

3.3.2.3.2 Desinfección ultravioleta

Parámetros y criterios de diseño:

Potencia de lámparas (w)	40
Dimensiones lámparas (cm2)	119x32.5mm
Salida UV (w)	19.80
Constante de inactivación (k)	0.23
Dosis (mws/cm2)	16-32
Tiempo de exposición (s)	10-20
Profundidad lámina de agua (cm)	1 - 2
Distancia lámpara a lámina de agua (cm)	4

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = D * k$$

$$D = I * t$$

$$Q = V / t$$

$$Q = V * A$$

Dónde: N = Concentración de microorganismos
N₀ = Concentración inicial de microorganismos
K = Constante de inactivación bacteriana.
D = Dosis en mWatt x seg / cm²
I = Intensidad de la lámpara en mWatt/cm²
t = Tiempo de exposición en s
Q = Caudal en l/s
V = Volumen
v = velocidad

Los sistemas de tratamiento y desinfección de Agua mediante luz Ultra Violeta (UV), garantizan la eliminación de entre el 99,9% y el 99,99 de agentes patógenos. Para lograr este grado de efectividad casi absoluta mediante este procedimiento físico, es totalmente imprescindible que los procesos previos del agua eliminen de forma casi total cualquier turbiedad de la misma, ya que la Luz Ultravioleta debe poder atravesar perfectamente el flujo de agua a tratar (Fuente: <https://purewater.com.co/sistemas-de-desinfeccion-de-agua-mediante-luz-ultra-violeta/>). Para el proyecto, considerando que se podría tener la existencia de solidos se adoptará 99.9% de eficiencia de remoción.

3.4 CALIDAD DEL EFLUENTE FINAL

Los requisitos exigibles en Bolivia a los efluentes tratados en las PTAR se recogen en el **Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH)**, que reglamenta la **Ley de Medio Ambiente N° 1333 de 27 de abril de 1992**, en lo referente a la prevención y control de la contaminación hídrica en el marco del Desarrollo Sostenible.

En dicho Reglamento, en el Cuadro N° A-1, se muestran los Valores Máximos admisibles de parámetros en Cuerpos Receptores. El Cuadro contempla 80 parámetros, para los que especifica los valores máximos de acuerdo a la clasificación establecida de los cuerpos de agua según su aptitud de uso: clases A, B, C y D, de mayor a menor calidad.

Debe hacerse constar que se trata de valores de *inmisión*, medidos, por tanto, en los cuerpos receptores.

El Anexo A del mencionado Reglamento, establece, en su Artículo 2, que *“las muestras para el control de las descargas de las industrias deberán ser tomadas a la salida de las plantas de tratamiento, inmediatamente después del aforador de descargas, y las destinadas al control de la dilución en el cuerpo receptor, a una distancia entre 50 y 100 m del punto de descarga y dentro del cuerpo receptor”*.

Adicionalmente, el Artículo 3, recoge que *“la mezcla de agua producto de una descarga y de un río debe regirse por la ecuación mostrada a continuación. Para cualquier parámetro de calidad, el valor total de la mezcla debe ser siempre menor que el establecido por la clase de río que corresponda.”*

$$P_{xf} = \frac{P_{xi} Q_i + P_{xr} Q_r}{Q_i + Q_r}$$

Donde: P_{xf} : parámetro de mezcla
 P_{xi} : parámetro de descarga
 Q_i : caudal de descarga
 Q_r : caudal del río

Si en el Cuadro N° A-1, nos centramos en la clasificación CLASE “D” (aguas de calidad mínima, que para consumo, en los casos externos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de presedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales), los valores máximos admisibles de los parámetros son los que se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Valores máximos admisibles según Cuadro N° A-1 del RMCH.

Parámetro	Valor máximo
DBO5 (mg/l)	<30
DQO (mg/l)	<60
Amoniaco (mg NH3/l)	4
Nitrógeno total (mg N/l)	12

Parámetro	Valor máximo
Nitrato (mg NO ₃ /l)	50.0
Nitrito (mg N/l)	1.0
Fosfato total (mg PO ₄ /l)	1.0
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	<5000 y < 50000 en el 80% de las muestras

Nota: Los valores de la tabla anterior son los medidos en el cuerpo receptor.

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

Para conocer los límites a imponer en cada vertido debe emplearse la ecuación de P_{xf} , para cuya aplicación es preciso conocer, en cada caso concreto, el caudal y la calidad del cauce receptor.

Por otro lado, el Artículo 72 del RMCH, recoge que “*en tanto sean definidas las Clases a las que hacen referencia los Art. 4, 5, 6 y 7 del presente reglamento, regirán los parámetros y sus respectivos valores límite, incluidos en el Anexo A-2. Una vez determinada la Clase de un determinado cuerpo de agua, se aplicará los criterios de evaluación de impacto ambiental y de adecuación ambiental, en base a los límites establecidos en el Cuadro A-1 – Anexo A del presente reglamento*”.

El Anexo A-2 recoge los límites permisibles para 25 parámetros, de los que los habituales en el diseño de PTAR se muestran en la Tabla 33. Debe hacerse constar que este caso se trata de valores de emisión, es decir, medidos a la salida de las PTAR.

Tabla 33. Límites permisibles para descargas líquidas según el Anexo A-2 del RMCH.

Parámetro	DIARIO	MES
Sólidos en suspensión (mg/l)	60.0	
DBO ₅ (mg/l)	80.0	
DQO (mg/l)	250.0	
Amonio (mg N/l)	4.0	2.0
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1000	

Nota: en la Tabla, la columna con el epígrafe DIARIO recoge los valores picos diarios permitidos para los diferentes parámetros, mientras que la columna con el epígrafe MES, presenta los promedios mensuales máximos permitidos de estos parámetros.

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

En relación con otras normativas de vertido, destaca la elevada exigencia impuesta a la concentración de amonio en los efluentes tratados en las PTAR bolivianas, y más aun teniendo en cuenta que es un límite de emisión, pero no hay que olvidar el carácter de transitoriedad de estos requisitos hasta el momento en que se definan definitivamente las calidades de los cuerpos de agua.

4 MARCO PRÁCTICO

4.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Para la realización del proyecto se realizó un análisis de alternativas para la tecnologías de tratamiento de aguas residuales; no se realizó este análisis para el tipo de sistema de colectores, considerando que las tecnologías alternativas no son adecuadas por las condiciones socioeconómicas, y de operación y mantenimiento.

Por otro lado, al ser una comunidad pequeña, tener solo una área disponible para la PTAR y las características topográficas el trazo de los colectores es único.

4.1.1 BASES DE ELECCIÓN

Para elegir el mejor tratamiento de depuración se debe plantear distintos trenes de unidades (tipos de plantas de tratamiento) que logren cumplir la calidad de efluente requerida, el espacio físico que estas plantas podrían llegar a ocupar y además el costo económico.

Entre los posibles sistemas de depuración planteados se debe pasar por una etapa de preselección, donde según las circunstancias específicas de cada lugar, como ser población de cálculo, superficie disponible, limitaciones económicas tanto de construcción como de la población, y otras características propias del lugar que haga viables alguna de las alternativas propuestas.

A continuación se presentan criterios para la selección de un sistema de tratamiento (LETTINGA G., Y HULSHOFF P, 1995).

- El método debe proveer una eficiencia de tratamiento en la remoción de varias categorías de contaminantes: Materia orgánica biodegradable (DBO), amoníaco y compuestos orgánicos nitrogenados, fosfatos, patógenos.
- La estabilidad del sistema respecto a interrupciones en la fuente de energía, picos de carga, interrupción en la alimentación y/o contaminantes tóxicos debe ser alta.
- La flexibilidad del proceso debe ser alta, con respecto a la escala a la cual es aplicada, posibilidades de ampliación y posibilidad de mejorar la eficiencia.
- El sistema debe ser simple en su operación, mantenimiento y control ya que una buena operación no debe depender de la presencia de operadores e ingenieros experimentados.
- El requerimiento de área debe ser bajo, en especial cuando no está disponible y/o el precio es alto.
- El número de etapas de procesos (diferentes) requeridos debe ser lo más bajo posible.
- El tiempo de vida del sistema debe ser largo.
- La aplicación del sistema no debe sufrir ningún problema en la disposición del lodo.
- La aplicación del sistema no debe ser acompañado con mal olor y problemas de malestar en la gente.
- El sistema debe ofrecer buenas posibilidades para recuperar subproductos útiles en irrigación y fertilización.
- Es recomendable disponer de experiencia suficiente en el manejo del sistema.

4.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

- Población inicial: 981 habitantes (según INE, 2012) y 105 habitantes de población flotante, 1086 habitantes en total; 1208 habitantes población proyectada al año 2040.
- Superficie disponible: 0.5 Ha (Área dispuesta por el GAM)
- Tipo de agua residual a tratar: Domestica se recomienda un tratamiento biológico
- Temperatura mínima y máxima de la zona $T_{\min} 9.5^{\circ}\text{C}$ y $T_{\max} 17.2^{\circ}\text{C}$. (SENAMHI 2020)

Teniendo en cuenta la cantidad de población se puede preseleccionar algunas tecnologías factibles para el proyecto según la Tabla 34:

Tabla 34. Campo poblacional de aplicación de las diferentes alternativas de depuración

Alternativa	Población equivalente							
	100	200	500	1000	2000	5000	10000	> 10000
Fosa séptica	+++	++	+					
Tanque Imhoff	+++	+++	++	+				
Zanja filtrante	+++	+++	+++	++	++	-		
Lecho filtrante	+++	+++	+++	++	++	-		
Filtro de anaerobio	+++	+++	+++	++	+			
Lecho de turba	++	+++	+++	+++	+++	--	+	
Pozo filtrante	+++	+++	+++	++	++	-		
Filtro verde	+	++	+++	+++	+++	--	++	+
Lecho de juncos (humedal)	+	++	+++	+++	+++	--	+	+
Filtración rápida	+	++	+++	+++	+++	--	+	+
Esc. Superficial	++	+++	+++	+++	++	-	+	+
Lag. aireada			+	++	-	---	+++	+++
Lag. Aerobia	+	+	++	+++	+++	---	++	++
Lag. Facultativa	+	++	+++	+++	+++	---	++	++
Lag. Anaerobia	++	++	+++	+++	+++	---	+++	++
Lag. Anaerobia modificada				++	++	---	+++	++
Lecho bacteriano (Filtro percolador)	+	++	+++	+++	++	--	++	++
Biodisco			+	+	++	---	+++	+++
Aireación prolongada	++	++	+++	+++	+++	---	+++	++
Canal de oxidación				++	+++	---	+++	+++
Trat. Físico-químico		+	+	++	+++	---	+++	++

(+): poco, (++): medio, (+++): mucho.
Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Recolección de Aguas Residuales, Aguas Pluviales Y Tratamiento de Aguas Residuales - Aguas del Valle

Considerando que la población está en el orden de los 1000 habitantes no existen muchas restricciones para el tipo de tratamiento que se puede aplicar, por lo tanto, la población no es un factor determinante en la selección de alternativas.

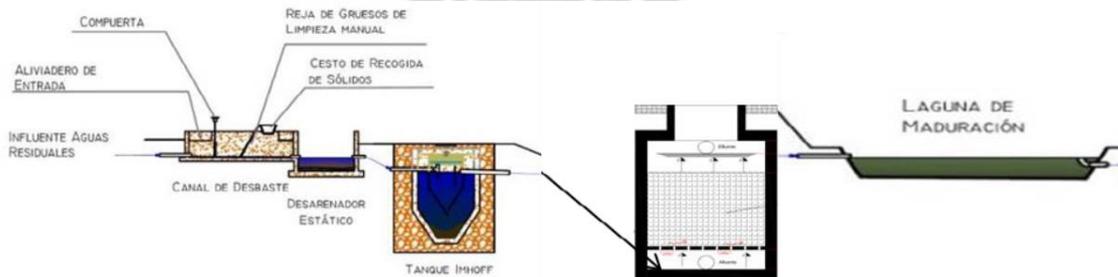
4.1.1.2 TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS

4.1.1.2.1 Tecnologías anaerobias

(Ilustración 21 a Ilustración 23)

- Pretratamiento + Cámara séptica + FAFA + L. Maduración
- Pretratamiento + Tanque Imhoff + FAFA + L. Maduración
- Pretratamiento + Cámara séptica + FAFA + Humedales artificiales
- Pretratamiento + Tanque Imhoff + FAFA + Humedales artificiales

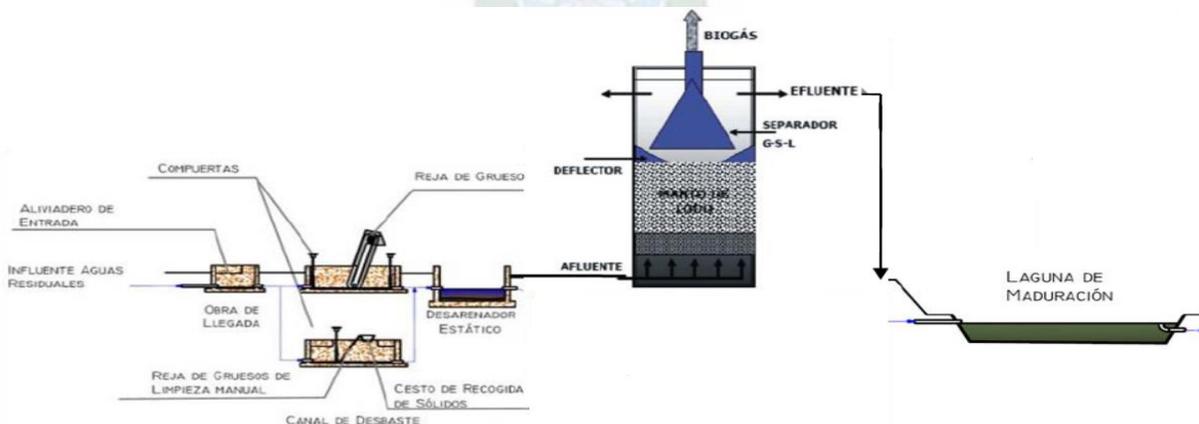
Ilustración 21. Tecnologías anaerobias (Pretratamiento + Tanque Imhoff + FAFA + L. Maduración)



Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

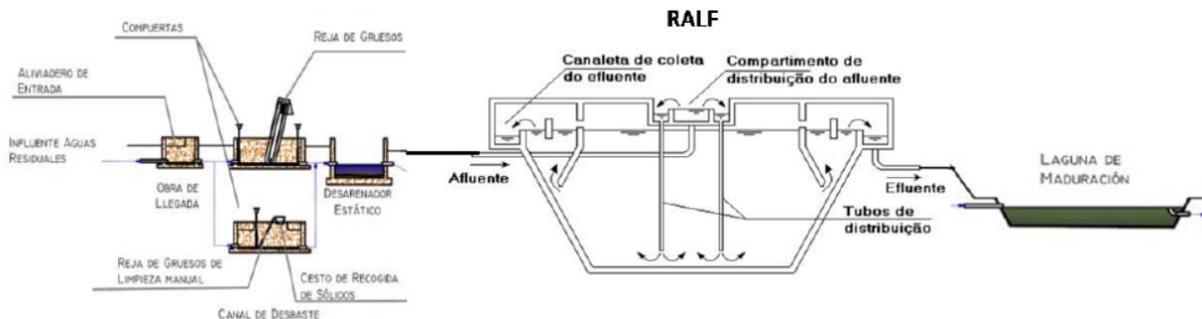
- Pretratamiento + RAFA/RALF + L. Maduración
- Pretratamiento + RAFA/RALF + Humedales artificiales
- Pretratamiento + RAFA/RALF + Filtros percoladores + Sedimentación secundaria
- Pretratamiento + RAFA/RALF + Aireación extendida + Sedimentación secundaria

Ilustración 22. Tecnologías anaerobias (Pretratamiento + RAFA + L. Maduración)



Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

Ilustración 23. Tecnologías anaerobias (Pretratamiento + RALF + L. Maduración)



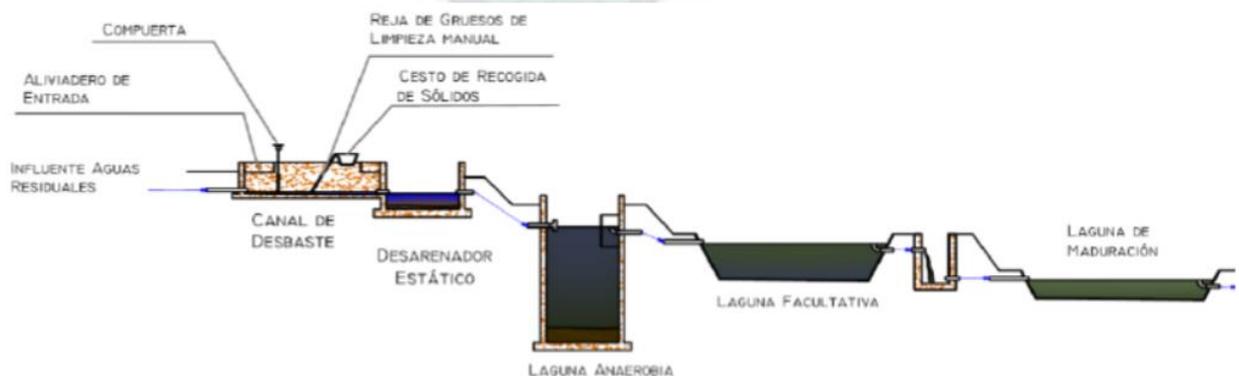
Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

4.1.1.2.2 Tecnologías extensivas

(Ilustración 24 a Ilustración 26)

- Pretratamiento + L. Anaerobias + L. Facultativas + L. Maduración
- Pretratamiento + L. Anaerobias + L. Facultativas + Humedales artificiales
- Pretratamiento + Tanque Imhoff + L. Facultativas + L. Maduración
- Pretratamiento + RAFA/RALF + L. Facultativas + L. Maduración
- Pretratamiento + L. Facultativas + L. Maduración
- Pretratamiento + L. Facultativas + Humedales artificiales

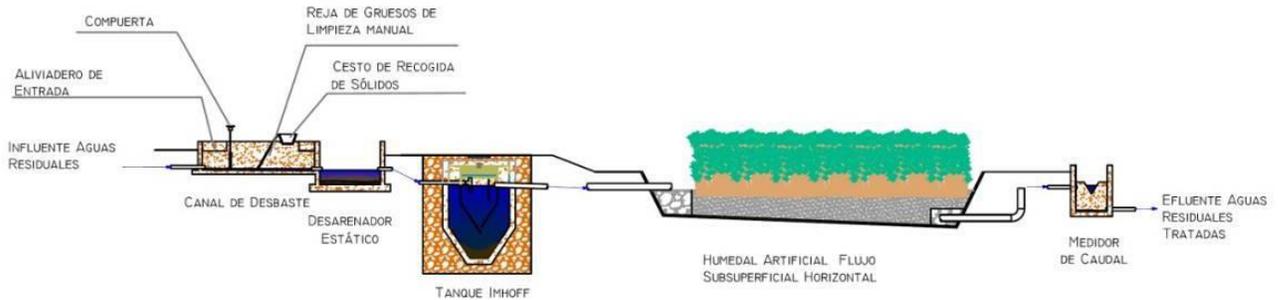
Ilustración 24. Tecnologías extensivas (Pretratamiento + L. Anaerobias + L. Facultativas + L. Maduración)



Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

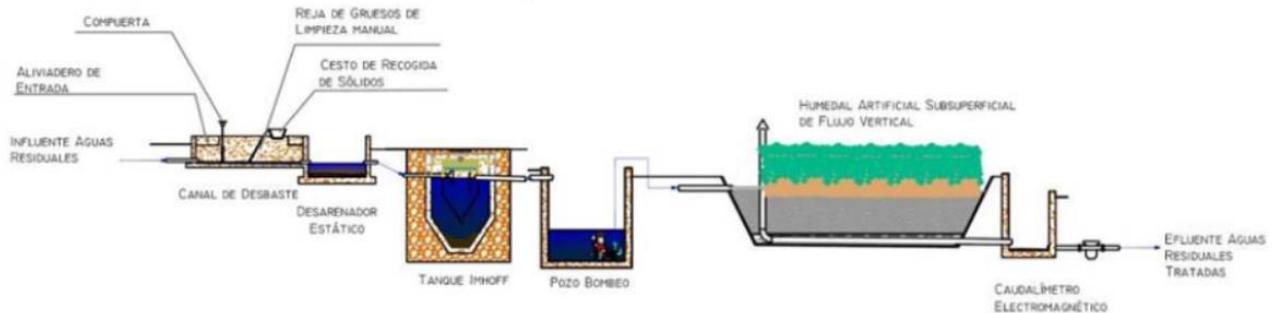
- Pretratamiento + Cámara séptica + Humedales artificiales de flujo subsuperficial
- Pretratamiento + Tanque Imhoff + Humedales artificiales de flujo subsuperficial
- Pretratamiento + RAFA/RALF+ Humedales artificiales de flujo subsuperficial

Ilustración 25. Tecnologías extensivas (Pretratamiento + Tanque Imhoff + Humedales artificiales de flujo subsuperficial)



Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

Ilustración 26. Tecnologías extensivas (Pretratamiento + Tanque Imhoff + Carcamo de Bombeo + Humedales artificiales de flujo subsuperficial)



Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

4.1.1.2.3 Tecnologías intensivas

(Ilustración 27)

- Pretratamiento + Decantación primaria + Filtros percoladores + Sedimentación secundaria
- Pretratamiento + Tanque Imhoff + Filtros percoladores + Sedimentación secundaria
- Pretratamiento + RAFA/RALF + Filtros percoladores + Sedimentación secundaria

Ilustración 27. Tecnologías intensivas



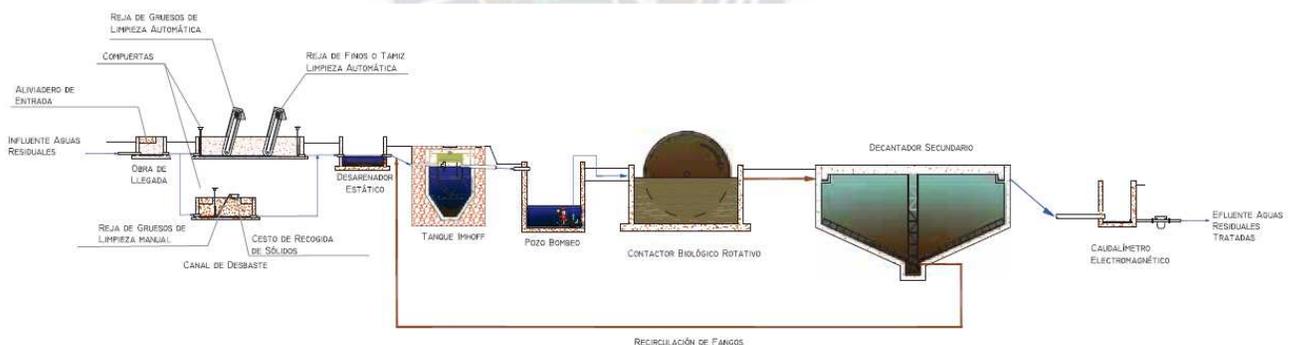
Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

4.1.1.2.4 Contactores Biológicos Rotativos (CBR)

(Ilustración 28)

- Pretratamiento + Tanque Imhoff + CBR + Sedimentación Secundaria
- Pretratamiento + RAFA/RALF + CBR + Sedimentación Secundaria
- Pretratamiento + Decantación Primaria + CBR + Sedimentación Secundaria

Ilustración 28. Pretratamiento + Tanque Imhoff + CBR + Sedimentación Secundaria



Fuente: Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018

4.1.1.2.5 Definiciones de las abreviaciones de trenes de tratamiento de agua residual

Para simplificar el nombre de las diferentes combinaciones mostradas anteriormente y otras, se utilizara la designación dada en el texto "Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia" escrito por el Dr.-Ing. Wolfgang Wagner (ver Tabla 35).

Tabla 35. Definiciones de las abreviaciones de trenes de tratamiento de agua residual

AT	Lagunas de estabilización (lagunas anaeróbicas, facultativas, maduración)
T	Lagunas de estabilización (lagunas facultativas, maduración)
ATDe	Lagunas de estabilización (lagunas anaeróbicas, facultativas, desinfección)
TDe	Lagunas de estabilización (facultativas, desinfección)
UT	Reactores anaeróbicos, lagunas de maduración
UTDe	Reactores anaeróbicos, lagunas de maduración pequeñas, desinfección
UL	Reactores anaeróbicos, lodos activados
ULDe	Reactores anaeróbicos, lodos activados, desinfección
ULM	Reactores anaeróbicos, lodos activados, lagunas maduración pequeñas
IF	Tanques Imhoff, filtros percoladores
IFDe	Tanques Imhoff, filtros percoladores, desinfección
IFM	Tanques Imhoff, filtros percoladores, lagunas de maduración pequeñas
IL	Tanques Imhoff, lodos activados
ILDe	Tanques Imhoff, lodos activados, desinfección
ILM	Tanques Imhoff, lodos activados, lagunas de maduración pequeñas
LA	Lagunas con aireación
LADe	Lagunas con aireación, desinfección
ULM	Reactores anaeróbicos, lodos activados, laguna de maduración pequeñas
ULDe	Reactores anaeróbicos, lodos activados, desinfección
L	Lodos activados (tanque de aireación, sedimentador secundario)
LDe	Lodos activados (tanque de aireación, sedimentador secundario), desinfección
LT	Lodos activados (tanque de aireación, sedimentador secundario), lagunas de maduración pequeñas
L S	Lodos activados (sedimentador primario, tanque de aireación, sedimentador secundario)
LSDe	Lodos activados (sedimentador primario, tanque de aireación, sedimentador secundario, desinfección)
LSM	Lodos activados (sedimentador primario, tanque de aireación, sedimentador secundario, lagunas de maduración pequeñas)

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

4.1.1.3 CARACTERÍSTICAS Y EFICACIA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

Para realizar el análisis de las alternativas se tomó en cuenta la Tabla 36 y Tabla 37 de estimación de eficiencia de tratamiento:

Tabla 36. Resumen comparativo de las principales alternativas de tratamiento de aguas residuales con relación a la eficacia

SISTEMAS DE TRATAMIENTO	EFICACIA DE ELIMINACION (%)				Potencia (W/hab)	TRH (días)	Cantidad de lodos (m ³ /hab. año)
	DBO	N	P	CF			
Tratamiento preliminar	0-5	0	0	0	0	-	-
Tratamiento Primario	35-40	10-25	10-20	30-40	0	0.1-0.5	0.6-1.3
Estanque Facultativo	75-85	30-50	20-60	60-99	0	15-30	-
Estanque anaerobio–Estanque facultativo	75-90	30-50	20-60	60-99.99	0	12-24	-
Laguna aireada facultativa	75-90	30-50	20-60	60-96	1.0-1.7	3-9	-
Laguna aireada de mezcla completa– Laguna de sedimentación	75-90	30-50	20-60	60-99	1.0-1.7	4-9	-
Lodos activados convencional	85-93	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	1.5-2.8	0.4-0.6	1.1-1.5
Lodos activados por aireación prolongada	93-98	15-30 (a)	10-20 (a)	65-90	2.5-4.0	0.8-1.2	0.7-1.5
Sequencing batch reactor	85-95	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	1.5-4.0	0.4-1.2	0.7-1.2
Trickling filter de baja velocidad	85-93	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	0.2-0.6	NA	0.4-0.6
Trickling filter de alta velocidad	80-90	30-40 (a)	30-45 (a)	60-90	0.5-1.0	NA	1.1-1.5
UASB	60-80	10-25	10-20	60-90	0	0.3-0.5	0.07-0.1
Tanque séptico- filtro anaerobio	70-90	10-25	10-20	60-90	0	1.0-2.0	0.07-0.1

Notas: En los requerimientos de energía no se incluye el bombeo de las aguas residuales brutas. NA: no aplicable. (a) Se puede conseguir una eliminación mayor de nutrientes modificando el proceso.

Fuente: Von Sperling (1998)

Tabla 37. Eficiencias de remoción de contaminantes por tecnologías

Tecnología de Tratamiento	REFERENCIA	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)									
		SST	DBO ₅	DQO	N NH ₃	N ORG	N NO ₃	N TOTAL	P PO ₄	P Total	COLIFORMES
Desarenador convencional	RAS (2000)	0 - 10	0 - 5	0 - 5							
	Metcalf & Eddy (2001)	0 - 10	0 - 5	0 - 5							
Sedimentador primario	Metcalf & Eddy (2001)	50 - 65	30 - 40	30 - 40		10-20				10 - 20	
	Fair (1954)	40 - 70	25 - 40	20 - 35							25 - 75
	Yáñez (1995)	40 - 70	25 - 40								25 - 75
Tanque séptico	Batalha (1989)	50 - 70	40 - 62						<10	<10	<60
Tanque séptico - filtro	Von Sperling (1996)		70 - 90						10 - 25	10 - 20	60 - 90
Tanque Imhoff	Tchobanoglous (2000)	50	40								
Primario avanzado	Yáñez (1995)	70 - 90	50 - 85								40 - 80
	Tsukamoto (2002)	73 - 84	46 - 70						<30	10 - 20	80 - 90
Filtro anaerobio	RAS (2000)	60 - 70	65 - 80	60 - 80						30 - 40	
	Rodríguez et al. (2006)			75 - 85							
UASB	Torres (2000)	60 - 80	60 - 70						10 - 25	10 - 20	60 - 90
	RAS (2000)	60 - 70	65 - 80	60 - 80						30 - 40	
	Valencia (2002)	72	83	74							
	Lettinga et al (1963)			55 - 78							
UASB - laguna facultativa	CDMB (2006)	84	88								
UASB - lodo activado	Van Haandel - Lettinga	85 - 95	85 - 95						15 - 25	10 - 20	70 - 95
UASB - lodo activado SBR	Torres (2000)	84 - 86	87 - 93						20 - 90	23 - 72	
Reactor anaerobio de flujo pistón RAP	RAS (2000)	60 - 70	65 - 80	60 - 80						30 - 40	
Reactor anaerobio de contacto	Rodríguez et al. (2006)			75 - 90							
Reactor anaerobio de lecho fluidizado	Rodríguez et al. (2006)			80 - 85							
Lodo activado convencional	RAS (2000)	80 - 90	80 - 95	80 - 95			15 - 20			10 - 25	
	Yáñez (1995)	85 - 98	70 - 98								95 - 98
	Fair (1954)	55 - 95	55 - 95	50 - 80							90 - 98
	Von Sperling (1996)	80 - 90	85 - 93						30 - 40	30 - 45	60 - 90
Lodo activado - SBR	Von Sperling (1996)	80 - 90	85 - 95						30 - 40	30 - 45	60 - 90
Lodo activado - aireación prolongada	Von Sperling (1996)	80 - 90	93 - 98				15 - 30			10 - 20	65 - 90
Filtro percolador alta tasa	Yáñez (1995)	70 - 90	60 - 85								90 - 95
	Metcalf & Eddy (2001)	60 - 85	65 - 80	60 - 80	8 - 15			15 - 30		8 - 12	90 - 95
	Von Sperling (1996)	85 - 95	80 - 93					30 - 40		30 - 45	60 - 90

Tecnología de Tratamiento	REFERENCIA	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)									
		SST	DBO ₅	DQO	N NH ₃	N ORG	N NO ₃	N TOTAL	P PO ₄	P Total	COLIFOR MES
Filtro percolador súper tasa	RAS (2000)	65 - 85	65 - 85	65 - 85	8 - 15	15 - 50				8 - 12	
Laguna aerobia	Ferrer (2009)		60 - 80								
Laguna anaerobia	Mara (1980)		50 - 85								
	Arceivala (1984)		30 - 70								
	RAS (2000)	20 - 60	50 - 70								90 - 99.99
Lagunas aireadas	Mara (1980)		80 - 95								
	Mendoza (2000)		50 - 60								
	RAS (2000)	85 - 95	80 - 95								90 - 99.99
Lagunas facultativas	RAS (2000)	63 - 75	80 - 90							30	90 - 99.99
	Fair (1954)	85 - 95	90 - 95	70 - 80							95 - 98
	Yáñez (1995)	90 - 99	75 - 95								98 - 99.99
Lagunas maduración	Mara (1980)		80 - 95								
	RAS (2000)	85 - 95	60 - 80								90 - 99.99
Laguna anaerobia - humedal	Caicedo (2005)	87 - 93	80 - 90					37 - 48		45 - 50	
Biodiscos	Liu & Liptack (2000)		85 - 95								
	Torres et al. (2006)	85 - 95	85 - 93					30 - 40		30 - 45	60 - 90
	Metcalf & Eddy (2001)	80 - 85	80 - 85	80 - 85	8 - 15			15 - 20		10 - 25	

Fuente: Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales, Tecnura, con base en los autores citados

En el texto del Dr-Ing. Wagner (2010) se presenta la Tabla 38 que da de antemano una referencia de los sistemas que pueden cumplir con las demandas del efluente:

Tabla 38. Sistemas que cumplen diferentes demandas al efluente

	DBO < 80 mg/l	DQO < 250 mg/l	Coliformes < 1000 CF/l	Helminetos < 1 H/l	NH ₄ -N < 10 mg/l	NH ₄ -N < 2 mg/l	Remoción Ntot > 80 %
AT	x	x	x	x			
T	x	x	x	x			
ATDe	x	x	x	x			
TDe	x	x	x	x			
UT	x	x	x	x			
UTDe	x	x	x	x			
UL	x	x			x	x	
ULDe	x	x	x		x	x	
ULM	x	x		x*	x	x	
IF	x	x			x	x	
IFDe	x	x	x		x	x	
IFM	x	x		x*	x	x	

	DBO< 80 mg/l	DQO< 250 mg/l	Coliformes <1000 CF/l	Helmintos <1 H/l	NH ₄ -N < 10 mg/l	NH ₄ -N < 2 mg/l	Remoción Ntot > 80 %
IL	X	X			X	X	
ILDe	X	X	X		X	X	X
ILM	X	X		X*	X	X	X
LA	X	X		X*			
LADe	X	X	X	X*			
ULM	X	X	X	X*	X	X	
ULDe	X	X	X		X	X	
LS	X	X			X	X	X
LSDe	X	X	X		X	X	X
LSM	X	X		X*	X	X	X

X* - En caso de tiempos de detención de más de 10 días

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

Con la Tabla 38 ya se pueden descartar algunos sistemas de tratamiento por el incumplimiento de tratamiento de coliformes y también por la falta de remoción de nutrientes, este último es especialmente importante para evitar la contaminación del Lago Titicaca, sin embargo al ser una población pequeña los sistemas que incluyan lodos activados son inviables, tanto por el costo de inversión, consumo de energía, y la operación y mantenimiento.

