **Determinar el Área Lecho de secado**

$$A_{ls} = \frac{V}{H_{al}}$$

Donde:

A_{ls}: Área Lecho de secado

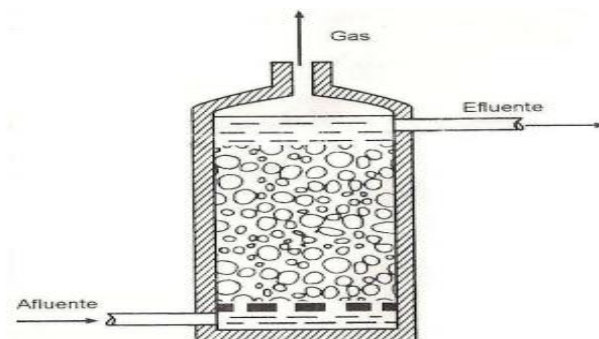
V: Volumen de lodo que llegará al área de secado.

H_{al}: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m (15)

1.4.7 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)

El filtro anaerobio de flujo ascendente es un proceso de crecimiento adherido, para el tratamiento de residuos solubles; es el tratamiento anaerobio más sencillo de mantener porque la biomasa permanece como una película microbial adherida y porque como el flujo es ascensional, el riesgo de taponamiento es mínimo. (16)

Gráfico N° 5. Filtro anaerobio de flujo ascendente



Fuente: Batero Y & Cruz E. Tesis

El filtro anaerobio está constituido por un tanque o columna, relleno con un medio sólido para soporte del crecimiento biológico anaerobio. El agua residual es puesta en contacto con el crecimiento biológico anaerobio adherido al medio y como las bacterias son retenidas sobre el medio no salen en el efluente, es posible obtener tiempos de retención celular del orden de cien días con tiempos de retención hidráulica cortos. Estos filtros también pueden ser útiles para desnitrificar efluentes ricos en nitratos.

El arranque de un proceso de crecimiento adherido puede ser más lento que el de un proceso de crecimiento suspendido, puede demorar unos seis meses en aguas residuales de baja concentración y de temperatura baja; pero la ventaja es que el filtro anaerobio es poco sensible a variaciones de carga hidráulica y a la operación discontinua pues el medio retiene los sólidos y la biomasa formada en él. En estudios hechos en Brasil se indica que estos filtros logran remociones de DBO del 80% con lechos de piedra de 4 y 7mm y una altura de 1.20m. Otros estudios con residuo de DQO igual a 1200 mg/ L, carga orgánica volumétrica menor de 4Kg DQO/m³d, tiempo de retención hidráulica de 1 día, edad de los lodos de 56 días y temperaturas de 20 a 25 C, indicaron remociones del 88% de DQO.(16)

Medio de soporte

Se recomienda que los filtros anaerobios estén cargados en su totalidad con elementos de anclaje, salvo el 15% superior de su profundidad total. Esta zona superior sirve para homogeneizar la salida evitando los canales preferenciales de flujo.

El flujo entra al lecho poroso por el fondo del mismo y debe ser distribuido radialmente en forma uniforme, para este fin habrá un “difusor” en el fondo del lecho, al cual llega el flujo mediante un tubo o ducto, instalado dentro o fuera del cuerpo de la unidad.

Como medio de anclaje para los filtros anaerobios, se recomienda la piedra: triturada angulosa, o redonda (grava); sin finos, de tamaño entre 4 cm y 7 cm. (8)

1.4.7.1 DIMENSIONAMIENTO

Los filtros anaerobios de flujo ascendente pueden tener forma circular o rectangular; en este caso se dimensionará un FAFA de forma rectangular.

Para obtener las dimensiones se procede de la siguiente manera:

a) Obtener el volumen del filtro (V_f, m^3)

Para lo que se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_f = Q_{Diseño} * t_r$$

Ecuación 34

Donde:

V_f : Volumen del filtro, m^3

t_r : tiempo de retención hidráulica, días.

b) Calcular del Área del filtro (A_f, m^2)

El área del filtro se obtiene con la siguiente expresión:

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

Ecuación 35

Donde:

V_f : Volumen del filtro, m^3

H_u : Profundidad útil del filtro, en la norma RAS 2000 Título E se recomienda una de 1.80m

c) Calcular la Longitud del filtro

Como el área es igual al producto entre la longitud y el ancho, entonces para calcular la longitud utilizamos:

$$L = \frac{A}{b}$$

Ecuación 36

d) Profundidad Total del filtro

Se requiere adicionar una altura para la acumulación de los gases producidos en la digestión por lo que:

$$H_{Tf} = H_u + 0.30$$

Ecuación 37

1.5 NORMATIVA AMBIENTAL.

La investigación se fundamentará en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI. Anexo 1, en el que establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado (10)

Tabla XIV. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/L	250
Fósforo Total	P	mg/L	10
Nitrógeno Kjeldahl total	N	mg/L	15
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción > al 99,9 %
Potencial hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Suspendidos		mg/L	100
Sólidos sedimentables		mg/L	1,0
Sólidos totales		mg/L	1 600
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5

FUENTE: TULAS. Libro VI. Anexo 1.

Para el diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento aplican las siguientes normas técnicas:

- Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Décima Parte (X). República del Ecuador. Subsecretaría de Saneamiento Ambiental, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.1992

- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, Sección II Títulos E, Tratamiento De Aguas Residuales, República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C. Noviembre de 2000 (RAS 2000)
- Organización Panamericana de la Salud, Área de desarrollo sostenible y salud ambiental Guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de Estabilización. Lima – Perú. 2005

1.6 GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la Cabecera Parroquial de Licán, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

El área de emplazamiento de estudio es de aproximadamente 52.45 Ha, e incluye a los barrios; que se mencionan a continuación:

- Barrio “La Florida ”
- Barrio “Central”
- Barrio “24 de Mayo”
- Barrio “Santa Rosa de Licán”
- Barrio “Urdesa del Sur”
- Barrio “Alborada de Licán”
- Barrio “Manzanapamba”
- Barrio “Villa La Unión”

Según el Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos la parroquia Licán tiene una población de 7963 habitantes de los que 3853 son hombres y 4110 son mujeres. La tasa de crecimiento demográfico para el cantón Riobamba en el período intercensal 1990 - 2001 es de 1.5%. La población correspondiente al área de estudio es de 2112 habitantes en la actualidad.

En el lugar existen establecimientos educativos hasta el nivel de primaria, por lo que para continuar con el bachillerato y educación superior, los habitantes del lugar acceden a los diferentes centros educativos de la ciudad de Riobamba.

Tabla XV. Centros Educativos en el área de estudio.

BARRIO	CENTROS EDUCATIVOS		
	PRE PRIMARIO		
	Profesores	Alumnos	Total
Central	Centro Integrado de Desarrollo Infantil "Casita de Verano"		
	7	42	49
24 de Mayo	Jardín "Alfredo Pérez Chiriboga"		
	4	83	87
Santa Rosa	K		
	1	16	17
PRIMARIO			
La Florida	Escuela "Simón Rodríguez"		
	22	421	443

FUENTE: Centros Educativos Parroquia Licán

La parroquia, dispone de un centro de salud denominado "Subcentro de Salud Licán", que pertenece al área de Salud No. 1 Riobamba – Chambo, el cual provee atención pediátrica, ginecológica, odontológica y de medicina general; y servicio de farmacia, si el caso médico requiere una atención especializada, los pobladores concurren al Hospital Provincial Docente de la ciudad de Riobamba o a clínicas particulares.

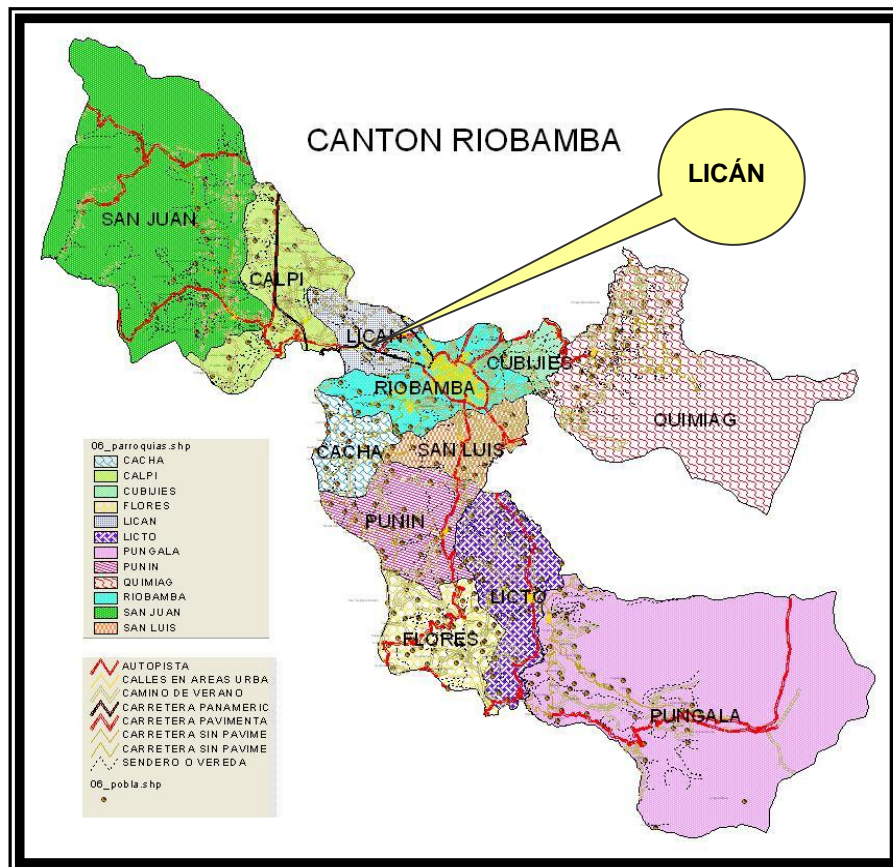
1.6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La parroquia Licán se encuentra ubicada geográficamente hacia el oeste de la ciudad de Riobamba, entre las coordenadas 9817400 – 9817900 (m) de latitud norte, 754200 – 755700 (m) de longitud este, a una altura media de 2900 m.s.n.m.

Tabla XVI. Ubicación geográfica

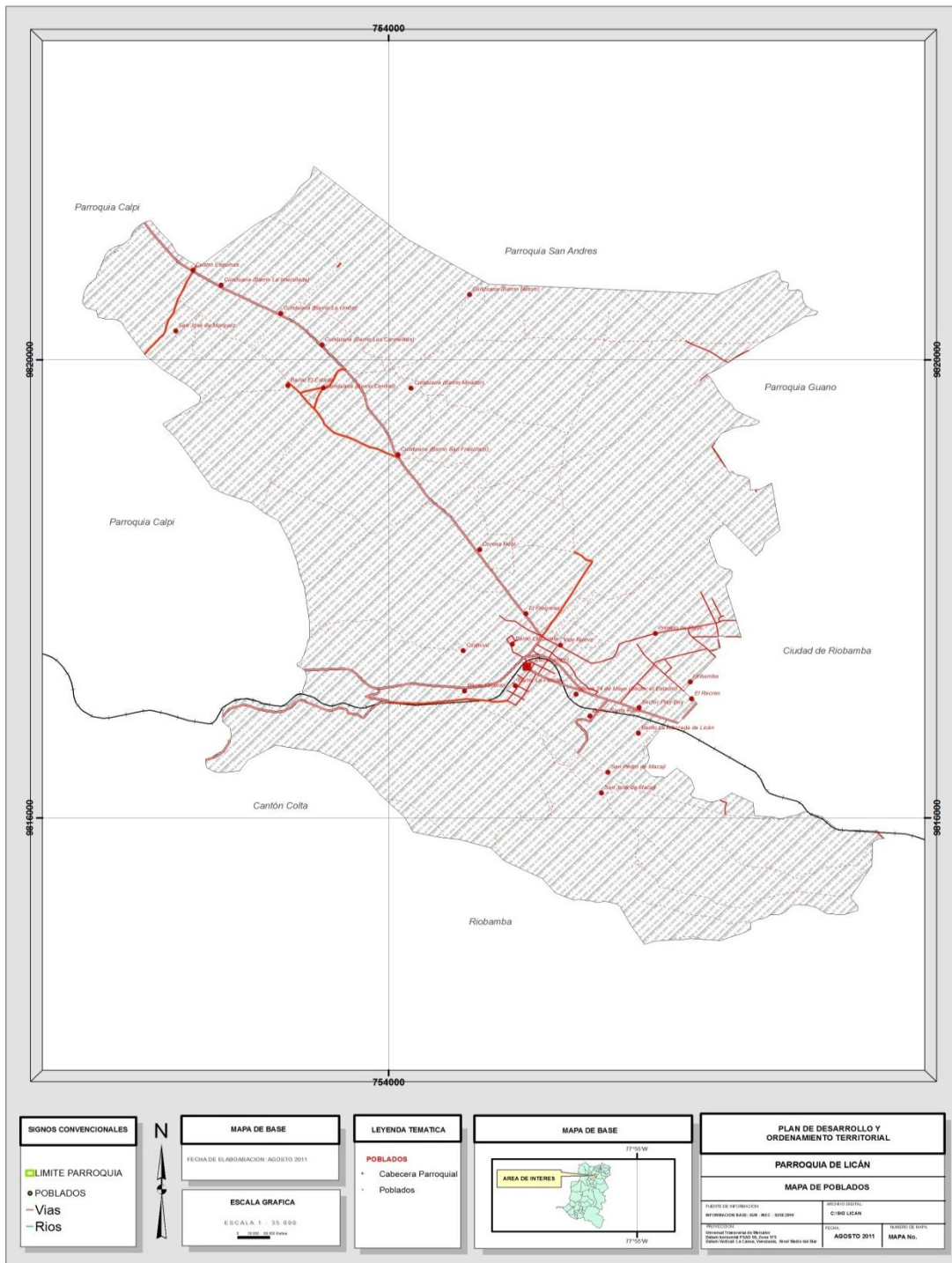
Región: Sierra	
Provincia:	Chimborazo
Cantón:	Riobamba
Parroquia:	Licán

Gráfico N° 6. Mapa del Cantón Riobamba



Fuente: Plan Estratégico de Desarrollo Cantonal Riobamba 2020

Gráfico N° 7. Parroquia Licán



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Junta Parroquial de Licán

1.6.2 CLIMATOLOGÍA

Licán se encuentra en la Región Interandina, el clima es por general frío y consta de dos estaciones, una húmeda y una seca.

La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio es la de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por lo que para determinar las condiciones climáticas del lugar se procedió a analizar los datos obtenidos en la estación durante los años 2001 – 2010.

La temperatura media anual es de 13.6 ° C, siendo las mínimas medias mensuales entre 11.3 y 12.6 °C, en los meses de agosto y junio, y las máximas mensuales entre 14.4 y 15.5°C, en el mes de enero.

Tabla XVII. Temperatura

TEMPERATURA °C			
AÑO	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
2001	12.7	13.9	11.3
2002	13.5	14.9	12.6
2003	13.4	14.4	12.3
2004	13.5	14.6	11.8
2005	14	15.5	12.5
2006	13.6	14.4	12.5
2007	14	14.4	12.5
2008	14	14.9	12
2009	13.5	14.5	11.9
2010	13.4	14.4	12.3
	13.6	15.5	11.3

FUENTE: Estación Meteorológica ESPOCH

La precipitación media anual de la última década es de 520.7 mm, siendo noviembre y diciembre los meses más lluviosos y los meses de julio y agosto los más secos.

Tabla XVIII. Precipitación

Año	Precipitación (mm)
2001	658
2002	370.5
2003	579.4
2004	370.1
2005	517.8
2006	509.3
2007	478.1
2008	483.9
2009	566.7
2010	673.2
MEDIA	520.7

FUENTE. Estación Meteorológica ESPOCH

En cuanto a la velocidad y dirección del viento según los datos obtenidos en la estación meteorológica, en el en el último año, las velocidades diarias promedio del viento en la zona varían entre 1,5 y 2,0 m/s, en los meses de marzo, abril y septiembre con una dirección predominante hacia el noroeste, en los restantes meses del año la velocidad se encuentra en el rango de 1.9 a 2.4 m/s, es decir, que las velocidades son moderadas con una dirección predominante hacia el sur este.

1.6.3 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

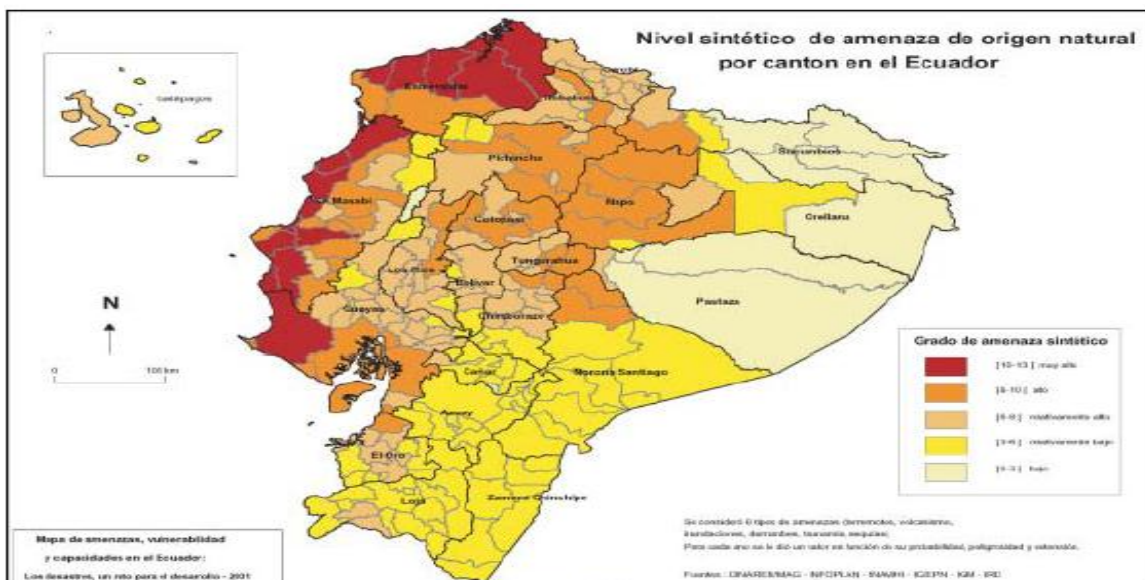
El área de estudio consta en la carta topográfica del cantón Guano - 1 – DMA – hoja 3889 II. Serie J 721, en el lugar existen principalmente zonas de topografía plana, zona ondulada, y en extensiones menores zonas de topografía semi- accidentada.