Además de los valores mostrados en la Tabla 36 y Tabla 37, se considerará los valores que se mencionan en el marco teórico, que son más específicos a las metodologías de diseño que se usarán.

4.1.1.4 SUPERFICIE NECESARIA Y COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Como referencia se utilizarán los valores de la Tabla 39 y Tabla 40.

Tabla 39. Costos y área requerido por los diferentes procesos de tratamiento

PROCESOS DE TRATAMIENTO	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN (\$us/hab)	ÁREA REQUERIDA (m ² /hab)
Lagunas de Estabilización		
Laguna facultativa	10-30	2.50-5.00
Laguna anaerobia + Laguna facultativa	10-25	1.50-3.50
Laguna aireada facultativa	10-25	0.25-0.50
Laguna aireada mezcla completa + Laguna de sedimentación	10-25	0.20-0.50
Laguna + Estanques de maduración	15-35	3.00-6.00
Laguna + Lago de alta tasa	15-35	2.00-5.50

PROCESOS DE TRATAMIENTO	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN (\$us/hab)	ÁREA REQUERIDA (m ² /hab)
Laguna + Remoción de algas	15-35	1.50-5.00
Tratamientos Anaerobios (y asociados)		
Estanque séptico + Lecho anaerobio	30-70	0.20-0.40
Estanque séptico + Infiltración	25-50	1.00-5.00
UASB (Reactor Anaerobio de flujo Ascendente y manto de lodos)	20-40	0.05-0.10
UASB + Lodos Activados	40-80	0.25-0.35
UASB + Lecho anaerobio	35-60	0.15-0.25
UASB + Lecho biológico de baja carga	40-80	0.50-0.70
UASB + Lagunas de maduración	30-50	1.50-2.50
UASB + Escurrimiento superficial	25-50	1.00-6.00
Tratamientos Aerobios – Variaciones de Lodos Activados (LA)		
LA convencional	60-120	0.20-0.30
LA por aireación prolongada	40-80	0.25-0.35
LA por reactor por lote	40-80	0.20-0.30
LA con remoción biológica de N	70-120	0.20-0.35
LA con remoción biológica de N/P	70-140	0.25-0.35
LA con remoción química y biológica de N/P	80-160	0.30-0.40
LA con remoción biológica/química de N/P + filtración	80-160	0.30-0.40
LA + Desinfección	70-120	0.20-0.30
Tratamientos aerobios – Variaciones de Biopelícula fija		
Lecho biológico de baja carga	50-90	0.50-0.70
Lecho biológico de alta carga	40-70	0.30-0.45
Biofiltro aireado sumergido (BAF)	60-80	0.04-0.10
Bidiscos	70-120	0.15-0.25
Tratamiento Físico – químico		
Tratamiento primario avanzado (CEPT – TPA)	7-25	0.002-0.005

Fuente: Von Sperling (1998)

Tabla 40. Superficie necesaria en cada alternativa de tratamiento

Alternativas	Superficie necesaria (m ² /hab)
Fosa séptica	0.1 - 0.5
Tanque Imhoff	0.05 - 0.1
Zanja filtrante	6 - 66
Lecho filtrante	2 - 25
Filtro anaerobio	1 - 9
Lecho de turba	0.6 - 1

Alternativas	Superficie necesaria (m ² /hab)
Pozo filtrante	1 - 14
Filtro verde	12 - 110
Lecho de juncos (humedales)	2 - 8
Infiltración rápida	2 - 22
Esc. Superficial	5 - 15
Laguna aireada	1 - 3
Laguna aerobia	4 - 8
Laguna facultativa	2 - 20
Laguna anaerobia	1 - 3
Laguna anaerobia + facultativa	2 - 12
Laguna anaerobia modificada	1 - 5
Lecho bacteriano (Filtro percolador)	0.5 - 0.7
Biodisco	0.5 - 0.7
Aireación prolongada	0.2 - 1
Canal de oxidación	1.2 - 1.8
Tratamiento físico químico	0.1 - 0.2

Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Recolección de Aguas Residuales, Aguas Pluviales Y Tratamiento de Aguas Residuales - Aguas del Valle

El Doc.Ing. Wagner en sus recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia presenta varias tablas con costos referenciales para la implementación de diferentes unidades (ver Tabla 41 a Tabla 46)

Tabla 41. Precios unitarios para Bolivia

Tecnología	Unidad	US\$ /unidad
Lagunas anaeróbicas sin geotextil	m ²	5 -12
Lagunas anaeróbicas con geotextil	m ²	12 -18
Lagunas facultativas sin geotextil	m ²	4 -8
Lagunas facultativas con geotextil	m ²	9 -14
Lagunas de maduración sin geotextil, con chicanas	m ²	4 -8
Lagunas de maduración con geotextil, con chicanas	m ²	9 -14
Reactores UASB	m ³	150 -250
Filtros percoladores con relleno de plástico	m ³ relleno (costo de todo el filtro)	250- 300
Tanques Imhoff	m ³ (Volumen usado)	200 -250
Tanque de equalización	m ³	100 -200
Desinfección	Habitante	0,5 -1
Rejas, Tamices	Habitante	0,03
Desarenador	m ³ (Volumen usado)	100 -200

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

Tabla 42. Costos de inversión para lagunas de estabilización

Sistema 1 : Lagunas / con geotextil para eliminar coliformes fecales				
	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/cantidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices, desarenador)	Gbl.			0.10
Lagunas anaeróbicas	m2	0.20	15.00	3.00
Lagunas facultativas	m2	1.63	9.00	14.67
Lagunas de maduración	m2	0.60	9.00	5.40
Edificaciones, caminos, tuberías	Gbl.			3.00
Terreno	m2	3.40	0.50	1.70
Suma				27.87
Sistema 2 : Lagunas / sin geotextil para eliminar coliformes fecales				
	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/cantidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	Gbl.			0.10
Lagunas anaeróbicas	m2	0.20	10.00	2.00
Lagunas facultativas	m2	1.63	5.00	8.15
Lagunas maduración	m2	1.20	5.00	6.00
Edificaciones, caminos, tuberías	Gbl.			3.00
Terreno	m2	3.40	0.50	1.70
Suma				20.95
Sistema 3 : Lagunas / sin geotextil / desinfección separada				
	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/cantidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	Gbl.			0.10
Lagunas anaeróbicas	m2	0.20	10.00	2.00
Lagunas facultativas	m2	1.63	5.00	8.15
Edificaciones, caminos, tuberías	Gbl.			3.00
Desinfección	Gbl.			1.00
Terreno	m2	2.50	0.50	2.65
Suma				16.90
Sistema 4 : Lagunas / con geotextil / desinfección separada				
	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/cantidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	Gbl.			0.10
Lagunas anaeróbicas	m2	0.20	15.00	3.00
Lagunas facultativas	m2	1.63	9.00	14.67
Edificaciones, caminos, tuberías	Gbl.			3.00
Desinfección	Gbl.			1.00
Terreno	m2	2.50	0.50	1.25
Suma				23.02

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

Tabla 43. Costos Tanques Imhoff con filtros percoladores y lagunas de sedimentación

	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/Cantidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	Gbl.			0.10
Filtros percoladores	m3	0.05	280.00	14.00
Tanque de ecualización	m3	0.02	150.00	3.00
Tanques Imhoffs	m3	0.04	250.00	8.75
Lechos	m2	0.10	20.00	2.00
Desinfección	Gbl.			1.00
Lagunas	m2	0.08	10.00	0.80
Edificaciones, caminos, tuberías	Gbl.			3.00
Bombas	Gbl.			1.00
Terreno	m2	0.40	0.50	0.20
Suma				33.75

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

Tabla 44. Costos Sistema UASB en combinación con laguna de maduración

	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/unidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	Gbl.			0.10
Lagunas	m2	2.15	9.90	21.29
UASB	m3	0.04	150.00	6.00
Edificaciones, caminos y tuberías	Gbl.			3.00
Terreno	m2	3.00	0.50	1.50
Suma				31.89

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

Tabla 45. Costos Sistema UASB en combinación con laguna y una estación de desinfección

	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/unidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	Gbl.			0.10
Lagunas	m2	0.75	9.90	7.43
UASB	m3	0.04	150.00	1.50
Desinfección	Gbl.			1.00
Edificaciones, caminos y tuberías	Gbl.			3.00
Terreno	m2	1.1	0.5	0.55
Suma				13.58

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

Tabla 46. Costos Lodos activados

	Unidad	Cantidad/hab.	US\$/unidad	US\$/hab.
Pretratamiento (rejas/tamices desarenador)	Gbl.			0.50
Tanque de aireación	m3	0.25	300.00	75.00
Clarificador	m3	0.03	250.00	7.50
Condensador	m3	0.01	150.00	1.50
Lechos de secado	m2	0.15	20.00	3.00
Desinfección	Gbl.			1.00
Edificaciones, caminos, tuberías	Gbl.			3.00
Bombas	Gbl.			1.00
Terreno		0.25	0.5	0.125
Suma				92.65

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia Dr. Ing. Wolfgang Wagner (2010)

4.1.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para plantear las alternativas de tratamiento en primer lugar consideramos las condiciones socioeconómicas de la población, siendo esta una población de tránsito y de bajos recursos, por lo tanto resulta inviable tecnologías que tengan un elevado costo de energía y/o operación y mantenimiento; en este sentido se descartan todas aquellas que incluyen lodos activados.

Característica de las aguas residuales

San Pablo no cuenta con alcantarillado sanitario, razón por la que no se efectuó la caracterización de sus aguas residuales, sin embargo, las mismas son exclusivamente de origen doméstico; para efectos de diseño se adoptó las correspondientes de la población de Copacabana:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) = 300 mg/l
- Carga patógena de Coliformes Fecales = 10⁷ CF/100 ml
- Sólidos Suspendidos Totales = 200 mg/l
- Nitrógeno = 39.2 mg/l
- Fósforo = 10.2 mg/l

(Fuente: Proyecto de alcantarillado Sanitario Copacabana realizado por la Consultora CPM 2016)

Comparando los valores con los valores del texto de Metcalf y Eddy 1995 podemos decir que son aguas con contaminación media a alta.

4.1.2.1 Exigencias ambientales

Cumplimiento de la normativa ambiental vigente, expresada en que el vertido de efluentes sanitarios en cuerpos de agua debe cumplir los límites siguientes

- DBO₅ 80 mg/l
- Coliformes Fecales 1000 CF/100 ml
- Sólidos Suspendidos Totales 60 mg/l

- Nitrógeno (como amonio) 4 mg/l
- Fósforo (no establecido)

4.1.2.2 Análisis según la calidad del efluente

Para el primer análisis se consideró los trenes de unidades recomendados por la “Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales - Centro de las Nuevas tecnologías de Agua 2018” y se estimó la calidad del efluente de salida en función a las eficiencias de los acápite 4.1.1.3 y 3.3.2.

Alternativa 1. Pre-tratamiento + Tanque Imhoff + FAFA + Humedal SFS + Humedal SFS

Tabla 47. Eficiencia de tratamiento estimada de Alternativa 1

	Condiciones Iniciales	Pre-Tratamiento	Tanque Imhoff	Filtro Anaerobio	Humedal SFS	Humedal SFS	Efluente Final
% eficiencia	200	0.00	50	65	80	80	1.40
Valor SS		200	200.00	100.00	35.00	7.00	
% eficiencia	300	0.00	40	60	80	80	2.88
Valor DBO ₅		300	300.00	180.00	72.00	14.40	
% eficiencia	39.2	0.00	10	15	40	40	10.80
Valor NT		39.2	39.20	35.28	29.99	17.99	
% eficiencia	10.2	0.00	10	20	30	30	3.60
Valor PT		10.2	10.20	9.18	7.34	5.14	
% eficiencia	1.00E+08	0.00	40	90	99	99	6.00E+02
Valor Colis		1.00E+08	1.00E+08	6.00E+07	6.00E+06	6.00E+04	

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa 2. Pre-tratamiento + Tanque Imhoff + FAFA + Humedal SFS + Desinfección UV

Tabla 48. Eficiencia de tratamiento estimada de Alternativa 2

	Condiciones Iniciales	Pre-Tratamiento	Tanque Imhoff	Filtro Anaerobio	Humedal SFS	Desinfección UV	Efluente Final
% eficiencia	200	0.00	50	65	80	0	7.00
Valor SS		200	200.00	100.00	35.00	7.00	
% eficiencia	300	0.00	40	60	80	0	14.40
Valor DBO ₅		300	300.00	180.00	72.00	14.40	
% eficiencia	39.2	0.00	10	15	60	0	12.00
Valor NT		39.2	39.20	35.28	29.99	12.00	
% eficiencia	10.2	0.00	10	20	30	0	5.14
Valor PT		10.2	10.20	9.18	7.34	5.14	
% eficiencia	1.00E+08	0.00	40	90	99	99.9	6.00E+01
Valor Colis		1.00E+08	1.00E+08	6.00E+07	6.00E+06	6.00E+04	

Fuente: Elaboración Propia

En esta alternativa se debe garantizar el tiempo de retención para obtener la eficiencia requerida en el humedal.

Alternativa 3. Pre-tratamiento + Laguna Anaerobia + Laguna facultativa + Laguna de Maduración + Desinfección UV

Tabla 49. Eficiencia de tratamiento estimada de Alternativa 3

	Condiciones Iniciales	Pre-Tratamiento	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Laguna de maduración	Desinfección UV	Efluente Final
% eficiencia	200	0.00	60	75	50	0	10.00
Valor SS		200	200.00	80.00	20.00	10.00	
% eficiencia	300	0.00	40	75	75	0	11.25
Valor DBO ₅		300	300.00	180.00	45.00	11.25	
% eficiencia	39.2	0.00	15	40	50	0	10.00
Valor NT		39.2	39.20	33.32	19.99	10.00	
% eficiencia	10.2	0.00	15	30	30	0	4.25
Valor PT		10.2	10.20	8.67	6.07	4.25	
% eficiencia	1.00E+08	0.00	70	95	99	99.9	1.50E+01
Valor Colis		1.00E+08	1.00E+08	3.00E+07	1.50E+06	1.50E+04	

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa 4. Pre-tratamiento + Tanque Imhoff + Humedal SFS + Desinfección UV

Tabla 50. Eficiencia de tratamiento estimada de Alternativa 4

	Condiciones Iniciales	Pre-Tratamiento	Tanque Imhoff	Humedal SFS	Desinfección UV	Efluente Final
% eficiencia	200	0.00	50	80	0	20.00
Valor SS		200	200.00	100.00	20.00	
% eficiencia	300	0.00	40	80	0	36.00
Valor DBO ₅		300	300.00	180.00	36.00	
% eficiencia	39.2	0.00	10	50	0	17.64
Valor NT		39.2	39.20	35.28	17.64	
% eficiencia	10.2	0.00	10	30	0	6.43
Valor PT		10.2	10.20	9.18	6.43	
% eficiencia	1.00E+08	0.00	40	99	99.9	6.00E+02
Valor Colis		1.00E+08	1.00E+08	6.00E+07	6.00E+05	

Fuente: Elaboración Propia

En esta alternativa se queda muy lejos de la eficiencia de tratamiento de nutrientes.

Alternativa 5. Pre-tratamiento + Tanque Imhoff + FABA + Laguna de Maduración + Desinfección UV

Tabla 51. Eficiencia de tratamiento estimada de Alternativa 5

	Condiciones Iniciales	Pre-Tratamiento	Tanque Imhoff	Filtro Anaerobio	Laguna de maduración	Desinfección UV	Efluente Final
% eficiencia	200	0.00	50	65	50	0	17.50
Valor SS		200	200.00	100.00	35.00	17.50	
% eficiencia	300	0.00	40	60	75	0	18.00
Valor DBO ₅		300	300.00	180.00	72.00	18.00	
% eficiencia	39.2	0.00	10	15	50	0	14.99
Valor NT		39.2	39.20	35.28	29.99	14.99	
% eficiencia	10.2	0.00	10	20	30	0	5.14
Valor PT		10.2	10.20	9.18	7.34	5.14	
% eficiencia	1.00E+08	0.00	40	90	99	99.9	6.00E+01
Valor Colis		1.00E+08	1.00E+08	6.00E+07	6.00E+06	6.00E+04	

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa 6. Pre-tratamiento + UASB + Humedal SFS + Desinfección UV

Tabla 52. Eficiencia de tratamiento estimada de Alternativa 6

	Condiciones Iniciales	Pre-Tratamiento	UASB	Humedal SFS	Desinfección UV	Efluente Final
% eficiencia	200	0.00	70	80	0	12.00
Valor SS		200	200.00	60.00	12.00	
% eficiencia	300	0.00	60	80	0	24.00
Valor DBO ₅		300	300.00	120.00	24.00	
% eficiencia	39.2	0.00	15	50	0	16.66
Valor NT		39.2	39.20	33.32	16.66	
% eficiencia	10.2	0.00	15	30	0	6.07
Valor PT		10.2	10.20	8.67	6.07	
% eficiencia	1.00E+08	0.00	60	99	99.9	4.00E+02
Valor Colis		1.00E+08	1.00E+08	4.00E+07	4.00E+05	

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa 7. Pre-tratamiento + UASB + Filtro Percolador + Humedal SFS + Desinfección UV

Tabla 53. Eficiencia de tratamiento estimada de Alternativa 7

	Condiciones Iniciales	Pre-Tratamiento	UASB	Filtro percolador	Humedal SFS	Desinfección UV	Efluente Final
% eficiencia	200	0.00	70	80	80	0	2.40
Valor SS		200	200.00	60.00	12.00	2.40	
% eficiencia	300	0.00	70	80	80	0	3.60
Valor DBO ₅		300	300.00	90.00	18.00	3.60	
% eficiencia	39.2	0.00	15	25	50	0	12.50
Valor NT		39.2	39.20	33.32	24.99	12.50	
% eficiencia	10.2	0.00	15	30	30	0	4.25
Valor PT		10.2	10.20	8.67	6.07	4.25	
% eficiencia	1.00E+08	0.00	60	90	99	99.9	4.00E+01
Valor Colis		1.00E+08	1.00E+08	4.00E+07	4.00E+06	4.00E+04	

Fuente: Elaboración Propia

Esta alternativa requiere mayor capacidad técnica para su operación y mantenimiento.

Análisis según la calidad del efluente

La mayoría de las alternativas logra remover lo suficiente los nutrientes, sin embargo, el caudal de aporte de San Pablo de Tiquina respecto al volumen del Lago es muy reducido y dado que no resulta factible la realización de procesos avanzados para la remoción del Fósforo este parámetro no se considerará como objetivo. Según lo indicado en los valores máximos admisibles según Cuadro N° A-1 del RMCH el valor máximo en el cuerpo receptor para Nitrógeno total debe ser de 12 (mg N/l), por tanto, las Alternativas 1, 2 y 3 son viables desde el punto de vista de calidad del efluente.

4.1.2.1 Análisis según superficie necesaria y costos de implementación

Para el análisis de la superficie y costos de implementación se tomarán en cuenta los valores referenciales en el acápite 4.1.1.4, a continuación, se presentará los resultados obtenidos para cada alternativa.

No se consideró posibles estaciones de Bombeo, edificaciones, ni tampoco el pre-tratamiento para fines comparativos, ya que el costo será igual en todas las alternativas.

Tabla 54. Análisis de alternativas (Área requerida y costo de implementación)

Alternativa 1		
Unidad	Área (m ²)	Costo (\$us)
T. Imhoff	90.6	10570
FAFA	1208	3624
Humedal	2416	18120
Humedal	2416	18120
Total	6130.6	50434

Alternativa 2		
Unidad	Área (m²)	Costo (\$us)
T. Imhoff	90.6	10570
FAFA	1208	3624
Humedal	2416	18120
Desinfeccion UV	15	1208
Total	3729.6	33522
Alternativa 3		
Unidad	Área (m²)	Costo (\$us)
L. Anaerobia	2416	3624
L. facultativa	14496	17721.36
L. Maduracion	12080	6523.2
Desinfeccion UV	15	1208
Total	29007	29076.56
Alternativa 4		
Unidad	Área (m²)	Costo (\$us)
T. Imhoff	90.6	10570
Humedal	2416	18120
Desinfeccion UV	15	1208
Total	2521.6	29898
Alternativa 5		
Unidad	Área (m²)	Costo (\$us)
T. Imhoff	90.6	10570
FAFA	1208	3624
L. Maduracion	12080	6523.2
Desinfeccion UV	15	20717.2
Total	13393.6	41434.4
Alternativa 6		
Unidad	Área (m²)	Costo (\$us)
UASB	90.6	7248
Humedal	2416	18120
Desinfeccion UV	15	1208
Total	2521.6	26576
Alternativa 7		
Unidad	Área (m²)	Costo (\$us)
UASB	90.6	15704
Filtro percolador	845.6	16912
Humedal	2416	18120
Desinfeccion UV	15	1208
Total	3367.2	51944

Fuente: Elaboración Propia

Análisis según el costo de inversión

La Alternativa 6 es la que tiene un menor costo estimado, esto es lógico ya que la alternativa tiene menos unidades, sin embargo, no cumple la remoción. Las Alternativas 2, 3 y 4 tienen costos cercanos al menor costo estimado, por lo que estas se consideran viables desde el punto de vista del costo.

Análisis según el Área disponible

Las Alternativas 4 y 6 son las que menor área requieren, sin embargo, las Alternativas 2 y 7 también requieren un área menor a la disponible. El resto de las alternativas exceden el área disponible.

4.1.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

4.1.3.1 Condiciones existentes

1. Población sin alcantarillado sanitario
2. Reducido número de pobladores y consiguientemente bajos caudales efluentes a ser tratados.
3. Población caracterizada por limitadas condiciones socio económicas
4. Área limitada para el emplazamiento de la Planta de tratamiento (0.5 Ha)
5. Carencia de recursos humanos para O&M de plantas de tratamiento de aguas residuales.
6. Antecedentes favorables sobre el actual operador del servicio de suministro de agua (Comité de Agua).
7. Bajas temperaturas que afectan la eficiencia en los procesos de tratamiento
8. Limitados recursos disponibles para el financiamiento de la construcción del proyecto.

4.1.3.2 Método para la Elección de la Tecnología de Tratamiento

Uno de los métodos más prácticos y con criterio valorativo para tomar una decisión es el de las Matrices de Selección, que se basa en asignar pesos a los criterios de selección por un lado y calificar a las alternativas de tratamiento seleccionadas, por el otro. La alternativa elegida será aquella que tenga el mayor puntaje del producto de ambos pesos (Brdjanovic, 2006).

Para la aplicación del método, primero se elige los criterios que se consideren importantes y de esta forma seleccionar cuál es la tecnología más adecuada.

Se pueden incluir otros aspectos como los sociales, institucionales, y políticos que se consideran de interés en el caso específico.

Establecidos los criterios, a cada uno se le asigna un peso en función de la importancia del criterio para la toma de decisión, el valor más bajo se asignara el criterio con menos relevancia y el más alto el que tenga mayor importancia, los pesos que se asignan están dentro de un rango definido por el proyectista.

Asignado los pesos a los criterios, se debe calificar cada una de las alternativas tecnológicas seleccionadas, con un puntaje, dentro del rango definido por el proyectista, siendo el menor

puntaje para la tecnología que se desempeñe peor en el criterio calificado y el mayor para la mejor tecnología (Manual de Diseño de Plantas de Tratamiento de Agua Residual Doméstica, Grover Rivera Ballesteros).

Finalmente se determina el puntaje total de cada alternativa, utilizando la siguiente formula:

$$T = \sum_{i=1}^n P_i * C_i$$

Dónde: $T =$ Puntaje de la alternativa

$P =$ Peso asignado al criterio de elección

$C =$ Puntuación de cada alternativa

$i =$ Número de criterios

La tecnología elegida será la que tenga el mayor puntaje total.

En un esquema de la aplicación del método de una matriz de selección (Ilustración 29).

Ilustración 29. Ejemplo de Matriz de selección de alternativa

		Criterio de selección											
		Pesos 1-10											
		6	3	8	2	1	5	2	3	4	8		
Tecnologías	Calificación de tecnologías										Total		
		Pesos 1-5											
Tecnología 1	2	3	1	1	1	5	4	2	4	3	111		
Tecnología 2	2	3	2	5	1	1	1	4	4	3	107		
Tecnología 3	5	4	1	2	3	2	4	3	1	1	96		
Tecnología 4	1	1	3	3	4	5	2	3	3	3	117		

Tecnología 4 es la elegida por tener el mayor puntaje total

Fuente: Adaptado de Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, Grover Rivera Ballesteros, 2009.

Ponderación de objetivos

El grado de puntuación de los objetivos planteados define la importancia del objetivo, es decir se asignó una puntuación del 1 al 5, siendo 5 el puntaje más alto.

Objetivo 1.- La calidad del Efluente de salida es la característica más importante que debe cumplir la alternativa elegida, por tanto, se le asigna a este objetivo un puntaje de “5”.

Objetivo 2.- Minimizar los malos olores producidos por la planta de tratamiento, es un objetivo también de importancia, para evitar quitar el atractivo turístico y precautelando la salud de la población que vive cerca de la planta de tratamiento. Por esta razón el puntaje de este objetivo es “4”.

Objetivo 3.- Minimizar el área requerida para el emplazamiento de la PTAR, es un objetivo considerable, ya que el área de emplazamiento tiene un máximo que no se puede superar, por tanto, este objetivo tiene un puntaje de “5”.

Objetivo 4.- Minimizar los costos de construcción la puntuación de este objetivo es “3”.

Objetivo 5.- Simplicidad en la construcción, operación y mantenimiento del sistema, la puntuación de este objetivo es “2”.

Niveles de cumplimiento de los objetivos

Las alternativas seleccionadas cumplen con los objetivos identificados previamente, el nivel de cumplimiento de cada alternativa es variable, por esta razón es necesario realizar una calificación de estos niveles utilizando una escala, valorada del “1” al “5”, asignando “1” para un cumplimiento poco satisfactorio y “5” para un cumplimiento muy satisfactorio. La calificación es para cada objetivo y para cada alternativa de acuerdo a la siguiente escala de calificaciones:

5=Altamente Satisfactorio

4=Muy Satisfactorio

3=Medianamente Satisfactorio

2=Poco Satisfactorio

1=No Satisfactorio

4.1.3.3 Análisis de Alternativas

Tabla 55. Matriz de selección de alternativa

Objetivo	1	2	3	4	5	Total
Puntuación	5	4	5	3	2	
Condiciones Actuales	1	1	1	1	1	19
Alternativa 1	4	4	3	2	3	63
Alternativa 2	4	4	5	4	4	81
Alternativa 3	4	3	1	5	5	62

Objetivo	1	2	3	4	5	Total
Puntuación	5	4	5	3	2	
Alternativa 4	1	4	5	5	4	69
Alternativa 5	2	4	1	3	4	48
Alternativa 6	1	5	5	5	3	71
Alternativa 7	3	5	5	2	2	70

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.4 Alternativa Seleccionada

La alternativa seleccionada es la número 2:

Alternativa 2. Pre-tratamiento + Tanque Imhoff + FAFA + Humedal + Desinfección UV

Objetivo 1.- Tiene 4 en la calidad de efluente porque cumple los parámetros, sin embargo, el valor de los nutrientes es cercano al límite.

Objetivo 2.- Tiene 4 ya que se producirán olores en las unidades anaerobias, sin embargo, con una buena operación, mantenimiento y aplicando las medidas de mitigación ambiental estos serán muy reducidos.

Objetivo 3.-Tiene 5 porque no excede el área disponible.

Objetivo 4.- Tiene 4 ya que el costo de construcción estimado esta entre los más bajos, sin embargo, no es el que tiene menor costo.

Objetivo 5.- Tiene 4 porque las unidades son convencionales y son fáciles de construir, sin embargo, al requerir unidades de hormigón tiene mayor complicación a las alternativas de lagunas de tratamiento.

En conjunto esta alternativa cumple con todos los requerimientos y obtiene un mayor puntaje en la Matriz de selección de alternativas.

4.2 INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.2.1 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

4.2.1.1 POBLACIÓN DE DISEÑO

➤ Índice de crecimiento

Para determinar la tasa de crecimiento, se ha considerado como dato el del Censo 2001 y 2012 de acuerdo a la Norma NB 689 usar los métodos aritmético y geométrico.

La tasa de crecimiento de la población residente a utilizar para el proyecto es de 0.35%, que representa el crecimiento intercensal por el método geométrico.

➤ **Población inicial residente y flotante**

En función al dato que se tiene del número de personas que pasan por San Pablo anualmente en su trayecto hacia Copacabana, se estimó que un 10% de estas hacen uso del servicio sanitario en la población, esto representa un aproximado de 105 personas en el año 2012.

No existe detalle del crecimiento de los turistas que llegan a Copacabana, sin embargo, a partir del crecimiento de la demanda de energía eléctrica en los lugares de alojamiento de los turistas podemos estimar el índice de crecimiento.

Tabla 56. Índice de crecimiento Población Flotante

Categoría Detalle		Años					Índice Crecimiento Geométrico (%)
		2006	2007	2008	2009	2010	
G1	Hoteles, comercios, tiendas, restaurantes, oficinas, etc.	268	268	275	283	275	0.67

Fuente: EMPRELPAZ

➤ **Población futura residente y flotante**

Con la población inicial y el índice de crecimiento poblacional (0.35% residente y 0.67% flotante), se determinó la población futura para el periodo de diseño al año 2040 con el método geométrico según se indica en la Tabla 57:

Tabla 57. Proyección de población futura

AÑO	AÑO	Población Proyectada	Población Flotante	Población Total
0	2012	981	105	1086
1	2013	984	106	1090
2	2014	988	106	1094
3	2015	991	107	1098
4	2016	995	108	1103
5	2017	998	109	1107
6	2018	1002	109	1111
7	2019	1005	110	1115
8	2020	1009	111	1120
9	2021	1012	112	1124
10	2022	1016	112	1128
11	2023	1019	113	1132
12	2024	1023	114	1137
13	2025	1027	115	1141
14	2026	1030	115	1145
15	2027	1034	116	1150
16	2028	1037	117	1154

AÑO	AÑO	Población Proyectada	Población Flotante	Población Total
17	2029	1041	118	1159
18	2030	1045	118	1163
19	2031	1048	119	1168
20	2032	1052	120	1172
21	2033	1056	121	1176
22	2034	1059	122	1181
23	2035	1063	122	1186
24	2036	1067	123	1190
25	2037	1071	124	1195
26	2038	1074	125	1199
27	2039	1078	126	1204
28	2040	1082	127	1208

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2 DOTACIÓN DE AGUA POTABLE

Para poblaciones entre 501 y 2.000 habitantes deben estar comprendidos en el rango de 30 a 70 (L/hab – día), se adopta el valor de 50 (L/hab – día) para el año 2020.

Este valor está dentro de los parámetros dados por la norma y coincide con el del proyecto de agua potable proyectado y que se ejecutaría antes que este proyecto.

4.2.1.3 DOTACIÓN FUTURA DEL AGUA

La dotación futura se estimará con un incremento anual del 1% de la dotación media diaria (el valor medio entre los valores recomendados por la norma), aplicando la fórmula del método geométrico, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 58:

Tabla 58. Proyección de dotación futura

AÑO	Población	DOTACIÓN
	hab	L/hab*día
2020	1120	50.00
2021	1124	50.50
2022	1128	51.01
2023	1132	51.52
2024	1137	52.03
2025	1141	52.55
2026	1145	53.08
2027	1150	53.61
2028	1154	54.14
2029	1159	54.68
2030	1163	55.23
2031	1168	55.78

AÑO	Población	DOTACIÓN
2032	1172	56.34
2033	1176	56.90
2034	1181	57.47
2035	1186	58.05
2036	1190	58.63
2037	1195	59.22
2038	1199	59.81
2039	1204	60.41
2040	1208	61.01

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.4 COEFICIENTE DE RETORNO

La NB 688 y su Reglamento Técnico de diseño de alcantarillado establece el rango del coeficiente de retomo C, entre 60 - 80 % recomendando, que el valor del mismo, para determinar la contribución del agua residual respecto al agua potable debe ser 0.80 para poblaciones menores a 10.000 habitantes. Asumido: 80 %

4.2.1.5 CAUDAL MEDIO DIARIO DOMESTICO

Es el consumo diario de una población, obtenido en un año de registros. Se determina con base en la población total del proyecto y la dotación, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{md} = Pf * C * \frac{Df}{86400}$$

- Donde:
- Q_{md} = Caudal medio diario en (l/s)
 - Pf = Población futura en (hab.)
 - C = Coeficiente de retorno (%)
 - Df = Dotación futura en (l/hab-día)

Se obtuvo los resultados mostrados en la Tabla 59:

Tabla 59. Proyección de Caudal medio Diario

AÑO	CAUDAL MEDIO DIARIO	
	L/s	m ³ /día
2020	0.52	44.78
2021	0.53	45.40
2022	0.53	46.03
2023	0.54	46.67
2024	0.55	47.32
2025	0.56	47.97

AÑO	CAUDAL MEDIO DIARIO	
	L/s	m ³ /dia
2026	0.56	48.64
2027	0.57	49.31
2028	0.58	50.00
2029	0.59	50.69
2030	0.59	51.39
2031	0.60	52.10
2032	0.61	52.83
2033	0.62	53.56
2034	0.63	54.30
2035	0.64	55.05
2036	0.65	55.82
2037	0.65	56.59
2038	0.66	57.38
2039	0.67	58.17
2040	0.68	58.98

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.6 COEFICIENTE DE PUNTA

Para la determinación del coeficiente de punta se utilizará los Coeficientes de variación de caudal k1 y k2

$$M = k_1 * k_2$$

k1: Coeficiente de máximo caudal diario, es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir representa el día de mayor consumo del año, varía según las características de la población.

Para San Pablo se adoptó el valor de $k_1 = 1.50$, siendo una población menor a los 10000 habitantes.

k2: Coeficiente de máximo caudal horario, que se presenta en una hora durante un año completo.

Para San Pablo se adoptó el valor de $k_2 = 2.1$, por ser una población menor a los 2000 habitantes, se consideró el valor medio entre 2 y 2.2 (valores recomendados por la norma para poblaciones menores a 2000 habitantes)

$$M = 1.5 * 2.1 = 3.15$$

4.2.1.7 CAUDAL MÁXIMO DIARIO Y MÁXIMO HORARIO

El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal

máximo horario del día máximo, se debe estimar a partir del caudal medio diario, mediante el uso del coeficiente de punta “M” y para las condiciones inicial y final del proyecto. El caudal máximo horario está dado por:

$$Q_{\text{máx.d}} = k_1 * Q_{\text{md}}$$

Donde: $Q_{\text{máx.d}}$ = Caudal máximo diario en (L/s)

k_1 = Coeficiente de caudal máximo diario

Q_{md} = Caudal medio diario en (L/s).

$$Q_{\text{máx.h}} = k_2 * Q_{\text{máx.d}} = M * Q_{\text{md}}$$

Donde: $Q_{\text{máx.h}}$ = Caudal máximo horario aguas residuales en (L/s)

k_2 = Coeficiente de caudal máximo horario

$Q_{\text{máx.d}}$ = Caudal máximo diario en (L/s)

M = Coeficiente de Punta

En la Tabla 60 se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 60. Proyección de Caudales Máximo Diario y Máximo horario

AÑO	Población	DOTACIÓN	CAUDAL MEDIO DIARIO		CAUDAL MÁXIMO DIARIO		CAUDAL MÁXIMO HORARIO		
			L/hab*día	L/s	m ³ /día	K1=	1.5	K2=	2.1
						L/s	m ³ /día	L/s	m ³ /día
2020	1120	50.00	0.52	44.78	0.78	67.17	1.63	141.07	
2021	1124	50.50	0.53	45.40	0.79	68.10	1.66	143.02	
2022	1128	51.01	0.53	46.03	0.80	69.05	1.68	145.00	
2023	1132	51.52	0.54	46.67	0.81	70.01	1.70	147.01	
2024	1137	52.03	0.55	47.32	0.82	70.98	1.73	149.05	
2025	1141	52.55	0.56	47.97	0.83	71.96	1.75	151.11	
2026	1145	53.08	0.56	48.64	0.84	72.96	1.77	153.21	
2027	1150	53.61	0.57	49.31	0.86	73.97	1.80	155.33	
2028	1154	54.14	0.58	50.00	0.87	74.99	1.82	157.48	
2029	1159	54.68	0.59	50.69	0.88	76.03	1.85	159.67	
2030	1163	55.23	0.59	51.39	0.89	77.09	1.87	161.88	
2031	1168	55.78	0.60	52.10	0.90	78.16	1.90	164.13	
2032	1172	56.34	0.61	52.83	0.92	79.24	1.93	166.40	
2033	1176	56.90	0.62	53.56	0.93	80.34	1.95	168.71	
2034	1181	57.47	0.63	54.30	0.94	81.45	1.98	171.05	
2035	1186	58.05	0.64	55.05	0.96	82.58	2.01	173.42	
2036	1190	58.63	0.65	55.82	0.97	83.73	2.04	175.83	
2037	1195	59.22	0.65	56.59	0.98	84.89	2.06	178.26	

AÑO	Población	DOTACIÓN	CAUDAL MEDIO DIARIO		CAUDAL MÁXIMO DIARIO		CAUDAL MÁXIMO HORARIO	
					K1= 1.5		K2= 2.1	
		L/hab*día	L/s	m ³ /día	L/s	m ³ /día	L/s	m ³ /día
2038	1199	59.81	0.66	57.38	1.00	86.06	2.09	180.74
2039	1204	60.41	0.67	58.17	1.01	87.26	2.12	183.24
2040	1208	61.01	0.68263	58.98	1.02	88.47	2.15	185.79

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.8 CAUDAL POR INFILTRACIÓN LINEAL

El caudal de infiltración se considera como consecuencia del nivel freático, permeabilidad del suelo, calidad de la construcción de las cámaras de inspección y del material de la tubería según el tipo de unión empleado.

En nuestro caso el valor adoptado de q_{inf} es 0.00005 L / (s * m) para tubería PVC con unión anillo goma para Nivel freático alto.

La longitud total de la red proyectada es 8824.68 metros

Por lo tanto es caudal de infiltración será:

$$Q_i = q_{inf} * L \text{ tubería} = 0.44 \text{ L/s}$$

4.2.1.9 CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS

El caudal por conexiones erradas será del 5% al 10% del caudal maximo horario de aguas residuales, en el proyecto aplicamos 10%

$$Q_e = 0.10 * Q_{max.h}$$

Se eligió dicho valor debido a la experiencia en poblaciones cercanas (Copacabana) en la cual se reportan muchas conexiones clandestinas.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 61:

Tabla 61. Proyección de Caudal por conexiones erradas

AÑO	CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS	
	L/s	m ³ /día
2020	0.16	14.11
2021	0.17	14.30
2022	0.17	14.50
2023	0.17	14.70
2024	0.17	14.90
2025	0.17	15.11
2026	0.18	15.32

AÑO	CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS	
	L/s	m ³ /día
2027	0.18	15.53
2028	0.18	15.75
2029	0.18	15.97
2030	0.19	16.19
2031	0.19	16.41
2032	0.19	16.64
2033	0.20	16.87
2034	0.20	17.10
2035	0.20	17.34
2036	0.20	17.58
2037	0.21	17.83
2038	0.21	18.07
2039	0.21	18.32
2040	0.22	18.58

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.10 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño es la suma de los caudales anteriormente indicados. Se determina de acuerdo a la siguiente expresión (Fuente: NB688):

$$Q_d = Q_{\max.h} + Q_i + Q_e$$

- Donde:
- Q_d = Caudal máximo de diseño en (L/s)
 - $Q_{\max.h}$ = Caudal máximo horario aguas residuales en (L/s)
 - Q_i = Caudal infiltración en (L/s)
 - Q_e = Caudal conexiones en erradas (L/s)

En la Tabla 62 se muestra los valores de diseño obtenidos:

Tabla 62. Proyección de Caudal máximo de diseño

AÑO	Población	CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO	
	Habitantes	L/s	m ³ /día
2020	1120	2.24	193.29
2021	1124	2.26	195.44
2022	1128	2.29	197.62
2023	1132	2.31	199.83

AÑO	Población Habitantes	CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO	
		L/s	m ³ /dia
2024	1137	2.34	202.08
2025	1141	2.37	204.35
2026	1145	2.39	206.65
2027	1150	2.42	208.99
2028	1154	2.45	211.36
2029	1159	2.47	213.76
2030	1163	2.50	216.19
2031	1168	2.53	218.66
2032	1172	2.56	221.16
2033	1176	2.59	223.70
2034	1181	2.62	226.28
2035	1186	2.65	228.88
2036	1190	2.68	231.53
2037	1195	2.71	234.21
2038	1199	2.74	236.93
2039	1204	2.77	239.69
2040	1208	2.81	242.49

Fuente: Elaboración Propia

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se requerirá el caudal medio de diseño:

$$Q_{mdd} = Q_{md} + Q_i + Q_e$$

- Donde:
- Q_{mdd} = Caudal medio de diseño en (L/s)
 - Q_{md} = Caudal medio diario aguas residuales en (L/s)
 - Q_i = Caudal infiltración en (L/s)
 - Q_e = Caudal conexiones en erradas (L/s)

En la Tabla 63 se muestra los valores de diseño obtenidos:

Tabla 63. Proyección de Caudal medio de diseño

AÑO	CAUDAL MEDIO DE DISEÑO	
	L/s	m ³ /dia
2020	1.12	97.01
2021	1.13	97.83

AÑO	CAUDAL MEDIO DE DISEÑO	
	L/s	m ³ /día
2022	1.14	98.66
2023	1.15	99.49
2024	1.16	100.34
2025	1.17	101.21
2026	1.18	102.08
2027	1.19	102.97
2028	1.20	103.87
2029	1.21	104.78
2030	1.22	105.70
2031	1.23	106.64
2032	1.25	107.59
2033	1.26	108.55
2034	1.27	109.53
2035	1.28	110.52
2036	1.29	111.52
2037	1.30	112.54
2038	1.31	113.57
2039	1.33	114.62
2040	1.34	115.68

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.11 CAUDAL UNITARIO

$$Q_{\max.h} = 2.15 \text{ L/s}$$

Área Total = 486667.043 m² = 48.67Ha.

$$q_u = Q_{\max.h} / \text{Área Total}$$

$$q_u = 0.0577 \text{ L/s-Ha}$$

4.2.1.12 CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO

Considerando la siguiente formula los valores obtenidos se muestran en la Tabla 64

$$Q_{\min} = (Q_{md} / M) + Q_i + Q_e$$

Tabla 64. Proyección de Caudal Mínimo de diseño

AÑO	CAUDAL DE DISEÑO MÍNIMO	
	L/s	m ³ /día
2020	0.77	66.45
2021	0.77	66.84

AÑO	CAUDAL DE DISEÑO MÍNIMO	
	L/s	m ³ /día
2022	0.78	67.24
2023	0.78	67.64
2024	0.79	68.05
2025	0.79	68.46
2026	0.80	68.88
2027	0.80	69.31
2028	0.81	69.74
2029	0.81	70.18
2030	0.82	70.63
2031	0.82	71.08
2032	0.83	71.53
2033	0.83	72.00
2034	0.84	72.47
2035	0.84	72.94
2036	0.85	73.42
2037	0.86	73.91
2038	0.86	74.41
2039	0.87	74.91
2040	0.87	75.42

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.13 RESUMEN DEL CÁLCULO DE CAUDALES.

A continuación en la Tabla 65 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 65. Resumen de parámetros de diseño

	Unidad	2020	2040
Población	Habitantes	1120	1208
Dotación	L/hab*día	50.00	61.01
Coefficiente de retomo	C	0.80	0.80
Caudal Medio	L/s	0.52	0.68
Extensión de la Red	m	8824.68	8824.68
Coefficiente de Infiltración	L/s*m	0.00005	0.00005
Caudal infiltración	L/s	0.44	0.44
Caudal por conexiones herradas	L/s	0.16	0.22
Coefficiente de punta	M	3.15	3.15
Caudal máximo diario	L/s	0.78	1.02
Caudal Máximo Horario	L/s	1.63	2.15
Caudal Mínimo	L/s	0.16	0.22

	Unidad	2020	2040
Caudal Medio de diseño	L/s	1.12	1.34
Caudal Medio de diseño	m ³ /h	4.04	4.82
Caudal Máximo de diseño	L/s	2.24	2.81
Caudal Máximo de diseño	m ³ /h	8.05	10.10
Caudal mínimo de diseño	L/s	0.77	0.87
Caudal mínimo de diseño	m ³ /h	2.77	3.14

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 MEMORIA DE CÁLCULO RED DEL SISTEMA ALCANTARILLADO

La Red de Alcantarillado Sanitario, se diseñó en base a la Normativa vigente en todos y cada uno de sus componentes. El cálculo hidráulico del Alcantarillado Sanitario se hizo en base a la Norma Boliviana de Alcantarillado Sanitario (NB - 688), se consideró un caudal mínimo por tramo de 1.5 l/s (descarga de un inodoro), los cálculos completos se pueden observar tabulados en el Anexo 2.

Considerando el alcance del proyecto de agua potable y por información del Comité de Agua se deberá realizar 350 conexiones domiciliarias.

Realizado el cálculo hidráulico para la construcción de los colectores del sistema de alcantarillado será necesario la implementación de lo detallado en la Tabla 66:

Tabla 66. Resumen de Calculo hidráulico de colectores

Descripción	Und.	Cantidad
Tubería PVC SDR-35 DN100 JE (Ø=4")	m	7298
Tubería PVC SDR-41 DN150 JE (Ø=6")	m	1614
Cámaras de inspección H ^o A ^o	Pza	169
Conexiones domiciliarias	Conex	350

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

4.2.3.1 Datos de diseño

- Población de cálculo: 981 habitantes (según INE, 2012) y 105 habitantes de población flotante, 1086 habitantes en total; 1208 habitantes población proyectada al año 2040.
- Superficie disponible: 0.5 Ha (Área dispuesta por el GAM)
 - Tipo de agua residual a tratar: Domestica se recomienda un tratamiento biológico
 - Temperatura mínima y máxima de la zona $T_{min} 9.5^{\circ}C$ y $T_{max} 17.2^{\circ}C$. (SENAMHI 2020)

4.2.3.2 Temperatura de diseño

La temperatura de diseño se define como la temperatura media del agua residual en el mes más frío, este parámetro es de gran importancia, ya que los procesos de degradación de la materia orgánica y la reducción bacteriana son dependientes de la temperatura del agua residual.

De acuerdo a Yañez (1993), la correlación de la temperatura ambiente y del agua residual, se recomienda la utilización de las siguientes formulas:

$$T = 10.433 + 0.688 \cdot T_{ai}$$

$$T = 3.685 + 1.137 \cdot T_{ai}$$

$$T = 10.966 + 0.611 \cdot T_{ai}$$

Donde:

T = Temperatura del agua residual en °C

T_{ai} = Temperatura ambiente en °C

Reemplazando los valores obtenemos 16.97 °C, 14.19°C y 16.77°C por lo que se tomara el promedio de dichos valores.

Para el diseño se adoptará una temperatura de 16 °C.

4.2.3.3 Característica de las aguas residuales

Se adoptó las correspondientes a la ciudad de Copacabana:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) = 300 mg/l
- Carga patógena de Coliformes Fecales = 10^7 CF/100 ml
- Sólidos Suspendidos Totales = 200 mg/l
- Nitrógeno = 39,2 mg/l
- Fósforo = 10,2 mg/l

(Fuente: Proyecto de alcantarillado Sanitario Copacabana realizado por la Consultora CPM 2016)

Comparando los valores con los valores del texto de Metcalf y Eddy 1995 podemos decir que son aguas con contaminación media a alta.

4.2.3.4 Diseño hidráulico de Planta de tratamiento

Según lo indicado por el análisis de alternativas la PTAR debe tener **Pre-tratamiento + Tanque Imhoff + FFA + Humedal de flujo sub-superficial + Desinfección UV**, en este sentido se realizó el cálculo de cada unidad y se adjunta el detalle en el Anexo 3.

A continuación, se presentan tablas resumen con las dimensiones obtenidas (Tabla 67 a Tabla 76):

a) Cámara de entrada (By pass):

Tabla 67. Características de Cámara By pass

Descripción	Unidad	Valor
Número de unidades		1
Ancho	m	0.50
Largo	m	0.50
Longitud vertedero	m	0.40
Compuerta entrada planta	m ²	0.15x0.30

Fuente: Elaboración Propia

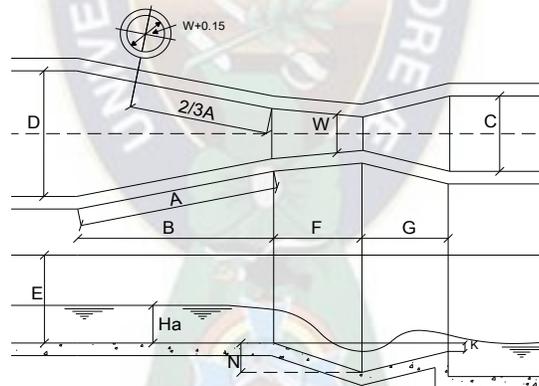
b) Pre-tratamiento:

b.1) Medidor Parshall

Se utilizó un medidor Parshall con descarga libre asociado a un Desarenador de sección rectangular y de flujo horizontal, con dos objetivos: permitir la medición del caudal que ingresa a la planta y controlar de velocidad de flujo en el Desarenador.

El diseño se reduce a seleccionar el ancho de garganta w , y en correspondencia se determinan los valores de "n" y "k", límites de aplicación y dimensiones estándar de medidores Parshall.

Ilustración 30. Medidor Parshall



Fuente: Elaboración Propia

El tirante de agua en la canaleta Parshall se determina utilizando la siguiente relación:

$$Q = k * H^n$$

Donde: Q = Caudal de diseño (m³/s)

k y n = Constantes

H = Tirante en la sección de medición de flujo (m)

Tabla 68. Características de canal parshall

Descripción	Unidad	Valor
Número de unidades		1
w	cm	7.60

Descripción	Unidad	Valor
n	cm	1.547
k	cm	0.176
A	cm	46.60
B	cm	45.70
C	cm	17.80
D	cm	25.90
E	cm	45.70
F	cm	15.20
G	cm	30.50
K	cm	2.50
N	cm	5.70

Fuente: Elaboración Propia

b.2) Desarenador

Tabla 69. Características de Desarenador

Descripción	Unidad	Valor
Número de unidades		2
Longitud	m	1.30
Ancho	m	0.20
Altura útil	m	0.08
Altura total	m	0.45
Altura depósito de arena	m	0.15

Fuente: Elaboración Propia

b.3) Reja

Tabla 70. Características de Reja

Descripción	Unidad	Valor
Número de unidades		2
Espesor de la barra	mm	10
Espaciamiento entre barras	mm	20
Profundidad barra	mm	40
Ángulo de inclinación		60°
Ancho del canal	m	0.125
Altura útil	m	0.08
Altura canal	m	0.35
Pérdida de carga	m	0.06

Fuente: Elaboración Propia

b.3) Desgrasador

Tabla 71. Características de Desgrasador

Descripción	Unidad	Valor
Número de unidades		1
Ancho	m	0.65
Largo	m	1.65
Profundidad	m	0.50
Pendiente de fondo	%	15

Fuente: Elaboración Propia

c) Tanque Imhoff

Tabla 72. Características de Tanque Imhoff

Cámara de sedimentación			
Número de unidades	N	2	
Ancho	B	1.10	m
Longitud	L	5.40	m
Inclinación pared	α	60°	
Altura revancha	h	0.40	m
Altura recta	h1	1.60	m
Altura inclinada	h2	0.95	m
Cámara de digestión			
Número de unidades	N	2	
Número de tolvas	n	3	
Ancho	B	2.80	m
Longitud	L	5.40	m
Ancho base de tolvas	b	0.50	m
Inclinación pared	α	45°	
Altura recta	h3	1.10	m
Altura inclinada	h4	0.65	m
Altura zona neutra	h0	0.50	
Altura total	ht	5.20	m

Fuente: Elaboración Propia

d) Filtro anaerobio de flujo ascendente

Tabla 73. Características de Filtro Anaerobio de flujo Ascendente

Número de unidades	N	2	
Ancho (Sin canal de salida)	B	2.70	m
Ancho de canal de salida	b	0.50	m
Longitud	L	5.40	m
Altura revancha	hr	0.50	m
Altura de agua sobre medio	ha	0.40	m
Altura medio filtrante	h	1.20	m
Diámetro de medio filtrante	d	32	mm
Altura fondo falso	h2	0.60	m
Espesor de losa de soporte	h'	0.10	m
Altura total	H	2.70	m

Fuente: Elaboración Propia

e) Humedal artificial de flujo sub-superficial

Tabla 74. Características Humedal Artificial de Flujo Sub-superficial

Número de unidades	N	2	
Ancho	B	17.00	m
Longitud	L	45.00	m
Diámetro grava	d	16	mm
Porosidad	n	35	%
Altura lecho (media)	H	0.70	m
Altura agua (media)	h	0.60	m
Pendiente	s	0.50	%

Fuente: Elaboración Propia

f) Desinfección UV

Tabla 75. Características de Tanque de contacto para desinfección

Número de líneas	N	2	
Intensidad	I	2.00	mWatt/cm ²
Numero de lámparas	n	12	
Ancho cámara	B	1.00	m
Largo cámara	L	2.50	m
Tiempo de exposición	T	15	s

Fuente: Elaboración Propia

g) Lechos de secado

Tabla 76. Características de lechos de Secado

Número de unidades	N	3	
Ancho cada lecho	B	4.00	m
Largo de cada lecho	L	14.00	m
Altura de lecho	H	1.15	m
Altura borde libre	h	0.50	m

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.5 Exigencias ambientales

Según el cálculo realizado se estima tener los valores de calidad de efluente de la Tabla 77:

Tabla 77. Calidad estimada

Concentraciones	Unidad	Estimado	Exigencia	Observación
Concentración efluente SS	mg/l	4.80	60.00	Cumple
Concentración efluente DBO5	mg/l	36.75	80.00	Cumple
Concentración efluente NT	mg/l	6.00	12.00	Cumple (*)
Concentración efluente PT	mg/l	3.90	-	-
Concentración coliformes	NMP/100 ml	50.00	1000.00	Cumple

(*) Según lo indicado en los valores máximos admisibles según Cuadro N° A-1 del RMCH el valor máximo en el cuerpo receptor para Nitrógeno total debe ser de 12 (mg N/l).

NOTA: Se estima un rendimiento reducido en cuanto a materia orgánica, dado que se tendrá materia orgánica refractaria, sin embargo, la eficiencia podría llegar a 80% teniendo un DBO5 efluente de 10.50 mg/l.

Fuente: Elaboración Propia

El detalle de la estimación por unidad se encuentra en el Anexo 3.

4.2.4 DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO

La estructura del cárcamo de bombeo será de hormigón armado con aditivo anti sulfatos de forma circular, la estructura se elevó para evitar inundaciones en época de crecidas del Lago Titicaca. Antes de descargar las aguas del alcantarillado al pozo de succión, se dispuso de un dispositivo tipo rejilla para retener el material grueso, como piedras madera, objetos metálicos, etc., para evitar el deterioro de las bombas.

Se deberá instalar dos bombas, 1 en operación y 1 en Stand-by, debiendo alternar el funcionamiento de ambas, encima del cárcamo de bombeo se tendrá una caseta de control donde se colocarán todos los tableros de control, de esta forma también se mitiga el olor en el cárcamo.

El cálculo de la estación de bombeo se encuentra en el Anexo 4.

Las características del cárcamo de bombeo son las de la Tabla 78:

Tabla 78. Características de Carcamo de bombeo

Número de unidades	N	1	
Diámetro	D	2.50	m
Nivel mínimo	Nmin	0.50	m
Nivel Máximo	Nmax	0.80	m
Profundidad total	H	6.95	m
Profundidad de tubería de ingreso	h	5.30	

Fuente: Elaboración Propia

5 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

5.1 CÓMPUTOS MÉTRICOS

Las planillas detalladas de cálculos métricos se presentan en el Anexo 5.

5.2 PRECIOS UNITARIOS

La Lista de precios unitarios se presentan en el Anexo 6, las cotizaciones fueron realizadas a distribuidores de la zona del proyecto.

5.3 PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

El presupuesto de infraestructura tiene un costo de Bs. 5.188.773,53, el detalle del presupuesto se presenta en el Anexo 7, en la Tabla 79, se presenta un resumen por módulos.

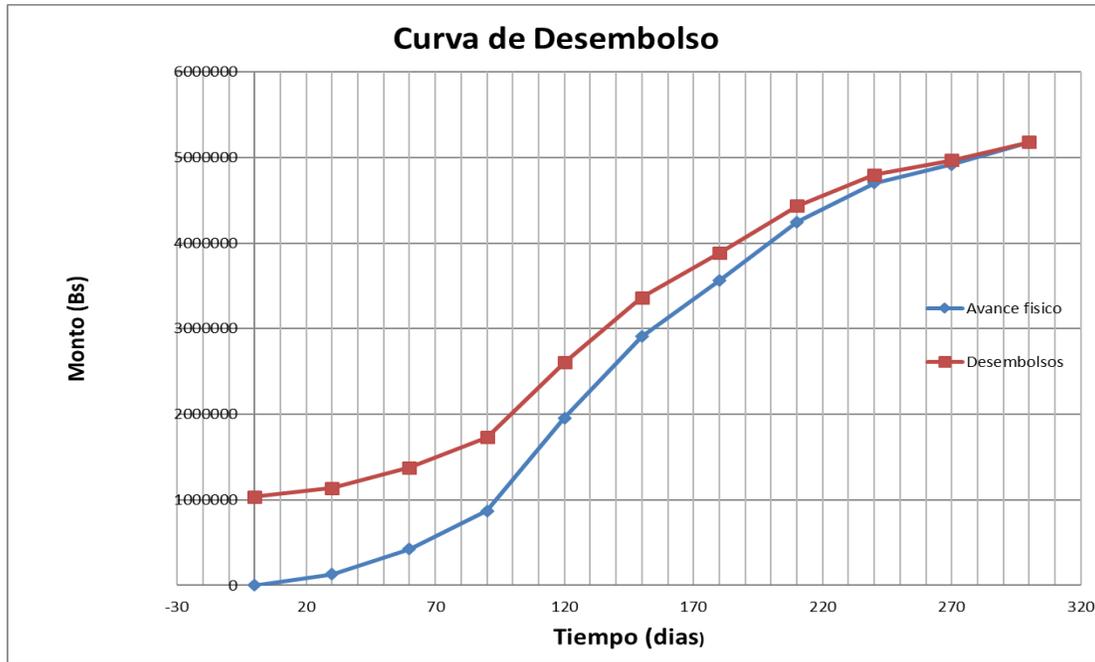
Tabla 79. Resumen de Presupuesto de Infraestructura

Nº	Descripción	Parcial (Bs)
>	M01 - Actividades preliminares	52,158.39
>	M02 - Red de Colectoras y cámaras de inspección	2,371,234.71
>	M03 - Conexiones Domiciliarias	594,301.80
>	M04 - Actividades preliminares PTAR	59,638.19
>	M05 - Cárcamo de Bombeo PTAR	116,001.71
>	M06 - Accesorios e Inst eléctricas EB PTAR	123,870.19
>	M07 - Línea de Impulsión	1,832.12
>	M08 - Casetas de Control	125,339.16
>	M09 - Pre-Tratamiento	162,701.88
>	M10 - Tanque Imhoff	363,018.59
>	M11 - Filtro Anaerobio	268,830.97
>	M12 - Humedales	429,085.40
>	M13 - Tanque de desinfección UV	59,105.12
>	M14 - Lecho de secado	277,094.46
>	M15 - Tuberías de interconexión	37,837.23
>	M16 - Cerco Perimetral	111,449.31
>	M17 - Medidas de Mitigación ambiental	35,274.30
	Total presupuesto:	5,188,773.53

Son: Cinco Millon(es) Ciento Ochenta y Ocho Mil Setecientos Setenta y Tres con 53/100 Bolivianos

Fuente: Elaboración Propia

Grafica 6. Curva de Desembolsos vs Avance físico



Fuente: Elaboración Propia

6 MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los manuales se adjuntan en el Anexo 9.

7 CALCULO DE TARIFA

Se realizó el cálculo de la tarifa estimada obteniendo el resultado de la Tabla 82:

Tabla 82. Calculo de Tarifa

RESUMEN PRESUPUESTO DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CALCULO DE TARIFA - SISTEMA DE ALCANTARILLADO SAN PABLO DE TIQUINA

Detalle de Costos de Producción Tratamiento, Operación y Mantenimiento	Costo Bs/mes	Costo Bs/Año
Salario del Personal Operativo	2,283.33	27,400.00
Tratamiento	2,280.83	27,370.00
Gastos en Herramientas, Materiales y Accesorios	190.25	2,283.00
Mantenimiento	250.00	3,000.00
Total Costos	5,004.42	60,053.00

Detalle de Costo Anual de Reemplazo o Reposición	Costo Bs/mes	Costo Bs/Año
Reemplazo de Herramientas	32.50	390.00
Reemplazo de Equipos	510.00	6,120.00
Reposición Sistema	494.01	5,928.09
Total Costos	1,036.51	12,438.09

Resumen de Costos	Costo Bs/mes	Costo Bs/Año
Costos de Producción Tratamiento, Operación y Mantenimiento	5,004.42	60,053.00
Costo Anual de Reemplazo o Reposición	1,036.51	12,438.09
Total Costos	6,040.92	72,491.09
TARIFA REFERENCIAL	17	

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, la tarifa deberá ser 17 Bs/conexión, el detalle se adjunta en el Anexo 10.