1.6.4 RIESGOS NATURALES

Según el estudio “Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador” realizado por Demoraes y D’ Ercole en el 2001, el nivel sintético de riesgos de origen natural al que está expuesta la población del cantón Riobamba, dentro del cual se encuentra la parroquia Licán es de un valor de 7 correspondiente a medianamente alto, como se especifica en el gráfico N°11.

Este estudio se basa en la estimación de un conjunto de amenazas naturales: peligro sísmico, volcánico, tsunami, deslizamientos, inundaciones y sequías. El nivel sintético final de amenaza de origen natural corresponde a la suma de los grados de amenazas potenciales determinados para cada uno de los 6 peligros considerados para cada cantón.

Gráfico N° 8. Nivel sintético de amenaza de origen natural por cantón en el Ecuador



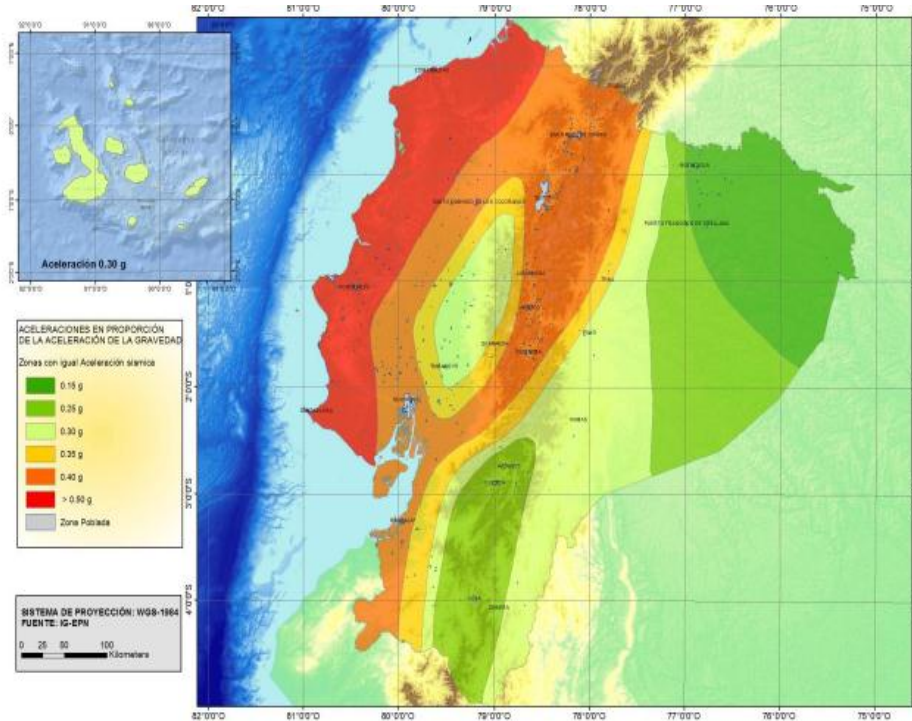
FUENTE: Cartografía de las Amenazas de Origen Natural por Cantón en el Ecuador. Quito Agosto 2001

El río Chibunga atraviesa parte de la parroquia Licán sin embargo no está próximo al área de estudio, por lo que no representa un riesgo en cuanto a inundaciones. En lo que a deslizamientos y derrumbes de suelo se refiere, el riesgo es bajo.

El volcán Tungurahua considerado uno de los más peligrosos para los asentamientos humanos es tanto para Licán como para el cantón Riobamba una amenaza por la precipitación de ceniza; lo que afecta principalmente a la población ya que ocasiona enfermedades respiratorias; así como a la fauna y vegetación de los sectores en los que sucede este fenómeno natural.

La Norma del Código Ecuatoriano de la Construcción establece que la parroquia Licán tanto como para el cantón Riobamba se encuentra dentro de la zona V con un valor del factor Z de 0.40; lo que significa un alto riesgo sísmico.

Gráfico N° 9. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Z



FUENTE: Norma Ecuatoriana De La Construcción 2011 (NEC - 11)

Tabla XIX. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

FUENTE: Norma Ecuatoriana De La Construcción 2011 (NEC - 11)

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución de este proyecto se ha utilizado los materiales y métodos que son detallados a continuación:

2.1 MATERIALES Y EQUIPOS

2.1.1.1 MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO Y TOPOGRÁFICOS

- ◆ Flexómetro
- ◆ Nivel de burbuja
- ◆ Piola
- ◆ Listones de madera (2.30m)
- ◆ Cinta métrica
- ◆ Libreta de notas
- ◆ Cámara Fotográfica
- ◆ GPS
- ◆ Estación total
- ◆ Mira topográfica

2.1.1.2 MATERIALES DE MUESTREO

- ◆ Guantes
- ◆ Mascarilla
- ◆ Termómetro
- ◆ Envase (5L)
- ◆ Envases de Vidrio (ámbar) y plástico (1L)
- ◆ Envases de plástico estéril (200mL)
- ◆ Probeta (500mL)

2.2 MÉTODOS

2.2.1.1 MÉTODO DE MEDICIÓN DE CAUDAL

Por las características del colector donde se reciben las aguas residuales del área de estudio se empleo el método empírico, ya que se trataba de un flujo uniforme se utilizó a la ecuación de Manning para determinar el caudal; esta ecuación está dada por la velocidad, radio hidráulico, pendiente y la constante de Manning.

Inicialmente se obtuvo la pendiente del canal, se midió las alturas correspondientes y la longitud entre los listones, para posteriormente realizar los cálculos correspondientes.

El tirante de agua (altura) se midió durante una semana, 11 horas y media, cada día en intervalos de 30 minutos (6:30-18:00).

Por el tiempo de vida de la tubería se realizó la corrección de la constante de rugosidad de Manning, por lo que se determinó la velocidad experimental mediante el método del flotador, se realizó 30 ensayos utilizando un material de similares características para cada ensayo, luego se procedió a medir la longitud del canal para aplicar la ecuación correspondiente.

2.2.1.2 MÉTODO DE MUESTREO

Las muestras fueron tomadas en el colector donde se realiza la descarga final de las aguas residuales provenientes de la cabecera parroquial de Licán ubicado a 756844 m Longitud Este, 9 817073; para realizar el muestreo se tomó en cuenta las horas en que se registró el caudal máximo diario.

Para los análisis físico - químicos se realizó un muestreo compuesto, manual, las muestras fueron tomadas durante cinco días, durante una hora treinta minutos diario, ya que la variabilidad del caudal era pequeña, se recogió 500mL cada 30 min, para conseguir un volumen final de 2000mL.

Al concluir el muestreo compuesto se procedió a tomar una muestra puntual para realizar los análisis microbiológicos; el volumen recolectado fue de 150mL.

Las muestras fueron transportadas de manera inmediata al laboratorio en envase de plástico (1L); en envase de vidrio (ámbar) (1L), y envase plástico esterilizado (150mL).

2.2.1.3 MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL.

La caracterización de las aguas residuales se fundamenta en métodos analíticos; se emplean tanto cuantitativos, para determinar las características químicas y microbiológicas, así como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas.

Los análisis de las aguas residuales fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB – CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el laboratorio utiliza los métodos descritos en las normas: APHA/AWWA/Standard Methods (N° 5540C); APHA (5520C, 5210B, 5220D, 45000P, 4500 H⁺, 2540D, 2540B, 4500 SO₄⁻², 9222, 9221).

2.2.1.4 MÉTODOS TOPOGRÁFICOS

Pará obtener las características topográficas del terreno donde se ubicará la PTAR se inició con la toma de datos mediante el empleo de una estación total con apreciación angular de un segundo, que fue ubicada a 756724 Longitud Este, 9 816927 Latitud Norte, a 2895 msnm; se tomó 8 puntos de detalle en el perímetro del predio y un punto topográfico o de referencia, se aplicó los métodos planimétricos para obtener las coordenadas planas de los puntos y métodos altimétricos para determinar la diferencia de altura entre estos; con las coordenadas planas de cada punto y sus cotas se realizó el plano en AUTOCAD, para establecer las cotas cerradas realizó una interpolación usando el método geométrico obteniendo curvas de nivel a cada metro.

2.2.1.5 MÉTODO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para llevar a cabo el dimensionamiento de la PTAR se sigue la metodología descrita a continuación: se determina la disponibilidad de espacio para la ubicación de la planta; se analiza las características topográficas del lugar y las condiciones ambientales; garantizando

que sea el adecuado; se procesa los datos obtenidos en la investigación de campo para determinar la población a servir, los caudales: medio, caudal de diseño, máximo, mínimo, se realiza un análisis de las características físico – químicas y microbiológicas; y de las exigencias de calidad para descargas según la Normativa Ambiental aplicable; conociendo todo esto se propone los sistemas de tratamientos más adecuados.

En cuanto al diseño de las unidades de tratamiento se utiliza los criterios y ecuaciones sugeridas en: Normas Para Estudio y Diseño Sistemas De Agua Potable y Disposición Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores A 1000 Habitantes. Decima Parte (X) República del Ecuador. Subsecretaria de Saneamiento Ambiental, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.1992, Norma Técnica RAS 2000, Títulos E, B; así como la Norma OS.90 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, la Guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de Estabilización. OPS/CEPIS/ Lima – Perú. 2005. Guía para el Diseño Desarenadores y Sedimentadores., OPS/CEPIS/Lima – Perú 2005

2.2.1.6 MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS

Para la elaboración de los planos se manejó herramientas informáticas, concretamente el software AUTOCAD, utilizando escalas de 1:1000, 1:400, 1:50 y 1:25.

2.2.1.7 MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Como la mayoría de proyectos, durante la construcción y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se ejecutarán diferentes actividades que podrían ocasionar alteraciones en el ambiente, actualmente existen muchas metodologías para ayudar en el proceso de identificación y evaluación del impacto ambiental; así como:

- Métodos de identificación de impactos: como trabajo de equipos interdisciplinarios (caso: Método Delphi), listas de chequeo de efectos, flujo - gramas y redes causales, cartografía ambiental, y métodos de valoración de impactos
- Métodos de valoración de impactos: Matriz de Leopold, Sistema Batelle.

En este caso se utilizará una matriz interactiva causa - efecto; que permite la identificación y valoración del impacto ambiental, en ella se relacionan las acciones o actividades del proyecto con los factores ambientales; una de las más conocidas es la Matriz de Leopold, se trata de una matriz que presenta, en las columnas, las acciones del proyecto y, en las filas, los componentes del medio y sus características. La matriz presenta una lista de 100 acciones y 80 elementos ambientales; siendo posible su modificación o simplificación de acuerdo a lo requerido; cada acción debe ser considerada sobre cada uno de los componentes del entorno de manera a detectar su interacción, es decir los posibles impactos.

2.2.1.7.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

La manera más eficaz de utilizar la matriz es identificar las acciones más significativas. Cada acción se evalúa en términos de la magnitud del efecto sobre las características y condiciones ambientales que figuran en el eje vertical. Se coloca una barra diagonal (/) en cada casilla donde se espera una interacción significativa.

Se evalúan las casillas marcadas más significativas, y se coloca un número entre 1 y 10 en la esquina superior izquierda de cada casilla para indicar la magnitud relativa de los efectos (1 representa la menor magnitud, y 10 la mayor). Asimismo, se coloca un número entre 1 y 10 en la esquina inferior derecha para indicar la importancia relativa de los efectos.

Los valores de la magnitud e importancia que se asigna a los impactos identificados son valores determinados por Leopold; estos se indican en las siguientes tablas:

Tabla XX. Valoración de la magnitud para la matriz de Leopold

MAGNITUD		
CALIFICACIÓN	INTENSIDAD	AFECTACIÓN
1	Baja	Baja
2	Baja	Media
3	Baja	Alta
4	Media	Baja
5	Media	Media
6	Media	Alta
7	Alta	Baja
8	Alta	Media
9	Alta	Alta
10	Muy Alta	Alta

FUENTE: Leopold 1971

Tabla XXI. Valoración de la importancia para la matriz Leopold

IMPORTANCIA		
CALIFICACIÓN	DURACIÓN	INFLUENCIA
1	Temporal	Puntual
2	Media	Puntual
3	Permanente	Puntual
4	Temporal	Local
5	Media	Local
6	Permanente	Local
7	Temporal	Regional
8	Media	Regional
9	Permanente	Regional
10	Permanente	Nacional

FUENTE: Leopold 1971

Mientras que para la evaluación se usará los rangos establecidos por Leopold que se muestran a continuación:

Tabla XXII. Evaluación de impactos según la metodología de Leopold.

RANGOS	IMPACTO	
-70.1 a -100	Negativo	Muy alto
-50.1 a 70	Negativo	Alto
-25.1 a -50	Negativo	Medio
-1 a -25	Negativo	Bajo
1 a 25	Positivo	Bajo
25.1 a 50	Positivo	Medio
50.1 a 80	Positivo	Alto
80.1 a100	Positivo	Muy alto

Fuente: Leopold 1971

CAPÍTULO III

3 CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

3.1.1 POBLACIÓN DE DISEÑO

La población actual se determinó al realizar la encuesta pero es importante sumar a esta el 15% de la población actual en los centros educativos entonces:

$$P_a = 2112 + (0.15 * 596) = 2201 \text{ hab}$$

Para obtener la población de diseño, es necesario realizar una proyección demográfica la que se calcula por el método geométrico cuya ecuación es:

$$P_f = P_a(1 + r/100)^n$$

Ecuación 38

Donde:

P_f: Población futura (hab)

P_a: Población actual

r: tasa de crecimiento anual en forma decimal

n: periodo de diseño

Tabla XXXIII. Datos para el cálculo de la población de diseño

Parámetro	Unidad	Datos
P _a	Hab	2201
r*	%	1.5
N	Años	15

*Fuente: INEC 2001

$$P_f = 2201(1 + 0.015)^{15}$$

$$P_f = 2751 \text{ hab}$$

3.1.2 CAUDAL DE DISEÑO

Para obtener el caudal de diseño se aplica la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_M * F + Q_{\text{INF}} + Q_{\text{CE}}$$

Ecuación 39

Donde:

$Q_{\text{Diseño}}$: Caudal de diseño (L/s)

Q_M : Caudal medio de aguas residuales (L/s)

F: Factor de mayoración (L/s)

Q_{INF} : Caudal de infiltración (L/s)

Q_{CE} : Caudal de conexiones erradas (L/s)

Caudal medio de aguas residuales

$$Q_M = \frac{P_f * D * C}{86400}$$

Ecuación 40

Donde:

P_f : Población futura (hab)

D: Dotación del agua (L/hab*día)

C: Coeficiente de retorno

Tabla XXIV. Datos para el cálculo del caudal medio de aguas residuales

Parámetro	Unidad	Valor
Población actual	Hab	2201
Población futura	Hab	2751
Dotación de agua*	L/hab*día	209
Coefficiente de retorno*	-	0.7

* FUENTE: EMAPAR

$$Q_M = \frac{2751\text{hab} * 209\text{L/hab} * \text{día} * 0.7}{86400\text{s/día}}$$

$$Q_M = 4.7 \text{ L/s}$$

Factor de mayoración

El factor de mayoración tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población, disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta. La variación del factor de mayoración debe ser estimada a partir de mediciones de campo. Sin embargo, esto no es factible en muchos casos, por lo cual es necesario estimarlo con base en relaciones aproximadas como la de Harmon válida para poblaciones de 1 000 a 1000000 habitantes, rango dentro del cual se encuentra la población del área en estudio por lo que se aplica la siguiente ecuación:

$$F = 1 + \frac{14}{4 \sqrt{P_f/1000}}$$

Ecuación41

$$F = 1 + \frac{14}{4 \sqrt{2752/1000}}$$

$$F = 3.47$$

Caudal de infiltración

El caudal de infiltración se define como toda agua que entra a la red de alcantarillado proveniente del suelo a través de conexiones a construcciones, tuberías defectuosas, uniones de tubería, conexiones no controladas o por las paredes de los pozos de inspección.

Para obtener el caudal de infiltración se utiliza los datos de Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales establecidos en la RAS 2000 Título D, que son: 0.15 – 0.4 L/s*Ha, por lo que tenemos:

$$Q_{INF} = 0.15 \frac{L}{s * Ha} * 52.45 Ha$$

Ecuación 42

$$Q_{INF} = 7.9 L/s * Ha$$

Caudal de conexiones erradas

Deben considerarse los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios, QCE. Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias.

El QCE se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{CE} = 10\% (Q_M * F + Q_{INF})$$

Ecuación 43

$$Q_{CE} = 0.10 (4.7 * 3.47 + 7.9) L/s$$

$$Q_{CE} = 2.4 L/s$$

Con los resultados obtenidos es posible calcular el caudal de diseño:

$$Q_{Diseño} = (4.7 L/s * 3.47) + (7.9 + 2.4) L/s$$

$$Q_{Diseño} = 26.6 L/s$$

Caudal mínimo de diseño ($Q_{mínDiseño}$)

Se obtiene utilizando las mismas ecuaciones que se aplicó anteriormente para obtener el caudal de diseño pero en base a la población actual; y se obtiene:

$$Q_{mínDiseño} = 23.1 L/s$$

Cálculo para el caudal medio diario

Es la sumatoria del caudal medio, el caudal de infiltración y el de conexiones erradas.

$$Q_{MD} = 14.17 \text{ L/s}$$

3.1.3 DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE LLEGADA.

El canal de llegada es diseñado de modo que se obtengan las velocidades establecidas en la Norma para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes; para el caudal medio diario la velocidad debe ser mayor a 0.6m/s y para el caudal máximo o de diseño será menor a 2.5m/s.

Para verificar que lo anterior se cumpla se utiliza las ecuaciones, que se mencionó en el capítulo I, apartado: 1.4.1.1, los datos requeridos para los cálculos se resumen en la siguiente tabla:

TablaXXV. Datos para el cálculo de verificación la velocidad

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Datos
Caudal medio diario	Q_{MD}	m ³ /s	0.01417
Caudal de diseño	$Q_{Diseño}$	m ³ /s	0.02578
Material del canal	-	-	Hormigón
Coefficiente de rugosidad de Manning *	N	-	0.016
Base del canal(asumida)	B	m	0.5
Altura del canal(asumida)	H	m	0.6
Pendiente del canal (asumida)	S	%	0.5

***FUENTE: Normas Ecuatorianas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales.**

Coefficiente de Manning

Para el caudal medio diario tenemos:

$$K = \frac{0.0147 * 0.016}{(0.50)^{\frac{8}{3}} * (0.005)^{\frac{1}{2}}}$$

$$K = 0.02035877$$

Para el caudal de diseño:

$$K = \frac{0.02578 * 0.016}{(0.50)^{\frac{8}{3}} * (0.005)^{\frac{1}{2}}}$$

$$K = 0.03703945$$

Por lo que h para el caudal medio diario es:

$$h = 1.6624 * (0.02035877)^{0.74232} * 0.5m$$

$$h = 0.04615916m$$

Mientras que para el caudal de diseño h es igual a:

$$h = 1.6624 * (0.03703945)^{0.74232} * 0.5m$$

$$h = 0.07197747m$$

Cálculo del Radio Hidráulico (RH)

El radio hidráulico para el caudal medio diario es:

$$RH = \frac{0.5m * 0.04586785m}{0.5m + 2(0.04586785m)}$$

$$RH = 0.03896483m$$

R_H para el caudal de diseño es:

$$RH = \frac{0.5m * 0.07197747m}{0.5m + 2(0.07197747m)}$$

$$R = 0.05588704m$$

Con estos resultados se puede emplear la ecuación de Manning para verificar la velocidad:

Verificación de la velocidad

En el caso del caudal medio diario la velocidad es:

$$V = \frac{1}{0.013} 0.03931107^{2/3} 0.005^{1/2}$$

$$V = 0.63m/s$$

En tanto que para el caudal de diseño tenemos:

$$V = \frac{1}{0.013} 0.05676066^{2/3} 0.005^{1/2}$$

$$V = 0.795m/s$$

3.1.4 DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS

Según la bibliografía cuando el caudal es menor a $0.053 \text{ m}^3/\text{s}$ como es el caso se recomienda instalar rejillas de limpieza manual, que estarán ubicadas a continuación del canal de llegada con la finalidad de retener el material grueso que lleva consigo el agua residual. En la Norma Ecuatoriana para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes se sugiere que las barras sean de sección rectangular y que se dispongan con una inclinación de 44 a 60° con respecto a la horizontal.

Tabla XXVI. Parámetros para el dimensionamiento de rejillas

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Valor recomendado	Valor escogido
Caudal de diseño	Q _{Diseño}	m ³ /s	0.0266	-
Velocidad mínima de aproximación*	V _a	m/s	0.3 – 0.6	0.45
Velocidad mínima entre barras*	V _{Bm}	m/s	0.3 – 0.6	0.6
Aceleración de la gravedad	G	m/s ²	9.8	-
Altura de seguridad	H _s	m	0.50	
Ancho del canal (propuesto)	L	m	0.5	-
Espesor de barra**	S	mm	5 -15	10
Separación entre barras*	E	mm	15 - 50	20
Angulo de Inclinación **	A	°	44 - 60	45
Pérdida máxima de carga admisible ⁺	H _f	m	0.015	0.015

FUENTE: *RAS 2000 Título E, **Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. ⁺ Metcalf& Eddy 1996.

Cálculo del Área libre al paso del agua

$$A_L = \frac{Q}{V_{Bm}}$$

$$A_L = \frac{0.0266\text{m}^3/\text{s}}{0.6\text{ m/s}}$$

$$A_L = 0.0443\text{m}^2$$

Calcular el tirante del agua en el canal

$$h = \frac{A_L}{b}$$

$$h = \frac{0.0433\text{m}^2}{0.5\text{m}}$$

$$h = 0.0886\text{m}$$

Cálculo de la altura del canal (H):

$$H = h + H_s$$

$$H = (0.0886 + 0.50)\text{m}$$

$$H = 0.58\text{m}$$

Por lo que se adopta una altura del canal de 0.6m

Cálculo de la longitud de las barras (Lb, m)

El ángulo de inclinación las rejillas es de 45°; sabiendo que:

$$\text{sen } 45^\circ = \frac{H}{Lb}$$

$$Lb = \frac{0.6}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$Lb = 0.85m$$

Cálculo del número de barras

$$Nb = \left(\frac{b}{e + s} \right)$$

$$Nb = \left(\frac{0.5m}{0.02m + 0.01m} \right)$$

$$Nb = 17$$

Pérdida de carga.

$$hf = \frac{1}{0.7} * \left(\frac{V_{Bm} - Va^2}{2g} \right)$$

$$hf = \frac{1}{0.7} * \left(\frac{0.6 \text{ m/s} - 0.45 \text{ m/s}}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

$$hf = 0.011m$$

Velocidad en el canal de aproximación

$$V = Q/A_L$$

$$V = 0.0266/0.0443$$

$$V = 0.6m/s$$

$$V =$$

3.1.5 DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PARSHALL

3.1.5 DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PARSHALL

El objetivo de la Canaleta Parshall es servir como estructura de aforo, es decir, permitir medir el caudal de agua residual que ingresa diariamente a la PTAR con el fin poder llevar una medición y a su vez un mejor control de los procesos. El dimensionamiento parte de los caudales máximo y mínimo de agua residual.

Tabla XXVII. Datos para el dimensionamiento de la canaleta Parshall

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Resultado
Caudal mínimo de diseño	$Q_{\text{mínDiseño}}$	L/s	0.0231
Caudal máximo o de diseño	$Q_{\text{Diseño}}$	L/s	0.0266

Ancho de garganta (W)

El valor se obtiene de la tabla: dimensiones y capacidad de canales Parshall, para distintos anchos de garganta W; se especifica en el Anexo C, tabla LVII; en base a los caudales máximo y mínimo, revisando la tabla mencionada se adopta un ancho de garganta de:

$$W = 0.08 \text{ m}$$

Se plantea que el Parshall, trabaje con descarga libre, se procede a determinar las cargas H_a y H_b y con ello definir su comportamiento. Para tal efecto el valor del grado de sumergencia S, está dado por la expresión:

$$S = H_b / H_a$$

Ecuación 44

Donde:

H_a : carga a la entrada del canal Parshall

H_b : carga cerca del extremo inferior en la garganta del Parshall

Grado de sumersión

El valor del grado de sumersión para descarga libre y sumergida, varía en función del ancho de garganta (W) según el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento”, CNA, Libro III, página 84, para este caso los valores son los siguientes:

Tabla XXVIII. Valor de grado de sumersión

Ancho de Garganta	Descarga Libre	Con Sumersión
$W < 0.30 \text{ m}$	$S < 0.60$	$0.60 < S < 0.95$

FUENTE: Comisión Nacional del Agua Manual De Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Selección e Instalación de Equipos de Macromedición. México 2007

Entonces el valor de sumergencia para descarga libre de es de 0.60 igual a una relación de:

$$\frac{H_b}{H_a} = 0.60 = 60\%.$$

Para obtener el valor de la carga H_b es necesario primeramente conocer el valor de H_a , el cual se puede determinar con el caudal que circulará a través del Parshall mediante la siguiente expresión:

$$Q = mH^S$$

Ecuación 45

Donde:

m y S : Constantes que varían en función de W , en la tabla LVIII del Anexo D se especifican las fórmulas para evaluar el gasto en función de estas.

La ecuación correspondiente a $W = 0.08\text{m}$ es:

$$Q = 0.3812 * H_a^{1.58}$$

Ecuación 46

Al despejar se tiene:

$$H_a = \sqrt[1.58]{\frac{Q}{0.381}}$$

Ecuación 47

Ha_{máx}: Carga correspondiente al caudal máximo o de diseño

$$H_{a_{\max}} = \sqrt[1.58]{\frac{0.0266 \text{ m}^3/\text{s}}{0.381}}$$

$$H_{a_{\max}} = 0.185\text{m}$$

Ha_{mín}: Carga correspondiente al caudal mínimo de diseño

$$H_{a_{\min}} = \sqrt[1.58]{\frac{0.0231 \text{ m}^3/\text{s}}{0.381}}$$

$$H_{a_{\min}} = 0.169\text{m}$$

Hb

$$\frac{H_a}{H_b} = 0.60 \therefore H_b = 0.60H_a$$

Hb_{máx}

$$H_{b_{\max}} = 0.60(0.185\text{m}) = 0.111\text{m}$$

Hb_{mín}

$$H_{b_{\min}} = 0.60(0.169\text{m}) = 0.1014\text{m}$$

Ahora:

$$\frac{H_{\max} - Z}{H_{\min} - Z} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \therefore \frac{0.185\text{m} - Z}{0.169\text{m} - Z} = \frac{0.0266 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0231 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Ecuación 48

Al resolver y Despejar:

$$Z = \frac{0.0002219 \frac{\text{m}^4}{\text{s}}}{0.0035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} =$$

$$Z = 0.0634\text{m}$$

3.1.6 DIMENSIONAMIENTO DE DESARENADOR

La normas RAS 2000 Título E sugiere que se diseñe dos desarenadores; sin embargo tomando cuenta que el caudal es bajo y por cuestiones de disponibilidad de espacio y económicas se dimensionará un desarenador. Las ecuaciones para realizar los cálculos se indican en el literal 1.4.4.3; los datos necesarios se indican en la siguiente tabla:

Tabla XXIX. Parámetros para el dimensionamiento del desarenador

Parámetros	Expresado como	Unidad	Datos
Caudal de diseño	$Q_{\text{DISEÑO}}$	m^3/s	0.0266
Diámetro de la partícula*	D	Cm	0.02
Densidad de la arena*	ρ_s	g/cm^3	2.65
Densidad del agua residual, T=20° *	ρ	g/cm^3	0.99823
Viscosidad cinemática del agua*	H	cm^2/s	0.010105
Aceleración de gravedad	G	cm/s^2	981
Ancho del tanque desarenador*	B	M	0.5
Relación largo : ancho			2.5-5 : 1
Relación ancho : profundidad			1 : 1
Tiempo de retención hidráulico ⁺	TRH	S	20 - 180

FUENTE: *OPS/CEPIS/05.163, ⁺Valor escogido de los sugeridos en la Norma RAS 2000 Título E.

Verificación del cumplimiento de:

$$va > vh$$

A fin de garantizar que no exista arrastre de las partículas depositadas en la zona de desarenación; se realiza los siguientes cálculos.

Cálculo de la velocidad de sedimentación.

$$vs = 0.22 \left(\frac{2.65 - 0.99823}{0.99823} * 981 \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.02}{(0.010105)^{1/3}} \right)$$

$$vs = 2.81\text{cm/s} = 0.0281\text{m/s}$$

Calcular el número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{2.81\text{cm/s} * 0.02\text{cm}}{0.010105\text{cm}^2/\text{s}}$$

$$Re = 5.56$$

Cálculo del coeficiente de arrastre (C_D)

$$C_D = \frac{24}{5.56} + \frac{3}{\sqrt{5.56}} + 0.34$$

$$C_D = 5.93$$

Cálculo de velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición:

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981}{5.93} + (2.65 - 1) * 0.02}$$

$$v_s = 2.11\text{cm/s} = 0.0211\text{m/s}$$

Cálculo de la velocidad límite o velocidad de desplazamiento:

$$v_a = 125[(2.65 - 0.99823)0.02]^{1/2}$$

$$v_a = 22.71\text{cm/s} = 0.2271\text{m/s}$$

Cálculo del área superficial mediante la expresión:

$$A_s = \frac{0.0266\text{m}^3/\text{s}}{0.2271\text{m/s}}$$

$$A_s = 0.117\text{m}^2$$

Cálculo de las dimensiones del desarenador:

Longitud del desarenador

Se utiliza la relación largo ancho 5:1, entonces

$$\frac{L_D}{b} = \frac{5}{1} \Rightarrow L_D = 5 * 0.5\text{m}$$

$$L_D = 2.5\text{m}$$

Profundidad del desarenador (H_D)

Para determinar H_D se aplica la relación ancho profundidad: 1:1

$$\frac{b}{H_D} = \frac{1}{1}$$

Despejando:

$$H_D = \frac{0.5}{1}$$

$$H_D = 0.5\text{m}$$

Cálculo del Área total

$$A_t = L_D * b$$

$$A_t = 2.5 * 0.5\text{m}$$

$$A_t = 1.25\text{m}^2$$

Cálculo de la velocidad horizontal:

$$v_h = Q_{\text{Diseño}}/A_t$$

$$v_h = \frac{0.0266\text{m}^3/\text{s}}{1.25\text{m}^2}$$

$$v_h = 0.02128\text{m/s}$$

Entonces verificamos que:

$$0.2271 > 0.02128$$

Cálculo del periodo de retención:

$$V = L_D * b * H_D$$

$$V = 2.5 * 0.5\text{m} * 0.5\text{m}$$

$$V = 0.625\text{m}^3$$

$$tr = \frac{V}{Q_{\text{Diseño}}}$$

$$tr = \frac{0.625\text{m}^3}{0.0266\text{m}^3/\text{s}}$$

$$tr = 23.49\text{s}$$

Cálculo de la longitud de transición al ingreso del desarenador

$$Lt = \frac{B - b_1}{2 \operatorname{tg}\theta}$$

$$Lt = \frac{(0.5 - 0.18)\text{m}}{2 \operatorname{tg}12.5}$$

$$Lt = 0.72 \text{ m}$$

3.1.7 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES IMHOFF

Se dimensiona dos tanques Imhoff con los siguientes datos:

Tabla XXX. Datos para el dimensionado del tanque imhoff

Parámetro	Expresado como:	Unidad	Datos
Caudal de diseño	$Q_{\text{Diseño}}$	$\text{m}^3/\text{día}$	2298.24
Coefficiente de retorno	C_R		0.7
Tiempo de retención	Tr	día	0.125
Carga superficial	C_S	$\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$	30
Ancho de sedimentador	B	m	5

Cámara de sedimentación

- Área del sedimentador

$$As = \frac{Q_{\text{Diseño}}}{C_S}$$

$$As = \frac{2298.4\text{m}^3/\text{día}}{30\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$As = 76.6\text{m}^2$$

- **Longitud del Tanque:**

Despejando de:

$$A = L * b$$

Donde:

L: Longitud del tanque

Tenemos:

$$L = \frac{As}{b}$$

$$L = \frac{76.6m^2}{5m}$$

$$L = 15.32m$$

- **Volumen en la Cámara de sedimentación**

$$VS = Q_{\text{Diseño}} * tr$$

$$VS = 2298.4 \frac{m^3}{\text{día}} * 0.125\text{día}$$

$$VS = 287.3m^3$$

- **Área de sección transversal:**

$$A_t = \frac{VS}{L}$$

$$A_t = \frac{287.3m^3}{15.32m}$$

$$A_t = 18.75m^2$$

Los siguientes cálculos se realizaron a partir de nociones básicas para las figuras geométricas: triángulo y rectángulo.

$$As = A_{\text{rectángulo}} + A_{\text{triángulo}}$$

$$\text{Arectángulo} = c * b$$

Donde:

c: altura en la cámara de sedimentación

b: ancho del sedimentador

$$\text{Atriángulo} = \frac{bd}{2}$$

Para conocer d: altura de la base triangular de la cámara de digestión usamos las funciones trigonométricas para el triángulo rectángulo

$$\tan \alpha = \frac{d}{b/2} \Rightarrow d = \tan \alpha b/2$$

$$d = \tan 60^\circ 2.5\text{m}$$

$$d = 4.3\text{m}$$

Para conocer c:

$$A_t = \text{Arectángulo} + \text{Áreatriángulo} = b * c + \frac{b * d}{2}$$

$$c = \frac{A_t - \frac{b*d}{2}}{b}$$

$$c = \frac{18.75\text{m}^2 - \frac{5\text{m} * 4.3\text{m}}{2}}{5}$$

$$c = 1.6\text{m}$$

Cámara de Digestión

- **Volumen dela cámara de digestión**

$$V_d = \frac{70 * P * f_{cr}}{1000}$$

Donde:

$$fcr= 1(15^{\circ}\text{C})$$

$$Vd = \frac{70\text{L/hab} * \text{año} * 2751\text{hab} * 1}{1000\text{L}}$$

$$Vd = 192.57\text{m}^3$$

Para conocer las alturas o profundidades en la cámara de sedimentación se utiliza ecuaciones de geometría básica:

$$Vd = \text{Arectángulo} * h + \text{Área piramidal} * h$$

$$Vd = L * b * f + \frac{L * b}{3} * g$$

$$f = \frac{Vd - \frac{L * b}{3} * g}{L * b}$$

Para obtener g: altura de la base triangular de la cámara de digestión se aplica razones trigonométricas básicas:

$$g = \frac{b}{2} * \tan\alpha$$

$$g = \frac{6.2\text{m}}{2} * \tan 30$$

$$g = 1.79\text{m}$$

Reemplazando:

$$f = \frac{192.57\text{m}^3 - \left(\frac{15.32\text{m} * 6.2\text{m}}{3} * 1.79\text{m}\right)}{15.32\text{m} * 6.2\text{m}}$$

$$f = 1.43\text{m}$$

Profundidad Total (D, m)

$$D = c + d + E + f + g + Hs$$

$$D = (1.6 + 4.3 + 0.5 + 1.43 + 1.79 + 0.45)m = 10.07m$$

3.1.8 DIMENSIONAMIENTO DE LOS LECHOS DE SECADO

Se dimensionará lechos de secado para el lodo proveniente de cada tanque Imhoff:

Tabla XXXI. Datos para el de diseño de lechos de secado.