Considerando que la media de consumo es de 7 m³/conexión, según lo indicado por el comité de agua se tendrá un costo de 2.47 Bs/m³ agua tratada.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- Realizada la evaluación cualitativa de la disposición de aguas residuales en la población de San Pablo de Tiquina, se concluye que la falta de un sistema de alcantarillado sanitario constituye un riesgo a la salud de la población, se cuenta con voluntad por parte de las autoridades para la ejecución del proyecto. Por otro lado, la disposición sin tratamiento de las aguas residuales contribuye a la contaminación del Lago Titicaca.
- Por consiguiente, se realizó el diseño hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la población de San Pablo de Tiquina. El costo estimado para la construcción de la red de colectores es de Bs 3,017,694.90.
- Se planteó un análisis de las siete alternativas de tratamiento planteadas y mediante una matriz de selección se concluyó que la mejor alternativa es la que obtuvo un puntaje de 81 puntos. La alternativa consta del siguiente tratamiento: Pre-tratamiento + Tanque Imhoff + FAFA + Humedal de flujo subsuperficial + Desinfección UV, además de una estación elevadora al ingreso de la PTAR. El costo estimado para la construcción de la Estación elevadora y la PTAR es de Bs 2,171,078.63.
- La construcción del proyecto total, Red de colectores, estación de Bombeo y la PTAR, tendrá un costo estimado de Bs. 5,188,773.53.
- Se elaboró manuales de operación y mantenimiento del sistema de recolección y de la planta de tratamiento.

- Se concluye que el proyecto es viable desde el punto de vista técnico, se deberá realizar en una siguiente etapa una evaluación socioeconómica en función a los requerimientos que tenga un posible financiador.
- Se estima que los costos de Administración, operación y mantenimiento para el sistema de alcantarillado sanitario y PTAR serían cubiertos con una tarifa de 17.00 Bs/mes-Conexión.
- El costo por metro cubico de agua tratada es de 2.47 Bs/m³ Agua tratada

8.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la ejecución del proyecto y el correspondiente monitoreo de la calidad de los efluentes tratados que se descargan al Lago Titicaca. Asimismo, se recomienda establecer un monitoreo de la evolución de la calidad de las aguas del Lago en zonas alrededor del punto de evacuación de los efluentes a fin de que se detecten los procesos de una eventual eutrofización y/o cambio de las condiciones físico químicas y biológicas de las aguas del Lago Titicaca.
- Se debe realizar una nueva evaluación del sistema de agua potable, ya que la evaluación se realizó el 2018, y según nueva información la situación ha mejorado significativamente en calidad y cantidad, lo que favorece a este proyecto garantizando el un caudal para la PTAR.
- Considerando el interés tanto de las autoridades como de la población se recomienda que se busque un financiamiento para el proyecto, como por ejemplo el programa APPC financiado por la KfW, programa MI AGUA del gobierno nacional, o llevar directamente y buscar créditos con entidades como el BID, CAF o Banco Mundial, estas últimas participan en programas para reducir la contaminación en el Lago Titicaca por lo que el proyecto podría ser de su interés.
- El proyecto fue realizado en función a la norma NB 688, para el diseño de la red de alcantarillado, sin embargo, hay algunos aspectos como el caudal mínimo, dotación según la región, diámetro mínimo, entre otros, que deberían ser actualizados considerando las condiciones de nuestro medio, la experiencia de los operadores de sistemas de Alcantarillado y normas de países vecinos.
- Es de vital importancia una norma para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales que cuente con parámetros que se recopilen de diferentes estudios realizados en Bolivia, de modo que los diseños estén mejor ajustados a nuestro medio.
- Dentro de un futuro análisis socioeconómico se recomienda realizar un análisis Costo/Beneficio que considere el impacto en la salud pública, el impacto en la economía al ser una zona turística, y otras que considere el evaluador, sin limitarse a los ingresos obtenidos de la tarifa, la experiencia muestra que aplicar líneas de corte o solo considerar la tarifa los proyectos de Alcantarillado Sanitario por lo general resultan como inviables.

- Al ser una zona de alto flujo de turistas se recomienda ver la posibilidad de una subvención para la operación y mantenimiento de la PTAR, aplicando un arancel adicional por el cruce del estrecho.
- La alternativa seleccionada para la PTAR es compatible con las PTAR's que construyen algunas ONG's que operan dentro del país, por lo que se tiene la posibilidad de contactarse con alguna para firmar algún convenio para la operación y mantenimiento de la PTAR, algunos municipios pagan un monto mensual a la ONG, el cual equivale al costo de un solo operador, sin embargo, este costo pagado a la ONG adicionalmente garantiza que especialistas realicen el monitoreo del funcionamiento, corrección de cualquier problema que se presente, toma de muestras periódicas, realización de estudios en la PTAR (obtención de rendimientos) y otras ventajas que no se tendrían si el CAPyS o el GAM se encargan de la operación y mantenimiento.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Servicios y Obras Publicas - Viceministerio de Servicios Básicos (2007). Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial NB-688, Bolivia.
- Ministerio de Servicios y Obras Publicas - Viceministerio de Servicios Básicos (2007). Reglamento técnico de diseño de elementos y dispositivos de inspección, Bolivia.
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (1996): CARTA GEOGRAFICA NACIONAL
- WEBSITE: www.ine.gob.bo
- ESTADISTICAS METEREOLÓGICAS DE SENAMHI. Datos Meteorológicos, Observatorio SENAMHI - WEBSITE: www.senamhi.gob.bo
- WEBSITE: www.abc.gob.bo
- CENTRO PROFESIONAL MULTIDICIPLINARIO (CPM) (2015). Proyecto de Diseño Final, Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Localidad de San Pablo de Tiquina, La paz, Bolivia.
- CENTRO PROFESIONAL MULTIDICIPLINARIO (CPM) (2016). Proyecto de Diseño Final, Sistema de Alcantarillado sanitario y PTAR de Copacabana, La paz, Bolivia.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS/CEPIS/05.163) (2005). Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas De Estabilización, Lima - Perú
- MINISTERIO DE SERVICIOS Y OBRAS PUBLICAS - VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS (2011). Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, Bolivia.
- AGUAS DEL VALLE (2016). Normas de Diseño para Sistemas de Recoleccion de Aguas Residuales, Aguas Pluviales Y Tratamiento De Aguas Residuales. Departamento de Informática Villanueva, Cortés. Honduras C.A., Honduras

- ROMERO ROJAS, Jairo Alberto (2010). Tratamiento de Aguas residuales. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia
- POMA IBANEZ, Javier Leoncio (2016). Proyecto para la Construcción Sistema de Alcantarillado y su Tratamiento para la Comunidad de Sena –Proyecto de Grado Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia
- Plan de Desarrollo Municipal San Pedro de Tiquina “PDM” (2008 -2012)
- FACTUMX INGENIERÍA SRL (2008). Estudio de identificación const. Terminal portuaria en Copacabana (terminal portuaria y mejoramiento playas Copacabana)(circuitos turísticos lago Titicaca), La Paz – Bolivia
- FUNDACIÓN CENTRO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA (2018), Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales, La Paz – Bolivia.
- NOGALES SORIA, Santos Fernando; QUISPE ARICOMA, Diómedes Tito (2009). Material de Apoyo Didáctico de “Diseño Y Métodos Constructivos De Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales” para la materia de Ingeniería Sanitaria II. Universidad mayor de San Simón, Cochabamba – Bolivia.
- NOYOLA, Adal. MORGAN-SAGASTUME, Juan Manuel. GUERRECA, Leonor Patricia (2013). Guía de apoyo para Ciudades pequeñas y medianas, Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- AYALA FANOLA, Rodrigo Marcelo; GONZALES MARQUEZ, Greby (2008). Apoyo Didáctico en la Enseñanza – Aprendizaje de la Asignatura de Plantas de Tratamiento De Aguas Residuales. Universidad mayor de San Simón, Cochabamba – Bolivia.
- RIVERA BALLESTEROS, Grover C. (2009), Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. La Paz – Bolivia.
- METCALF & EDDY (1995), Ingeniería de Aguas Residuales – Tratamiento, vertido y reutilización. McGraw-Hill – España.
- Dr. WAGNER, Wolfgang (2010). Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia. La Paz – Bolivia.
- VAN HAANDEL & VAN DER LUBBE. (2007). Handbook Biological Waste Water Treatment + www.wastewaterhandbook.com: Design and Optimization of Activated Sludge Systems. Quist Publishing. Leidschendam. Holanda.
- RODRÍGUEZ MIRANDA, Juan Pablo; GARCÍA UBAQUE, César Augusto; PARDO PINZÓN, Janneth (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Tecnura, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá – Colombia
- VON SPERLING, M. (1998). Seleçao de processos de tratamento de esgotos, Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro – Brasil.

10 ANEXOS

- ANEXO 1. MARCO NORMATIVO.
- ANEXO 2. PLANILLA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE COLECTORES
- ANEXO 3. PLANILLAS DE CALCULO UNIDADES DE TRATAMIENTO
- ANEXO 4. PLANILLA DE CALCULO DE ESTACIÓN DE BOMBEO
- ANEXO 5. PLANILLAS DE CÓMPUTOS MÉTRICOS
 - ANEXO 5.1. PLANILLAS DE CÓMPUTOS MÉTRICOS RED DE COLECTORES
 - ANEXO 5.2. PLANILLAS DE CÓMPUTOS MÉTRICOS ESTACIÓN ELEVADORA Y PTAR
- ANEXO 6. LISTA DE PRECIOS UNITARIOS PRECIOS UNITARIOS
- ANEXO 7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO
- ANEXO 8. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRAS
- ANEXO 9. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
 - ANEXO 9.1. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RED DE COLECTORES
 - ANEXO 9.2. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTACIÓN ELEVADORA
 - ANEXO 9.3. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- ANEXO 10. CALCULO DE TARIFA
- ANEXO 11. PLANOS DE PROYECTO

ANEXOS

ANEXO 1

MARCO NORMATIVO

MARCO NORMATIVO

1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO (CPE), 2009

Bolivia recoge en su Constitución el derecho humano al agua. En ella el agua es abordada en dos dimensiones: 1) como derecho humano al agua, y 2) como bien al que se refiere el derecho y, en ese sentido, como recurso natural renovable estratégico.

De los usos y de la forma que adopta la gestión de este bien se derivan las posibilidades materiales de garantizar el derecho humano al agua. En este sentido, y en relación con la gestión del agua, se establece la competencia indelegable del Estado Plurinacional sobre los recursos naturales, incluyendo el agua. Así, en el capítulo octavo (Distribución de competencias) Artículo 299, se establece que le compete al Estado Plurinacional en forma privativa e indelegable: “Tierra y territorio; recursos naturales y energéticos estratégicos, minerales, hidrocarburos, recursos hídricos, espectro electromagnético, biodiversidad y recursos forestales”.

El Artículo 349 precisa la propiedad y dominio de los recursos naturales en cabeza del pueblo boliviano: “I. Los recursos naturales son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano, y corresponderá al Estado su administración en función del interés colectivo”.

2 LEY N° 1333 DE 27 DE ABRIL DE 1992 DEL MEDIO AMBIENTE

Tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

3 LEY N° 2066, DE 11 DE ABRIL DE 2000 DE PRESTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Esta Ley, que define los roles institucionales del sector y crea la Superintendencia de Servicios Básicos (reemplazada en el Decreto Supremo 0071 de abril de 2009 por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico), establece las normas que regulan la prestación y utilización de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario y el marco institucional que los rige, el procedimiento para otorgar concesiones, licencias y registros para la prestación de los servicios, los derechos y obligaciones de los prestadores y usuarios, el establecimiento de los principios para fijar los precios, tarifas, tasas y cuotas, así como la determinación de infracciones y sanciones.

Es importante señalar que la ley 2066, siendo del año 2000, no está compatibilizada con la nueva Constitución: por ejemplo, tiene un fuerte vínculo con el sector privado, lo cual está prohibido en la CPE.

4 LEY 2235 DE 31 DE JULIO DE 2001

Esta Ley, en su Artículo 20 establece que el Fondo Nacional de Desarrollo Regional, se constituye en una entidad financiera no bancaria de desarrollo del Gobierno de Bolivia de carácter descentralizado y tiene como objetivo contribuir al desarrollo local y regional del país

mediante operaciones exclusivas de crédito a las Municipalidades, Mancomunidades Municipales y Prefecturas Departamentales, fomentando al desarrollo del mercado privado de financiamiento con dichas entidades y promoviendo un endeudamiento prudente.

Asimismo, la mencionada Ley en su Artículo 21, constituye el Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (FPS) como una entidad descentralizada que tiene la misión de contribuir a la implementación de las acciones destinadas a la reducción de la pobreza y estimular el desarrollo institucional municipal a través de operaciones exclusivas de transferencias no reembolsables, mediante financiamiento a inversiones y estudios, asignando recursos a todas las Municipalidades del país.

5 LEY 071 DE 21 DE DICIEMBRE DE 2010 DE DERECHOS DE LA MADRE TIERRA

La Ley de Derechos de la Madre Tierra tiene por objeto reconocer los derechos de la Madre Tierra, así como las obligaciones y deberes del Estado Plurinacional y de la sociedad para garantizar el respeto de estos derechos.

En esta Ley se reconoce el derecho a la preservación de la funcionalidad de los ciclos del agua, de su existencia en la cantidad y calidad necesarias para el sostenimiento de los sistemas de vida, y su protección frente a la contaminación para la reproducción de la vida de la Madre Tierra y todos sus componentes.

6 LEY 300 DE 15 DE OCTUBRE DE 2012: LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN

Esta Ley tiene por objeto establecer la visión y los fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida de la Madre Tierra, recuperando y fortaleciendo los saberes locales y conocimientos ancestrales, en el marco de la complementariedad de derechos, obligaciones y deberes; así como los objetivos del desarrollo integral como medio para lograr el Vivir Bien, las bases para la planificación, gestión pública e inversiones y el marco institucional estratégico para su implementación, ,

Uno de los principios que rigen la presente Ley además de los establecidos en el Artículo 2 de la Ley N° 071 de Derechos de la Madre Tierra es el Agua Para la Vida: el Estado Plurinacional de Bolivia y la sociedad asumen que el uso y acceso indispensable y prioritario al agua, debe satisfacer, de forma integral e indistinta la conservación de los componentes, zonas y sistemas de vida de la Madre Tierra, la satisfacción de las necesidades de agua para consumo humano y los procesos productivos que garanticen la soberanía con seguridad alimentaria.

7 DECRETO SUPREMO 27487 DE FECHA 14 DE MAYO 2004, POR EL QUE SE APRUEBA LA POLÍTICA FINANCIERA SECTORIAL DEL SECTOR DE SANEAMIENTO BÁSICO

Establece los componentes operativo, técnico, financiero e institucional, para garantizar el avance en las coberturas y apoyar la sostenibilidad de las inversiones y de los servicios.

8 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO (PND)

Aprobado por Decreto Supremo N° 29272 de 12 de septiembre de 2007, el Plan nacional de Desarrollo (PND) es el instrumento de planificación que define las políticas y lineamientos estratégicos de la gestión del gobierno nacional con la finalidad de orientar y coordinar el desarrollo del país en los procesos de planificación sectorial, territorial e institucional.

Establece la estrategia “Acceso pleno al agua y saneamiento como uso social”, aplicando las bases de planificación para el desarrollo de inversiones mediante fondos de inversión pública, lo que implica elaborar y aprobar el Plan Nacional de Saneamiento Básico, así como establecer los Mecanismos de Inversión para Coberturas en el Sector de Agua Potable y Saneamiento y enfocarlos en el marco de la nueva visión de Gobierno.

9 MECANISMO DE INVERSIÓN PARA COBERTURAS EN EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (MICSA)

El Decreto Supremo N°29751 establece el Mecanismo de Inversión para Coberturas en el Sector de Agua Potable y Saneamiento (MICSA), para garantizar el avance en las coberturas y apoyar en la sostenibilidad de las inversiones y de los servicios de agua potable y saneamiento, en el marco de las políticas definidas por el Plan Nacional de Desarrollo.

El MICSA tiene las siguientes finalidades:

- Optimizar la asignación de recursos financieros del Estado, asegurando eficiencia en la implementación de la pre inversión y las inversiones, para el logro de las metas de cobertura del sector de agua y saneamiento.
- Focalizar la inversión en los sectores más pobres, promoviendo mayor equidad y eficiencia en la inversión y la gestión de los servicios en el sector.
- Apoyar al fortalecimiento de las EPSA, a través de la Asistencia Técnica.
- Promover la participación efectiva de la comunidad como un actor clave para la sostenibilidad y viabilidad social de los proyectos y de la prestación de servicios.
- Promover intervenciones integrales de tal forma, que se articule el desarrollo de la infraestructura con la gestión de recursos hídricos, la gestión ambiental, el fortalecimiento institucional y la participación social, en el marco del Manejo Integral de Recursos Hídricos.
- Sentar las bases para la armonización y alineamiento de la cooperación internacional hacia las políticas y estrategias del sector, en el marco de la responsabilidad mutua y la orientación hacia resultados.

Son beneficiarios del MICSA, las EPSA y los Gobiernos Municipales que presten directamente el servicio y conformen una EPSA.

10 POLÍTICA PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA

Con fecha de junio de 2012 se establece la Política para el Uso Eficiente del Agua, que tiene como finalidad establecer e implementar estrategias, programas y proyectos que busquen fomentar el acceso al recurso y el uso eficiente del mismo.

Entre los componentes del Programa están la reducción de pérdidas en las diferentes etapas del servicio; uso de aguas tratadas de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR);

universalización del uso de artefactos de bajo consumo; educación sanitaria; adecuación de normativa que propicie la reducción de caudales de dotación; implementación de políticas tarifarias que promuevan el uso eficiente.

11 PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO DEL SERVICIO (PEDS)

Es un plan de largo plazo, sistemático y continuo, que define objetivos y metas organizacionales; formula políticas y adopta estrategias maestras, a partir de las cuales se derivan los planes, programas, proyectos y actividades a mediano y corto plazo, tendientes a alcanzar los objetivos propuestos.

12 PLAN DE DESARROLLO QUINQUENAL (PDQ)

Plan que cubre en períodos quinquenales el plazo de concesión y que forma parte del PEDS. Contempla el programa de inversiones, las metas de expansión de los servicios a ser prestados por la EPSA, las mejoras significativas en los procesos productivos, metas de eficiencia y metas de calidad inherentes a los servicios.

ANEXO 2

PLANILLA DE CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE COLECTORES

DATOS		CAUDALES										DISEÑO			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cámara		Area tributaria		Residual doméstica			Conexiones erradas		Infiltración		Caudal máximo	Cotas			
De	A	Propia	Acum.	Caudal Unitario	Propio 4 x 6	Acum.	Propio C. err. x 7	Acum.	Propio Inf x 18	Acum.		RASANTE		ALTURA CAMARAS	
Nº	Nº	A (Ha)	A (Ha)	qu (L/s Ha)	qu x A (L/s)	qu x A (L/s)	Qe (L/s)	Qe (L/s)	Qi (L/s)	Qi (L/s)	Qmax (L/s)	SUP. (msnm)	INF. (msnm)	SUP. (m)	INF. (m)
C - (1)	C - (2)	0,16	0,16	0,044	0,007	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001	1,50	3859,372	3855,500	1,100	1,100
C - (2)	C - (3)	0,34	0,50	0,044	0,015	0,022	0,002	0,002	0,003	0,005	1,50	3855,500	3843,445	1,100	1,100
C - (3)	C - (4)	0,42	0,92	0,044	0,019	0,041	0,002	0,004	0,004	0,008	1,50	3843,445	3824,774	1,100	1,100
C - (4)	C - (5)	0,34	6,61	0,044	0,015	0,292	0,001	0,029	0,003	0,060	1,50	3824,774	3816,417	1,900	1,100
C - (5)	C - (6)	0,32	10,09	0,044	0,014	0,446	0,001	0,045	0,003	0,091	1,50	3816,417	3811,933	1,400	1,100
C - (6)	C - (7)	0,12	11,47	0,044	0,005	0,507	0,001	0,051	0,001	0,104	1,50	3811,933	3811,166	2,750	2,080
C - (7)	C - (8)	0,12	11,59	0,044	0,005	0,512	0,001	0,051	0,001	0,105	1,50	3811,166	3810,880	2,080	1,900
C - (8)	C - (9)	0,27	12,73	0,044	0,012	0,563	0,001	0,056	0,002	0,115	1,50	3810,880	3810,763	1,900	2,000
C - (9)	C - (10)	0,27	14,02	0,044	0,012	0,619	0,001	0,062	0,002	0,127	1,50	3810,763	3810,445	2,000	1,900
C - (10)	C - (11)	0,30	15,63	0,044	0,013	0,691	0,001	0,069	0,003	0,142	1,50	3810,445	3810,468	1,900	2,170
C - (11)	C - (12)	0,28	15,91	0,044	0,012	0,703	0,001	0,070	0,003	0,144	1,50	3810,468	3810,471	2,170	2,400
C - (12)	C - (13)	0,36	19,96	0,044	0,016	0,882	0,002	0,088	0,003	0,181	1,50	3810,471	3810,265	2,400	2,490
C - (13)	C - (14)	0,37	20,33	0,044	0,016	0,898	0,002	0,090	0,003	0,184	1,50	3810,265	3810,897	2,490	3,430
C - (14)	C - (15)	0,35	21,98	0,044	0,016	0,971	0,002	0,097	0,003	0,199	1,50	3810,897	3811,523	3,430	4,350
C - (15)	C - (16)	0,36	22,34	0,044	0,016	0,987	0,002	0,099	0,003	0,203	1,50	3811,523	3813,392	4,350	6,520
C - (16)	C - (17)	0,44	26,75	0,044	0,019	1,182	0,002	0,118	0,004	0,243	1,54	3813,392	3811,909	6,520	5,400
C - (17)	C - (18)	0,22	27,26	0,044	0,010	1,204	0,001	0,120	0,002	0,247	1,57	3811,909	3811,581	5,400	5,260
C - (18)	C - (19)	0,25	27,51	0,044	0,011	1,215	0,001	0,122	0,002	0,249	1,59	3811,581	3811,744	5,260	5,650
C - (19)	C - (20)	0,44	29,09	0,044	0,019	1,285	0,002	0,129	0,004	0,264	1,68	3811,744	3812,657	5,650	6,950
C - (20)	C - (21)	0,35	29,44	0,044	0,015	1,301	0,002	0,130	0,003	0,267	1,70	3812,657	3812,612	6,950	7,200
C - (21)	C - (22)	0,40	32,30	0,044	0,018	1,427	0,002	0,143	0,004	0,293	1,86	3812,612	3811,683	7,200	6,650
C - (22)	C - (23)	0,38	32,68	0,044	0,017	1,444	0,002	0,144	0,003	0,296	1,88	3811,683	3810,930	6,650	6,250
C - (23)	C - (24)	0,17	32,85	0,044	0,008	1,452	0,001	0,145	0,002	0,298	1,89	3810,930	3810,597	6,250	6,100
C - (24)	C - (25)	0,15	48,67	0,044	0,007	2,150	0,001	0,215	0,001	0,441	2,81	3810,597	3809,672	6,100	5,300
C - (26)	C - (27)	0,21	0,21	0,044	0,009	0,009	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3859,396	3852,561	1,100	1,100
C - (27)	C - (28)	0,25	0,46	0,044	0,011	0,020	0,001	0,002	0,002	0,004	1,50	3852,561	3839,583	1,100	1,100
C - (28b)	C - (28)	0,18	0,18	0,044	0,008	0,008	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3841,990	3839,583	1,100	1,100
C - (28)	C - (37)	0,16	0,79	0,044	0,007	0,035	0,001	0,004	0,001	0,007	1,50	3839,583	3838,140	1,100	1,100
C - (29)	C - (32)	0,39	0,39	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3851,575	3851,526	1,100	1,550
C - (30)	C - (37)	0,35	0,35	0,044	0,015	0,015	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3839,013	3838,140	1,100	1,100
C - (31)	C - (32)	0,34	0,34	0,044	0,015	0,015	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3866,321	3851,526	1,100	1,100
C - (32)	C - (33)	0,25	0,97	0,044	0,011	0,043	0,001	0,004	0,002	0,009	1,50	3851,526	3839,632	1,550	1,100
C - (33)	C - (34)	0,31	1,58	0,044	0,014	0,070	0,001	0,007	0,003	0,014	1,50	3839,632	3824,940	1,100	1,100
C - (34)	C - (35)	0,27	1,85	0,044	0,012	0,082	0,001	0,008	0,002	0,017	1,50	3824,940	3825,644	1,100	2,150
C - (35)	C - (36)	0,10	1,96	0,044	0,005	0,087	0,000	0,009	0,001	0,018	1,50	3825,644	3825,559	2,150	2,200
C - (36)	C - (4)	0,37	3,83	0,044	0,016	0,169	0,002	0,017	0,003	0,035	1,50	3825,559	3824,774	2,200	1,900
C - (37)	C - (36)	0,36	1,50	0,044	0,016	0,066	0,002	0,007	0,003	0,014	1,50	3838,140	3825,559	1,100	1,100
C - (38)	C - (39)	0,39	0,39	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3849,476	3828,041	1,100	1,100
C - (39)	C - (4)	0,36	1,52	0,044	0,016	0,067	0,002	0,007	0,003	0,014	1,50	3828,041	3824,774	1,350	1,100
C - (40)	C - (41)	0,35	0,35	0,044	0,016	0,016	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3868,718	3850,154	1,100	1,100
C - (41)	C - (42)	0,38	0,73	0,044	0,017	0,032	0,002	0,003	0,003	0,007	1,50	3850,154	3836,814	1,100	1,100
C - (42)	C - (43)	0,29	1,02	0,044	0,013	0,045	0,001	0,004	0,003	0,009	1,50	3836,814	3830,334	1,100	1,100
C - (43)	C - (44)	0,38	1,39	0,044	0,017	0,062	0,002	0,006	0,003	0,013	1,50	3830,334	3820,392	1,100	1,100
C - (44)	C - (45)	0,04	1,60	0,044	0,002	0,071	0,000	0,007	0,000	0,014	1,50	3820,392	3819,703	1,100	1,100
C - (45)	C - (46)	0,21	1,81	0,044	0,009	0,080	0,001	0,008	0,002	0,016	1,50	3819,703	3818,768	1,100	1,100
C - (46)	C - (47)	0,16	2,13	0,044	0,007	0,094	0,001	0,009	0,001	0,019	1,50	3818,768	3817,097	1,100	1,100
C - (47)	C - (48)	0,06	2,85	0,044	0,003	0,126	0,000	0,013	0,001	0,026	1,50	3817,097	3816,497	1,100	1,100
C - (48)	C - (5)	0,31	3,16	0,044	0,014	0,139	0,001	0,014	0,003	0,029	1,50	3816,497	3816,417	1,100	1,400
C - (49)	C - (46)	0,16	0,16	0,044	0,007	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001	1,50	3823,725	3818,768	1,100	1,100
C - (50)	C - (44)	0,16	0,16	0,044	0,007	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001	1,50	3823,413	3820,392	1,100	1,100

DATOS		CAUDALES										DISEÑO			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cámara		Area tributaria		Residual doméstica			Conexiones erradas		Infiltración		Caudal máximo	Cotas			
De	A	Propia	Acum.	Caudal Unitario	Propio 4 x 6	Acum.	Propio	Acum.	Propio	Acum.		RASANTE		ALTURA CAMARAS	
Nº	Nº	A (Ha)	A (Ha)	qu (L/s Ha)	qu x A (L/s)	qu x A (L/s)	Qe (L/s)	Qe (L/s)	Qi (L/s)	Qi (L/s)	Qmax (L/s)	SUP. (msnm)	INF. (msnm)	SUP. (m)	INF. (m)
C - (51)	C - (52)	0,40	0,40	0,044	0,018	0,018	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3823,071	3818,719	1,100	1,100
C - (52)	C - (53)	0,06	0,46	0,044	0,003	0,020	0,000	0,002	0,001	0,004	1,50	3818,719	3818,254	1,100	1,100
C - (53)	C - (47)	0,19	0,65	0,044	0,008	0,029	0,001	0,003	0,002	0,006	1,50	3818,254	3817,097	1,100	1,100
C - (54)	C - (55)	0,22	1,04	0,044	0,010	0,046	0,001	0,005	0,002	0,009	1,50	3815,834	3812,075	1,100	1,100
C - (55)	C - (6)	0,23	1,27	0,044	0,010	0,056	0,001	0,006	0,002	0,011	1,50	3812,075	3811,933	2,600	2,750
C - (56)	C - (57)	0,20	0,20	0,044	0,009	0,009	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3817,480	3814,714	1,100	1,100
C - (57)	C - (58)	0,17	0,37	0,044	0,008	0,016	0,001	0,002	0,002	0,003	1,50	3814,714	3811,437	1,100	1,100
C - (58)	C - (59)	0,14	0,62	0,044	0,006	0,028	0,001	0,003	0,001	0,006	1,50	3811,437	3810,965	1,560	1,260
C - (59)	C - (55)	0,19	0,81	0,044	0,008	0,036	0,001	0,004	0,002	0,007	1,50	3810,965	3812,075	1,260	2,600
C - (60)	C - (58)	0,11	0,11	0,044	0,005	0,005	0,000	0,000	0,001	0,001	1,50	3811,115	3811,437	1,100	1,560
C - (61)	C - (62)	0,14	0,14	0,044	0,006	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	1,50	3818,722	3816,968	1,100	1,100
C - (62)	C - (63)	0,25	0,58	0,044	0,011	0,025	0,001	0,003	0,002	0,005	1,50	3816,968	3813,600	1,100	1,100
C - (63)	C - (8)	0,30	0,88	0,044	0,013	0,039	0,001	0,004	0,003	0,008	1,50	3813,600	3810,880	1,100	1,100
C - (64)	C - (65)	0,24	0,24	0,044	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3821,766	3817,559	1,100	1,100
C - (65)	C - (66)	0,27	0,75	0,044	0,012	0,033	0,001	0,003	0,002	0,007	1,50	3817,559	3812,927	1,350	1,100
C - (66)	C - (9)	0,27	1,02	0,044	0,012	0,045	0,001	0,004	0,002	0,009	1,50	3812,927	3810,763	1,100	1,100
C - (67)	C - (68)	0,23	0,23	0,044	0,010	0,010	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3825,230	3817,807	1,100	1,100
C - (68)	C - (69)	0,25	1,06	0,044	0,011	0,047	0,001	0,005	0,002	0,010	1,50	3817,807	3812,441	1,100	1,100
C - (69)	C - (10)	0,26	1,32	0,044	0,011	0,058	0,001	0,006	0,002	0,012	1,50	3812,441	3810,445	1,100	1,100
C - (70)	C - (62)	0,19	0,19	0,044	0,009	0,009	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3817,580	3816,968	1,100	1,100
C - (71)	C - (65)	0,24	0,24	0,044	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3817,645	3817,559	1,100	1,350
C - (72)	C - (33)	0,30	0,30	0,044	0,013	0,013	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3844,444	3839,632	1,100	1,100
C - (73)	C - (74)	0,32	0,32	0,044	0,014	0,014	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3820,413	3819,586	1,100	1,100
C - (74)	C - (68)	0,27	0,59	0,044	0,012	0,026	0,001	0,003	0,002	0,005	1,50	3819,586	3817,807	1,100	1,100
C - (75)	C - (76)	0,39	0,39	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3833,675	3828,284	1,100	1,100
C - (76)	C - (39)	0,39	0,77	0,044	0,017	0,034	0,002	0,003	0,004	0,007	1,50	3828,284	3828,041	1,100	1,350
C - (77)	C - (86)	0,10	2,37	0,044	0,005	0,105	0,000	0,010	0,001	0,022	1,50	3835,075	3833,147	1,100	1,100
C - (78)	C - (79)	0,39	0,39	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3856,740	3853,559	1,100	1,100
C - (79)	C - (80)	0,36	0,74	0,044	0,016	0,033	0,002	0,003	0,003	0,007	1,50	3853,559	3850,673	1,100	1,100
C - (80)	C - (81)	0,32	1,07	0,044	0,014	0,047	0,001	0,005	0,003	0,010	1,50	3850,673	3846,880	1,100	1,100
C - (81)	C - (82)	0,29	1,36	0,044	0,013	0,060	0,001	0,006	0,003	0,012	1,50	3846,880	3843,146	1,100	1,100
C - (82)	C - (83)	0,20	1,56	0,044	0,009	0,069	0,001	0,007	0,002	0,014	1,50	3843,146	3840,236	1,100	1,100
C - (83)	C - (77)	0,07	1,63	0,044	0,003	0,072	0,000	0,007	0,001	0,015	1,50	3840,236	3835,075	1,100	1,100
C - (84)	C - (85)	0,33	0,33	0,044	0,015	0,015	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3843,822	3838,972	1,100	1,100
C - (85)	C - (77)	0,31	0,64	0,044	0,014	0,028	0,001	0,003	0,003	0,006	1,50	3838,972	3835,075	1,100	1,100
C - (86)	C - (87)	0,31	2,69	0,044	0,014	0,119	0,001	0,012	0,003	0,024	1,50	3833,147	3820,609	1,100	1,100
C - (87)	C - (12)	0,36	3,69	0,044	0,016	0,163	0,002	0,016	0,003	0,033	1,50	3820,609	3810,471	1,100	1,100
C - (88)	C - (89)	0,38	0,38	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3825,988	3822,466	1,100	1,100
C - (89)	C - (87)	0,27	0,64	0,044	0,012	0,028	0,001	0,003	0,002	0,006	1,50	3822,466	3820,609	1,100	1,100
C - (90)	C - (91)	0,35	0,35	0,044	0,016	0,016	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3841,063	3826,827	1,100	1,100
C - (91)	C - (14)	0,43	1,30	0,044	0,019	0,057	0,002	0,006	0,004	0,012	1,50	3826,827	3810,897	1,100	1,100
C - (92)	C - (93)	0,38	0,38	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3848,140	3831,444	1,100	1,100
C - (93)	C - (94)	0,19	3,59	0,044	0,008	0,159	0,001	0,016	0,002	0,033	1,50	3831,444	3824,820	1,100	1,100
C - (94)	C - (16)	0,37	3,97	0,044	0,016	0,175	0,002	0,018	0,003	0,036	1,50	3824,820	3813,392	1,100	1,100
C - (95)	C - (96)	0,25	0,25	0,044	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3830,836	3829,584	1,100	1,100
C - (96)	C - (91)	0,26	0,52	0,044	0,012	0,023	0,001	0,002	0,002	0,005	1,50	3829,584	3826,827	1,100	1,100
C - (97)	C - (17)	0,29	0,29	0,044	0,013	0,013	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3818,851	3811,909	1,100	1,100
C - (98)	C - (99)	0,38	0,38	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3852,006	3833,774	1,100	1,100
C - (99)	C - (93)	0,39	3,02	0,044	0,017	0,134	0,002	0,013	0,004	0,027	1,50	3833,774	3831,444	1,100	1,100
C - (100)	C - (101)	0,21	0,21	0,044	0,009	0,009	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3854,937	3853,401	1,100	1,100

DATOS		CAUDALES										DISEÑO			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cámara		Area tributaria		Residual doméstica			Conexiones erradas		Infiltración		Caudal máximo	Cotas			
De	A	Propia	Acum.	Caudal Unitario	Propio 4 x 6	Acum.	Propio	Acum.	Propio	Acum.		RASANTE		ALTURA CAMARAS	
Nº	Nº	A (Ha)	A (Ha)	qu (L/s Ha)	qu x A (L/s)	qu x A (L/s)	Qe (L/s)	Qe (L/s)	Qi (L/s)	Qi (L/s)	Qmax (L/s)	SUP. (msnm)	INF. (msnm)	SUP. (m)	INF. (m)
C - (101)	C - (102)	0,24	0,45	0,044	0,011	0,020	0,001	0,002	0,002	0,004	1,50	3853,401	3852,064	1,100	1,100
C - (102)	C - (103)	0,22	0,67	0,044	0,010	0,030	0,001	0,003	0,002	0,006	1,50	3852,064	3839,605	1,100	1,100
C - (103)	C - (104)	0,38	1,06	0,044	0,017	0,047	0,002	0,005	0,003	0,010	1,50	3839,605	3818,521	1,100	1,100
C - (104)	C - (24)	0,30	8,54	0,044	0,013	0,377	0,001	0,038	0,003	0,077	1,50	3818,521	3810,597	3,700	1,150
C - (105)	C - (106)	0,20	0,20	0,044	0,009	0,009	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3851,975	3851,470	1,100	1,100
C - (106)	C - (107)	0,40	0,60	0,044	0,018	0,027	0,002	0,003	0,004	0,005	1,50	3851,470	3848,135	1,100	1,100
C - (107)	C - (108)	0,26	0,86	0,044	0,012	0,038	0,001	0,004	0,002	0,008	1,50	3848,135	3846,768	1,100	1,100
C - (108)	C - (109)	0,23	1,10	0,044	0,010	0,048	0,001	0,005	0,002	0,010	1,50	3846,768	3845,580	1,100	1,100
C - (109)	C - (110)	0,17	1,27	0,044	0,008	0,056	0,001	0,006	0,002	0,012	1,50	3845,580	3843,843	1,100	1,100
C - (110)	C - (111)	0,30	1,56	0,044	0,013	0,069	0,001	0,007	0,003	0,014	1,50	3843,843	3840,256	1,100	1,100
C - (111)	C - (112)	0,36	1,92	0,044	0,016	0,085	0,002	0,008	0,003	0,017	1,50	3840,256	3836,136	1,100	1,100
C - (112)	C - (99)	0,33	2,25	0,044	0,015	0,100	0,001	0,010	0,003	0,020	1,50	3836,136	3833,774	1,100	1,100
C - (113)	C - (114)	0,35	0,35	0,044	0,016	0,016	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3843,060	3829,127	1,100	1,100
C - (114)	C - (115)	0,36	1,64	0,044	0,016	0,072	0,002	0,007	0,003	0,015	1,50	3829,127	3819,493	2,500	1,100
C - (115)	C - (21)	0,44	2,46	0,044	0,019	0,109	0,002	0,011	0,004	0,022	1,50	3819,493	3812,612	1,100	1,100
C - (116)	C - (117)	0,14	0,14	0,044	0,006	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	1,50	3832,526	3833,991	1,100	2,750
C - (117)	C - (118)	0,29	0,43	0,044	0,013	0,019	0,001	0,002	0,003	0,004	1,50	3833,991	3832,827	2,750	1,950
C - (118)	C - (119)	0,37	0,80	0,044	0,016	0,035	0,002	0,004	0,003	0,007	1,50	3832,827	3820,206	1,950	1,100
C - (119)	C - (19)	0,34	1,14	0,044	0,015	0,050	0,002	0,005	0,003	0,010	1,50	3820,206	3811,744	1,100	1,100
C - (120)	C - (115)	0,39	0,39	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3821,834	3819,493	1,100	1,100
C - (121)	C - (122)	0,43	0,43	0,044	0,019	0,019	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3835,139	3828,339	1,100	1,100
C - (122)	C - (123)	0,40	0,83	0,044	0,018	0,037	0,002	0,004	0,004	0,008	1,50	3828,339	3830,453	1,100	3,700
C - (123)	C - (114)	0,09	0,92	0,044	0,004	0,041	0,000	0,004	0,001	0,008	1,50	3830,453	3829,127	3,700	2,500
C - (124)	C - (125)	0,25	0,25	0,044	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3855,374	3844,261	1,100	1,100
C - (125)	C - (126)	0,23	0,48	0,044	0,010	0,021	0,001	0,002	0,002	0,004	1,50	3844,261	3834,927	1,100	1,100
C - (126)	C - (127)	0,38	1,24	0,044	0,017	0,055	0,002	0,005	0,003	0,011	1,50	3834,927	3818,627	1,100	1,100
C - (127)	C - (129)	0,22	6,95	0,044	0,010	0,307	0,001	0,031	0,002	0,063	1,50	3818,627	3816,190	3,000	1,150
C - (128)	C - (24)	0,46	7,12	0,044	0,020	0,315	0,002	0,031	0,004	0,065	1,50	3811,645	3810,597	3,250	2,600
C - (129)	C - (104)	0,24	7,19	0,044	0,011	0,317	0,001	0,032	0,002	0,065	1,50	3816,190	3818,521	1,150	3,700
C - (130)	C - (126)	0,39	0,39	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3841,512	3834,927	1,100	1,100
C - (131)	C - (132)	0,31	0,31	0,044	0,014	0,014	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3878,590	3856,526	1,100	1,100
C - (132)	C - (133)	0,32	0,63	0,044	0,014	0,028	0,001	0,003	0,003	0,006	1,50	3856,526	3857,022	1,100	2,000
C - (133)	C - (134)	0,29	2,43	0,044	0,013	0,107	0,001	0,011	0,003	0,022	1,50	3857,022	3836,205	2,000	1,100
C - (134)	C - (135)	0,39	3,77	0,044	0,017	0,166	0,002	0,017	0,004	0,034	1,50	3836,205	3817,218	1,100	1,100
C - (135)	C - (127)	0,50	5,48	0,044	0,022	0,242	0,002	0,024	0,004	0,050	1,50	3817,218	3818,627	1,150	3,000
C - (136)	C - (137)	0,33	0,33	0,044	0,014	0,014	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3882,548	3858,304	1,100	1,100
C - (137)	C - (133)	0,30	1,52	0,044	0,013	0,067	0,001	0,007	0,003	0,014	1,50	3858,304	3857,022	1,100	1,100
C - (138)	C - (139)	0,29	0,29	0,044	0,013	0,013	0,001	0,001	0,003	0,003	1,50	3889,157	3861,970	1,100	1,100
C - (139)	C - (140)	0,23	0,52	0,044	0,010	0,023	0,001	0,002	0,002	0,005	1,50	3861,970	3860,700	1,100	1,100
C - (140)	C - (137)	0,38	0,89	0,044	0,017	0,039	0,002	0,004	0,003	0,008	1,50	3860,700	3858,304	1,100	1,100
C - (141)	C - (142)	0,25	0,25	0,044	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3858,008	3842,504	1,100	1,100
C - (142)	C - (143)	0,35	0,61	0,044	0,016	0,027	0,002	0,003	0,003	0,006	1,50	3842,504	3837,268	1,100	1,100
C - (143)	C - (134)	0,34	0,95	0,044	0,015	0,042	0,001	0,004	0,003	0,009	1,50	3837,268	3836,205	1,100	1,100
C - (144)	C - (128)	0,25	0,25	0,044	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3815,205	3811,645	1,100	1,100
C - (145)	C - (146)	0,24	0,24	0,044	0,010	0,010	0,001	0,001	0,002	0,002	1,50	3815,532	3811,919	1,100	1,100
C - (146)	C - (147)	0,08	0,31	0,044	0,003	0,014	0,000	0,001	0,001	0,003	1,50	3811,919	3810,785	1,100	1,100
C - (147)	C - (148)	0,24	6,22	0,044	0,011	0,275	0,001	0,027	0,002	0,056	1,50	3810,785	3810,759	2,000	2,200
C - (148)	C - (128)	0,20	6,42	0,044	0,009	0,284	0,001	0,028	0,002	0,058	1,50	3810,759	3811,645	2,200	3,250
C - (149)	C - (150)	0,38	5,28	0,044	0,017	0,233	0,002	0,023	0,003	0,048	1,50	3810,656	3810,868	1,150	1,750

DATOS		CAUDALES										DISEÑO			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cámara		Area tributaria		Residual doméstica			Conexiones erradas		Infiltración		Caudal máximo	Cotas			
De	A	Propia	Acum.	Caudal Unitario	Propio 4 x 6	Acum.	Propio	Acum.	Propio	Acum.		RASANTE		ALTURA CAMARAS	
Nº	Nº	A (Ha)	A (Ha)	qu (L/s Ha)	qu x A (L/s)	qu x A (L/s)	Qe (L/s)	Qe (L/s)	Qi (L/s)	Qi (L/s)	Qmax (L/s)	SUP. (msnm)	INF. (msnm)	SUP. (m)	INF. (m)
C - (150)	C - (147)	0,39	5,67	0,044	0,017	0,250	0,002	0,025	0,004	0,051	1,50	3810,868	3810,785	1,750	2,000
C - (151)	C - (152)	0,54	0,54	0,044	0,024	0,024	0,002	0,002	0,005	0,005	1,50	3830,937	3823,666	1,100	1,100
C - (152)	C - (153)	0,36	0,90	0,044	0,016	0,040	0,002	0,004	0,003	0,008	1,50	3823,666	3819,197	1,100	1,100
C - (153)	C - (135)	0,32	1,22	0,044	0,014	0,054	0,001	0,005	0,003	0,011	1,50	3819,197	3817,218	1,100	1,100
C - (154)	C - (149)	0,47	0,47	0,044	0,021	0,021	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3821,604	3810,656	1,100	1,100
C - (155)	C - (156)	0,35	0,35	0,044	0,015	0,015	0,002	0,002	0,003	0,003	1,50	3866,436	3867,233	1,100	2,350
C - (156)	C - (157)	0,29	0,64	0,044	0,013	0,028	0,001	0,003	0,003	0,006	1,50	3867,233	3868,357	2,350	3,850
C - (157)	C - (158)	0,29	0,92	0,044	0,013	0,041	0,001	0,004	0,003	0,008	1,50	3868,357	3852,201	3,850	1,100
C - (158)	C - (159)	0,26	1,19	0,044	0,012	0,052	0,001	0,005	0,002	0,011	1,50	3852,201	3839,183	1,100	1,100
C - (159)	C - (160)	0,28	1,46	0,044	0,012	0,065	0,001	0,006	0,003	0,013	1,50	3839,183	3834,895	1,100	1,100
C - (160)	C - (161)	0,25	1,71	0,044	0,011	0,076	0,001	0,008	0,002	0,016	1,50	3834,895	3836,181	1,100	2,700
C - (161)	C - (162)	0,26	3,45	0,044	0,012	0,152	0,001	0,015	0,002	0,031	1,50	3836,181	3831,391	2,700	1,100
C - (162)	C - (163)	0,28	3,73	0,044	0,012	0,165	0,001	0,016	0,003	0,034	1,50	3831,391	3821,470	1,100	1,100
C - (163)	C - (164)	0,31	4,04	0,044	0,014	0,178	0,001	0,018	0,003	0,037	1,50	3821,470	3810,976	1,100	1,100
C - (164)	C - (149)	0,38	4,42	0,044	0,017	0,195	0,002	0,020	0,003	0,040	1,50	3810,976	3810,656	1,150	1,150
C - (165)	C - (166)	0,39	0,39	0,044	0,017	0,017	0,002	0,002	0,004	0,004	1,50	3857,216	3853,395	1,100	1,100
C - (166)	C - (167)	0,39	0,77	0,044	0,017	0,034	0,002	0,003	0,004	0,007	1,50	3853,395	3849,412	1,100	1,100
C - (167)	C - (168)	0,32	1,10	0,044	0,014	0,048	0,001	0,005	0,003	0,010	1,50	3849,412	3848,583	1,100	1,100
C - (168)	C - (161)	0,38	1,47	0,044	0,017	0,065	0,002	0,007	0,003	0,013	1,50	3848,583	3836,181	1,100	1,100

DATOS		DISEÑO										CONDIC. DE FLUJO PARA CAUDAL MAXIMO					
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Cámara		Cotas		Longitud	Pendiente	Pendiente	Diámetro	Para Sección plena		Relación	Propiedades hidráulicas			Velocidad real	Tensión tractiva		
De	A	SOLERA			del	del		Capac.	Veloc.		de	Velocidad	Tirante			Radio	
Nº	Nº	Inicial	Final		Terreno	Colector				caudal	Velocidad		hidráulico	23 x 25			
		(msnm)	(msnm)	(m)	S	S	D	QII	VII	Qp/QII	Vp/VII	h/D	R/D	Vp	T		
					(o/oo)	(o/oo)	(m)	(L/s)	(m/s)	13 / 22				(m/s)	(Pa)		
C - (1)	C - (2)	3858,272	3854,400	29,60	130,81	130,81	0,10	18,70	2,38	0,080209	0,599	0,192	0,12	1,426	14,89		
C - (2)	C - (3)	3854,400	3842,345	61,60	195,70	195,70	0,10	22,87	2,91	0,065577	0,565	0,174	0,11	1,644	20,37		
C - (3)	C - (4)	3842,345	3823,674	76,00	245,67	245,67	0,10	25,63	3,26	0,058529	0,546	0,164	0,10	1,780	24,29		
C - (4)	C - (5)	3822,874	3815,317	61,40	136,11	123,08	0,10	18,14	2,31	0,082691	0,605	0,195	0,12	1,396	14,20		
C - (5)	C - (6)	3815,017	3810,833	58,60	76,52	71,40	0,10	13,82	1,76	0,108567	0,655	0,223	0,13	1,151	9,28		
C - (6)	C - (7)	3809,183	3809,086	21,00	36,52	4,62	0,15	10,36	0,59	0,144775	0,712	0,257	0,15	0,417	1,02		
C - (7)	C - (8)	3809,086	3808,980	21,90	13,06	4,84	0,15	10,61	0,60	0,141429	0,707	0,254	0,15	0,424	1,06		
C - (8)	C - (9)	3808,980	3808,763	48,50	2,41	4,48	0,15	10,20	0,58	0,147087	0,715	0,259	0,15	0,412	1,00		
C - (9)	C - (10)	3808,763	3808,545	48,50	6,56	4,49	0,15	10,22	0,58	0,146762	0,715	0,259	0,15	0,413	1,00		
C - (10)	C - (11)	3808,545	3808,298	53,70	-0,43	4,60	0,15	10,34	0,58	0,145080	0,712	0,257	0,15	0,416	1,02		
C - (11)	C - (12)	3808,298	3808,071	50,30	-0,06	4,51	0,15	10,24	0,58	0,146467	0,714	0,259	0,15	0,414	1,00		
C - (12)	C - (13)	3808,071	3807,775	64,80	3,18	4,57	0,15	10,30	0,58	0,145583	0,713	0,258	0,15	0,415	1,01		
C - (13)	C - (14)	3807,775	3807,467	66,80	-9,46	4,61	0,15	10,35	0,59	0,144905	0,712	0,257	0,15	0,417	1,02		
C - (14)	C - (15)	3807,467	3807,173	63,70	-9,83	4,62	0,15	10,36	0,59	0,144833	0,712	0,257	0,15	0,417	1,02		
C - (15)	C - (16)	3807,173	3806,872	65,90	-28,36	4,57	0,15	10,30	0,58	0,145589	0,713	0,258	0,15	0,415	1,01		
C - (16)	C - (17)	3806,872	3806,509	80,00	18,54	4,54	0,15	10,27	0,58	0,150215	0,720	0,262	0,15	0,418	1,02		
C - (17)	C - (18)	3806,509	3806,321	40,60	8,08	4,63	0,15	10,37	0,59	0,151531	0,721	0,263	0,15	0,423	1,04		
C - (18)	C - (19)	3806,321	3806,094	45,20	-3,61	5,02	0,15	10,80	0,61	0,146834	0,715	0,259	0,15	0,437	1,12		
C - (19)	C - (20)	3806,094	3805,707	79,90	-11,43	4,84	0,15	10,61	0,60	0,158105	0,730	0,269	0,16	0,438	1,11		
C - (20)	C - (21)	3805,707	3805,412	63,40	0,71	4,65	0,15	10,40	0,59	0,163249	0,737	0,273	0,16	0,433	1,08		
C - (21)	C - (22)	3805,412	3805,033	72,50	12,81	5,23	0,15	11,02	0,62	0,168982	0,744	0,278	0,16	0,464	1,23		
C - (22)	C - (23)	3805,033	3804,680	69,20	10,88	5,10	0,15	10,89	0,62	0,173085	0,749	0,282	0,16	0,461	1,22		
C - (23)	C - (24)	3804,680	3804,497	31,40	10,61	5,83	0,15	11,64	0,66	0,162790	0,737	0,273	0,16	0,485	1,36		
C - (24)	C - (25)	3804,497	3804,372	27,40	33,76	4,56	0,15	10,30	0,58	0,272565	0,851	0,357	0,20	0,496	1,32		
C - (26)	C - (27)	3858,296	3851,461	38,40	177,99	177,99	0,10	21,81	2,78	0,068761	0,573	0,178	0,11	1,589	18,92		
C - (27)	C - (28)	3851,461	3838,483	44,80	289,69	289,69	0,10	27,83	3,54	0,053899	0,532	0,158	0,10	1,886	27,61		
C - (28b)	C - (28)	3840,890	3838,483	32,40	74,29	74,29	0,10	14,09	1,79	0,106434	0,651	0,220	0,13	1,167	9,56		
C - (28)	C - (37)	3838,483	3837,040	28,50	50,63	50,63	0,10	11,63	1,48	0,128925	0,689	0,243	0,14	1,019	7,09		
C - (29)	C - (32)	3850,475	3849,976	70,00	0,70	7,13	0,10	4,37	0,56	0,343594	0,907	0,405	0,22	0,504	1,51		
C - (30)	C - (37)	3837,913	3837,040	63,60	13,73	13,73	0,10	6,06	0,77	0,247610	0,829	0,339	0,19	0,639	2,54		
C - (31)	C - (32)	3865,221	3850,426	60,90	242,94	242,94	0,10	25,49	3,24	0,058857	0,547	0,165	0,10	1,773	24,09		
C - (32)	C - (33)	3849,976	3838,532	45,30	262,56	252,63	0,10	25,99	3,31	0,057717	0,544	0,163	0,10	1,798	24,84		
C - (33)	C - (34)	3838,532	3823,840	56,50	260,04	260,04	0,10	26,37	3,36	0,056889	0,541	0,162	0,10	1,814	25,36		
C - (34)	C - (35)	3823,840	3823,494	49,20	-14,31	7,03	0,10	4,34	0,55	0,345932	0,909	0,406	0,22	0,501	1,49		
C - (35)	C - (36)	3823,494	3823,359	18,70	4,55	7,22	0,10	4,39	0,56	0,341429	0,905	0,403	0,22	0,506	1,53		
C - (36)	C - (4)	3823,359	3822,874	66,20	11,86	7,33	0,10	4,43	0,56	0,338926	0,903	0,401	0,21	0,509	1,54		
C - (37)	C - (36)	3837,040	3824,459	65,10	193,26	193,26	0,10	22,73	2,89	0,065990	0,566	0,174	0,11	1,636	20,17		
C - (38)	C - (39)	3848,376	3826,941	70,00	306,21	306,21	0,10	28,61	3,64	0,052424	0,528	0,156	0,10	1,924	28,84		
C - (39)	C - (4)	3826,691	3823,674	65,00	50,26	46,42	0,10	11,14	1,42	0,134653	0,697	0,248	0,15	0,987	6,62		
C - (40)	C - (41)	3867,618	3849,054	63,80	290,97	290,97	0,10	27,89	3,55	0,053780	0,532	0,158	0,10	1,890	27,73		
C - (41)	C - (42)	3849,054	3835,714	68,00	196,18	196,18	0,10	22,90	2,91	0,065497	0,565	0,174	0,11	1,646	20,42		
C - (42)	C - (43)	3835,714	3829,234	52,40	123,66	123,66	0,10	18,18	2,31	0,082494	0,604	0,194	0,12	1,397	14,24		
C - (43)	C - (44)	3829,234	3819,292	68,20	145,78	145,78	0,10	19,74	2,51	0,075980	0,590	0,187	0,11	1,482	16,20		
C - (44)	C - (45)	3819,292	3818,603	7,80	88,33	88,33	0,10	15,37	1,96	0,097608	0,635	0,211	0,13	1,241	10,96		
C - (45)	C - (46)	3818,603	3817,668	38,20	24,48	24,48	0,10	8,09	1,03	0,185427	0,764	0,292	0,17	0,786	4,01		
C - (46)	C - (47)	3817,668	3815,997	29,60	56,45	56,45	0,10	12,29	1,56	0,122097	0,678	0,236	0,14	1,060	7,73		
C - (47)	C - (48)	3815,997	3815,397	11,50	52,17	52,17	0,10	11,81	1,50	0,127005	0,685	0,241	0,14	1,030	7,26		
C - (48)	C - (5)	3815,397	3815,017	56,30	1,42	6,75	0,10	4,25	0,54	0,353109	0,914	0,411	0,22	0,494	1,45		
C - (49)	C - (46)	3822,625	3817,668	29,40	168,61	168,61	0,10	21,23	2,70	0,070650	0,577	0,180	0,11	1,560	18,15		
C - (50)	C - (44)	3822,313	3819,292	29,20	103,46	103,46	0,10	16,63	2,12	0,090191	0,621	0,203	0,12	1,313	12,40		

DATOS		DISEÑO										CONDIC. DE FLUJO PARA CAUDAL MAXIMO					
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Cámara		Cotas		Longitud	Pendiente	Pendiente	Diámetro	Para Sección plena		Relación	Propiedades hidráulicas			Velocidad real	Tensión tractiva		
De	A	SOLERA			del	del		Capac.	Veloc.		de	Velocidad	Tirante			Radio	
Nº	Nº	Inicial	Final		Terreno	Colector					caudal		Velocidad	h/D	R/D	Vp	T
		(msnm)	(msnm)	(m)	S (o/oo)	S (o/oo)	D (m)	QII (L/s)	VII (m/s)	Qp/QII	Vp/VII			(m/s)	(Pa)		
										13 / 22							
C - (51)	C - (52)	3821,971	3817,619	72,80	59,78	59,78	0,10	12,64	1,61	0,118650	0,672	0,233	0,14	1,081	8,08		
C - (52)	C - (53)	3817,619	3817,154	10,90	42,66	42,66	0,10	10,68	1,36	0,140454	0,705	0,253	0,15	0,959	6,20		
C - (53)	C - (47)	3817,154	3815,997	34,30	33,73	33,73	0,10	9,50	1,21	0,157953	0,730	0,269	0,16	0,882	5,16		
C - (54)	C - (55)	3814,734	3810,975	40,60	92,59	92,59	0,10	15,73	2,00	0,095340	0,630	0,209	0,13	1,262	11,37		
C - (55)	C - (6)	3809,475	3809,183	41,40	3,43	7,05	0,10	4,34	0,55	0,345426	0,908	0,406	0,22	0,502	1,50		
C - (56)	C - (57)	3816,380	3813,614	36,60	75,57	75,57	0,10	14,21	1,81	0,105526	0,649	0,219	0,13	1,174	9,69		
C - (57)	C - (58)	3813,614	3810,337	31,10	105,37	105,37	0,10	16,78	2,14	0,089369	0,619	0,202	0,12	1,321	12,58		
C - (58)	C - (59)	3809,877	3809,705	25,60	18,44	6,72	0,10	4,24	0,54	0,353918	0,914	0,411	0,22	0,493	1,44		
C - (59)	C - (55)	3809,705	3809,475	34,30	-32,36	6,71	0,10	4,23	0,54	0,354266	0,914	0,411	0,22	0,493	1,44		
C - (60)	C - (58)	3810,015	3809,877	19,90	-16,18	6,93	0,10	4,31	0,55	0,348364	0,910	0,408	0,22	0,499	1,48		
C - (61)	C - (62)	3817,622	3815,868	24,80	70,73	70,73	0,10	13,75	1,75	0,109083	0,656	0,223	0,13	1,148	9,21		
C - (62)	C - (63)	3815,868	3812,500	44,70	75,35	75,35	0,10	14,19	1,81	0,105685	0,650	0,220	0,13	1,173	9,68		
C - (63)	C - (8)	3812,500	3809,780	54,60	49,82	49,82	0,10	11,54	1,47	0,129975	0,690	0,244	0,14	1,013	7,00		
C - (64)	C - (65)	3820,666	3816,459	43,70	96,27	96,27	0,10	16,04	2,04	0,093498	0,627	0,207	0,12	1,280	11,72		
C - (65)	C - (66)	3816,209	3811,827	48,60	95,31	90,16	0,10	15,53	1,98	0,096611	0,633	0,210	0,13	1,251	11,14		
C - (66)	C - (9)	3811,827	3809,663	48,90	44,25	44,25	0,10	10,88	1,38	0,137903	0,701	0,251	0,15	0,971	6,38		
C - (67)	C - (68)	3824,130	3816,707	41,00	181,05	181,05	0,10	22,00	2,80	0,068179	0,571	0,177	0,11	1,598	19,14		
C - (68)	C - (69)	3816,707	3811,341	45,10	118,98	118,98	0,10	17,84	2,27	0,084103	0,608	0,196	0,12	1,379	13,82		
C - (69)	C - (10)	3811,341	3809,345	46,80	42,65	42,65	0,10	10,68	1,36	0,140472	0,705	0,253	0,15	0,959	6,20		
C - (70)	C - (62)	3816,480	3815,868	35,10	17,44	17,44	0,10	6,83	0,87	0,219697	0,802	0,319	0,18	0,697	3,07		
C - (71)	C - (65)	3816,545	3816,209	43,20	1,99	7,78	0,10	4,56	0,58	0,328942	0,896	0,395	0,21	0,520	1,62		
C - (72)	C - (33)	3843,344	3838,532	54,40	88,46	88,46	0,10	15,38	1,96	0,097540	0,635	0,211	0,13	1,242	10,97		
C - (73)	C - (74)	3819,313	3818,486	57,20	14,46	14,46	0,10	6,22	0,79	0,241264	0,823	0,335	0,19	0,651	2,65		
C - (74)	C - (68)	3818,486	3816,707	49,30	36,09	36,09	0,10	9,82	1,25	0,152715	0,723	0,264	0,15	0,903	5,44		
C - (75)	C - (76)	3832,575	3827,184	70,00	77,01	77,01	0,10	14,35	1,83	0,104535	0,647	0,218	0,13	1,182	9,83		
C - (76)	C - (39)	3827,184	3826,691	70,00	3,47	7,04	0,10	4,34	0,55	0,345678	0,908	0,406	0,22	0,501	1,50		
C - (77)	C - (86)	3833,975	3832,047	18,70	103,10	103,10	0,10	16,60	2,11	0,090347	0,621	0,203	0,12	1,311	12,36		
C - (78)	C - (79)	3855,640	3852,459	70,00	45,44	45,44	0,10	11,02	1,40	0,136086	0,699	0,249	0,15	0,980	6,51		
C - (79)	C - (80)	3852,459	3849,573	64,70	44,61	44,61	0,10	10,92	1,39	0,137357	0,701	0,250	0,15	0,974	6,42		
C - (80)	C - (81)	3849,573	3845,780	58,50	64,84	64,84	0,10	13,17	1,68	0,113929	0,664	0,228	0,14	1,113	8,61		
C - (81)	C - (82)	3845,780	3842,046	53,10	70,32	70,32	0,10	13,71	1,74	0,109397	0,656	0,223	0,13	1,144	9,16		
C - (82)	C - (83)	3842,046	3839,136	36,30	80,17	80,17	0,10	14,64	1,86	0,102460	0,644	0,216	0,13	1,199	10,15		
C - (83)	C - (77)	3839,136	3833,975	12,80	403,20	403,20	0,10	32,83	4,18	0,045686	0,507	0,146	0,09	2,119	35,72		
C - (84)	C - (85)	3842,722	3837,872	60,50	80,17	80,17	0,10	14,64	1,86	0,102460	0,644	0,216	0,13	1,199	10,15		
C - (85)	C - (77)	3837,872	3833,975	55,50	70,22	70,22	0,10	13,70	1,74	0,109478	0,657	0,224	0,13	1,145	9,16		
C - (86)	C - (87)	3832,047	3819,509	57,00	219,96	219,96	0,10	24,25	3,09	0,061854	0,555	0,169	0,10	1,712	22,30		
C - (87)	C - (12)	3819,509	3809,371	65,40	155,02	155,02	0,10	20,36	2,59	0,073682	0,584	0,184	0,11	1,513	16,98		
C - (88)	C - (89)	3824,888	3821,366	68,10	51,72	51,72	0,10	11,76	1,50	0,127563	0,686	0,241	0,14	1,027	7,21		
C - (89)	C - (87)	3821,366	3819,509	48,30	38,45	38,45	0,10	10,14	1,29	0,147950	0,717	0,260	0,15	0,924	5,72		
C - (90)	C - (91)	3839,963	3825,727	63,70	223,49	223,49	0,10	24,44	3,11	0,061365	0,554	0,168	0,10	1,723	22,59		
C - (91)	C - (14)	3825,727	3809,797	78,50	202,93	202,93	0,10	23,29	2,96	0,064398	0,562	0,172	0,11	1,665	20,96		
C - (92)	C - (93)	3847,040	3830,344	68,90	242,32	242,32	0,10	25,45	3,24	0,058932	0,547	0,165	0,10	1,771	24,03		
C - (93)	C - (94)	3830,344	3823,720	34,80	190,34	190,34	0,10	22,56	2,87	0,066493	0,567	0,175	0,11	1,627	19,92		
C - (94)	C - (16)	3823,720	3812,292	67,70	168,80	168,80	0,10	21,24	2,70	0,070608	0,576	0,180	0,11	1,558	18,12		
C - (95)	C - (96)	3829,736	3828,484	46,10	27,16	27,16	0,10	8,52	1,08	0,176033	0,753	0,284	0,16	0,816	4,35		
C - (96)	C - (91)	3828,484	3825,727	47,60	57,92	57,92	0,10	12,44	1,58	0,120540	0,675	0,235	0,14	1,069	7,88		
C - (97)	C - (17)	3817,751	3810,809	51,80	134,02	134,02	0,10	18,93	2,41	0,079245	0,597	0,190	0,12	1,437	15,14		
C - (98)	C - (99)	3850,906	3832,674	68,20	267,33	267,33	0,10	26,73	3,40	0,056108	0,539	0,161	0,10	1,832	25,92		
C - (99)	C - (93)	3832,674	3830,344	70,90	32,86	32,86	0,10	9,37	1,19	0,160026	0,733	0,271	0,16	0,874	5,06		
C - (100)	C - (101)	3853,837	3852,301	38,80	39,59	39,59	0,10	10,29	1,31	0,145803	0,713	0,258	0,15	0,934	5,85		