Parámetro de diseño	Símbolo	Unidades	Datos
Caudal de diseño	Qdiseño	m ³ /día	2298.4
Caudal mínimo	Qmín	m ³ /día	1995.84
Población actual	Pa	hab	2201
Población futura	Pf	hab	2751
Densidad de lodos	ρ_{lodo}	Kg / L	1.04
% Sólidos	%	%	12
Sólidos suspendidos	SS	mg/L	130
Tiempo de digestión*	Td	días	55
Profundidad de aplicación*	Hal	m	0.4

Fuente: *Normas OPS/CEPIS. Lima 2005

Para el primer tanque Imhoff tenemos:

Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

$$130SS \frac{mg}{L} * \frac{1}{2201hab} * 2298.4 \frac{m^3}{día} \frac{1000L}{m^3} * \frac{1g}{1000mg} = 135.75gSS/hab * día$$

$$C = \frac{población * contribuciónpercápita(gSS/hab * día) * Kg}{1000g}$$

Ecuación 31

$$C = \frac{2751hab * 135.75(gSS/hab * día) * Kg}{1000g}$$

$$C = 373.44KgSS/hab * día$$

Masa de Sólidos que conforman los lodos:

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

Ecuación 32

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 373.44\text{KgSS/hab} * \text{día}) \\ + (0.5 * 0.3 * 373.44\text{KgSS/hab} * \text{día})$$

$$Msd = 121.368\text{KgSS/hab} * \text{día}$$

Volumen diario de lodos digeridos:

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

Ecuación 33

$$Vld = \frac{121.368\text{KgSS/hab} * \text{día}}{1.04\text{Kg/L} * \left(\frac{12\%}{100\%}\right)}$$

$$Vld = 972.5\text{L/día}$$

Volumen a extraerse del Tanque

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

Ecuación 34

$$Vel = \frac{972.5\text{L/día} * 55\text{días}}{1000\text{L}}$$

$$Vel = 53.48\text{m}^3$$

Área Lecho de secado

$$Als = \frac{V}{Hal}$$

Ecuación 35

$$Als = \frac{53.48\text{m}^3}{0.4\text{m}}$$

$$A_{ls} = 133.77m^2$$

Para obtener el área de cada lecho de secado:

$$A_{s\text{individual}} = \frac{133.77m^2}{4} = 33.44m^2$$

Por lo que para obtener un área aproximada asumimos los valores de ancho y longitud, entonces:

$$b = 5.6m$$

$$L = 6m$$

$$A = 5.6m * 6m$$

$$A = 33.6m^2$$

En el caso del Segundo tanque Imhoff asumiendo que en el primero existe una remoción de Sólidos Suspendidos del 50% (Valor de remoción teórico, según la bibliografía 12) tenemos:

$$SS = 130 \frac{mg}{L} - (0.50 * 130 \frac{mg}{L})$$

$$SS_{removidos} = 65 \frac{mg}{L}$$

Se realizan los mismos cálculos descritos anteriormente y se obtiene que se requiere un área de:

$$A_{ls} = 8.025m^2$$

Se asume los valores de ancho y longitud, entonces:

$$b = 2.5$$

$$L = 3.3$$

$$A = 2.5m * 3.3m$$

$$A = 8.25m^2$$

3.1.9 DIMENSIONAMIENTO DE FILTROS ANAEROBIOS

Se diseñará cinco filtros anaerobios de forma rectangular, para ello se requieren los siguientes parámetros de diseño:

Tabla XXXII. Parámetros para el dimensionamiento de filtros anaerobios

Parámetro de diseño	Símbolo	Unidades	Datos
Caudal de diseño	$Q_{\text{Diseño}}$	m ³ /día	2298.4
Tiempo de retención hidráulica*	Tr	día	0.125
Ancho del filtro (Asumido)	b	m	4
Profundidad útil*	H_u	m	1.8

*FUENTE: RAS 200. Título E

Cálculo del Volumen del filtro

$$V = Q_{\text{Diseño}} * tr$$

En este caso $Q = Q_{\text{diseño}}/5$, para obtener unidades que cumplan con las dimensiones recomendadas; remplazando

$$V = \frac{Q_{\text{Diseño}}}{5} * tr$$

$$V = \frac{2298.4\text{m}^3/\text{día}}{5} * 0.125\text{día}$$

$$V = 57.46\text{m}^3$$

Cálculo del Área

$$A = \frac{V}{H_u}$$

$$A = \frac{57.46\text{m}^3}{1.8\text{m}}$$

$$A = 31.92\text{m}^2$$

Cálculo de la Longitud

De:

$$A = L * b \Rightarrow L = \frac{A}{b}$$

$$L = \frac{31.92\text{m}^2}{4}$$

$$L = 7.98\text{m} \cong 8\text{m}$$

Profundidad Total del filtro

$$H_{Tf} = H_u + 0.30$$

$$H_{Tf} = 1.80 + 0.30$$

$$H_{Tf} = 2.1\text{m}$$

3.2 CÁLCULOS PARA DETERMINAR LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DBO₅, DQO Y COLIFORMES FECALES

A. TANQUES IMHOFF

Según la bibliografía consultada el tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 50%, se considera una remoción teórica del 50% para los dos parámetros. En cuanto a la DBO durante la digestión anaerobia el 90% de esta se transforma en CH₄, y el resto en lodo insoluble; sin embargo se considera un valor teórico de remoción del 50%.

Los aceites y grasas se acumularán en la cámara de natas del tanque Imhoff se asume una remoción del 90% (14, 16)

a. Remoción de la DBO₅

$$\text{DBO}_5\text{efluente TI1} = (410 - (0.50 * 410)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DBO}_5\text{efluente TI1} = 205\text{mg/L}$$

$$\text{DBO}_5\text{efluenteTI2} = (205 - (0.50 * 205)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DBO}_5\text{efluenteTI2} = 102.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

b. Remoción de Sólidos Suspendedos (SS)

$$\text{SSefluente TI1} = (130 - (0.50 * 130)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{SSefluente TI1} = 65 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{SSefluente TI2} = (65 - (0.50 * 65)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{SSefluente TI2} = 32.5\text{mg/L}$$

c. Remoción de la DQO

$$\text{DQO efluenteTI1} = (1030 - (0.50 * 1030)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DQO efluente TI1} = 515 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DQO efluenteTI2} = (515 - (0.50 * 515)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DQO efluente TI2} = 257.5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

d. Remoción de Aceites y grasas

$$\text{AyG efluenteTI1} = (31.9 - (0.9 * 31.9)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{AyG efluente TI1} = 3.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{AyG efluenteTI2} = (3.2 - (0.90 * 3.2)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{AyG efluente} = 0.3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

B. FILTROS ANAEROBIOS

Los valores remanentes de DBO₅, SS, DQO con los que el agua ingresa a los filtros anaerobios son de: 102.5 mg/L, 32.5 mg/L, 275,5 mg/L respectivamente.

Según la RAS 2000. Título E la eficiencia de remoción en el FAFA para la DBO₅, es de 65 – 80%, para los SS es de 60 – 70%; en cuanto a la DQO el valor varia de 60 - 70%; se asume un valor teórico de 65% para la DBO₅, de 60% para los SS, y de 60% para la DQO.

a. Remoción de la DBO₅

$$\text{DBO}_5\text{efluenteFAFA} = (102.5 - (0.65 * 102.5)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DBO}_5\text{efluente FAFA} = 35.87\text{mg/L}$$

b. Remoción de Sólidos Suspendidos (SS)

$$\text{SSefluenteFAFA} = (32.5 - (0.60 * 32.5)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{SSefluente FAFA} = 13 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

c. Remoción de la DQO

$$\text{DQO efluenteFAFA} = (275.5 - (0.60 * 275.5)) \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{DQO efluente FAFA} = 110.2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA

Para conocer la población actual, la cobertura de servicios básicos y las actividades económicas en la localidad; se realizó una encuesta cuyo formato se especifica en el anexo A Tabla XLIX; los resultados se resumen a continuación:

Tabla XXXIII. Resultados de la encuesta: población y viviendas

Barrio	Viviendas	Viviendas No Habitadas	N° PLANTAS				Familias	Habitantes	Prom/hab
			1	2	3	4			
Florida	106	19	49	51	6	0	102	339	3.896551724
Centro	92	16	36	49	7	0	100	412	5.328947368
Santa Rosa	58	20	41	12	5	0	52	195	5.131578947
Urdesa del Sur	30	8	25	3	2	0	27	109	4.954545455
Manzanapamba	38	13	31	6	1	0	32	109	4.36
Alborada del Sur	14	0	7	7		0	14	68	4.857142857
Villa la Unión	27	0	25	1	1	0	29	121	4.481481481
24 de Mayo	163	18	64	56	18	1	194	759	5.234482759
Total	528	94	278	185	40	1	550	2112	4.780591324

FUENTE: Maita Juliana 2011

Los resultados de la encuesta indican que en el área de estudio actualmente habitan 2112 personas, existen 528 viviendas de las que 94 están inhabitadas; siendo los barrios Centro y 24 de Mayo en los que se concentra la mayor parte de la población; el promedio de habitantes por vivienda es de 4.78.

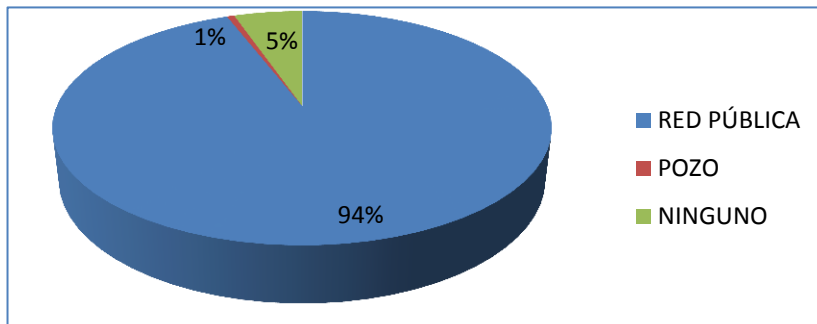
Tabla XXXIV: Resultados de la encuesta: Servicios Básicos

ABASTECIMIENTO DE AGUA			ELIMINACIÓN DE EXCRETAS			ENERGÍA ELÉCTRICA	ELIMINACIÓN DE BASURA			TELEFONÍA PÚBLICA		TELEFONÍA CELULAR	
RED PÚBLICA	POZO	NINGUNO	ALCANTARILLADO	FOSA SÉPTICA	NINGUNO	CON SERVICIO	SIN SERVICIO	CARRO RECOLECTOR	OTRA FORMA	CON SERVICIO	SIN SERVICIO	CON SERVICIO	SIN SERVICIO
# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	# Vnda	#	# Hbs	# Hbs
104	0	2	102	0	4	99	7	67	21	51	55	129	210
85	3	4	82	2	8	89	3	73	3	65	27	155	257
50	0	8	51	0	7	49	9	38	0	8	50	31	164
23	0	7	22	0	8	19	11	15	7	0	30	15	94
31	0	7	28	2	8	28	10	4	21	1	37	42	67
14	0	0	6	7	1	14	0	3	11	2	12	24	44
27	0	0	27	0	0	27	0	27	0	0	27	29	92
163	0	0	162	1	0	163	0	144	1	127	36	310	449
497	3	28	480	12	36	488	40	371	64	254	274	735	1377

FUENTE: Maita Juliana 2011

De acuerdo al análisis de la encuesta efectuada el 94% de la población en estudio se abastece del líquido vital de la red pública, el 1% obtiene agua de pozo, y el 5% restante no cuenta con el servicio en el domicilio.

Gráfico N° 10: Abastecimiento de Agua

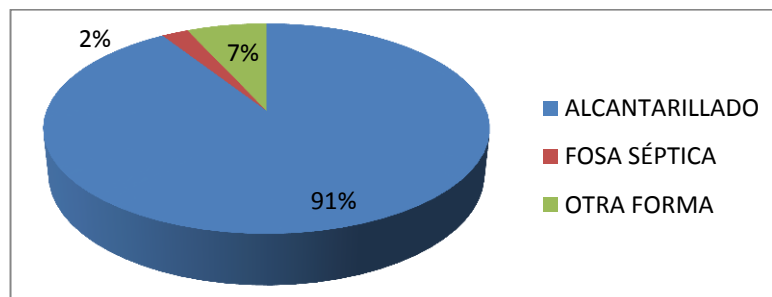


FUENTE: Maita Juliana, 2011

Eliminación De Excretas

La mayor parte de la población es decir un 91% realiza la eliminación de excretas al sistema de alcantarillado, el 2% lo hace mediante fosas sépticas y el 7% de otra forma.

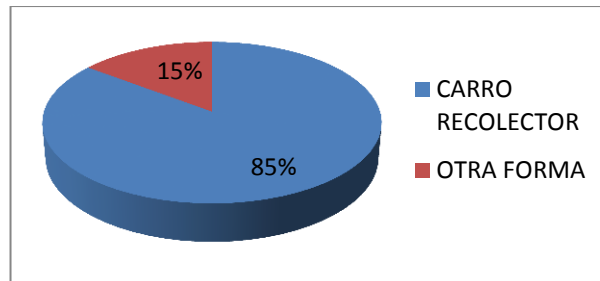
Gráfico N° 11: Eliminación de Excretas



FUENTE: Maita Juliana, 2011

Eliminación De La Basura

Gráfico N° 12: Eliminación de basura



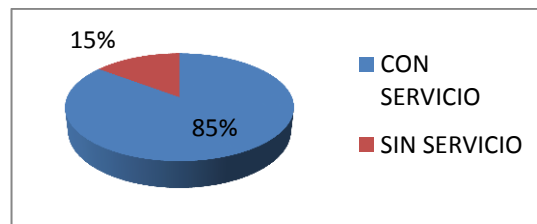
FUENTE: Maita Juliana, 2011

El 85% de la población elimina la basura en el carro recolector y el 15% restante lo realiza de otra manera, generalmente incinerándola o enterrándola.

Energía Eléctrica

El servicio de energía eléctrica lo provee la Empresa Eléctrica Riobamba S.A., la cobertura del servicio es del 85%.

Gráfico N° 13: Cobertura energía eléctrica

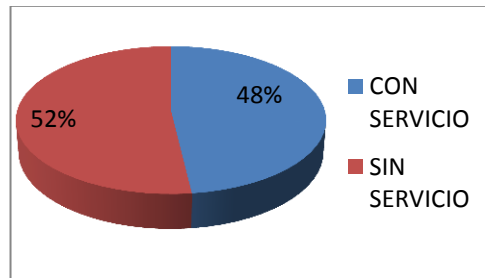


FUENTE: Maita Juliana, 2011

Servicio Telefónico

El 48% de la población posee una línea telefónica, este servicio es prestado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT).

Gráfico N° 14: Cobertura Servicio Telefónico



FUENTE: Maita Juliana, 2011

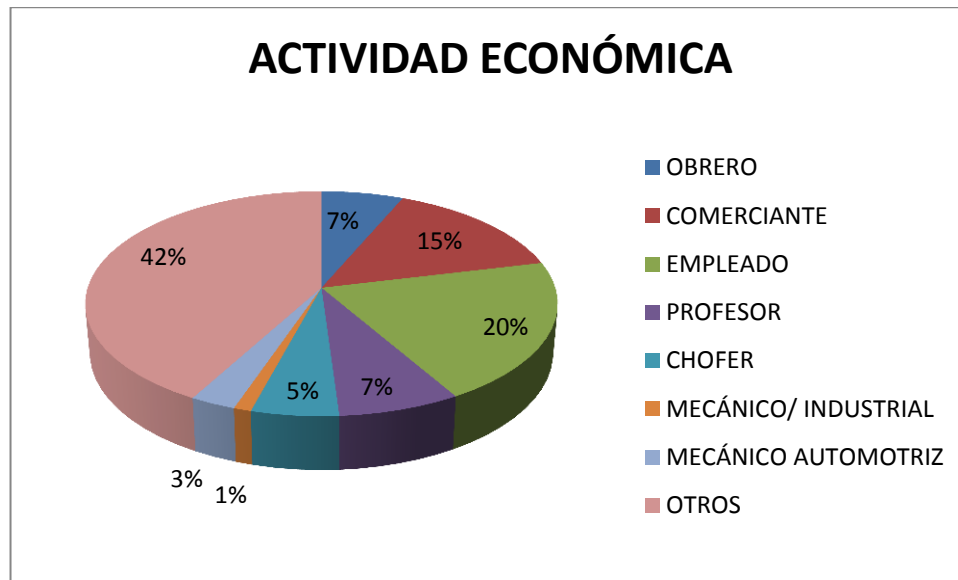
Tabla XXXV. Resultados de la encuesta: Actividad económica

ACTIVIDAD ECONÓMICA										
TRABAJAN	NO TRABAJAN	AGRICO - GANADERA	OBRERO	COMERCIANTE	EMPLEADO	PROFESOR	CHOFER	MECÁNICO/ INDUSTRIAL	MECÁNICO AUTOMOTRIZ	OTROS
#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
129	210	2	8	10	33	3	12	0	0	61
153	259	4	5	1	38	17	2	0	0	86
83	112	21	9	8	12	6	0	0	0	27
33	76	4	11	9	6	0	0	0	0	3
46	63	1	1	10	10	7	2	0	0	15
19	49	0	1	5	4	1	0	0	1	7
36	85	0	1	4	8	13	2	0	0	8
297	462	2	13	66	44	9	22	8	20	113
796	1316	34	49	113	155	56	40	8	21	320

FUENTE: Maita Juliana 2011

El 38% de los habitantes tiene un trabajo, en el Gráfico N° 10 se puede observar las principales actividades a las que se dedican la población con sus respectivos porcentajes:

Gráfico N° 15: Principales Actividades Económicas



FUENTE: Maita Juliana, 2011

3.3.2 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL CAUDAL

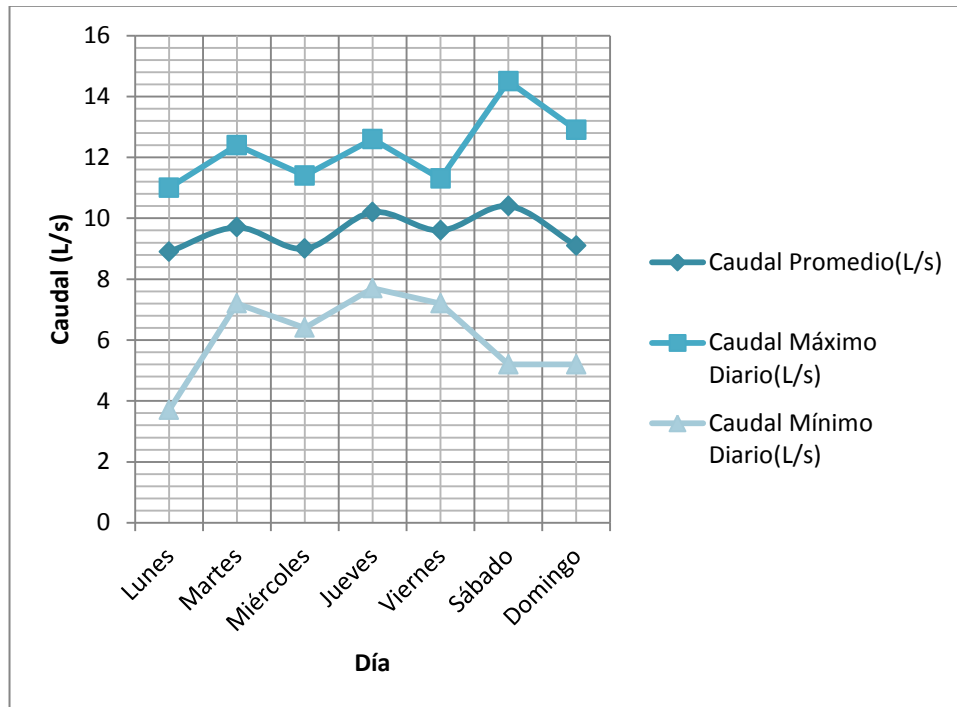
Las mediciones de caudal se efectuaron en el colector final de aguas residuales de la cabecera parroquial de Licán ubicado a 756844m Longitud Este, 9 817073 m de Latitud Norte; donde se unen a las aguas residuales de la ciudad de Riobamba para finalmente ser descargadas en el río Chibunga.