DATOS		DISEÑO										CONDIC. DE FLUJO PARA CAUDAL MAXIMO				
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Cámara		Cotas		Longitud	Pendiente	Pendiente	Diámetro	Para Sección plena		Relación	Propiedades hidráulicas			Velocidad real	Tensión tractiva	
De	A	SOLERA			del	del		Capac.	Veloc.	de	Velocidad	Tirante	Radio			
Nº	Nº	Inicial	Final		Terreno	Colector		caudal	de	Velocidad				Velocidad real	Tensión tractiva	
		(msnm)	(msnm)	(m)	S (o/oo)	S (o/oo)	D (m)	QII (L/s)	VII (m/s)	Qp/QII 13 / 22	Vp/VII	h/D	R/D	Vp (m/s)	T (Pa)	
C - (101)	C - (102)	3852,301	3850,964	43,50	30,74	30,74	0,10	9,06	1,15	0,165472	0,740	0,275	0,16	0,853	4,79	
C - (102)	C - (103)	3850,964	3838,505	39,90	312,26	312,26	0,10	28,89	3,68	0,051915	0,526	0,155	0,10	1,935	29,24	
C - (103)	C - (104)	3838,505	3817,421	69,40	303,80	303,80	0,10	28,50	3,63	0,052632	0,528	0,156	0,10	1,916	28,61	
C - (104)	C - (24)	3814,821	3809,447	54,00	146,74	99,52	0,15	48,09	2,72	0,031190	0,452	0,121	0,08	1,230	11,14	
C - (105)	C - (106)	3850,875	3850,370	36,80	13,72	13,72	0,10	6,06	0,77	0,247642	0,829	0,339	0,19	0,639	2,54	
C - (106)	C - (107)	3850,370	3847,035	72,70	45,87	45,87	0,10	11,07	1,41	0,135446	0,698	0,249	0,15	0,984	6,56	
C - (107)	C - (108)	3847,035	3845,668	47,20	28,96	28,96	0,10	8,80	1,12	0,170464	0,746	0,280	0,16	0,836	4,58	
C - (108)	C - (109)	3845,668	3844,480	42,20	28,15	28,15	0,10	8,68	1,10	0,172900	0,749	0,282	0,16	0,827	4,48	
C - (109)	C - (110)	3844,480	3842,743	31,10	55,85	55,85	0,10	12,22	1,55	0,122752	0,679	0,237	0,14	1,055	7,66	
C - (110)	C - (111)	3842,743	3839,156	53,70	66,80	66,80	0,10	13,36	1,70	0,112245	0,661	0,226	0,13	1,124	8,80	
C - (111)	C - (112)	3839,156	3835,036	64,70	63,68	63,68	0,10	13,05	1,66	0,114961	0,666	0,229	0,14	1,106	8,49	
C - (112)	C - (99)	3835,036	3832,674	60,40	39,11	39,11	0,10	10,23	1,30	0,146698	0,714	0,259	0,15	0,929	5,79	
C - (113)	C - (114)	3841,960	3828,027	64,10	217,36	217,36	0,10	24,11	3,07	0,062223	0,556	0,169	0,10	1,705	22,09	
C - (114)	C - (115)	3826,627	3818,393	65,10	147,99	126,48	0,10	18,39	2,34	0,081570	0,602	0,193	0,12	1,409	14,49	
C - (115)	C - (21)	3818,393	3811,512	79,50	86,55	86,55	0,10	15,21	1,94	0,098606	0,637	0,212	0,13	1,232	10,78	
C - (116)	C - (117)	3831,426	3831,241	26,20	-55,92	7,06	0,10	4,34	0,55	0,345232	0,908	0,406	0,22	0,502	1,50	
C - (117)	C - (118)	3831,241	3830,877	52,10	22,34	6,99	0,10	4,32	0,55	0,347068	0,909	0,407	0,22	0,500	1,49	
C - (118)	C - (119)	3830,877	3819,106	66,30	190,36	177,54	0,10	21,79	2,77	0,068849	0,573	0,178	0,11	1,587	18,87	
C - (119)	C - (19)	3819,106	3810,644	62,00	136,48	136,48	0,10	19,10	2,43	0,078525	0,596	0,190	0,11	1,448	15,39	
C - (120)	C - (115)	3820,734	3818,393	70,00	33,44	33,44	0,10	9,46	1,20	0,158634	0,730	0,269	0,16	0,879	5,12	
C - (121)	C - (122)	3834,039	3827,239	78,40	86,73	86,73	0,10	15,23	1,94	0,098503	0,637	0,212	0,13	1,234	10,81	
C - (122)	C - (123)	3827,239	3826,753	72,70	-29,08	6,69	0,10	4,23	0,54	0,354810	0,915	0,412	0,22	0,492	1,43	
C - (123)	C - (114)	3826,753	3826,627	16,40	80,85	7,68	0,10	4,53	0,58	0,330966	0,898	0,396	0,21	0,518	1,60	
C - (124)	C - (125)	3854,274	3843,161	44,70	248,61	248,61	0,10	25,78	3,28	0,058181	0,545	0,164	0,10	1,787	24,52	
C - (125)	C - (126)	3843,161	3833,827	42,20	221,18	221,18	0,10	24,32	3,09	0,061684	0,554	0,168	0,10	1,714	22,36	
C - (126)	C - (127)	3833,827	3817,527	68,40	238,30	238,30	0,10	25,24	3,21	0,059427	0,548	0,165	0,10	1,759	23,70	
C - (127)	C - (129)	3815,627	3815,040	39,80	61,23	14,75	0,15	18,51	1,05	0,081020	0,601	0,193	0,12	0,629	2,53	
C - (128)	C - (24)	3808,395	3807,997	82,50	12,70	4,82	0,15	10,59	0,60	0,141663	0,707	0,254	0,15	0,423	1,06	
C - (129)	C - (104)	3815,040	3814,821	43,50	-53,59	5,03	0,15	10,82	0,61	0,138673	0,703	0,252	0,15	0,430	1,09	
C - (130)	C - (126)	3840,412	3833,827	70,00	94,07	94,07	0,10	15,86	2,02	0,094584	0,629	0,208	0,12	1,269	11,50	
C - (131)	C - (132)	3877,490	3855,426	56,10	393,30	393,30	0,10	32,43	4,13	0,046258	0,509	0,147	0,09	2,102	35,06	
C - (132)	C - (133)	3855,426	3855,022	57,40	-8,64	7,04	0,10	4,34	0,55	0,345790	0,908	0,406	0,22	0,501	1,49	
C - (133)	C - (134)	3855,022	3835,105	51,70	402,65	385,24	0,10	32,09	4,08	0,046739	0,510	0,147	0,09	2,084	34,45	
C - (134)	C - (135)	3835,105	3816,118	70,40	269,70	269,70	0,10	26,85	3,42	0,055861	0,539	0,161	0,10	1,841	26,15	
C - (135)	C - (127)	3816,068	3815,627	89,80	-15,69	4,91	0,15	10,68	0,60	0,140407	0,705	0,253	0,15	0,426	1,07	
C - (136)	C - (137)	3881,448	3857,204	59,40	408,15	408,15	0,10	33,03	4,20	0,045409	0,506	0,145	0,09	2,127	36,04	
C - (137)	C - (133)	3857,204	3855,922	54,30	23,61	23,61	0,10	7,94	1,01	0,188800	0,768	0,295	0,17	0,777	3,90	
C - (138)	C - (139)	3888,057	3860,870	52,60	516,86	516,86	0,10	37,17	4,73	0,040351	0,489	0,137	0,09	2,311	43,30	
C - (139)	C - (140)	3860,870	3859,600	41,10	30,90	30,90	0,10	9,09	1,16	0,165031	0,739	0,275	0,16	0,854	4,81	
C - (140)	C - (137)	3859,600	3857,204	68,40	35,03	35,03	0,10	9,68	1,23	0,155000	0,726	0,266	0,15	0,894	5,31	
C - (141)	C - (142)	3856,908	3841,404	45,90	337,78	337,78	0,10	30,05	3,82	0,049915	0,521	0,152	0,09	1,992	31,15	
C - (142)	C - (143)	3841,404	3836,168	64,30	81,43	81,43	0,10	14,75	1,88	0,101661	0,642	0,215	0,13	1,205	10,27	
C - (143)	C - (134)	3836,168	3835,105	61,20	17,37	17,37	0,10	6,81	0,87	0,220118	0,802	0,319	0,18	0,695	3,06	
C - (144)	C - (128)	3814,105	3810,545	45,00	79,11	79,11	0,10	14,54	1,85	0,103140	0,645	0,217	0,13	1,194	10,06	
C - (145)	C - (146)	3814,432	3810,819	42,80	84,42	84,42	0,10	15,02	1,91	0,099847	0,639	0,214	0,13	1,222	10,58	
C - (146)	C - (147)	3810,819	3809,685	14,20	79,86	79,86	0,10	14,61	1,86	0,102656	0,644	0,216	0,13	1,197	10,11	
C - (147)	C - (148)	3808,785	3808,559	43,60	0,60	5,18	0,15	10,98	0,62	0,136666	0,700	0,250	0,15	0,434	1,12	
C - (148)	C - (128)	3808,559	3808,395	36,20	-24,48	4,53	0,15	10,26	0,58	0,146185	0,713	0,258	0,15	0,414	1,00	
C - (149)	C - (150)	3809,506	3809,118	69,30	-3,06	5,60	0,15	11,41	0,65	0,131498	0,693	0,245	0,14	0,447	1,19	

DATOS		DISEÑO								CONDIC. DE FLUJO PARA CAUDAL MAXIMO					
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Cámara		Cotas		Longitud	Pendiente	Pendiente	Diámetro	Para Sección plena		Relación	Propiedades hidráulicas			Velocidad real	Tensión tractiva
De	A	SOLERA			del	del		Capac.	Veloc.	de	Velocidad	Tirante	Radio		
		Inicial	Final		Terreno	Colector									
Nº	Nº	(msnm)	(msnm)	L (m)	S (o/oo)	S (o/oo)	D (m)	QII (L/s)	VII (m/s)	Qp/QII 13 / 22	Vp/VII	h/D	R/D	Vp (m/s)	T (Pa)
C - (150)	C - (147)	3809,118	3808,785	70,70	1,17	4,71	0,15	10,46	0,59	0,143370	0,709	0,256	0,15	0,420	1,04
C - (151)	C - (152)	3829,837	3822,566	98,70	73,67	73,67	0,10	14,03	1,79	0,106883	0,652	0,221	0,13	1,163	9,50
C - (152)	C - (153)	3822,566	3818,097	64,60	69,18	69,18	0,10	13,60	1,73	0,110295	0,658	0,224	0,13	1,138	9,05
C - (153)	C - (135)	3818,097	3816,118	58,50	33,83	33,83	0,10	9,51	1,21	0,157725	0,730	0,269	0,16	0,883	5,17
C - (154)	C - (149)	3820,504	3809,556	85,30	128,35	128,35	0,10	18,52	2,36	0,080976	0,601	0,193	0,12	1,417	14,67
C - (155)	C - (156)	3865,336	3864,883	63,40	-12,57	7,15	0,10	4,37	0,56	0,343196	0,907	0,404	0,22	0,504	1,51
C - (156)	C - (157)	3864,883	3864,507	51,90	-21,66	7,24	0,10	4,40	0,56	0,340829	0,905	0,403	0,22	0,507	1,53
C - (157)	C - (158)	3864,507	3851,101	52,00	310,69	257,81	0,10	26,25	3,34	0,057135	0,542	0,162	0,10	1,810	25,21
C - (158)	C - (159)	3851,101	3838,083	47,70	272,91	272,91	0,10	27,01	3,44	0,055531	0,538	0,160	0,10	1,848	26,39
C - (159)	C - (160)	3838,083	3833,795	50,20	85,42	85,42	0,10	15,11	1,92	0,099259	0,638	0,213	0,13	1,226	10,66
C - (160)	C - (161)	3833,795	3833,481	44,80	-28,71	7,01	0,10	4,33	0,55	0,346514	0,909	0,406	0,22	0,501	1,49
C - (161)	C - (162)	3833,481	3830,291	47,50	100,84	67,16	0,10	13,40	1,71	0,111943	0,661	0,226	0,13	1,127	8,85
C - (162)	C - (163)	3830,291	3820,370	51,00	194,53	194,53	0,10	22,81	2,90	0,065774	0,565	0,174	0,11	1,639	20,25
C - (163)	C - (164)	3820,370	3809,876	56,70	185,08	185,08	0,10	22,24	2,83	0,067432	0,569	0,176	0,11	1,610	19,47
C - (164)	C - (149)	3809,826	3809,506	69,50	4,60	4,60	0,15	10,34	0,59	0,145006	0,712	0,257	0,15	0,416	1,02
C - (165)	C - (166)	3856,116	3852,295	70,00	54,59	54,59	0,10	12,08	1,54	0,124167	0,681	0,238	0,14	1,047	7,53
C - (166)	C - (167)	3852,295	3848,312	70,00	56,90	56,90	0,10	12,33	1,57	0,121616	0,677	0,236	0,14	1,062	7,77
C - (167)	C - (168)	3848,312	3847,483	58,60	14,15	14,15	0,10	6,15	0,78	0,243904	0,826	0,337	0,19	0,646	2,60
C - (168)	C - (161)	3847,483	3835,081	68,60	180,79	180,79	0,10	21,99	2,80	0,068228	0,572	0,177	0,11	1,599	19,16

ANEXO 3

PLANILLAS DE CALCULO UNIDADES DE TRATAMIENTO

Caudales afluentes

Población equivalente	hab	1,208.41
Dotación de agua	ℓ/(hab.día)	61.01
Coefficiente de retorno	%	80.00
Agua residual doméstica	ℓ/(hab.día)	48.81
Caudal medio diario domestico	m ³ /dia	58.98
	ℓ/s	0.68
Coefficiente de punta horario (M)		
Harmon (2 ≤ M ≤ 3.8)	-	3.75
Babbit	-	4.81
Flores	-	1.72
K1 x K2	-	3.15
NP	-	3.23
Adoptado	-	3.15
Caudal máximo horario domestico	m ³ /hora	7.74
	ℓ/s	2.15
Caudal de infiltración		
Lineal	ℓ/(s.m)	0.00
Longitud de colectores	m	8,824.68
Caudal infiltrado	ℓ/s	0.44
Conexiones erradas (5% Q _{máx.} ARD)	ℓ/s	0.22
Caudal máximo afluente	ℓ/s	2.81
	m ³ /hora	10.10
Caudal medio afluente	ℓ/s	1.34
	m ³ /hora	4.82
Caudal mínimo afluente	ℓ/s	0.84
	m ³ /hora	3.02
Cargas y concentraciones		
Contribución percapita SST	g/(hab.d)	9.76
Carga	kg/d	11.80
Concentración	mg/l	200.00
Contribución percapita DBO5	g/(hab.d)	14.64
Carga	kg/d	17.69
Concentración	mg/l	300.00
Contribución percapita DQO	g/(hab.d)	29.30
Carga	kg/d	35.41
Concentración	mg/l	600.32
Contribución percapita NT	g/(hab.d)	1.91
Carga	kg/d	2.31
Concentración	mg/l	39.20
Contribución percapita PT	g/(hab.d)	0.50
Carga	kg/d	0.60
Concentración	mg/l	10.20
Coliformes termorresistentes}	NMP/100ml	1.00E+08

PRETRATAMIENTO

1. CAUDALES DE DISEÑO

Unidad Valor

Población	hab	1,208
Caudal máximo	l/s	2.81
	m ³ /h	10.10
Caudal medio	l/s	1.34
	m ³ /h	4.82
Caudal mínimo	l/s	0.84
	m ³ /h	3.02

2. CARGAS Y CONCENTRACIONES

Unidad Valor

Cargas

SS	Kg/d	11.80
DBO5	Kg/d	17.69
NT	Kg/d	2.31
PT	Kg/d	0.60

Concentraciones

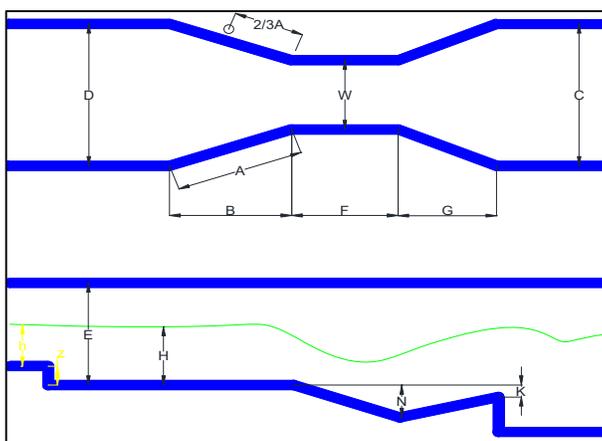
SS	mg/l	200.00
DBO5	mg/l	300.00
NT	mg/l	39.20
PT	mg/l	10.20
Coliformes	NMP/100ml	1.00E+08

Temperatura	o	9.00
-------------	---	------

3. DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PARSHALL

Ancho de Garganta:

W adop[cm]=	7.60	
A=	46.60	cm
B=	45.70	cm
C=	17.80	cm
D=	25.90	cm
E=	45.70	cm
F=	15.20	cm
G1=	30.50	cm
K1=	2.50	cm
N=	5.70	cm
k=	0.176	
n=	1.547	



$$Q = k * H^m$$

Altura lamina de agua para Qmax	m	0.069
Altura lamina de agua para Qmed	m	0.043
Altura lamina de agua para Qmin	m	0.032

Desnivel "z"	m	0.016
--------------	---	-------

4. REJA DE LIMPIEZA MANUAL

4.1. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

	Unidad	Valor	Rango
Caudal de dimensionamiento	Caudal máximo de diseño		
Espesor de las barras	mm	10	8 - 10
Profundidad de las barras	mm	40	40 - 50
Espaciamiento entre barras	mm	20	10 a 20
Angulo de inclinación	°	60	45 - 60
Velocidad de acercamiento	m/s	0.5	0.4 - 0.6
Velocidad entre barras	m/s	0.6	0.6 - 1.2
Perdida de carga permisible	cm		15
Cantidades de material retenido sin compactación	l/1000m3	25	5 - 30
Eficiencia reja	---	0.67	
Factor de forma (k)	---	2.42	

4.2. DIMENSIONAMIENTO REJA

Altura lamina de agua Qmax	m	0.053	
Altura lamina de agua Qmed	m	0.027	
Altura lamina de agua Qmin	m	0.016	
Ancho del canal de la reja	m2	0.13	0.125

4.3. VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO

Velocidad entre barras para Qmax	m/s	0.63
Velocidad entre barras para Qmed	m/s	0.59
Velocidad entre barras para Qmin	m/s	0.63

Velocidad antes de la reja para Qmax	m/s	0.42
Velocidad antes de la reja para Qmed	m/s	0.40
Velocidad antes de la reja para Qmin	m/s	0.42

4.4. PERDIDA DE CARGA

Reja limpia

Perdida de carga	m	0.02
------------------	---	------

Reja sucia

Perdida de carga	m	0.068
------------------	---	-------

4.5. CANTIDAD DE MATERIAL RETENIDO

Cantidad de material retenido	m3/h	0.25
Volumen diario	m3	6.06
Volumen contenedor	m3	4.00

5. DESARENADOR DE LIMPIEZA MANUAL

Se utiliza un desarenador de sección rectangular y de flujo horizontal, asociado a una canaleta Parshall. La canaleta Parshall funciona como un dispositivo de control de velocidad de flujo del desarenador y a la vez como medidor de caudal que ingresa a la planta.

5.1. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

	Unidad	Valor	Rango
Caudal de dimensionamiento	Caudal máximo de diseño		
Longitud (L)	m	25	(20-30)*h
Velocidad de flujo	m/s	0.3	0.24 - 0.40
Velocidad de sedimentación	m/h	30	Menor a 70
Relación largo/ancho	- - -	6.50	1.5 - 6.0
Tiempo de limpieza	d	7	1.0 - 7.0
Cantidades de material retenido	l/1000m ³	20	10 - 30
Diámetro de partícula	mm		> 0.2 mm
Densidad de partícula	g/cm ³		2.65

5.2. DIMENSIONAMIENTO DESARENADOR

Ancho del canal (b)	m	0.176	0.2
Longitud (L)	m	1.331	1.30
Cantidad de material retenido	m ³	0.034	0.03
Altura del depósito de arena (h1)	m	0.131	0.15
Número total de unidades	- - -	1.00	
Número de contenedores para material retenido	- - -	1.00	
Capacidad unitaria de los contenedores	m ³	0.04	

5.3. VERIFICACIÓN FUNCIONAMIENTO

Numero de unidades	- - -	1.00
Velocidad de flujo para Q _{max}	m/s	0.26
Velocidad de flujo para Q _{med}	m/s	0.25
Velocidad de flujo para Q _{min}	m/s	0.26
Velocidad de sedimentación para Q _{max}	m/h	38.86
Velocidad de sedimentación para Q _{med}	m/h	18.54
Velocidad de sedimentación para Q _{min}	m/h	11.61

6. DESGRASADOR

6.1. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

	Unidad	Valor	Rango
Caudal de dimensionamiento	Caudal máximo de diseño		
Carga hidráulica	m ³ /m ² -h	10	10.0 - 12.0
Tiempo de retención hidráulico	min	3	2.0 - 4.0
Profundidad	m	- - -	1.2 - 2.4
Relación L/b	- - -	2.5	2.0 - 3.0
Pendiente de fondo	%	15	10.0 - 20.0

6.2. DIMENSIONAMIENTO DESGRASADOR

Volumen desgrasador	m ³	0.505	
Área desgrasador	m ²	1.010	
Altura desgrasador	h	0.500	
Ancho	m	0.636	0.65
Longitud	m	1.63	1.65

TANQUE IMHOFF

1. CAUDALES DE DISEÑO

Unidad Valor

Población	hab	1,208
Caudal máximo	l/s	2.81
	m ³ /h	10.10
Caudal medio	l/s	1.34
	m ³ /h	4.82
Caudal mínimo	l/s	0.84
	m ³ /h	3.02

2. CARGAS Y CONCENTRACIONES

Unidad Valor

Cargas

SS	Kg/d	11.80
DBO5	Kg/d	17.69
NT	Kg/d	2.31
PT	Kg/d	0.60

Concentraciones

SS	mg/l	200.00
DBO5	mg/l	300.00
NT	mg/l	39.20
PT	mg/l	10.20
Coliformes	NMP/100ml	1.00E+08

Temperatura	o	16.00
-------------	---	-------

3. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Unidad Rango Valor

Tanque Imhoff de forma rectangular, con Cámara de Sedimentación, Cámara de digestión de lodos, Área de ventilación y cámara de natas

Cámara de sedimentación

Caudal para dimensionamiento hidráulico	Caudal máximo en época de lluvia		
Caudal para carga y concentraciones	Caudal medio en época seca		
Carga hidráulica superficial	m/h	1.25	1.0 - 1.5
Tiempo de retención hidráulico	h	2.00	1.5 - 2.5
Relación largo/ancho	- - -	4.00	2.0-4.0
Altura de borde libre	m	0.40	0.3 - 0.5
Carga hidráulica sobre el vertedero	m ³ /m-d	250	125-500
Pendiente sección transversal V	o	60	50-60
Deflector bajo superficie	m	0.4	0.3-0.4
Espacio antes de diafragmas	m	0.3	
Espesor de diafragmas	m	0.2	
Ancho muros sedimentador	m	0.25	0.2-0.3

Cámara de digestión

Producción de lodos	l/hab*año	140	100-200
Factor de capacidad Relativa		1.0	
Apertura de paso a digestor	m	0.2	0.15-0.25
Inclinación paredes laterales de tolva	o	45	30-45
Altura zona neutra	m	0.5	0.4-0.8
Superficie libre total/superficie total del tanque	%	30	25-40
Ancho ventilación y natas	m	0.6	> 0.5m
Ancho fondo tolva (Bf)	m	0.5	0.40 -0.60
Bordo libre (h)	m	0.40	0.3-0.5
Diámetro tubería de extracción de lodos	m	0.15	0.15-0.20
Peso específico de los lodos digeridos	kg/m3	1030	1020-1030
Numero de tolvas	---	3	1 - 4

Tiempo de extracción de lodo igual al tiempo de digestión	2.5	meses
---	------------	-------

4. DIMENSIONAMIENTO CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

Numero de tanques Imhoff	---	2	
Área de sedimentación	m2	4.04	
Volumen de sedimentación	m3	10.10	
Ancho (Bs)	m	1.01	1.10
Longitud (L)	m	4.40	4.40
Longitud total (Lt)	m	5.40	5.40
Altura zona triangular sedimentador (h2)	m	0.95	0.95
Volumen zona triangular	m3	2.30	
Volumen zona rectangular	m3	7.80	
Altura zona rectangular sedimentador (h1)	m	1.61	1.60

5. DIMENSIONAMIENTO CÁMARA DE DIGESTIÓN

Área tanque con ventilación y natas	m2	6.91	
Ancho zona de ventilación y natas (b´)	m	0.24	0.60
Ancho digestor (B)	m	2.80	2.80
Volumen de lodos frescos	m3	17.62	
Altura de fondo zona piramidal (h4)	m	0.65	0.65
Volumen zona piramidal	m3	4.17	
Volumen zona de digestión	m3	13.45	
Altura zona de digestión (h3)	m	1.09	1.10
Altura zona neutra (h0)	m	0.50	

Altura total Tanque Imhoff	m	5.20
----------------------------	---	-------------

6. VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Numero de Tanques Imhoff	---	2
Tiempo de retención real	h	1.99
Carga hidráulica superficial para Qmax	m/h	1.04
Carga sobre el vertedero	m3/m-h	5

7. EFICIENCIAS, CARGAS Y CONCENTRACIONES DEL EFLUENTE DEL TANQUE IMHOFF

Eficiencias

Eficiencia SS	%	61.89	60
Eficiencia DBO5	%	34.42	30
Eficiencia NT	%	<15	10
Eficiencia PT	%	<15	10
Eficiencia en coliformes	%	40-60	50

Cargas

Carga efluente SS	kg/d	4.72
Carga efluente DBO5	kg/d	12.39
Carga efluente NT	kg/d	2.08
Carga efluente PT	kg/d	0.54

Concentraciones

Concentración efluente SS	mg/l	80.00
Concentración efluente DBO5	mg/l	210.00
Concentración efluente NT	mg/l	35.28
Concentración efluente PT	mg/l	9.18
Concentración coliformes	NMP/100 ml	5.00E+07

Producción de lodo	kg/d	7.08
--------------------	------	------

Área total Tanque Imhoff	m2	24.64
---------------------------------	----	-------

FILTRO ANAEROBIO

1. CAUDALES DE DISEÑO

Unidad Valor

Población	hab	1,208
Caudal máximo	l/s	2.81
	m ³ /h	10.10
Caudal medio	l/s	1.34
	m ³ /h	4.82
Caudal mínimo	l/s	0.84
	m ³ /h	3.02

2. CARGAS Y CONCENTRACIONES

Unidad Valor

Cargas

SS	Kg/d	4.72
DBO5	Kg/d	12.39
NT	Kg/d	2.08
PT	Kg/d	0.54

Concentraciones

SS	mg/l	80.00
DBO5	mg/l	210.00
NT	mg/l	35.28
PT	mg/l	9.18
Coliformes	NMP/100ml	5.00E+07