El tirante de agua fue medido de lunes a domingo, desde las 6:30 am hasta las 18:00pm, en intervalos de media hora, durante este tiempo no se registraron lluvias; la tubería que conduce el agua residual hacia el colector final es de hormigón, con un diámetro de 200mm, la pendiente en el canal es de 0.08823529m/m y la constante de Manning (ajustada a la velocidad experimental) es de 0.082; con estos datos se aplicó la ecuación de Manning obteniendo los siguientes resultados:

TABLA XXXVI. Resultados De La Medición De Caudal

Día - Caudal (L/s)								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Hora								
06:30	9	9.7	9.7	9.7	11.2	5.2	6.4	
07:00	9.6	9	10.4	10.4	11.3	5.2	7.7	
07:30	8.4	9.7	9.7	9	10.1	9.7	11.7	
08:00	9	10.9	9.3	10.6	10.4	10.1	12.9	
08:30	7.7	11.7	8.5	9.7	10	11.2	11.7	
09:00	7.6	12.4	10.4	11	11	12.1	12.9	
09:30	8.6	11.7	9	11.3	10.9	12.3	9	
10:00	3.7	11.9	9.4	11	10.4	11	5.8	
10:30	5.6	12.1	9	7.7	7.9	10.4	9	
11:00	6.1	11.7	8.1	11	8.6	11.8	11.7	
11:30	10.9	11.7	7.7	12.6	11	11.3	10.4	
12:00	8.1	11.9	8.4	10.4	9	9	7.7	
12:30	11	8.6	7.7	10.6	11	12.4	9	
13:00	10.9	7.7	8.2	10.6	9.7	11	9.7	
13:30	9.7	8.4	8.1	10.1	9.3	9	9	
14:00	10.4	7.2	6.4	8.5	8.2	11	7.7	
14:30	10.1	7.7	7.7	8.8	7.2	10.8	9	
15:00	8.6	8	9	9.2	8.1	10.5	5.2	
15:30	10.4	10	11.4	10.6	7.5	11	6.4	
16:00	9.7	7.3	9	9.8	10	14.5	7.1	
16:30	11	10.4	9.3	9.2	8	10.1	9	
17:00	8.6	7.7	9.8	9.8	10	11.4	7.7	
17:30	9.7	7.7	9.3	10.9	9.7	10.4	11.2	
18:00	9.3	7.7	9.7	11.4	10.4	8.8	11.2	Semanal
Promedio Diario	8.9	9.7	9	10.2	9.6	10.4	9.1	9.6
Caudal Máximo	11	12.4	11.4	12.6	11.3	14.5	12.9	14.5
Caudal Mínimo	3.7	7.2	6.4	7.7	7.2	5.2	5.2	3.7

Gráfico N° 16. Variación diaria de caudales



Analizando la Tabla XXXVI, y el gráfico N° 15 se puede establecer que:

- El día sábado se registró un caudal máximo de 14.5 L/s.
- El día lunes se registró un caudal mínimo de 3.7 L/s.
- El caudal promedio semanal es de 9.6 L/s.
- La variación del caudal durante la semana es mínima.

En el anexo B se pueden observar las tablas de cálculo y resultado de la medición del caudal para cada día monitoreado; así como las gráficas de la variación del caudal.

3.3.3 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL.

Como se indicó en el capítulo II la caracterización del agua residual de la cabecera parroquial y los barrios de Licán incluidos en la investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB – CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, las condiciones ambientales en que se efectuaron los análisis fueron: Temperatura máxima de 24°C y temperatura mínima de 19°C. Los parámetros que se analizaron son: Temperatura, Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fósforo, Nitrógeno Total, Potencial de Hidrógeno (pH), Sólidos Suspendidos (SS), Sólidos Suspendidos Totales(SST), Sólidos Totales(ST), Sulfatos, Tensoactivos, y Coliformes Totales, los resultados se pueden observar en la Tabla XL.

En la Tabla XXXVII se puede comparar los resultados emitidos por el laboratorio con los límites permisibles establecidos en el T.U.L.A.S. (Libro VI. Anexo 1. Tabla 12), de esta manera se determina que; los parámetros que incumplen la normativa ambiental son: Aceites y grasas, DBO₅, DQO, Sólidos Totales, Nitrógeno Total, Tensoactivos y Coliformes Fecales.

Los valores de DBO₅, y DQO, nitrógeno total, y aceites y grasas, obtenidos en la caracterización del agua residual; son elevados en comparación con los valores típicos establecidos en la Tabla I (Tratamiento de aguas residuales para pequeñas poblaciones. Tchobanoglous & Crites); esto se debe a la presencia de gran cantidad de restaurantes en la zona que contribuyen al aumento de la carga orgánica contaminante; el nitrógeno total proviene de la descomposición de la materia orgánica ya que es un precursor de proteínas.

Tabla XXXVII. Resultados de la caracterización físico – química y microbiológica del agua residual - Licán

Día/Resultado										
Parámetro	Unidad	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Promedio	Máximo	Valor Límite Permisible ²	Cumplimiento T.U.L.A.S
Fecha de muestreo y de análisis		27/10/2011	28/10/2011	29/10/2011	31/10/2011	01/11/2011				
Temperatura ³	°C	20	19	19	20	20	19.6	20	< 35	Cumple
Aceites y Grasas	mg/L	7.1	8.2	8.3	25.7	31.9	16.24	31.9	0.3	No cumple
DBO ₅	mg/L	350	400	410	216	324	340	410	100	No cumple
DQO	mg/L	763	884	1030	702	755	826.8	1030	250	No cumple
Fósforo	mg/L	8.49	8.43	10.06	9	8.9	8.98	10.06	10	Cumple
Nitrógeno Total	mg/L	45	43	77	42	61	53.6	77	15	No cumple
pH	mg/L	7.47	7.75	7.69	7.55	8.28	7.75	8.28	5 - 9	Cumple
SS	mg/L	9	5	6	7	3	6	9	1	No cumple
SST	mg/L	106	120	130	112	100	113.6	130	100	No cumple
ST		636	520	708	588	672	624.8	708	1600	Cumple
Sulfatos	mg/L	40	50	55	51	50	49.2	55	1000	Cumple
Tensoactivos	mg/L	1.3	1.36	1.4	1.39	1.35	1.36	1.39	0.5	No cumple
Coliformes Totales	UFC/100MI	> 1 x 10 ⁶	> 1 x 10 ⁶	> 1 x 10 ⁶	> 1 x 10 ⁶	> 1 x 10 ⁶	> 1 x 10 ⁶	> 1 x 10 ⁶	Remoción > al 99.9%	No cumple

FUENTE: Resultados emitidos por el Laboratorio De Análisis Ambiental E Inspección LAB- CESTTA-ESPOCH

²ECUADOR, Ministerio del Ambiente, Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2a ed. Libro VI Anexo 1. Tabla 12.Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

³ La temperatura fue tomada in situ (tesisista).

3.3.4 RESULTADOS TOPOGRÁFICOS

Según el levantamiento topográfico realizado, se puede establecer que terreno es semiplano, con una pendiente negativa ligeramente pronunciada de noreste a sur oeste, y una gradiente positiva de noreste a sureste; por lo que las unidades de tratamiento se deberán ubicar de modo flujo de agua siga esta última dirección; el tipo de suelo es arcilloso y rocoso en donde existe mayor pendiente. Ver el plano topográfico en el Anexo C.

3.3.5 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

3.3.5.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO

La proyección demográfica del área de estudio fue efectuada para un periodo de diseño para la PTAR, de 15 años, el resultado obtenido fue determinante para los cálculos del caudal de diseño y para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento.

Tabla XXXVIII. Resultado del cálculo de la población de diseño

Parámetro	Unidad	Datos
Pf	hab	2751

3.3.5.2 RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Determinar los caudales de diseño es prioritario para proceder al dimensionamiento de diferentes unidades de tratamiento; los resultados obtenidos se resumen a continuación:

Tabla XXXIX. Resultados del cálculo de caudales de diseño

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Resultado
Caudal medio de aguas residuales	QM	L/s	4.7
Caudal de diseño	QDiseño	L/s	26.6
Caudal mínimo de diseño	QmínDiseño	L/s	23.1
Caudal medio diario	QMD	L/s	14.17

3.3.5.3 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE LLEGADA

Las dimensiones del canal de llegada fueron asumidas, para con estos datos calcular las velocidades en el canal, según los cálculos realizados, se obtuvo los valores que se especifican en la siguiente tabla:

Tabla XL. Resultados del dimensionamiento del canal de llegada

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Resultado	Valor Recomendado
Velocidad para el caudal medio diario	V	m/s	0.63	> 0.6*
Velocidad para el caudal de diseño	V	m/s	0.797	< 2.5*

Fuente: *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Como se puede observar en la tabla anterior las velocidades están cumpliendo con los valores recomendados en la Norma Ecuatoriana R. O. No. 6-1992-08-18, por lo que las dimensiones del canal asumidas son las adecuadas, y se resumen en la tabla siguiente:

Tabla XLI. Dimensiones del canal de llegada

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dimensión
Base del canal	b	m	0.50
Altura del canal	H	m	0.6
Longitud	L	m	1

3.3.5.4 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS

De los cálculos para el dimensionamiento de las rejillas se obtiene:

Tabla XLII. Resultados del dimensionamiento de rejillas

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Resultado	Valor Recomendado
Área libre de paso al agua	AL	m ²	0.0443	-
Tirante de agua en el canal	h	m	0.0886	-
Pérdida de carga	hf	m	0.011	< 0.015*
Velocidad en el canal de aproximación	V	m/s	0.60	0.3 – 0.6**

FUENTE: *Metcalf & Eddy. 1996; ** RAS 2000

El análisis para el uso de unidades de tratamiento para el tamizado grueso contempla la determinación de las pérdidas de carga hidráulica; según Metcalf& Eddy en las rejillas deberá existir una pérdida de carga mínima de 0.015 m, en la tabla anterior se indica el resultado de la pérdida de carga obtenida en el cálculo y el valor recomendado, la velocidad en el canal de aproximación es de 0.6, encontrándose dentro del rango de valores recomendados en la norma RAS 2000, realizada la comparación entre los dos valores se establece que las dimensiones asumidas y calculadas respetan los criterios establecidos en las normas de diseño.

Las dimensiones del canal de aproximación y de las rejillas se indican en la siguiente tabla:

Tabla XLIII. Dimensiones de rejillas

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dimensión
Canal de aproximación			
Ancho del canal	B	M	0.5
Altura del canal	H	M	0.6
Longitud del canal	L	M	1
Pendiente o gradiente hidráulico	S	%	0.5
Rejillas			
Longitud de barras para la rejillas	Lb	M	0.85
Número de barras	Nb	-	17
Inclinación de rejillas	°	45	
Espesor de las barras	s	mm	10
Separación entre barras	e	mm	20

FUENTE: *RAS 2000 Título E, **Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

3.3.5.5 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PARSHALL

De acuerdo a los cálculos, el ancho de garganta que corresponden a los caudales máximo o de diseño y mínimo es de 0.08 m, las dimensiones y capacidad del canal se establecen en la tabla LVI, Anexo D, y las recomendadas en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y

Saneamiento Selección e Instalación de Equipos de Macromedición para el ancho de garganta obtenido se resumen en la siguiente tabla:

Tabla XLIV. Dimensiones y capacidad de canal Parshall (W= 0.08)

Parámetro	Abreviatura	Dimensión (m)
Longitud de las paredes laterales de la sección convergente	A	0.47
2/3 A	2/3 A	0.31
Longitud axial de la sección convergente	B	0.46
Ancho del extremo aguas abajo del canal	C	0.18
Ancho del extremo aguas arriba del canal	D	0.26
Profundidad del canal	E	0.61
Longitud de la garganta	F	0.15
Longitud de la sección divergente	G	0.40
Diferencia en elevación entre el extremo inferior del canal y la cresta	K	0.02
Longitud del piso de la entrada	M	0.30
Profundidad de la depresión en la garganta de bajo de la cresta	N	0.06
Ancho entre los extremos de las paredes curvas de entrada	P	0.77
Radio de las paredes curvas de la entrada	R	0.41
Distancia horizontal desde el punto bajo en la garganta al punto de medida Hb.	X	0.02
Distancia vertical desde el punto bajo en la garganta al punto de medida Hb	Y	0.04

FUENTE: Comisión Nacional del Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Selección e Instalación de Equipos de Macromedición. México 2007

3.3.5.6 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL DESARENADOR

La normas RAS 2000 Título E sugiere que se diseñe dos desarenadores; sin embargo tomando cuenta que el caudal es bajo y por cuestiones de disponibilidad de espacio y económicas se dimensionó un desarenador, los resultados de los cálculos que se realizó se indican en la tabla a continuación:

Tabla XLV. Resultado del dimensionamiento del desarenador

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Resultado	Valor Recomendado
Velocidad límite	va	m/s	0.2271	>Vh*
Velocidad horizontal	Vh	m/s	0.02128	< va*
Tiempo de retención	tr	s	23.49	20 - 180**

FUENTE: *OPS/CEPIS/05.163.** Norma RAS 2000 Título E

Los valores obtenidos en los cálculos permiten establecer que la velocidad límite es mayor a la velocidad horizontal, lo que garantiza según la Guía para el Diseño Desarenadores y Sedimentadores., OPS/CEPIS/Lima – Perú 2005 que no existirá arrastre de las partículas depositadas en la zona de desarenación; en cuanto al tiempo de retención el resultado respeta el los valores recomendados en la norma RAS 2000; de acuerdo a lo que se puede observar en la tabla anterior.

Entonces siguiendo los criterios de diseño el desarenador deberá tener las siguientes dimensiones:

Tabla XLVI. Dimensiones del desarenador

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dimensión
Ancho del tanque desarenador	B	m	0.5
Profundidad del tanque desarenador	HD	m	0.5
Longitud del tanque desarenador	L	m	2.5
Longitud de transición al ingreso al desarenador	Lt	m	0.72

3.3.5.7 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES IMHOFF

Con la finalidad de remover la mayor cantidad posible de Sólidos y de carga orgánica (DBO, DQO), así como los aceites y grasas, se dimensionó dos tanques imhoff, que deben ser ubicados en serie, según los resultados de los cálculos realizados, en base a los criterios de diseño establecidos en la Guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de Estabilización. OPS/CEPIS/ Lima – Perú. 2005; los tanques tendrán las siguientes dimensiones:

Tabla XLVII. Dimensiones de cada tanque Imhoff

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dimensión
Cámara de sedimentación			
Ancho del sedimentador	b	m	5
Altura de la cámara de sedimentación	c	m	1.6
Altura sobre el baffle de espumas	y	0.45	
Altura de la base triangular de la cámara de sedimentación	d	m	4.3
Abertura de las ranuras	-	m	0.3
Cámara de digestión			
Espacio de seguridad entre la cámara de sedimentación y digestión	E	m	0.5
Altura de la cámara de digestión	f	m	1.43
Altura de la base triangular de la cámara de digestión	g	m	1.79
Ancho en la zona de salida de gases	a	m	0.60
Parámetros totales del tanque Imhoff			
Ancho del tanque	B	m	6.20
Profundidad del tanque	D	m	10.07
Longitud del tanque	L	m	15.32

3.3.5.8 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LOS LECHOS DE SECADO

De acuerdo al volumen de lodos resultantes en el proceso de digestión anaerobia en los tanques Imhoff, para el primer tanque Imhoff se ha diseñado cuatro lechos de secado; para el segundo tanque Imhoff el volumen de lodo es menor por lo que tiene otras medidas, los resultados de los cálculos que se efectuaron siguiendo los criterios de diseño sugeridos en la Guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de Estabilización. OPS/CEPIS/ Lima – Perú. 2005; las dimensiones se establecen en la siguiente tabla:

Tabla XLVIII. Dimensiones de cada lecho de secado

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dimensión
Profundidad de aplicación de lodos*	Hal	m	0.40
Espesor de la capa de arena*	eA	m	0.20
Espesor de la capa de grava*	eG	m	0.30
Altura total del lecho	H	m	1.00
Para lodos provenientes del Tanque Imhoff 1			
Longitud	L	m	6
Ancho	B	m	5.6
Para lodos provenientes del Tanque Imhoff 2			
Longitud	L	m	3.3
Ancho	B	m	2.5

FUENTE:* Valores recomendados en la norma RAS 2000. Título E.

3.3.5.9 RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE FILTROS ANAEROBIOS

Se dimensionó cinco filtros anaerobios con los que se logrará remover la carga orgánica y los sólidos residuales en el efluente del tanque imhoff.

Los cálculos realizados utilizando los parámetros de diseño indicados en la norma RAS 2000 permitieron establecer las dimensiones adecuadas para los filtros anaerobios, las que se establecen en la siguiente tabla:

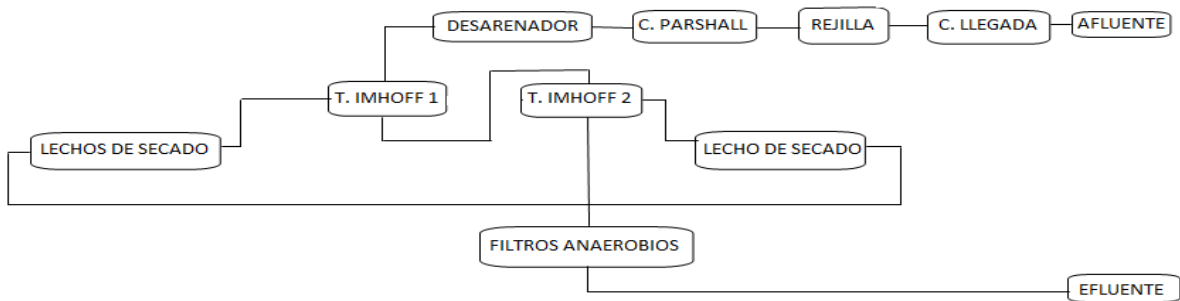
Tabla XLIX. Dimensiones de cada filtro anaerobio

Parámetro de diseño	Símbolo	Unidades	Datos
Ancho del filtro	B	m	4
Longitud del filtro	L	m	8
Altura total del filtro	HTf		2.1
Profundidad útil	H _u	m	1.8
Altura del falso fondo	-	m	0.30
Altura del medio de soporte	-	m	1.20
Altura de salida del efluente		m	0.30
Altura para la acumulación de gases			0.30

3.4 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTA

Para el dimensionamiento se analizó los resultados del caudal, y de la caracterización del agua residual; estos indican que existe incumplimiento de la normativa ambiental en parámetros como aceites y grasas, DBO, DQO, Sólidos, Nitrógeno Total y Coliformes Fecales, por lo que el agua residual presenta una elevada contaminación orgánica y de sólidos; por lo que para alcanzar los valores límites permisibles y tomando en cuenta la disponibilidad de terreno y factores económicos se propone que la planta de tratamiento de aguas residuales esté conformada por las siguientes unidades de tratamiento:

Gráfico N° 17. Planta de Tratamiento de aguas residuales propuesta.



Según los cálculos realizados en el literal anterior con el sistema de tratamiento propuesto; principalmente en los tanques imhoff y los filtros anaerobios se alcanzará eficiencias de remoción de: 91.25% para la DBO5, de 87% para los SS, y de 89.3% para la DQO y del 99.05% para Aceites y grasas; en la investigación denominada “Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Residual para el Sector Santa Cruz Riobamba” (17) para un sistema de tratamiento similar; el caudal de agua residual ingresa con una DBO5 de 308 - 360 mg/L; DQO de 400 - 402.5 mg/L; y sólidos sedimentables de 253.75 - 300mg/L, con condiciones de temperatura promedio de 14.5 °C similar; en cada uno de los barrios en estudio; según la conclusiones del trabajo se espera una eficiencia de tratamiento en el tanque imhoff del 75%, en la investigación “Evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de Estabilización del Municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia” (Correa Gloria, Universidad de Antioquia, Colombia) en los que se utiliza una lagunas anaerobias y facultativas con una carga orgánica de (Kg/Ha-dDBOu), con valores mayores de 1200 y menores de 1000, las temperaturas fluctúan entre 25 – 30 °C; a laguna anaerobia presentó altas remociones, con 72% en DBO5 total y 89% en DBO5 soluble, además en DQO total y soluble fue de 59 y 81% respectivamente; de igual forma para los sólidos suspendidos totales fue de 60% ; en cuanto a la remoción en la laguna facultativa se obtuvieron remociones en DBO5 de 59% y en DQO de 79% (), en otras plantas donde se cuenta además con tratamiento terciario y temperaturas mayores de 27°C, se dan eficiencias de 77% (Cárdenas, 2005), 74% (Rojas, 1995), 88% , por lo que se puede establecer que con la implementación de la planta de tratamiento propuesta en la presente investigación se conseguirá eficiencias de remoción mayores en relación a las esperadas y obtenidas en las investigaciones anteriormente citadas.

3.5 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON LA NORMATIVA AMBIENTAL

Al realizar la comparación de la concentración en el efluente con los valores límites permisibles se puede establecer que los parámetros del afluente del tratamiento están dentro de los límites establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI. Anexo 1, Tabla 12; esto se puede verificar en la tabla L.

Tabla L. Verificación del cumplimiento con la Normativa Ambiental

Parámetro	Unidad	Concentración en el Afluente	Valor Límite Permisible TULAS	Cumplimiento T.U.L.A.S
Aceites y Grasas	mg/L	0.3	0.3	Cumple
DBO ₅	mg/L	35.87	100	Cumple
DQO	mg/L	110.2	250	Cumple
SS	mg/L	0.9	1	Cumple
SST	mg/L	13	100	Cumple

El efluente será descargado a un colector cercano al del punto de descarga actual para incorporarse al sistema de alcantarillado de la ciudad de Riobamba y finalmente ser vertido al río Chibunga; esto debido a que no existe ningún cuerpo de agua cercano al lugar de estudio y al de ubicación de la PTAR.

3.6 IMPACTO AMBIENTAL

La implementación la planta de tratamiento de aguas residuales implican diferentes actividades para su construcción y operación las que inevitablemente ocasionarán impactos sobre el ambiente ya sean éstos de carácter positivo o negativo; para identificar los mismos según Leopold es necesario determinar las acciones a realizarse durante la ejecución del proyecto y los factores ambientales que se verán afectados.

3.6.1 ACCIONES QUE SE REALIZARÁN DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

3.6.1.1 CONSTRUCCIÓN

- a) **Desbroce y limpieza del terreno:** El lugar debe quedar limpio de árboles, troncos, raíces, etc. En general, se retirará todo obstáculo que impide la construcción; por lo que se afecta principalmente a la vegetación.
- b) **Excavación:** La excavación contemplará, la remoción de todos los materiales que se encuentren, cualquiera que sea su naturaleza, incluyendo la vegetación, que interfiera la adecuada construcción de las unidades de tratamiento y las obras complementarias. La operación de la maquinaria implica ruido y modificaciones en el suelo; así como de la vegetación.
- c) **Desalojo del material excavado:** Los materiales excavados deberán ser desalojados del lugar de los trabajos a escombreras autorizadas, para lo que se requiere el transporte de este material mediante el uso de volquetas lo que ocasionará emisiones de ruido y de partículas de polvo a la atmósfera.
- d) **Trasporte de materiales de construcción:** Implicará el movimiento de vehículos desde donde se consiga el material hasta el lugar, provocando principalmente alteraciones en la calidad del aire.
- e) **Tendido de tubería:** Será necesario instalar tuberías que permitan conducir el agua residual desde el punto de descarga actual hasta el lugar de emplazamiento de la planta; se requiere excavaciones por lo que en toda esta distancia se verá afectado el suelo así como la vegetación existente.
- f) **Cimentación estructuras de concreto:** Estas permanecerán en el lugar durante la vida útil de la planta por lo que el paisaje del lugar será alterado.
- g) **Cerramiento del predio:** Será necesaria su implementación como medida de protección de las unidades de la PTAR.

- h) **Implementación o mejoramiento de vía de acceso:** lo que causa afecciones en la cobertura vegetal y las características del suelo.
- i) **Contratación de mano de obra:** lo que tendrá un impacto benéfico significativo contribuyendo a la economía local mediante la generación de fuentes de empleo.

3.6.1.2 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- a) **Limpieza de rejillas:** Cuando las rejillas estén saturadas de residuos sólidos será necesario realizar una limpieza manual para evitar variaciones en la velocidad de ingreso a la unidad de tratamiento siguiente; así como variaciones en el caudal o rebose del agua en el canal de la rejilla, los residuos generados deberán en lo posible disponerse en el botadero municipal.
- b) **Mantenimiento desarenador:** Será necesario limpiar el desarenador manualmente; se removerá la arena cuando esta ocupe 2/3 del volumen del tanque, para luego transportar la arena a un sitio de disposición final.
- c) **Proceso de digestión Anaerobia Tanques Imhoff:** Este proceso implica la generación de gases como el metano que tiene un olor desagradable; pero además se permite la remoción de DBO y DQO consiguiendo mejorar la calidad del agua.
- d) **Extracción, Secado y transporte de lodos:** Será necesario extraer el lodo generado en los tanques Imhoff según el tiempo indicado en el diseño, por el contenido de materia orgánica se generan en mínima cantidad gases de la descomposición de la misma causando malos olores, y cuando los lodos estén completamente seco será necesario removerlo y transportarlo hacia el depósito de basura y en lo posible dar un tratamiento adecuado antes de hacerlo.
- e) **Proceso de digestión Anaerobia Filtros Anaerobios:** Generación de gases como metano y remoción de DBO, DQO, y coliformes fecales lo que mejora la calidad del agua.
- f) **Vertido del agua tratada al ambiente:** Una vez obtenido el efluente podrá reincorporarse al ambiente sin alterar la calidad del agua del cuerpo receptor.

3.6.2 FACTORES AMBIENTALES QUE SE VERÁN AFECTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

Los factores ambientales de mayor trascendencia se establecen e acuerdo a las acciones anteriormente citadas y a las condiciones ambientales en la zona de emplazamiento de la PTAR, y se describen a continuación:

Tabla LI. Factores ambientales

A. FACTORES FÍSICOS	A1. ATMOSFÉRICOS
	a. Calidad del aire (Partículas de polvo)
	b. Calidad del aire (Gases)
	c. Nivel de ruido
	A2. AGUA
	a. Calidad del agua
	b. Uso del agua
	A3. SUELO
	a. Uso del suelo
b. Calidad suelo	
B. FACTORES BIÓTICOS	B1. FLORA
	a. Vegetación secundaria
	B2. FAUNA
	a. Especies menores
b. Hábitats	
C. FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS	a. Empleo
	c. Bienestar de la población
	d. Paisaje
	e. Salud y seguridad laboral

3.6.3 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Se efectuó una matriz de causa efecto, matriz de Leopold; las actividades realizadas en el proyecto se colocan en las filas; mientras que los factores ambientales se colocan en las columnas; se dibuja una barra diagonal en cada casilla donde se identifica una interacción (impacto) entre las actividades y los factores ambientales.

Una vez identificados los impactos se procede a su valoración según la metodología indicada en el capítulo II, literal 2.2.1.7, tablas XX y XXI, para posteriormente contabilizar los impactos positivos y negativos obtenidos en cada fila y en cada columna; y se determina la agregación de impactos con la siguiente ecuación:

$$\textit{Agregación de impactos} = \Sigma(\textit{Producto de MeI 1} + \textit{Producto de MeI 2} + \textit{Producto de MeI n} \dots)$$

Donde:

M: Magnitud

I: Importancia

La matriz de identificación y valoración de impactos para la construcción y operación de la planta de tratamiento de agua para la cabecera parroquial de Licán se muestra a continuación.

Tabla LII. Matriz de identificación y valoración de impactos (Leopold)

ACTIVIDADES FACTORES AMBIENTALES		MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS (LEOPOLD)																							
		CONSTRUCCIÓN								OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO															
		Desbroce y limpieza del terreno	Excavación	Desalojo del material excavado	Transporte de materiales de construcción	Tendido de tubería	Cimentación de estructuras de concreto	Cerramiento del predio	Mejoramiento de vías de acceso	Contratación mano de obra	Limpieza de Rejillas	Extracción de arena (Mantenimiento desarenador)	Proceso anaerobio (Tanque Imhoff)	Extracción, Secado de lodos y transporte de Lodo	Proceso anaerobio (Filtros)	Reincorporación del agua tratada al ambiente									
A. FÍSICOS	A1. AIRE																								
	a. Calidad del aire (Partículas de	-7	4	-1	4		-3	4										0	3	-44					
	b. Calidad del aire (Gases)												-2	5	-1	5	-2	5	0	3	-25				
	c. Nivel de ruido	-7	4	-1	1	-1	-2	4	-6	1								0	6	-52					
	A2. AGUA																								
	a. Calidad del agua													9	9		9	9	9	9	3	0	243		
	b. Uso del agua																				0	1	-5		
	A3. SUELO																								
	a. Uso del suelo				-1	3		-1	6	9	6		5	6				-1	1	1	2	5	72		
	b. Calidad suelo		-2	3																	0	1	-6		
B. BIÓTICOS	B1. FLORA																								
	a. Vegetación secundaria	-2	1	-1	1																0	2	-3		
	B2. FAUNA																								
	a. Especies menores	-2	1	-1	1																0	2	-3		
	b. Hábitats	-2	1	-1	1																0	2	-3		
	C. SOCIO - ECONÓMICOS																								
C. SOCIO - ED.	a. Empleo	4	4	5	4	5	4	5	5	4	6	4	4	4	4	4	6	4	2	1	2	1	11	0	185
	c. Bienestar de la población																								
	d. Paisaje																								
	e. Salud y seguridad laboral	-1	1	-3	1	-1	1	1																	
AFECCIONES POSITIVAS		1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	2									
AFECCIONES NEGATIVAS		1	8	4	2	3	4	0	1	0	1	1	2	2	2	1									
AGREGACIÓN DE IMPACTOS		9	-51	11	23	-6	63	16	38	24	1	1	31	-6	31	153									
																	338								
																	338								
																	338								

3.6.4 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Según la matriz anterior se determina que existen 49 interacciones entre los factores ambientales y las acciones a realizarse durante el proyecto, de las cuales 17 son positivas y 32 son de carácter negativo.

La evaluación de impactos ambientales se da en base a la metodología de Leopold para lo que se usa los rangos establecidos en la tabla XXII, los impactos positivos y negativos obtenidos en la matriz de identificación y valoración Tabla LII, se han resumido en las tablas siguientes:

Tabla LIII. Resumen de afecciones (positivas y negativas) según la actividad y resultado de agregación de impactos

Actividades del proyecto	Afecciones Positivas	Afecciones Negativas	Agregación de impactos
Desbroce y limpieza del terreno	1	4	9
Excavación	1	8	-51
Desalojo del material excavado	1	4	11
Transporte de materiales de construcción	1	2	23
Tendido de tubería	1	3	-6
Cimentación de estructuras de concreto	2	4	63
Cerramiento del predio	1	0	16
Mejoramiento de vías de acceso	2	1	38
Contratación mano de obra	1	0	24
Limpieza de Rejillas	1	1	1
Extracción de arena	1	1	1
Proceso anaerobio (Tanque Imhoff)	1	2	31
Extracción, Secado de lodos y transporte de Lodos	0	2	-6
Proceso anaerobio (Filtros)	1	2	31
Vertido del agua tratada al ambiente	2	0	153
Total	17	32	338

Analizando la tabla anterior se establece que la actividad que mayor impacto ambiental de carácter negativo produce es la excavación en un nivel alto, mientras que el tendido de tubería y la extracción, secado y transporte de lodos afectan en menor grado; en tanto que las actividades que causan un impacto positivo son: el vertido del agua tratada al ambiente en un nivel muy alto, la cimentación de estructuras de concreto, y los procesos anaerobios en los tanques Imhoff y filtros anaerobios afectan positivamente en un grado alto.

Tabla LIV. Resumen de afecciones (positivas y negativas) según los factores ambientales y resultado de agregación de impactos

FACTOR AMBIENTAL		Afecciones Positivas	Afecciones Negativas	Agregación de impactos	
A. FÍSICOS	A1. AIRE	a. Calidad del aire (Partículas de polvo)	0	3	-44
		b. Calidad del aire (Gases)	0	3	-25
		c. Nivel de ruido	0	6	-52
	A2. AGUA	a. Calidad del agua	3	0	243
		b. Uso del agua	0	1	-5
	A3. SUELO	a. Uso del suelo	2	5	72
b. Calidad del suelo		0	1	-6	
B. BIÓTICOS	B1. FLORA	a. Vegetación secundaria	0	2	-3
	B2. FAUNA	a. Especies menores	0	2	-3
		b. Hábitats	0	2	-3
C. SOCIO ECONÓMICOS		a. Empleo	11	0	185
		b. Bienestar de la población	1	2	-8
		c. Paisaje	0	2	-6
		d. Salud y seguridad laboral	0	5	-7
Total		17	34	338	

Según los resultados resumidos en la tabla anterior el factor ambiental que se ve afectado negativamente es el aire en un nivel alto debido a las emisiones de partículas de polvo y en un nivel medio por las emisiones de ruido, sin embargo el factor ambiental agua y el factor socioeconómico son afectados positivamente con un nivel muy alto en cuanto al mejoramiento de la calidad del agua y también un nivel muy alto en cuanto al empleo generado por el proyecto.

Como nos podemos dar cuenta las afecciones de impacto negativo son atenuadas considerablemente por las afecciones positivas de modo que la ejecución del proyecto es factible.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.1 CONCLUSIONES

- Según las mediciones de caudal efectuadas el caudal máximo es de 14.5 L/s; el caudal mínimo de 3.7 L/s, el caudal promedio semanal es de 9.6 L/s.
- En la caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales se obtiene los siguientes valores promedio: Temperatura del agua residual 19.6°C, Aceites y Grasas 16.24 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 340 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 826.8mg/L, Fósforo 8.98 mg/L, Nitrógeno Total 53.6 mg/L, Potencial de Hidrógeno (pH) 7.75, Sólidos Suspendidos (SS) 6 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales(SST) 113.6 mg/L, Sólidos Totales(ST) 624.8 mg/L, Sulfatos 49.2 mg/L, Tensoactivos 1.36 mg/L, y Coliformes Totales > 1 x 10⁶ UFC/100mL, al efectuar la comparación con límites permisibles establecidos en el T.U.L.A.S. los parámetros que incumplen la normativa con son: Aceites y grasas, DBO₅, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno total, Tensoactivos y Coliformes Totales.
- En base a los caudales de agua residual obtenidos, al resultado de la caracterización de aguas residuales, y a las características del terreno se dimensionó una planta de tratamiento de aguas residuales que consta de: canal llegada, rejillas, canal Parshall como dispositivo de aforo, desarenador, dos tanques Imhoff ubicados en serie, 5 lechos de secado, y 5 filtros anaerobios de flujo ascendente; cada una de las unidades de tratamiento han sido diseñadas respetando los criterios y las ecuaciones sugeridas en las normas y guías de diseño para sistemas de tratamiento de aguas residuales, se realizó los planos correspondientes para la PTAR, con lo que se pudo determinar que el área requerida para su implementación es 0.4133Has.
- Con la implementación de la Planta de Tratamiento se logrará remover el 91.25% de la DBO₅, el 87% de los SS, el 89.3% de la DQO y el 99.05% de aceites y grasas

permitiendo así cumplir gran parte delo establecido en la normativa ambiental, y además preservar la calidad del agua del Río Chibunga que es el cuerpo receptor final.

4.1.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en el momento en que se desee implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto se evalúe la factibilidad y que se verifique que los caudales y las características de aguas residuales no tengan variaciones considerables, de ser así se debería investigar la causa del incremento y tomar las medidas necesarias a fin de que la eficiencia de la planta de tratamiento sea la esperada.
- Se sugiere que la Junta de Parroquial emita ordenanzas que establezcan que si llegara a existir alguna fábrica u otro tipo de establecimiento que sea posible fuente de descargas de aguas residuales industriales con altas cargas contaminantes se realice un tratamiento in situ de esas aguas antes de verterlas al sistema de alcantarillado.
- En cuanto a la operación y mantenimiento de la planta se recomienda: previo a la operación de los tanques Imhoff, se deben llenar con agua limpia, y si es posible, en las cámaras de digestión inoculado con lodo proveniente de otra instalación similar para acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos encargados de la mineralización de la materia orgánica; es aconsejable que la puesta en funcionamiento se realice en los meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos, las rejillas deben ser limpiadas cuando se observe una cantidad considerable de materiales sólidos que esté obstruyendo el paso del agua y disponerlo en un lugar adecuado (botadero de basura o si fuera posible en un relleno sanitario), en el desarenador se deberá remover la arena cuando ésta ocupe aproximada mente $2/3$ del volumen del tanque, la extracción de lodos se deberá realizar según el diseño cada 55 días, el lodo no debe ser extraído en su totalidad, una vez secado el lodo se sugiere buscar una alternativa de tratamiento del mismo para su disposición final.