Temperatura	o	16.00
-------------	---	-------

3. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Unidad Rango Valor

Caudal para dimensionamiento hidráulico	Caudal medio en época seca		
Caudal para carga y concentraciones	Caudal medio en época seca		
Medio de empaque	Grava media		
Altura del medio filtrante	m	1.2-2.0	1.2
Tiempo de retención para Qmed	h	6.0-24.0	14
Carga hidráulica superficial	m ³ /m ² -d	Menor a 10	
Carga orgánica volumétrica	kgDBO5/m ³ -d	0.15-0.50	
Carga orgánica en medio filtrante	kgDBO5/m ³ -d	0.25-0.75	
Altura fondo falso	m	0.3-0.6	0.6
Altura nivel de agua sobre medio permeable	m	0.3-0.4	0.4
Altura de losetas de soporte	m	0.1	0.1
Borde libre	m	0.3-0.5	0.5
Relación largo/ancho	---	2 a 4	2
Constante empírica del sistema	---	0.87	0.87
Constante empírica del medio	---	0.5	0.50
Producción de lodo	kgSS7kgDQO-d	0.1-0.2	0.10

4. DIMENSIONAMIENTO FILTRO ANAEROBIO

Numero de Filtros	---	2	
Volumen del filtro	m ³	33.74	
Altura	m	2.30	
Área del filtro	m ²	14.67	
Volumen del medio permeable	m ³	17.60	
Ancho	m	2.71	2.70
Longitud	m	5.40	5.40

5. VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Numero de Filtros	---	2	
Velocidad Ascensional para Q _{max}	m/d	20.79	con porosidad 0.4
Velocidad Ascensional para Q _{med}	m/d	9.92	con porosidad 0.4
Velocidad Ascensional para Q _{min}	m/d	6.21	con porosidad 0.4
Carga superficial para Q _{max}	(m ³ /m ² d)	16.63	
Carga superficial para Q _{med}	(m ³ /m ² d)	7.93	
Carga superficial para Q _{min}	(m ³ /m ² d)	4.97	
Carga orgánica volumétrica	kgDBO ₅ /m ³ -d	0.18	0.15 a 0.5
Carga orgánica volumétrica filtro	kgDBO ₅ /m ³ -d	0.35	0.25 a 0.75

6. EFICIENCIAS, CARGAS Y CONCENTRACIONES DEL EFLUENTE DEL FILTRO ANAEROBIO

Eficiencias

Eficiencia SS	%	50-80	60
Eficiencia DBO ₅	%	76.75	75
Eficiencia NT	%	<15	15
Eficiencia PT	%	<15	15
Eficiencia en coliformes	%	1-2 log	90

Cargas

Carga efluente SS	kg/d	1.89
Carga efluente DBO ₅	kg/d	3.10
Carga efluente NT	kg/d	1.77
Carga efluente PT	kg/d	0.46

Concentraciones

Concentración efluente SS	mg/l	32.00
Concentración efluente DBO ₅	mg/l	52.50
Concentración efluente NT	mg/l	29.99
Concentración efluente PT	mg/l	7.81
Concentración coliformes	NMP/100 ml	5.00E+06

Producción de lodo	kg/d	2.48
--------------------	------	------

Área total Filtro Anaerobio	m ²	29.16
-----------------------------	----------------	-------

HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

1. CAUDALES DE DISEÑO

Unidad Valor

Población	hab	1,208
Caudal máximo	l/s	2.81
	m ³ /h	10.10
Caudal medio	l/s	1.34
	m ³ /h	4.82
Caudal mínimo	l/s	0.84
	m ³ /h	3.02

2. CARGAS Y CONCENTRACIONES

Unidad Valor

Cargas

SS	Kg/d	1.89
DBO5	Kg/d	3.10
NT	Kg/d	1.77
PT	Kg/d	0.46

Concentraciones

SS	mg/l	32.00
DBO5	mg/l	52.50
NT	mg/l	29.99
PT	mg/l	7.81
Coliformes	NMP/100ml	5.00E+06

Temperatura de agua residual	o	16.00
------------------------------	---	-------

3. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Unidad Rango Valor

Caudal para dimensionamiento hidráulico	Caudal medio diario en época seca		
Caudal para carga y concentraciones	Caudal medio en época seca		
Medio permeable	Grava media		
Diámetro medio permeable	mm	---	16.00
Porosidad	%	35-38	35.00
Conductividad hidráulica (ks)	m ³ /m ² -d	1000-10000	5000
Factor de seguridad	---	---	6
Altura del medio	m	0.5-0.7	0.70
Altura de agua	m	0.4-0.6	0.60
Pendiente de fondo humedal (s)	%	0.5-2.0	1.00
Constante cinética (k ₂₀)	1/d		1.10
Constante cinética (k _T)	1/d		0.8745
k _{NH}			0.4107
Constante cinética (k _T) desnitrificación (Reed et al 1995)			0.3405
			0.5718
Relación largo/ancho	---	2.0-4.0	2
Carga orgánica superficial	gDBO ₅ /m ² -d	8	8.00
Tiempo de retención hidráulico	d	2.0-7.0	
Carga hidráulica	m ³ /m ² -d	0.002-0.035	

4. DIMENSIONAMIENTO HUMEDAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Concentración NT efluente	mg/l	6	
Coeficiente cinético (kT)	1/d	0.34	
Área humedal	m ²	1487.47	
Carga orgánica superficial	gDBO5/m ² -d	2.08	2.15
Área humedal adoptada	m ²	1487.5	
Sección transversal	m ²	19.40	
Ancho (B)	m	32.3	34
Longitud (L)	m	43.7	45
Numero de humedales			2
Ancho (B)	m	17.00	17
Longitud (L)	m		45
Relación largo/ancho		2.65	

5. VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Carga hidráulica	m ³ /m ² -d	0.11	0.1-0.2
Carga orgánica percapita	gDBO5/hab-d	2.56	<70
ks*s	m/d	8.33	<8.6
kT*h*n	m/d	0.08	0.08
Tiempo de retención	d	9.46	

6. EFICIENCIAS, CARGAS Y CONCENTRACIONES DEL EFLUENTE DEL HUMEDAL

Eficiencias

Eficiencia SS	%	87-93	85
Eficiencia DBO5	%	88.57	30
Eficiencia NT (aumenta la eficiencia kNT)	%	<60	80
Eficiencia PT (aumenta la eficiencia kNT)	%	<35	50
Eficiencia en coliformes	%	1-2 log	99

NOTA: Se estima un rendimiento reducido en cuanto a materia orgánica, dado que se tendrá materia orgánica refractaria, sin embargo, la eficiencia podría llegar a 80% teniendo un DBO5 efluente de 10.50 mg/l.

Cargas

Carga efluente SS	kg/d	0.28
Carga efluente DBO5	kg/d	2.17
Carga efluente NT	kg/d	0.35
Carga efluente PT	kg/d	0.23

Concentraciones

Concentración efluente SS	mg/l	4.80
Concentración efluente DBO5	mg/l	36.75
Concentración efluente NT	mg/l	6.00
Concentración efluente PT	mg/l	3.90
Concentración coliformes	NMP/100 ml	5.00E+04

Área total Humedal	m ²	1530.00
---------------------------	----------------	---------

DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA

1. CAUDALES DE DISEÑO

	Unidad	Valor
Población	hab	1,208
Caudal máximo	l/s	2.81
	m3/h	10.10
Caudal medio	l/s	1.34
	m3/h	4.82
Caudal mínimo	l/s	0.84
	m3/h	3.02

2. CARGAS Y CONCENTRACIONES

	Unidad	Valor
Cargas		
SS	Kg/d	0.28
DBO5	Kg/d	0.62
NT	Kg/d	0.35
PT	Kg/d	0.23
Concentraciones		
SS	mg/l	4.80
DBO5	mg/l	36.75
NT	mg/l	6.00
PT	mg/l	3.90
Coliformes	NMP/100ml	5.00E+04
Temperatura	o	16.00

3. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

	Unidad	Rango	Valor
Caudal para dimensionamiento hidráulico	Caudal máximo		
Caudal para carga y concentraciones	Caudal medio en época seca		
Potencia de lámparas	w	40	
Dimensiones	mm	32.5x119	
Salida UV	w	14.00	
Dosis	mws/cm2	16-32	30
Tiempo de exposición	s	10-20	15
Profundidad lamina de agua	cm	1-2	1.5
Velocidad de flujo	cm/s		20.00

4. DESINFECCIÓN UV

Numero de líneas	---	2
Caudal por línea	m3/s	0.00241595
Área de flujo	m2	0.01
Ancho cámara	cm	80.53
Ancho cámara	m	1.00
Intensidad	mw/cm2	2.00
Volumen requerido	m3	0.04
Área requerida	m2	2.42
Largo cámara	m	2.50
Separación entre lámparas	m	0.15
Área de exposición de cada lámpara	m2	0.201
Numero de Lámpara requeridas		12.020
Numero de lámparas adoptado	---	12

5. EFICIENCIAS, CARGAS Y CONCENTRACIONES DEL EFLUENTE UV

Eficiencias

Eficiencia SS	%	0.00	0
Eficiencia DBO5	%	0.00	0
Eficiencia NT	%	0.00	0
Eficiencia PT	%	0.00	0
Eficiencia en coliformes	%	99.90	99.9

Cargas

Carga efluente SS	kg/d	0.28
Carga efluente DBO5	kg/d	0.62
Carga efluente NT	kg/d	0.35
Carga efluente PT	kg/d	0.23

Concentraciones

Concentración efluente SS	mg/l	4.80
Concentración efluente DBO5	mg/l	36.75
Concentración efluente NT	mg/l	6.00
Concentración efluente PT	mg/l	3.90
Concentración coliformes	NMP/100 ml	50.00

Área total desinfección UV	m2	5.00
-----------------------------------	----	------

LECHO DE SECADO

1. DATOS DE DISEÑO

	Unidad	Valor
Población	hab	1,208
Concentración lodo primario digerido	%	10
Concentración lodo secundario digerido	%	4
Peso específico de los lodos digeridos	kg/m ³	1040
Producción de lodo Tanque Imhoff	kg/d	7.08
	m ³ /d	0.07
Producción de lodo Filtro Anaerobio	kg/d	2.48
	m ³ /d	0.06

3. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

	Unidad	Rango	Valor
Tiempo de secado	d		75
Altura capa de grava	m	0.20-0.30	0.20
Altura capa de arena	m	0.15-0.30	0.15
Altura de lodo	m	0.20-0.30	0.25
Diámetro tubería de drenaje	m	0.15-0.25	0.15
Días útiles a la semana (d)	d		6.00
Horas de funcionamiento por día (h)	h		8.00
Relación largo/ancho		2.0-4.0	3.00

4. DIMENSIONAMIENTO LECHO DE SECADO

Peso de lodos a secar por día útil:	kg/d	11.15
Volumen de lodos a secar por día útil:	m ³ /d	0.15
Peso de lodos a secar por hora útil:	kg/h	33.44
Volumen de lodos a secar por hora útil:	m ³ /h	0.45
Volumen total necesario	m ³	33.50
Superficie total necesaria	m ²	133.98
Longitud	m	12.00
Ancho	m	4.00
Superficie unitaria de lecho	m ²	48.00
Numero lechos de secado	- - -	3.00

Área total lechos	m ²	144.00
--------------------------	----------------	---------------

Área neta planta	m ²	1732.80
Área por habitante	m ² /hab	1.43

Área total planta	m ²	2271.72
Área por habitante	m ² /hab	1.88

ANEXO 4

PLANILLA DE CALCULO DE ESTACIÓN DE BOMBEO

CÁLCULO DE BOMBA PARA AÑO 0

CÁLCULO BOMBA

1. Datos generales

Caudal medio, llegada al pozo :	Qmed =	1,12 l/s	=	4,04 m ³ /h
Caudal mínimo:	Qmin =	0,77 l/s	=	2,77 m ³ /h
Caudal máximo:	Qmáx =	2,24 l/s	=	8,05 m ³ /h
Tiempo de retención	Tr =	15 min	=	900,00 seg
Tiempo de funcionamiento:	Tf =	5,0 min	=	300,00 seg
Tiempo del ciclo completo:	Tc = Tr+Tf =	20,0 min	=	1200,00 seg
Número de arranques horario :				
	Nh = 60/ Tc = 60/20 =	3,00	r	<10 OK!
Capacidad útil del pozo				
	C =Qmed*Tr = 1,1228232224212*900 =	1.010,54	l =	1,011 m ³
Caudal de salida				
	Qs = C/Tf = 1,01054090017908/005 =	0,20 m ³ /min	=	3,37 l/s = 12,13 m ³ /h
Verificación tiempo de retención máximo				
Trmax = C/Qmin = 1010,54090017908/0,769050072996232 =	1314,01 seg	=	21,90 min	< 30 OK!
Verificación tiempo de retención mínimo				
Trmin = C/Qmax = 1010,54090017908/2,23720864310987 =	451,70 seg	=	7,53 min	
Tiempo máximo de ciclo completo				
Tcmax = Trmax + Tf = 21,9 + 005 =	26,90 min			
Tiempo mínimo de ciclo completo				
Tcmin = Trmin + Tf = 7,53 + 5 =	12,53 min			
Verificación número máximo de arranques horarios				
Nhmax = 60/Tcmin = 60/12,53 =	4,79	r	< 10	OK!

2. Determinación Dimensiones del Pozo de Bombeo

Radio:	R=	2,50 m
Area	A=	4,91 m ²

Altura útil :

$$Hu = C/(B*L) = 1,01054090017908/(003*005) = 0,21 \text{ m}$$

Altura mínima lámina de agua + altura de pozo no utilizable

$$Hm = 0,50 \text{ m}$$

Volumen muerto:

$$Vm = Hm*B*L = 0,5*2,5*4,90873852123405 = 6,135923152 \text{ m}^3$$

Altura total pozo de bombeo:

$$Ht = Hm + Hu = 0,5 + 0,21 = 0,71 \text{ m}$$

3. Selección de Bombas

$$Nb = 1 \quad \text{En operacion}$$

3.1. Pérdida en accesorios

$$1 \quad \text{En Stand-by}$$

$$\text{Caudal por bomba: } Qb = Qs/N = 8,05 \text{ m}^3/\text{h} \quad 0,002 \text{ m}^3/\text{seg} = 2,24 \text{ l/s} = 134,2 \text{ l/min}$$

3.2. Diámetro Impulsión "Dti"

$$Dti = \sqrt{\frac{N \times 4 \times Qb}{V \times \pi}}$$

$$\text{Velocidad impulsión: } V = 1,00 \text{ m/seg}$$

Diámetro impulsión

$$Dti = \sqrt{4*0,00223720864310987/(1*\pi)} = 0,053 \text{ m} = 53 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro adoptado: } Dti = 0,080 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

3.3. Altura Manométrica de succión "AMS"

V real= 0,44507852

Altura de succión : Hs = 0,50 m

Longitud : L = 2,00 m

Coefficiente de fricción Hazen-Williams C = 150

$$J = \left(\frac{N * Qb}{0.28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.852}$$

$J = (1 * 0,00223720864310987 / (0.28 * 150 * 0,08^{2.63}))^{1.852} = 0,0027 \text{ m/m}$

Pérdidas de carga por fricción en la tubería de succión:

$hf_{ls} = J * L = 0,0027 * 2 = 0,005 \text{ m}$

Pérdida en accesorios, longitud equivalente

Accesorio	A	V	C	K	hf
Entrada normal en tubo	0,0050	0,447	1	0,50	0,005
					0,000
					0,000
					0,000
					0,000
TOTAL					0,005

$AMS = Hs + hf_{ls} + hf_{as} = 0,5 + 0,005 + 0,005 = 0,510 \text{ m}$

3.4. Altura Manométrica de impulsión "AMI"

Cota inicial : Ci = 2395,11 m.s.n.m.

Cota final : Cf = 2399,44 m.s.n.m.

Altura de impulsión : Hi = 4,33 m

Longitud : L = 131,88 m

Coefficiente de fricción Hazen-Williams C = 150

$$J = \left(\frac{N * Qb}{0.28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.852}$$

$J = (1 * 0,00223720864310987 / (0.28 * 150 * 0,08^{2.63}))^{1.852} = 0,0027 \text{ m/m}$

Pérdidas de carga por fricción en la tubería de impulsión :

$hf_{li} = J * L = 0,0027 * 131,88 = 0,356 \text{ m}$

Pérdida en accesorios, longitud equivalente

Accesorio	A	V	C	K	hf
Codo 90°	0,0050	0,447	3	0,90	0,027
Válvula compuerta abierta	0,0050	0,4470	1	0,20	0,002
Válvula de retención	0,005 m	0,447	1	2,50	0,025
Tee pasaje bilateral	0,005 m	0,447	1	1,80	0,018
Salida de tubería	0,005 m	0,447	5	1,00	0,051
					0,000
					0,000
					0,000
TOTAL					0,123

$AMI = Hi + hf_{li} + hf_{ai} = 4,33 + 0,356076 + 0,123 = 4,81 \text{ m}$

3.5. Altura dinámica total "Hdt"

Presion de salida 2 m

$Hdt = AMS + AMI = 0,51 + 4,81 + 2 \text{ m} = 7,32 \text{ m}$

4. Potencia del motor

Eficiencia: $\eta = 0,60$

$P = Qb * Hdt / (75 * \eta) = 2,23720864310987 * 7,32 / (75 * 0,6) = 0,36 \text{ HP}$

CALCULO DE BOMBA PARA AÑO 10

CÁLCULO BOMBA

1. Datos generales

Caudal medio, llegada al pozo :	Qmed =	1,22 l/s	=	4,40 m ³ /h
Caudal mínimo:	Qmin =	0,82 l/s	=	2,94 m ³ /h
Caudal máximo:	Qmáx =	2,50 l/s	=	9,01 m ³ /h
Tiempo de retención	Tr =	15 min	=	900,00 seg
Tiempo de funcionamiento:	Tf =	5,0 min	=	300,00 seg
Tiempo del ciclo completo:	Tc = Tr+Tf =	20,0 min	=	1200,00 seg
Número de arranques horario :				

$$N_h = 60 / T_c = 60 / 20 = 3,00 \text{ r} < 10 \text{ OK!}$$

Capacidad útil del pozo

$$C = Q_{med} * T_r = 1,22339821398985 * 900 = 1.101,06 \text{ l} = 1,101 \text{ m}^3$$

Caudal de salida

$$Q_s = C / T_f = 1,10105839259087 / 0,005 = 0,22 \text{ m}^3/\text{min} = 3,67 \text{ l/s} = 13,21 \text{ m}^3/\text{h}$$

Verificación tiempo de retención máximo

$$T_{rmax} = C / Q_{min} = 1101,05839259087 / 0,81742246166245 = 1346,99 \text{ seg} = 22,45 \text{ min} < 30 \text{ OK!}$$

Verificación tiempo de retención mínimo

$$T_{rmin} = C / Q_{max} = 1101,05839259087 / 2,50222183382117 = 440,03 \text{ seg} = 7,33 \text{ min}$$

Tiempo máximo de ciclo completo

$$T_{cmax} = T_{rmax} + T_f = 22,45 + 0,05 = 22,50 \text{ min}$$

Tiempo mínimo de ciclo completo

$$T_{cmin} = T_{rmin} + T_f = 7,33 + 0,05 = 7,38 \text{ min}$$

Verificación número máximo de arranques horarios

$$N_{hmax} = 60 / T_{cmin} = 60 / 7,38 = 8,13 \text{ r} < 10 \text{ OK!}$$

2. Determinación Dimensiones del Pozo de Bombeo

Radio:	R =	2,50 m
Area	A =	4,91 m ²

Altura útil :

$$H_u = C / (B * L) = 1,10105839259087 / (0,03 * 0,005) = 0,22 \text{ m}$$

Altura mínima lámina de agua + altura de pozo no utilizable

$$H_m = 0,50 \text{ m}$$

Volumen muerto:

$$V_m = H_m * B * L = 0,5 * 2,5 * 4,90873852123405 = 6,135923152 \text{ m}^3$$

Altura total pozo de bombeo:

$$H_t = H_m + H_u = 0,5 + 0,22 = 0,72 \text{ m}$$

3. Selección de Bombas

Nb = 1 En operacion

3.1. Pérdida en accesorios

1 En Stand-by

$$\text{Caudal por bomba: } Q_b = Q_{max} / N = 9,01 \text{ m}^3/\text{h} / 0,003 \text{ m}^3/\text{seg} = 2,50 \text{ l/s} = 150,1 \text{ l/min}$$

3.2. Diámetro Impulsión "Dti"

$$D_{ti} = \sqrt{\frac{N \times 4 \times Q_b}{V \times \pi}}$$

$$\text{Velocidad impulsión: } V = 1,00 \text{ m/seg}$$

Diámetro impulsión

$$D_{ti} = \sqrt{(4 * 0,00250222183382117) / (1 * \pi)} = 0,056 \text{ m} = 56 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro adoptado: } D_{ti} = 0,080 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

3.3. Altura Manométrica de succión "AMS"

V real= 0,49780122

Altura de succión : Hs = 0,50 m

Longitud : L = 2,00 m

Coefficiente de fricción Hazen-Williams C = 150

$$J = (1 * 0,00250222183382117 / (0,28 * 150 * 0,08^{2.63}))^{1.852} = 0,0033 \text{ m/m}$$

Pérdidas de carga por fricción en la tubería de succión:

$$hfls = J * L = 0,0033 * 2 = 0,007 \text{ m}$$

$$J = \left(\frac{N * Qb}{0,28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.852}$$

Pérdida en accesorios, longitud equivalente

Accesorio	A	V	C	K	hf
Entrada normal en tubo	0,0050	0,500	1	0,50	0,006
					0,000
					0,000
					0,000
					0,000
TOTAL					0,006

$$AMS = Hs + hfls + hfas = 0,5 + 0,007 + 0,006 = 0,510 \text{ m}$$

3.4. Altura Manométrica de impulsión "AMI"

Cota inicial : Ci = 2395,11 m.s.n.m.

Cota final : Cf = 2399,44 m.s.n.m.

Altura de impulsión : Hi = 4,33 m

Longitud : L = 131,88 m

Coefficiente de fricción Hazen-Williams C = 150

$$J = (1 * 0,00250222183382117 / (0,28 * 150 * 0,08^{2.63}))^{1.852} = 0,0033 \text{ m/m}$$

Pérdidas de carga por fricción en la tubería de impulsión :

$$hfli = J * L = 0,0033 * 131,88 = 0,435 \text{ m}$$

$$J = \left(\frac{N * Qb}{0,28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.852}$$

Pérdida en accesorios, longitud equivalente

Accesorio	A	V	C	K	hf
Codo 90°	0,0050	0,500	3	0,90	0,034
Válvula compuerta abierta	0,0050	0,5000	1	0,20	0,003
Válvula de retención	0,005 m	0,500	1	2,50	0,032
Tee pasaje bilateral	0,005 m	0,500	1	1,80	0,023
Salida de tubería	0,005 m	0,500	5	1,00	0,064
					0,000
					0,000
					0,000
TOTAL					0,156

$$AMI = Hi + hfli + hfai = 4,33 + 0,435204 + 0,156 = 4,92 \text{ m}$$

3.5. Altura dinámica total "Hdt"

Presion de salida 2 m

$$Hdt = AMS + AMI = 0,51 + 4,92 + 2 \text{ m} = 7,43 \text{ m}$$

4. Potencia del motor

Eficiencia: $\eta = 0,60$

$$P = Qb * Hdt / (75 * \eta) = 2,50222183382117 * 7,43 / (75 * 0,6) = 0,41 \text{ HP}$$

CÁLCULO DE BOMBA PARA AÑO 20

CÁLCULO BOMBA

1. Datos generales

Caudal medio, llegada al pozo :	Qmed =	1,34 l/s =	4,82 m ³ /h
Caudal mínimo:	Qmin =	0,87 l/s =	3,14 m ³ /h
Caudal máximo:	Qmáx =	2,81 l/s =	10,10 m ³ /h
Tiempo de retención	Tr =	15 min =	900,00 seg
Tiempo de funcionamiento:	Tf =	5,0 min =	300,00 seg
Tiempo del ciclo completo:	Tc = Tr+Tf =	20,0 min =	1200,00 seg
Número de arranques horario :	Nh = 60/ Tc = 60/20 =	3,00 r	<10 OK!

Capacidad útil del pozo

$$C = Q_{med} * T_r = 1,33889720814564 * 900 = 1.205,01 \text{ l} = 1,205 \text{ m}^3$$

Caudal de salida

$$Q_s = C / T_f = 1,20500748733108 / 0,005 = 0,24 \text{ m}^3/\text{min} = 4,02 \text{ l/s} = 14,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

Verificación tiempo de retención máximo

$$T_{rmax} = C / Q_{min} = 1205,00748733108 / 0,87297267497813 = 1380,35 \text{ seg} = 23,01 \text{ min} < 30 \text{ OK!}$$

Verificación tiempo de retención mínimo

$$T_{rmin} = C / Q_{max} = 1205,00748733108 / 2,80655948762331 = 429,35 \text{ seg} = 7,16 \text{ min}$$

Tiempo máximo de ciclo completo

$$T_{cmax} = T_{rmax} + T_f = 23,01 + 0,05 = 28,01 \text{ min}$$

Tiempo mínimo de ciclo completo

$$T_{cmin} = T_{rmin} + T_f = 7,16 + 5 = 12,16 \text{ min}$$

Verificación número máximo de arranques horarios

$$N_{hmax} = 60 / T_{cmin} = 60 / 12,16 = 4,93 \text{ r} < 10 \text{ OK!}$$

2. Determinación Dimensiones del Pozo de Bombeo

Radio:	R=	2,50 m
Area	A=	4,91 m ²

Altura útil :

$$H_u = C / (B * L) = 1,20500748733108 / (0,03 * 0,05) = 0,25 \text{ m}$$

Altura mínima lámina de agua + altura de pozo no utilizable

$$H_m = 0,50 \text{ m}$$

Volumen muerto:

$$V_m = H_m * B * L = 0,5 * 2,5 * 4,90873852123405 = 6,135923152 \text{ m}^3$$

Altura total pozo de bombeo:

$$H_t = H_m + H_u = 0,5 + 0,25 = 0,75 \text{ m}$$

3. Selección de Bombas

Nb = 1 En operacion

3.1. Pérdida en accesorios

1 En Stand-by

$$\text{Caudal por bomba: } Q_b = Q_{max} / N = 10,10 \text{ m}^3/\text{h} \quad 0,003 \text{ m}^3/\text{seg} = 2,81 \text{ l/s} = 168,4 \text{ l/min}$$

3.2. Diámetro Impulsión "Dti"

$$D_{ti} = \sqrt{\frac{N \times 4 \times Q_b}{V \times \pi}}$$

$$\text{Velocidad impulsión: } V = 1,00 \text{ m/seg}$$

Diámetro impulsión

$$D_{ti} = \sqrt{4 * 0,00280655948762331 / (1 * \pi)} = 0,060 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro adoptado: } D_{ti} = 0,080 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

3.3. Altura Manométrica de succión "AMS"

V real= 0,558347269

Altura de succión : Hs = 0,50 m
 Longitud : L = 2,00 m
 Coeficiente de fricción Hazen-Williams C = 150
 $J = \left(\frac{N * Qb}{0.28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.852}$
 $J = (1 * 0,00280655948762331 / (0.28 * 150 * 0,08^{2.63}))^{1.852} = 0,0041 \text{ m/m}$
 Pérdidas de carga por fricción en la tubería de succión:
 $hf_{ls} = J * L = 0,0041 * 2 = 0,008 \text{ m}$

Pérdida en accesorios, longitud equivalente

Accesorio	A	V	C	K	hf
Entrada normal en tubo	0,0050	0,561	1	0,50	0,008
					0,000
					0,000
					0,000
					0,000
TOTAL					0,008

AMS = Hs + hf_{ls} + hf_{as} = 0,5 + 0,008 + 0,008 = 0,520 m

3.4. Altura Manométrica de impulsión "AMI"

Cota inicial : Ci = 2395,11 m.s.n.m.
 Cota final : Cf = 2399,44 m.s.n.m.
 Altura de impulsión : Hi = 4,33 m
 Longitud : L = 131,88 m
 Coeficiente de fricción Hazen-Williams C = 150
 $J = \left(\frac{N * Qb}{0.28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.852}$
 $J = (1 * 0,00280655948762331 / (0.28 * 150 * 0,08^{2.63}))^{1.852} = 0,0041 \text{ m/m}$
 Pérdidas de carga por fricción en la tubería de impulsión :
 $hf_{li} = J * L = 0,0041 * 131,88 = 0,541 \text{ m}$

Pérdida en accesorios, longitud equivalente

Accesorio	A	V	C	K	hf
Codo 90°	0,0050	0,561	3	0,90	0,043
Válvula compuerta abierta	0,0050	0,5610	1	0,20	0,003
Válvula de retención	0,005 m	0,561	1	2,50	0,040
Tee pasaje bilateral	0,005 m	0,561	1	1,80	0,029
Salida de tubería	0,005 m	0,561	5	1,00	0,080
					0,000
					0,000
					0,000
TOTAL					0,195

AMI = Hi + hf_{li} + hf_{ai} = 4,33 + 0,540708 + 0,195 = 5,07 m

3.5. Altura dinámica total "Hdt"

Presion de salida 2 m

Hdt = AMS + AMI = 0,52 + 5,07 + 2 m = 7,59 m

4. Potencia del motor

Eficiencia: $\eta = 0,60$
 $P = Qb * Hdt / (75 * \eta) = 2,80655948762331 * 7,59 / (75 * 0,6) = 0,47 \text{ HP}$

ANEXO 5

PLANILLAS DE CÓMPUTOS MÉTRICOS

ANEXO 5-1

PLANILLAS DE CÁLCULOS MÉTRICOS – RED DE COLECTORES

COMPUTOS METRICOS

DISEÑO FINAL ALCANTARILLADO SANITARIO SAN PABLO DE TIQUINA

N°	DESCRIPCION	UNID.	VOLUMEN TOTAL
>	M01 - Actividades preliminares		
1	Movilizacion y desmovilizacion	glb	1.00
2	Instalación de faenas	glb	1.00
3	Prov./coloc. de Letrero de obra 3x2m	pza	2.00
>	M02 - Red de Colectoras y camaras de inspeccion		
4	Replanteo y control lineal	m	8,911.70
5	Retiro de pavimento enlosetado y reposición	m ²	780.00
6	Retiro de pavimento rigido y reposición	m ²	17.29
7	Excavacion 0.00 - 2.00 m. s. semiduro con maquinaria	m ³	8,592.88
8	Excavacion 2.00 - 4.00 m. s. semiduro con maquinaria y agotamiento	m ³	1,848.08
9	Excavacion 4.00 - 6.00 m. s. semiduro con maquinaria y agotamiento	m ³	1,382.48
10	Entibado continuo h>2.00m	m ²	7,127.60
11	Cama de asiento con material seleccionado	m ³	355.56
12	Cama de asiento ripio lavado	m ³	153.11
13	Prov./col. de tubería PVC SDR-35 DN100 JE	m	7,302.00
14	Prov./col. de tubería PVC SDR-41 DN150 JE	m	1,614.00
15	Camara de inspeccion 1.10 - 1.50 m prefab. H°A°	Pza	129.00
16	Camara de inspeccion 1.50 - 2.00 m prefab. H°A°	Pza	10.00
17	Camara de inspeccion 2.00 - 2.50 m prefab. H°A°	Pza	9.00
18	Camara de inspeccion 2.50 - 3.00 m prefab. H°A°	Pza	5.00
19	Camara de inspeccion 3.00 - 3.50 m prefab. H°A°	Pza	2.00
20	Camara de inspeccion 3.50 - 4.00 m prefab. H°A°	Pza	3.00
21	Camara de inspeccion 4.00 - 4.50 m prefab. H°A°	Pza	1.00
22	Camara de inspeccion 4.50 - 5.00 m prefab. H°A°	Pza	0.00
23	Camara de inspeccion 5.00 - 5.50 m prefab. H°A°	Pza	3.00
24	Camara de inspeccion 5.50 - 6.00 m prefab. H°A°	Pza	7.00
25	Hormigon Simple H-15, caida exterior de camaras	m ³	1.55
26	Accesorios PVC SDR-41, caida exterior de camaras	Pza	23.00
27	Prueba hidráulica Tubería DN100	m	7,302.00
28	Prueba hidráulica Tubería DN150	m	1,614.00
29	Relleno y compactación material seleccionado (Apisonado)	m ³	2,034.72
30	Relleno y compactado con material común	m ³	8,745.28
31	Material de cambio	m ³	138.25
32	Retiro de material excedente	m ³	807.39
>	M03 - Conexiones Domiciliarias		
33	Retiro y reposicion de aceras	m ²	32.00
34	Excavacion 0.00 - 2.00 m. s. semiduro con maquinaria	m ³	2,337.73
35	Conex. domiciliarias Tipo I (Profundidad hasta 2.00m) Yee 4"x4"	Conex	287
36	Conex. domiciliarias Tipo I (Profundidad hasta 2.00m) Silleta 6"x4"	Conex	1
37	Conex. domiciliarias Tipo II (Profundidad mayor 2.00m) Silleta 6"x4"	Conex	62
38	Camara de inspeccion domiciliaria (0.6x0.6xh=Variable)	Pza	350.00
39	Relleno y compactado con material común	m ³	2,092.73
40	Retiro de material excedente	m ³	245.00