RESUMEN

El objetivo de la investigación es Dimensionar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Cabecera Parroquial de Licán”, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Se inició la investigación con las mediciones de caudal, efectuadas en el colector final de aguas residuales de la cabecera parroquial de Licán ubicado a 756844m Longitud Este, 9817073 de Latitud Norte; por las características del colector se empleo un método empírico, se midió el tirante de agua (altura) durante una semana, de 6:30 – 18:00 horas en intervalos de 30 minutos, se trataba de un flujo uniforme y se empleó la ecuación de Manning para el cálculo del caudal, los materiales que se uso fueron: un flexómetro, un nivel de burbuja, piola, listones de madera con una cinta métrica.

Se continuó realizando una campaña de muestreo de cinco días, para los análisis físico – químicos y con la ayuda de una probeta se recogió 500mL en intervalos de 30 minutos, durante una hora y media diaria, para conseguir muestra compuesta de 2000mL este volumen se dividió en dos envases de vidrio (1L) y ámbar (1L); para la caracterización biológica se tomó muestras simples en un envase plástico estéril, obteniendo un volumen de 150mL, los frascos fueron debidamente etiquetados para ser llevados al laboratorio de inmediato. La caracterización de las aguas residuales se fundamenta en métodos analíticos; se emplean tanto cuantitativos, para determinar las características químicas y microbiológicas, así como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas. Los análisis de las aguas residuales fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB – CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el laboratorio utiliza los métodos descritos en las normas: APHA/AWWA/Standard Methods, las condiciones ambientales en el laboratorio durante la determinación fueron: Temperatura máxima de 24°C y temperatura mínima de 19°C

Los resultados de las mediciones del caudal efectuadas son: el caudal máximo semanal es de 14.5 L/s; el caudal mínimo semanal es de 3.7 L/s, el caudal promedio semanal es de 9.6 L/s. En la caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales se obtiene los

siguientes valores promedio Temperatura del agua residual 19.6°C, Aceites y Grasas 16.24 mg/L , Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 340 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 826.8mg/L, Fósforo 8.98 mg/L, Nitrógeno Total 53.6 mg/L, Potencial de Hidrógeno (pH) 7.75, Sólidos Suspendidos (SS) 6 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales(SST) 113.6 mg/L, Sólidos Totales(ST) 624.8 mg/L, Sulfatos 49.2 mg/L, Tensoactivos 1.36 mg/L, y Coliformes Totales > 1 x 10⁶ UFC/100mL, al efectuar la comparación con límites permisibles establecidos en el T.U.L.A.S. los parámetros que incumplen la normativa son: Aceites y grasas, DBO₅, DQO, Nitrógeno total, y Coliformes Totales.

En base a los caudales obtenidos, al resultado de la caracterización de aguas residuales, y a las características del terreno, se dimensionó una planta de tratamiento que consta de: un canal llegada, rejillas, un canal Parshall como dispositivo de aforo, un desarenador, dos tanques Imhoff ubicados en serie, cinco lechos de secado, y cinco filtros anaerobios de flujo ascendente. Con la implementación de la Planta de Tratamiento se logrará remover 91.25% para la DBO₅, de 87% para los SS, y de 89.3% para la DQO y del 99.05% para aceites y grasas; de esta manera se podrá cumplir con los límites establecidos en el TULAS, además de preservar la calidad del agua del Río Chibunga que es el cuerpo receptor final del agua tratada.

Se recomienda que para implementar la PTAR se verifique que los caudales y las características de aguas residuales no tengan variaciones considerables, para garantizar que la eficiencia sea la esperada; es recomendable que las rejillas sean limpiadas cuando los materiales sólidos estén obstruyendo el paso del agua, en el desarenador se deberá remover la arena cuando esta ocupe aproximadamente 2/3 del volumen del tanque, la extracción de lodos se deberá realizar según el diseño cada 55 días, se sugiere buscar una alternativa de tratamiento del lodo previo a su disposición final.

SUMMARY

The aim of the research is Sizing Plant Waste water Treatment Heater Licán Parish Region Riobamba, Chimborazo province.

The investigation was initiated with the flow measurements, made in the final waste water collector header Licán parish located 756844 m Longitude East, 9817073 North Latitude, the characteristics of the collector was used and empirical method, we measured the water depth (height) for a week, from 6:30 to 18:00 in 30 minutes, it was a uniform flow and used the Manning equation for calculating the flow, the materials used were a tape measure, spirit level, twine, strips of wood with a tape measure.

Was conducted as ambling campaign of five days for physic – chemical analysis and with the help of a specimen was collected 500 ml in intervals of 30 minutes, during one hour and daily average, to get sample composed of 200 ml, this volume is split in two in vases of glass and amber, for the biological characterization took single samples in a sterile plastic container, obtaining a volume of 150 ml. The bottles were properly labeled to be taken to the laboratory immediately. The waste water characterization is based on analytical methods are use both quantitative, to determine the chemical and microbiological analysis and qualitative knowledge of physical characteristics.

Analyses of waste water were performed at the Laboratory for Environmental Analysis and Inspection LAB – EAI of ESPOCH. The laboratory using methods described in standards: APHA/AWWA/Standard Methods, environmental conditions in the laboratory for determination were: Maximum temperature of 24 °C and minimum of 19 °C. The results of flow measurements made are: the maximum weekly rate is 14.5 L/s; the minimum weekly rate is 3.7L/s, the average weekly flow of 9.6 L/s.

In the physical, chemical and microbiological waste water is obtained the following average values of residual water temperature 19.6 °C, oils and fats 16.24 mg/L, biochemical oxygen demand (BOD5) 340 mg/L, chemical oxygen demand oxygen Demand (COD) 826.8 mg/L phosphorus 8.98 mg/L, total nitrogen 53.6 mg/L, potential hydrogen (pH) 7.75, suspended

solids (SS) 6 mg/L, total suspended solids (TSS) 113.6 mg/L, total solids (TS) 624.8 mg/L, Sulphate 49.2 mg/L, surfactants 1.36 mg/L and total coliforms $> 1 \times 10^6$ UFC/100, when comparing with the permissible limits laid down in TULAS the parameters are non-compliant oil and grease, BOD₅, COD, Total Nitrogen and Total Coliforms.

Based on the obtained flow rates, the outcome of the characterization of waste water, the characteristics of the land, was sized treatment plant comprising a channel arrival, grills, a Parshall flume and gauging device, a sand trap, two Imhoff tanks located in series, five drying beds, and five filters an aerobic up flow. Whith the implementation of the Treatment Plant will be achieved by removing 91.25% for BOD₅, 87% for SS and 89.3% for COD and 99.05% for oil sand fats. This way you can meet the limits set out in TULAS whilst maintaining water quality Chibunga River is the receiving end of the treated water.

It is recommended that to implement the WWTP to verify that the flow rates and waste water characteristics have no significant changes to ensure that the efficiency is expected, it is recommended that the grilles are cleaned when solid materials obstructing the passage of water, in the sand trap must remove the sand when they occupy about 2/3 of the tank volume, sludge removal should be performed as designed every 55 days, suggests looking for an alternative treatment of the sludge prior to disposal.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRITES., R., & TCHOBANOGLOUS., G., Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., Bogotá - Colombia., McGraw Hill., 2000., Pp 33, 42 - 44, 46 - 48
2. METCALF., & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización., 3a.ed., Madrid - España., McGraw-Hill., 1995., Pp. 95 - 102
3. RAMALHO., R., Tratamiento de Aguas Residuales., 2a ed., Reveté S.A., Sevilla -España., 2003., Pp. 78
4. ROMERO., J.,Calidad del Agua.,Bogotá -Colombia.,Alfaomega.,2002.,Pp. 67 - 71- 74 - 233 - 246 - 706 - 707.
5. VALDEZ C., VÁZQUEZ A., Ingeniería De Los Sistemas De Tratamiento y Disposición De Aguas Residuales., México D.F. - México., Fundación ICA., 2003. Pp. 3 - 7.
6. ALLENDE., A., Manual de tratamiento de aguas residuales., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría., La Habana - Cuba., 1994., Pp. 246
7. MÉXICO., COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA., Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento., México D. F. - México., 2007.
8. COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO., Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000., Tratamiento De Aguas Residuales., Bogotá - Colombia., 2000. Pp. 15 - 16 - 38 - 39 - 50 - 52 - 113.
9. ECUADOR., SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL., ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS., Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes Décima Parte (X), Quito - Ecuador., 1992. 344 - 345 - 346

10. ECUADOR, MINISTERIO DE AMBIENTE, Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2a ed., Pp. 29 – 30.

11. CUBILLOS., A., Parámetros y Características de las Aguas Residuales., Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado., Lima – Perú., Pp. 2

12. CYTED., Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas., Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua., México D.F. – México., 2002., Pp. 182 – 183.

13. ROJAS., R., Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS -OMS. Curso internacional: “Gestión integral de tratamiento de aguas residuales”., Lima – Perú. 2002., Pp. 19

14. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD., CENTRO INTERAMERICANO., Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores., Lima – Perú., 2005., Pp. 8 – 10 – 11 – 14 – 16.

15. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD., CENTRO INTERAMERICANO., Guía para el Diseño de Tanques Sépticos: Imhoff y lagunas de estabilización., Lima – Perú., 2005. 14 – 20.

16. BATERO., Y., & CRUZ., E., Evaluación de Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFAs) con medio de soporte en guadua para la remoción de materia orgánica de un agua residual sintética., Universidad Tecnológica de Pereira., Facultad de Ciencias Tecnológicas., Escuela de Tecnología Química., Risaralda – Colombia., 2007. Pp. 12 – 13

17. CARGUA., E., Diseño de Planta de Tratamiento de Agua Residual para el Sector Santa Cruz Riobamba., Ing. Biotecnología Ambiental., Facultad de Ciencias., Tesis de Grado., Riobamba – Ecuador., 2009., Pp 51 – 53.

18. HAMMEKEN., A., & ROMERO., G., Análisis y Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de San Andrés

Cholupa., Universidad de Las Américas., Escuela de Ingeniería.,
Departamento de Ingeniería Civil., Puebla – México., 2005. Pp. 34 – 37

INTERNET

19. AGUAS RESIDUALES

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf

2011/05/27

20. CANAL PARSHALL

http://virtual.cocef.org/Proyectos_certificados/Proyecto485/Final%20Design

2011/12/07

21. MATRIZ DE LEOPOLD

http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html

2012/01/03

22. DISEÑO DE REJILLAS

http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc003/CAPITULO7.pdf

2011/12/10

23. TOMA Y PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA.

http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_DeAguas/Toma_De_Muestra

2011/06/17

ANEXOS

ANEXO A: Formato de la encuesta realizada

Tabla LV. Formato de la encuesta realizada



ESPOCH - FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS - ING. EN BIOTEC. AMBIENTAL
 TESIS: DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA LICÁN
 ENCUESTA: CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES, SERVICIOS BÁSICOS: SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLAD



PROVINCIA: CHIMBORAZO CANTÓN: RIOBAMBA PARROQUIA: LICÁN BARRIO:

Vivienda			ABASTECM AGUA	ELIMN EXCRETAS	ELECTRICIDAD	ELIMBASURA	TLFONO	ACTIVIDAD ECONÓMICA																
N° Viviendas	N° Plantas	N° Familias/Vivienda	Red Pública	Pozo	Alcantarillado	Letrina	Otra forma	Ninguno	Con Servicio Público	Sin Servicio/Otros	Carro recolector	Otra Forma	Telefonía Pública	Telefonía Celular	N° Personas Trabajan	AGRICO - GANADERA	OBRERO	COMERCIANTE	EMPLEADO	PROFESOR	CHOFER	MECÁNICO/ INDUSTRIAL	MECÁNICO AUTOMOTRIZ	OTROS

ANEXO B: Tablas de cálculo de caudal para los siete días monitoreados

Tabla LVI. Cálculo de Caudal Día Lunes

Hora	h,m	Q,m³/s	Q,L/s
6:30	0,11	0,00904664	9
7:00	0,114	0,00957964	9,6
7:30	0,105	0,00838209	8,4
8:00	0,11	0,00904664	9
8:30	0,1	0,00772278	7,7
9:00	0,099	0,00759186	7,6
9:30	0,107	0,00864748	8,6
10:00	0,067	0,00373808	3,7
10:30	0,083	0,00556569	5,6
11:00	0,087	0,00605746	6,1
11:30	0,124	0,01090413	10,9
12:00	0,103	0,00811754	8,1
12:30	0,125	0,01103509	11
13:00	0,124	0,01090413	10,9
13:30	0,115	0,00971284	9,7
14:00	0,12	0,01037695	10,4
14:30	0,118	0,0101118	10,1
15:00	0,107	0,00864748	8,6
15:30	0,12	0,01037695	10,4
16:00	0,115	0,00971284	9,7
16:30	0,125	0,01103509	11
17:00	0,107	0,00864748	8,6
17:30	0,115	0,00971284	9,7
18:00	0,112	0,00931312	9,3

Gráfico N° 18. Variación horaria del caudal Día Lunes

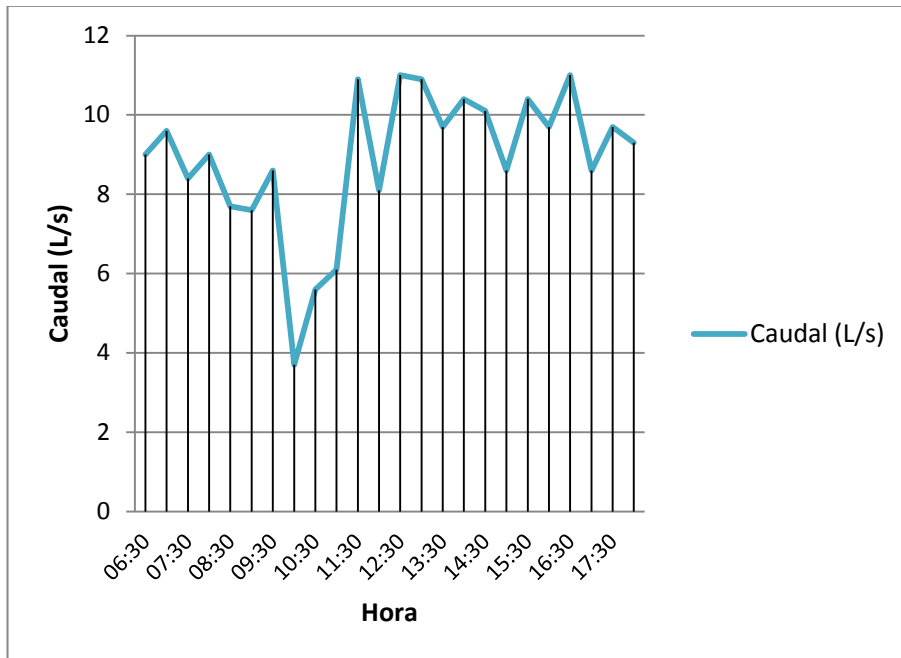


Tabla LVII. Cálculo de Caudal Día Martes

Hora	h,m	Q,m³/s	Q,L/s
6:30	0,115	0,00971284	9,7
7:00	0,11	0,00904664	9
7:30	0,115	0,00971284	9,7
8:00	0,124	0,01090413	10,9
8:30	0,13	0,01168316	11,7
9:00	0,136	0,01244147	12,4
9:30	0,13	0,01168316	11,7
10:00	0,132	0,01193861	11,9
10:30	0,133	0,01206538	12,1
11:00	0,13	0,01168316	11,7
11:30	0,13	0,01168316	11,7
12:00	0,132	0,01193861	11,9
12:30	0,107	0,00864748	8,6
13:00	0,1	0,00772278	7,7
13:30	0,105	0,00838209	8,4
14:00	0,096	0,00720143	7,2
14:30	0,1	0,00772278	7,7
15:00	0,102	0,00798565	8
15:30	0,117	0,00997895	10
16:00	0,097	0,00733115	7,3
16:30	0,12	0,01037695	10,4
17:00	0,1	0,00772278	7,7
17:30	0,1	0,00772278	7,7
18:00	0,1	0,00772278	7,7

Gráfico N° 19. Variación horaria del caudal Día Martes

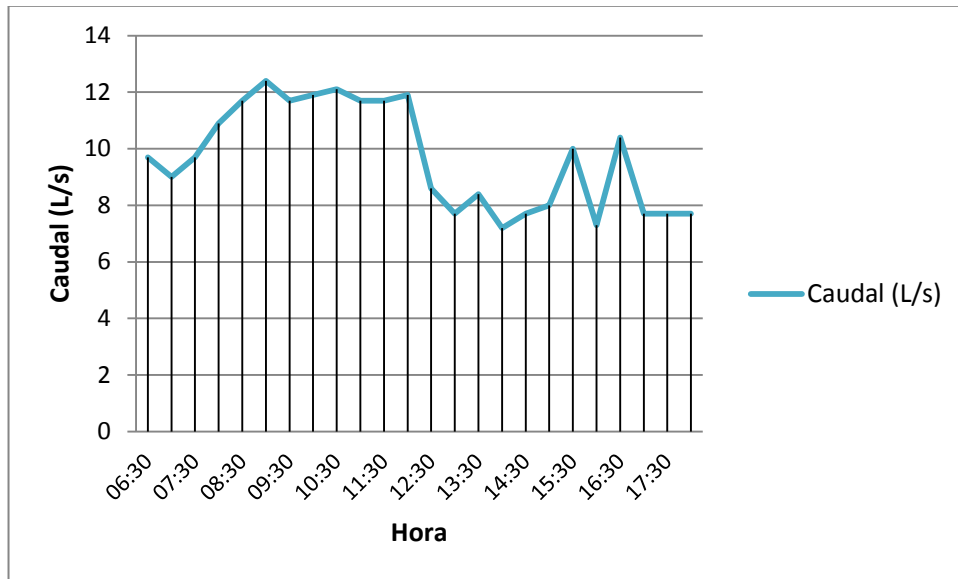


Tabla LVIII. Cálculo de Caudal Día Miércoles

Hora	h,m	Q,m³/s	Q,L/s
6:30	0,115	0,00971284	9,7
7:00	0,12	0,01037695	10,4
7:30	0,115	0,00971284	9,7
8:00	0,112	0,00931312	9,3
8:30	0,106	0,00851469	8,5
9:00	0,12	0,01037695	10,4
9:30	0,11	0,00904664	9
10:00	0,113	0,00944639	9,4
10:30	0,11	0,00904664	9
11:00	0,103	0,00811754	8,1
11:30	0,1	0,00772278	7,7
12:00	0,105	0,00838209	8,4
12:30	0,1	0,00772278	7,7
13:00	0,104	0,0082497	8,2
13:30	0,103	0,00811754	8,1
14:00	0,09	0,00643354	6,4
14:30	0,1	0,00772278	7,7
15:00	0,11	0,00904664	9
15:30	0,128	0,01142541	11,4
16:00	0,11	0,00904664	9
16:30	0,112	0,00931312	9,3
17:00	0,116	0,00984595	9,8
17:30	0,112	0,00931312	9,3
18:00	0,115	0,00971284	9,7

Gráfico N° 20. Variación horaria del caudal Día Miércoles

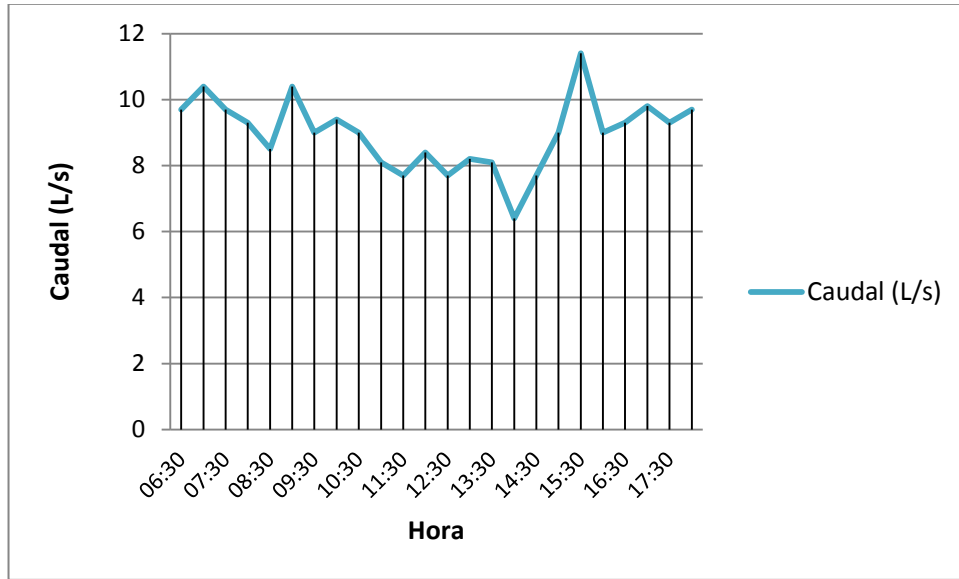


Tabla LIX. Cálculo de Caudal Día Jueves

Hora	h,m	Q,m³/s	Q,L/s
6:30	0,115	0,00971284	9,7
7:00	0,12	0,01037695	10,4
7:30	0,11	0,00904664	9
8:00	0,122	0,01064115	10,6
8:30	0,115	0,00971284	9,7
9:00	0,125	0,01103509	11
9:30	0,127	0,01129576	11,3
10:00	0,125	0,01103509	11
10:30	0,1	0,00772278	7,7
11:00	0,125	0,01103509	11
11:30	0,13	0,01168316	11,7
12:00	0,12	0,01037695	10,4
12:30	0,122	0,01064115	10,6
13:00	0,122	0,01064115	10,6
13:30	0,118	0,0101118	10,1
14:00	0,106	0,00851469	8,5
14:30	0,108	0,00878042	8,8
15:00	0,111	0,00917986	9,2
15:30	0,122	0,01064115	10,6
16:00	0,116	0,00984595	9,8
16:30	0,111	0,00917986	9,2
17:00	0,116	0,00984595	9,8
17:30	0,124	0,01090413	10,9
18:00	0,128	0,01142541	11,4

Gráfico N° 21. Variación horaria del caudal Día Jueves

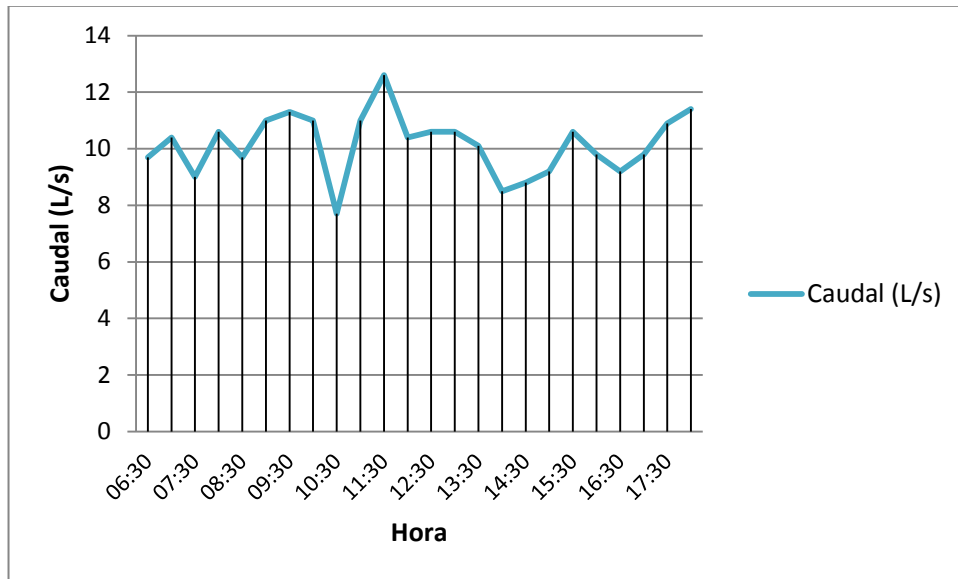


Tabla LX. Cálculo de Caudal Día Viernes

Hora	h, m	Q,m³/s	Q,L/s
6:30	0,126	0,01116564	11,2
7:00	0,127	0,01129576	11,3
7:30	0,118	0,0101118	10,1
8:00	0,12	0,01037695	10,4
8:30	0,117	0,00997895	10
9:00	0,125	0,01103509	11
9:30	0,124	0,01090413	10,9
10:00	0,12	0,01037695	10,4
10:30	0,101	0,00785406	7,9
11:00	0,107	0,00864748	8,6
11:30	0,125	0,01103509	11
12:00	0,11	0,00904664	9
12:30	0,125	0,01103509	11
13:00	0,115	0,00971284	9,7
13:30	0,112	0,00931312	9,3
14:00	0,104	0,0082497	8,2
14:30	0,096	0,00720143	7,2
15:00	0,103	0,00811754	8,1
15:30	0,098	0,0074613	7,5
16:00	0,117	0,00997895	10
16:30	0,102	0,00798565	8
17:00	0,117	0,00997895	10
17:30	0,115	0,00971284	9,7
18:00	0,12	0,01037695	10,4

Gráfico N°22. Variación horaria del caudal Día Viernes

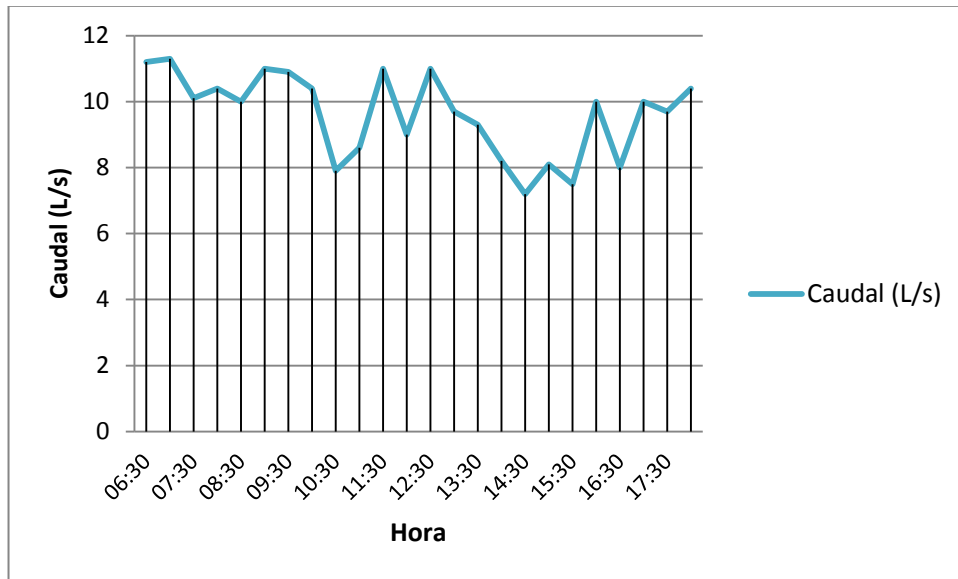


Tabla LXI. Cálculo de Caudal Día Sábado

Hora	h,m	Q,m³/s	Q,L/s
6:30	0,08	0,00520497	5,2
7:00	0,08	0,00520497	5,2
7:30	0,115	0,00971284	9,7
8:00	0,118	0,0101118	10,1
8:30	0,126	0,01116564	11,2
9:00	0,133	0,01206538	12,1
9:30	0,135	0,01231685	12,3
10:00	0,125	0,01103509	11
10:30	0,12	0,01037695	10,4
11:00	0,131	0,01181119	11,8
11:30	0,127	0,01129576	11,3
12:00	0,11	0,00904664	9
12:30	0,136	0,01244147	12,4
13:00	0,125	0,01103509	11
13:30	0,11	0,00904664	9
14:00	0,125	0,01103509	11
14:30	0,123	0,01077281	10,8
15:00	0,121	0,01050919	10,5
15:30	0,125	0,01103509	11
16:00	0,154	0,01450924	14,5
16:30	0,118	0,0101118	10,1
17:00	0,128	0,01142541	11,4
17:30	0,12	0,01037695	10,4
18:00	0,108	0,00878042	8,8

Gráfico N° 23. Variación horaria del caudal Día Sábado

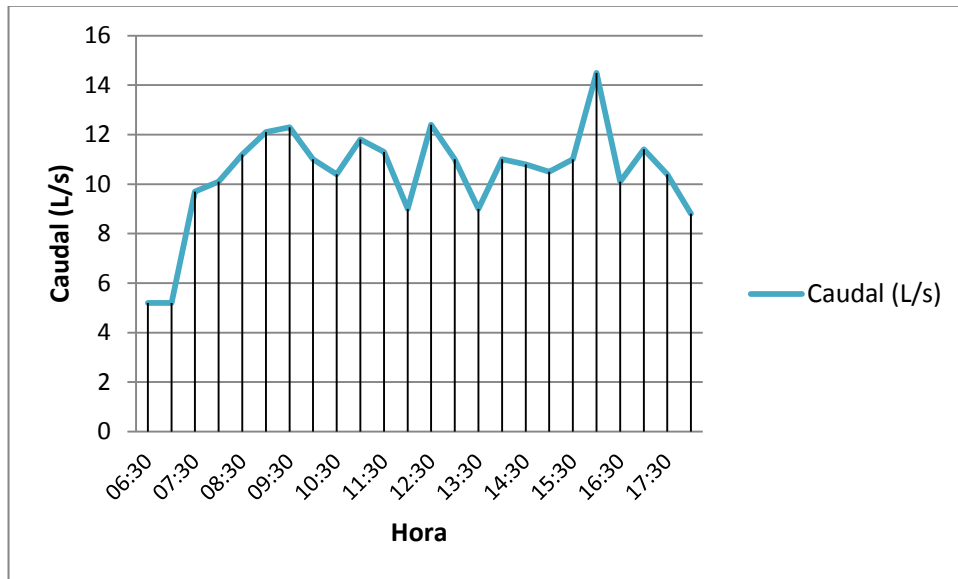
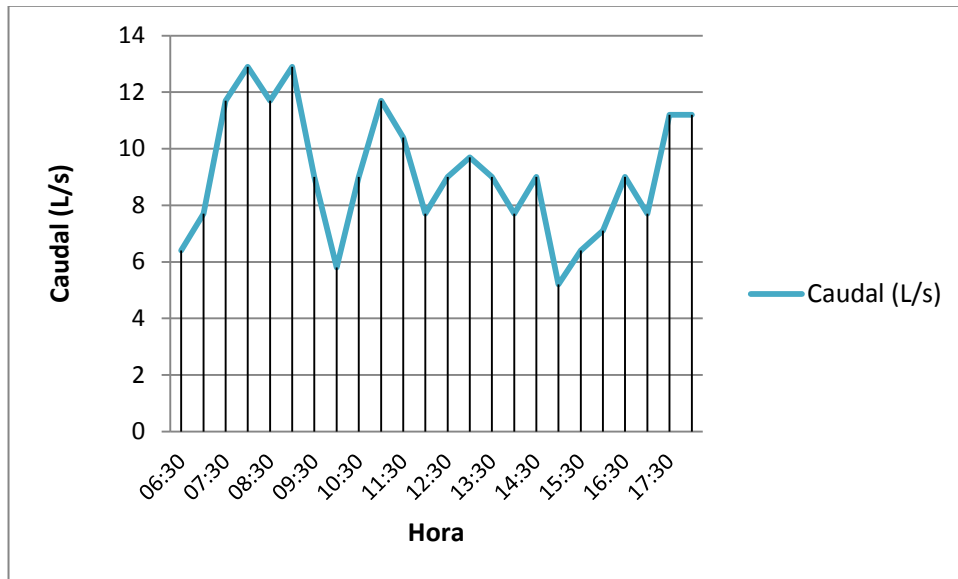


Tabla LXII. Cálculo de Caudal Día Domingo

Hora	h,m	Q,m³/s	Q,L/s
6:30	0,09	0,00643354	6,4
7:00	0,1	0,00772278	7,7
7:30	0,13	0,01168316	11,7
8:00	0,14	0,01293161	12,9
8:30	0,13	0,01168316	11,7
9:00	0,14	0,01293161	12,9
9:30	0,11	0,00904664	9
10:00	0,085	0,00581011	5,8
10:30	0,11	0,00904664	9
11:00	0,13	0,01168316	11,7
11:30	0,12	0,01037695	10,4
12:00	0,1	0,00772278	7,7
12:30	0,11	0,00904664	9
13:00	0,115	0,00971284	9,7
13:30	0,11	0,00904664	9
14:00	0,1	0,00772278	7,7
14:30	0,11	0,00904664	9
15:00	0,08	0,00520497	5,2
15:30	0,09	0,00643354	6,4
16:00	0,095	0,00707216	7,1
16:30	0,11	0,00904664	9
17:00	0,1	0,00772278	7,7
17:30	0,126	0,01116564	11,2
18:00	0,126	0,01116564	11,2

Gráfico N° 24: Variación horaria del caudal Día Domingo



ANEXO C: Plano topográfico del lugar donde será emplazada la Planta de Tratamiento de aguas residuales.

ANEXO D: Tablas para el dimensionamiento del canal Parshall

Tabla LXIII. Dimensiones y capacidad de canales Parshall, para distintos anchos de garganta(W)

W	A	2/3A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y	Capacidad de flujo libre	
																Mín m ³ /s	Máx m ³ /s
0.08	0.47	0.31	0.46	0.18	0.26	0.61	0.15	0.30	0.02	0.06	0.41	0.30	0.77	0.02	0.04	0.0008	0.054
0.15	0.620	0.41	0.61	0.39	0.40	0.61	0.30	0.61	0.08	0.11	0.41	0.030	0.90	0.05	0.08	0.001	0.110
0.23	0.88	0.59	0.86	0.38	0.57	0.76	0.30	0.46	0.08	0.11	0.41	0.30	1.08	0.05	0.08	0.002	0.252
0.30	1.37	0.91	1.34	0.61	0.84	0.91	0.61	0.91	0.08	0.23	0.51	0.38	1.49	0.05	0.08	0.003	0.456
0.46	1.45	0.96	1.34	0.76	1.02	0.91	0.61	0.91	0.08	0.23	0.51	0.38	1.68	0.05	0.08	0.004	0.697
0.61	1.52	1.02	1.50	0.91	1.21	0.91	0.61	0.91	0.08	0.23	0.51	0.38	1.85	0.05	0.08	0.012	0.937
0.91	1.68	1.12	1.65	1.22	1.57	0.91	0.61	0.91	0.08	0.23	0.51	0.38	2.22	0.05	0.08	0.017	1.427
1.22	1.83	1.22	1.79	1.52	1.94	0.91	0.61	0.91	0.08	0.23	0.61	0.46	2.71	0.05	0.08	0.037	1.923
1.52	1.98	1.32	1.94	1.83	2.30	0.91	0.61	0.91	0.008	0.23	0.61	0.46	3.08	0.05	0.08	0.045	2.424
1.83	2.13	1.42	2.09	2.13	2.66	0.91	0.81	0.91	0.08	0.23	0.61	0.46	3.44	0.05	0.08	0.074	2.931
1.83	2.29	1.52	2.24	2.44	3.03	0.91	0.61	0.91	0.08	0.23	0.61	0.46	3.81	0.05	0.08	0.085	3.438
2.44	2.44	1.62	2.39	2.74	3.40	0.91	0.81	0.91	0.08	0.23	0.61	0.46	4.17	0.05	0.08	0.099	3.951

FUENTE: Comisión nacional del Agua Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento. Selección e instalación de equipos de Macromedición, México 2007

Tabla LXIV. Fórmulas para evaluar el gasto

ANCHO DE GARGANTA	FÒRMULA
W < 0.15m	$Q = 0.03812 H^{1.58}$
0.30 > W < 2.5m	$Q = 0.3716W(3.281 H)^{1.522W^{0.26}}$
2.50 > W < 15m	$Q = (2.292W + 0.474) H^{1.6}$

FUENTE: Comisión nacional del Agua Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento. Selección e instalación de equipos de Macromedición, México 2007

Anexo E: Fotografías de la medición de caudal en el punto de descarga



Punto de descarga de aguas residuales



Determinación de la pendiente del canal



Medición de la altura de agua en el canal

ANEXO F: Fotografías Del Muestreo



Materiales y envases requeridos



Toma de la muestra compuesta y puntual



Muestras para trasladar al laboratorio

ANEXO G: Fotografías De La Ejecución De La Encuesta



ANEXO H: Planos de la Planta de tratamiento de aguas residuales