Camara		Longitud de tramo	Longitud real de tuberia	Altura de Camaras		Diametro	Altura media	cama de asiento	Ancho de zanja
De	A			Inicio	Fin				
C - (1)	C - (2)	29,600	29,852	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (2)	C - (3)	61,589	62,758	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (3)	C - (4)	76,046	78,305	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (4)	C - (5)	61,382	61,883	1,90	1,10	0,10	1,50	0,10	0,50
C - (5)	C - (6)	58,598	58,754	1,40	1,10	0,10	1,25	0,10	0,50
C - (6)	C - (7)	20,955	20,955	2,75	2,08	0,15	2,42	0,10	0,80
C - (7)	C - (8)	21,931	21,931	2,08	1,90	0,15	1,99	0,10	0,80
C - (8)	C - (9)	48,495	48,495	1,90	2,00	0,15	1,95	0,10	0,80
C - (9)	C - (10)	48,478	48,478	2,00	1,90	0,15	1,95	0,10	0,80
C - (10)	C - (11)	53,721	53,722	1,90	2,17	0,15	2,04	0,10	0,80
C - (11)	C - (12)	50,338	50,339	2,17	2,40	0,15	2,29	0,10	0,80
C - (12)	C - (13)	64,845	64,846	2,40	2,49	0,15	2,45	0,10	0,80
C - (13)	C - (14)	66,821	66,822	2,49	3,43	0,15	2,96	0,10	0,80
C - (14)	C - (15)	63,682	63,683	3,43	4,35	0,15	3,89	0,10	0,80
C - (15)	C - (16)	65,891	65,892	4,35	6,52	0,15	5,44	0,10	1,00
C - (16)	C - (17)	79,999	80,000	6,52	5,40	0,15	5,96	0,10	1,00
C - (17)	C - (18)	40,605	40,606	5,40	5,26	0,15	5,33	0,10	1,00
C - (18)	C - (19)	45,240	45,241	5,26	5,65	0,15	5,46	0,10	1,00
C - (19)	C - (20)	79,942	79,943	5,65	6,95	0,15	6,30	0,10	1,00
C - (20)	C - (21)	63,406	63,407	6,95	7,20	0,15	7,08	0,10	1,00
C - (21)	C - (22)	72,459	72,460	7,20	6,65	0,15	6,93	0,10	1,00
C - (22)	C - (23)	69,195	69,196	6,65	6,25	0,15	6,45	0,10	1,00
C - (23)	C - (24)	31,392	31,393	6,25	6,10	0,15	6,18	0,10	1,00
C - (24)	C - (25)	27,351	27,351	6,10	5,30	0,15	5,70	0,10	1,00
C - (26)	C - (27)	38,356	38,960	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (27)	C - (28)	44,763	46,606	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (28b)	C - (28)	32,430	32,519	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (28)	C - (37)	28,530	28,566	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (29)	C - (32)	69,998	69,999	1,10	1,55	0,10	1,33	0,10	0,50
C - (30)	C - (37)	63,598	63,604	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (31)	C - (32)	60,919	62,690	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (32)	C - (33)	45,293	46,766	1,55	1,10	0,10	1,33	0,10	0,50
C - (33)	C - (34)	56,527	58,405	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (34)	C - (35)	49,185	49,186	1,10	2,15	0,10	1,63	0,10	0,50
C - (35)	C - (36)	18,666	18,666	2,15	2,20	0,10	2,18	0,10	0,75
C - (36)	C - (4)	66,163	66,164	2,20	1,90	0,10	2,05	0,10	0,75
C - (37)	C - (36)	65,145	66,349	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (38)	C - (39)	70,005	73,213	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (39)	C - (4)	64,987	65,064	1,35	1,10	0,10	1,23	0,10	0,50
C - (40)	C - (41)	63,761	66,408	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (41)	C - (42)	67,997	69,293	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (42)	C - (43)	52,397	52,796	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (43)	C - (44)	68,193	68,914	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (44)	C - (45)	7,802	7,832	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (45)	C - (46)	38,199	38,210	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (46)	C - (47)	29,643	29,690	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (47)	C - (48)	11,509	11,525	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (48)	C - (5)	56,251	56,252	1,10	1,40	0,10	1,25	0,10	0,50
C - (49)	C - (46)	29,423	29,838	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (50)	C - (44)	29,203	29,359	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (51)	C - (52)	72,802	72,932	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (52)	C - (53)	10,870	10,880	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (53)	C - (47)	34,304	34,324	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (54)	C - (55)	40,642	40,815	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (55)	C - (6)	41,363	41,363	2,60	2,75	0,10	2,68	0,10	0,75
C - (56)	C - (57)	36,582	36,686	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (57)	C - (58)	31,082	31,254	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (58)	C - (59)	25,639	25,639	1,56	1,26	0,10	1,41	0,10	0,50
C - (59)	C - (55)	34,260	34,261	1,26	2,60	0,10	1,93	0,10	0,75
C - (60)	C - (58)	19,930	19,930	1,10	1,56	0,10	1,33	0,10	0,50
C - (61)	C - (62)	24,848	24,910	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50

Camara		Longitud de tramo m	Longitud real de tuberia m	Altura de Camaras		Diametro m	Altura media m	cama de asiento m	Ancho de zanja m
De	A			Inicio	Fin				
C - (62)	C - (63)	44,671	44,798	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (63)	C - (8)	54,552	54,620	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (64)	C - (65)	43,686	43,888	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (65)	C - (66)	48,636	48,847	1,35	1,10	0,10	1,23	0,10	0,50
C - (66)	C - (9)	48,941	48,989	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (67)	C - (68)	41,030	41,696	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (68)	C - (69)	45,112	45,430	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (69)	C - (10)	46,772	46,815	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (70)	C - (62)	35,139	35,144	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (71)	C - (65)	43,233	43,233	1,10	1,35	0,10	1,23	0,10	0,50
C - (72)	C - (33)	54,350	54,563	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (73)	C - (74)	57,163	57,169	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (74)	C - (68)	49,285	49,317	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (75)	C - (76)	70,000	70,207	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (76)	C - (39)	70,000	70,001	1,10	1,35	0,10	1,23	0,10	0,50
C - (77)	C - (86)	18,716	18,815	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (78)	C - (79)	70,001	70,073	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (79)	C - (80)	64,732	64,796	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (80)	C - (81)	58,540	58,663	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (81)	C - (82)	53,146	53,277	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (82)	C - (83)	36,335	36,451	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (83)	C - (77)	12,797	13,799	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (84)	C - (85)	60,477	60,671	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (85)	C - (77)	55,461	55,598	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (86)	C - (87)	57,033	58,395	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (87)	C - (12)	65,375	66,156	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (88)	C - (89)	68,106	68,197	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (89)	C - (87)	48,286	48,322	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (90)	C - (91)	63,692	65,264	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (91)	C - (14)	78,546	80,145	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (92)	C - (93)	68,920	70,913	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (93)	C - (94)	34,756	35,382	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (94)	C - (16)	67,718	68,676	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (95)	C - (96)	46,076	46,093	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (96)	C - (91)	47,611	47,691	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (97)	C - (17)	51,838	52,301	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (98)	C - (99)	68,151	70,548	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (99)	C - (93)	70,899	70,937	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (100)	C - (101)	38,779	38,809	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (101)	C - (102)	43,515	43,536	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (102)	C - (103)	39,911	41,810	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (103)	C - (104)	69,370	72,503	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (104)	C - (24)	54,006	54,273	3,70	1,15	0,15	2,43	0,10	0,80
C - (105)	C - (106)	36,813	36,816	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (106)	C - (107)	72,741	72,817	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (107)	C - (108)	47,203	47,223	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (108)	C - (109)	42,243	42,260	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (109)	C - (110)	31,136	31,184	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (110)	C - (111)	53,668	53,788	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (111)	C - (112)	64,715	64,846	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (112)	C - (99)	60,427	60,473	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (113)	C - (114)	64,145	65,641	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (114)	C - (115)	65,054	65,598	2,50	1,10	0,10	1,80	0,10	0,50
C - (115)	C - (21)	79,519	79,816	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (116)	C - (117)	26,203	26,203	1,10	2,75	0,10	1,93	0,10	0,75
C - (117)	C - (118)	52,088	52,089	2,75	1,95	0,10	2,35	0,10	0,75
C - (118)	C - (119)	66,299	67,362	1,95	1,10	0,10	1,53	0,10	0,50
C - (119)	C - (119)	61,959	62,534	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (120)	C - (115)	70,005	70,044	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (121)	C - (122)	78,370	78,664	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (122)	C - (123)	72,742	72,743	1,10	3,70	0,10	2,40	0,10	0,75

Camara		Longitud de tramo	Longitud real de tuberia	Altura de Camaras		Diametro	Altura media	cama de asiento	Ancho de zanja
De	A			Inicio	Fin				
C - (123)	C - (114)	16,377	16,377	3,70	2,50	0,10	3,10	0,10	0,75
C - (124)	C - (125)	44,670	46,032	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (125)	C - (126)	42,200	43,220	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (126)	C - (127)	68,423	70,338	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (127)	C - (129)	39,821	39,825	3,00	1,15	0,15	2,08	0,10	0,80
C - (128)	C - (24)	82,481	82,482	3,25	2,60	0,15	2,93	0,10	0,80
C - (129)	C - (104)	43,461	43,462	1,15	3,70	0,15	2,43	0,10	0,80
C - (130)	C - (126)	70,000	70,309	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (131)	C - (132)	56,144	60,324	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (132)	C - (133)	57,412	57,413	1,10	2,00	0,10	1,55	0,10	0,50
C - (133)	C - (134)	51,691	55,449	2,00	1,10	0,10	1,55	0,10	0,50
C - (134)	C - (135)	70,382	72,898	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (135)	C - (127)	89,813	89,814	1,15	3,00	0,15	2,08	0,10	0,80
C - (136)	C - (137)	59,353	64,114	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (137)	C - (133)	54,286	54,301	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (138)	C - (139)	52,603	59,213	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (139)	C - (140)	41,053	41,073	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (140)	C - (137)	68,407	68,449	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (141)	C - (142)	45,946	48,491	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (142)	C - (143)	64,317	64,530	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (143)	C - (134)	61,167	61,176	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (144)	C - (128)	44,977	45,118	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (145)	C - (146)	42,757	42,909	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (146)	C - (147)	14,156	14,201	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (147)	C - (148)	43,550	43,551	2,00	2,20	0,15	2,10	0,10	0,80
C - (148)	C - (128)	36,180	36,180	2,20	3,25	0,15	2,73	0,10	0,80
C - (149)	C - (150)	69,347	69,348	1,15	1,75	0,15	1,45	0,10	0,60
C - (150)	C - (147)	70,731	70,732	1,75	2,00	0,15	1,88	0,10	0,60
C - (151)	C - (152)	98,715	98,982	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (152)	C - (153)	64,649	64,803	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (153)	C - (135)	58,509	58,542	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (154)	C - (149)	85,262	85,962	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (155)	C - (156)	63,400	63,401	1,10	2,35	0,10	1,73	0,10	0,50
C - (156)	C - (157)	51,892	51,892	2,35	3,85	0,10	3,10	0,10	0,75
C - (157)	C - (158)	52,046	53,820	3,85	1,10	0,10	2,48	0,10	0,75
C - (158)	C - (159)	47,656	49,402	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (159)	C - (160)	50,201	50,384	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (160)	C - (161)	44,785	44,786	1,10	2,70	0,10	1,90	0,10	0,60
C - (161)	C - (162)	47,481	47,595	2,70	1,10	0,10	1,90	0,10	0,60
C - (162)	C - (163)	51,040	51,995	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (163)	C - (164)	56,699	57,662	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (164)	C - (149)	69,504	69,505	1,15	1,15	0,15	1,15	0,10	0,60
C - (165)	C - (166)	70,003	70,107	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (166)	C - (167)	69,999	70,112	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (167)	C - (168)	58,597	58,603	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
C - (168)	C - (161)	68,618	69,730	1,10	1,10	0,10	1,10	0,10	0,50
		Longitud de tramo	Longitud real de tuberia	Verificacion de alturas de camara					
		m	m						
TOTAL		8824,68	8911,705	274,17	279,82	18,25	1,65		

Camara		Excavacion de 0 - 2 m	Excavacion de 2 - 4 m	Excavacion de 4 - 6 m	Camara de asiento	Volumen de tuberia	Relleno con tierra cernida	Relleno	Agotamiento colectores
De	A	m3	m3	m3	m3		m3	m3	m3
C - (1)	C - (2)	17,76	0,00	0,00	1,48	0,23	5,74	10,31	0,00
C - (2)	C - (3)	36,95	0,00	0,00	3,08	0,49	12,06	21,32	0,00
C - (3)	C - (4)	45,63	0,00	0,00	3,80	0,62	15,05	26,16	0,00
C - (4)	C - (5)	49,11	0,00	0,00	3,07	0,49	11,89	33,66	0,00
C - (5)	C - (6)	39,55	0,00	0,00	2,93	0,46	11,29	24,87	0,00
C - (6)	C - (7)	33,53	8,63	0,00	1,68	0,37	7,17	32,94	8,63
C - (7)	C - (8)	35,09	1,58	0,00	1,75	0,39	7,51	27,02	1,58
C - (8)	C - (9)	77,59	1,94	0,00	3,88	0,86	16,60	58,19	1,94
C - (9)	C - (10)	77,56	1,94	0,00	3,88	0,86	16,60	58,17	1,94
C - (10)	C - (11)	85,95	5,80	0,00	4,30	0,95	18,39	68,12	5,80
C - (11)	C - (12)	80,54	15,50	0,00	4,03	0,89	17,23	73,90	15,50
C - (12)	C - (13)	103,75	28,27	0,00	5,19	1,15	22,20	103,49	28,27
C - (13)	C - (14)	106,91	56,66	0,00	5,35	1,18	22,87	134,18	56,66
C - (14)	C - (15)	101,89	101,38	0,00	5,09	1,13	21,80	175,25	101,38
C - (15)	C - (16)	131,78	131,78	101,14	6,59	1,16	28,49	328,47	232,92
C - (16)	C - (17)	160,00	160,00	164,80	8,00	1,41	34,59	440,79	324,80
C - (17)	C - (18)	81,21	81,21	58,07	4,06	0,72	17,55	198,15	139,28
C - (18)	C - (19)	90,48	90,48	70,35	4,52	0,80	19,56	226,43	160,83
C - (19)	C - (20)	159,88	159,88	191,86	7,99	1,41	34,56	467,66	351,74
C - (20)	C - (21)	126,81	126,81	201,31	6,34	1,12	27,41	420,06	328,13
C - (21)	C - (22)	144,92	144,92	219,19	7,25	1,28	31,33	469,17	364,11
C - (22)	C - (23)	138,39	138,39	176,45	6,92	1,22	29,92	415,17	314,84
C - (23)	C - (24)	62,78	62,78	71,42	3,14	0,55	13,57	179,72	134,20
C - (24)	C - (25)	54,70	54,70	49,23	2,74	0,48	11,82	143,59	103,93
C - (26)	C - (27)	23,01	0,00	0,00	1,92	0,31	7,49	13,30	0,00
C - (27)	C - (28)	26,86	0,00	0,00	2,24	0,37	8,96	15,30	0,00
C - (28b)	C - (28)	19,46	0,00	0,00	1,62	0,26	6,25	11,33	0,00
C - (28)	C - (37)	17,12	0,00	0,00	1,43	0,22	5,49	9,98	0,00
C - (29)	C - (32)	49,87	0,00	0,00	3,50	0,55	13,45	32,37	0,00
C - (30)	C - (37)	38,16	0,00	0,00	3,18	0,50	12,22	22,26	0,00
C - (31)	C - (32)	36,55	0,00	0,00	3,05	0,49	12,05	20,97	0,00
C - (32)	C - (33)	32,27	0,00	0,00	2,26	0,37	8,99	20,65	0,00
C - (33)	C - (34)	33,92	0,00	0,00	2,83	0,46	11,22	19,41	0,00
C - (34)	C - (35)	42,42	0,00	0,00	2,46	0,39	9,45	30,13	1,02
C - (35)	C - (36)	28,00	3,85	0,00	1,40	0,15	5,45	24,85	3,85
C - (36)	C - (4)	99,24	7,44	0,00	4,96	0,52	19,33	81,88	7,44
C - (37)	C - (36)	39,09	0,00	0,00	3,26	0,52	12,75	22,56	0,00
C - (38)	C - (39)	42,00	0,00	0,00	3,50	0,58	14,07	23,86	0,00
C - (39)	C - (4)	43,05	0,00	0,00	3,25	0,51	12,50	26,79	0,00
C - (40)	C - (41)	38,26	0,00	0,00	3,19	0,52	12,76	21,79	0,00
C - (41)	C - (42)	40,80	0,00	0,00	3,40	0,54	13,31	23,54	0,00
C - (42)	C - (43)	31,44	0,00	0,00	2,62	0,41	10,14	18,26	0,00
C - (43)	C - (44)	40,92	0,00	0,00	3,41	0,54	13,24	23,72	0,00
C - (44)	C - (45)	4,68	0,00	0,00	0,39	0,06	1,50	2,72	0,00
C - (45)	C - (46)	22,92	0,00	0,00	1,91	0,30	7,34	13,37	0,00
C - (46)	C - (47)	17,79	0,00	0,00	1,48	0,23	5,70	10,37	0,00
C - (47)	C - (48)	6,91	0,00	0,00	0,58	0,09	2,21	4,03	0,00
C - (48)	C - (5)	37,97	0,00	0,00	2,81	0,44	10,81	23,91	0,00
C - (49)	C - (46)	17,65	0,00	0,00	1,47	0,23	5,73	10,22	0,00
C - (50)	C - (44)	17,52	0,00	0,00	1,46	0,23	5,64	10,19	0,00
C - (51)	C - (52)	43,68	0,00	0,00	3,64	0,57	14,01	25,45	0,00
C - (52)	C - (53)	6,52	0,00	0,00	0,54	0,09	2,09	3,80	0,00
C - (53)	C - (47)	20,58	0,00	0,00	1,72	0,27	6,60	12,00	0,00
C - (54)	C - (55)	24,39	0,00	0,00	2,03	0,32	7,84	14,19	0,00
C - (55)	C - (6)	62,04	24,04	0,00	3,10	0,32	12,08	70,58	24,04
C - (56)	C - (57)	21,95	0,00	0,00	1,83	0,29	7,05	12,78	0,00
C - (57)	C - (58)	18,65	0,00	0,00	1,55	0,25	6,01	10,84	0,00
C - (58)	C - (59)	19,36	0,00	0,00	1,28	0,20	4,93	12,95	0,00
C - (59)	C - (55)	51,39	0,77	0,00	2,57	0,27	10,01	39,31	5,37
C - (60)	C - (58)	14,25	0,00	0,00	1,00	0,16	3,83	9,27	0,00
C - (61)	C - (62)	14,91	0,00	0,00	1,24	0,20	4,79	8,68	0,00

Camara		Excavacion de 0 - 2 m	Excavacion de 2 - 4 m	Excavacion de 4 - 6 m	Cama de asiento	Volumen de tuberia	Relleno con tierra cernida	Relleno	Agotamiento colectores
De	A	m3	m3	m3	m3		m3	m3	m3
C - (62)	C - (63)	26,80	0,00	0,00	2,23	0,35	8,61	15,61	0,00
C - (63)	C - (8)	32,73	0,00	0,00	2,73	0,43	10,49	19,08	0,00
C - (64)	C - (65)	26,21	0,00	0,00	2,18	0,34	8,43	15,25	0,00
C - (65)	C - (66)	32,22	0,00	0,00	2,43	0,38	9,39	20,02	0,00
C - (66)	C - (9)	29,36	0,00	0,00	2,45	0,38	9,41	17,12	0,00
C - (67)	C - (68)	24,62	0,00	0,00	2,05	0,33	8,01	14,23	0,00
C - (68)	C - (69)	27,07	0,00	0,00	2,26	0,36	8,73	15,73	0,00
C - (69)	C - (10)	28,06	0,00	0,00	2,34	0,37	9,00	16,36	0,00
C - (70)	C - (62)	21,08	0,00	0,00	1,76	0,28	6,75	12,30	0,00
C - (71)	C - (65)	28,64	0,00	0,00	2,16	0,34	8,31	17,83	0,00
C - (72)	C - (33)	32,61	0,00	0,00	2,72	0,43	10,48	18,98	0,00
C - (73)	C - (74)	34,30	0,00	0,00	2,86	0,45	10,98	20,01	0,00
C - (74)	C - (68)	29,57	0,00	0,00	2,46	0,39	9,48	17,24	0,00
C - (75)	C - (76)	42,00	0,00	0,00	3,50	0,55	13,49	24,46	0,00
C - (76)	C - (39)	46,38	0,00	0,00	3,50	0,55	13,45	28,87	0,00
C - (77)	C - (86)	11,23	0,00	0,00	0,94	0,15	3,62	6,53	0,00
C - (78)	C - (79)	42,00	0,00	0,00	3,50	0,55	13,46	24,49	0,00
C - (79)	C - (80)	38,84	0,00	0,00	3,24	0,51	12,45	22,64	0,00
C - (80)	C - (81)	35,12	0,00	0,00	2,93	0,46	11,27	20,46	0,00
C - (81)	C - (82)	31,89	0,00	0,00	2,66	0,42	10,24	18,57	0,00
C - (82)	C - (83)	21,80	0,00	0,00	1,82	0,29	7,00	12,69	0,00
C - (83)	C - (77)	7,68	0,00	0,00	0,64	0,11	2,65	4,28	0,00
C - (84)	C - (85)	36,29	0,00	0,00	3,02	0,48	11,66	21,13	0,00
C - (85)	C - (77)	33,28	0,00	0,00	2,77	0,44	10,68	19,38	0,00
C - (86)	C - (87)	34,22	0,00	0,00	2,85	0,46	11,22	19,69	0,00
C - (87)	C - (12)	39,23	0,00	0,00	3,27	0,52	12,71	22,72	0,00
C - (88)	C - (89)	40,86	0,00	0,00	3,41	0,54	13,10	23,82	0,00
C - (89)	C - (87)	28,97	0,00	0,00	2,41	0,38	9,28	16,89	0,00
C - (90)	C - (91)	38,22	0,00	0,00	3,18	0,51	12,54	21,98	0,00
C - (91)	C - (14)	47,13	0,00	0,00	3,93	0,63	15,40	27,17	0,00
C - (92)	C - (93)	41,35	0,00	0,00	3,45	0,56	13,63	23,72	0,00
C - (93)	C - (94)	20,85	0,00	0,00	1,74	0,28	6,80	12,04	0,00
C - (94)	C - (16)	40,63	0,00	0,00	3,39	0,54	13,20	23,51	0,00
C - (95)	C - (96)	27,65	0,00	0,00	2,30	0,36	8,86	16,12	0,00
C - (96)	C - (91)	28,57	0,00	0,00	2,38	0,37	9,16	16,65	0,00
C - (97)	C - (17)	31,10	0,00	0,00	2,59	0,41	10,05	18,05	0,00
C - (98)	C - (99)	40,89	0,00	0,00	3,41	0,55	13,56	23,37	0,00
C - (99)	C - (93)	42,54	0,00	0,00	3,54	0,56	13,63	24,81	0,00
C - (100)	C - (101)	23,27	0,00	0,00	1,94	0,30	7,46	13,57	0,00
C - (101)	C - (102)	26,11	0,00	0,00	2,18	0,34	8,37	15,23	0,00
C - (102)	C - (103)	23,95	0,00	0,00	2,00	0,33	8,03	13,59	0,00
C - (103)	C - (104)	41,62	0,00	0,00	3,47	0,57	13,93	23,65	0,00
C - (104)	C - (24)	86,41	22,68	0,00	4,32	0,96	18,58	85,23	28,97
C - (105)	C - (106)	22,09	0,00	0,00	1,84	0,29	7,07	12,88	0,00
C - (106)	C - (107)	43,64	0,00	0,00	3,64	0,57	13,99	25,44	0,00
C - (107)	C - (108)	28,32	0,00	0,00	2,36	0,37	9,07	16,52	0,00
C - (108)	C - (109)	25,35	0,00	0,00	2,11	0,33	8,12	14,78	0,00
C - (109)	C - (110)	18,68	0,00	0,00	1,56	0,24	5,99	10,89	0,00
C - (110)	C - (111)	32,20	0,00	0,00	2,68	0,42	10,34	18,76	0,00
C - (111)	C - (112)	38,83	0,00	0,00	3,24	0,51	12,46	22,62	0,00
C - (112)	C - (99)	36,26	0,00	0,00	3,02	0,47	11,62	21,14	0,00
C - (113)	C - (114)	38,49	0,00	0,00	3,21	0,52	12,61	22,15	0,00
C - (114)	C - (115)	61,80	0,00	0,00	3,25	0,52	12,60	45,43	4,88
C - (115)	C - (21)	47,71	0,00	0,00	3,98	0,63	15,34	27,77	0,00
C - (116)	C - (117)	39,30	0,49	0,00	1,97	0,21	7,66	29,97	4,81
C - (117)	C - (118)	78,13	17,58	0,00	3,91	0,41	15,22	76,18	17,58
C - (118)	C - (119)	53,87	0,00	0,00	3,31	0,53	12,94	37,08	0,15
C - (119)	C - (19)	37,18	0,00	0,00	3,10	0,49	12,02	21,57	0,00
C - (120)	C - (115)	42,00	0,00	0,00	3,50	0,55	13,46	24,49	0,00
C - (121)	C - (122)	47,02	0,00	0,00	3,92	0,62	15,12	27,37	0,00
C - (122)	C - (123)	109,11	27,28	0,00	5,46	0,57	21,25	109,11	35,88

Camara		Excavacion de 0 - 2 m	Excavacion de 2 - 4 m	Excavacion de 4 - 6 m	Cama de asiento	Volumen de tuberia	Relleno con tierra cernida	Relleno	Agotamiento colectores
De	A	m3	m3	m3	m3		m3	m3	m3
C - (123)	C - (114)	24,57	14,74	0,00	1,23	0,13	4,78	33,16	14,74
C - (124)	C - (125)	26,80	0,00	0,00	2,23	0,36	8,84	15,36	0,00
C - (125)	C - (126)	25,32	0,00	0,00	2,11	0,34	8,30	14,57	0,00
C - (126)	C - (127)	41,05	0,00	0,00	3,42	0,55	13,52	23,57	0,00
C - (127)	C - (129)	63,71	5,57	0,00	3,19	0,70	13,63	51,77	11,37
C - (128)	C - (24)	131,97	67,63	0,00	6,60	1,46	28,24	163,31	67,63
C - (129)	C - (104)	69,54	18,25	0,00	3,48	0,77	14,88	68,67	23,32
C - (130)	C - (126)	42,00	0,00	0,00	3,50	0,55	13,51	24,44	0,00
C - (131)	C - (132)	33,69	0,00	0,00	2,81	0,47	11,59	18,81	0,00
C - (132)	C - (133)	47,36	0,00	0,00	2,87	0,45	11,03	33,01	0,32
C - (133)	C - (134)	42,65	0,00	0,00	2,58	0,44	10,65	28,97	0,29
C - (134)	C - (135)	42,23	0,00	0,00	3,52	0,57	14,01	24,13	0,00
C - (135)	C - (127)	143,70	12,57	0,00	7,19	1,59	30,75	116,76	25,63
C - (136)	C - (137)	35,61	0,00	0,00	2,97	0,50	12,32	19,82	0,00
C - (137)	C - (133)	32,57	0,00	0,00	2,71	0,43	10,43	19,00	0,00
C - (138)	C - (139)	31,56	0,00	0,00	2,63	0,47	11,38	17,09	0,00
C - (139)	C - (140)	24,63	0,00	0,00	2,05	0,32	7,89	14,36	0,00
C - (140)	C - (137)	41,04	0,00	0,00	3,42	0,54	13,15	23,93	0,00
C - (141)	C - (142)	27,57	0,00	0,00	2,30	0,38	9,32	15,57	0,00
C - (142)	C - (143)	38,59	0,00	0,00	3,22	0,51	12,40	22,47	0,00
C - (143)	C - (134)	36,70	0,00	0,00	3,06	0,48	11,75	21,41	0,00
C - (144)	C - (128)	26,99	0,00	0,00	2,25	0,35	8,67	15,71	0,00
C - (145)	C - (146)	25,65	0,00	0,00	2,14	0,34	8,24	14,93	0,00
C - (146)	C - (147)	8,49	0,00	0,00	0,71	0,11	2,73	4,95	0,00
C - (147)	C - (148)	69,68	6,97	0,00	3,48	0,77	14,91	57,49	6,97
C - (148)	C - (128)	57,89	23,88	0,00	2,89	0,64	12,39	65,85	23,88
C - (149)	C - (150)	64,49	0,00	0,00	4,16	1,23	17,50	41,61	0,00
C - (150)	C - (147)	83,82	0,00	0,00	4,24	1,25	17,85	60,47	1,70
C - (151)	C - (152)	59,23	0,00	0,00	4,94	0,78	19,02	34,50	0,00
C - (152)	C - (153)	38,79	0,00	0,00	3,23	0,51	12,45	22,60	0,00
C - (153)	C - (135)	35,11	0,00	0,00	2,93	0,46	11,25	20,47	0,00
C - (154)	C - (149)	51,16	0,00	0,00	4,26	0,68	16,52	29,70	0,00
C - (155)	C - (156)	57,85	0,00	0,00	3,17	0,50	12,18	42,00	3,14
C - (156)	C - (157)	77,84	46,70	0,00	3,89	0,41	15,16	105,08	46,70
C - (157)	C - (158)	78,07	22,44	0,00	3,90	0,42	15,72	80,46	28,37
C - (158)	C - (159)	28,59	0,00	0,00	2,38	0,39	9,49	16,33	0,00
C - (159)	C - (160)	30,12	0,00	0,00	2,51	0,40	9,68	17,53	0,00
C - (160)	C - (161)	53,74	0,00	0,00	2,69	0,35	10,40	40,31	6,05
C - (161)	C - (162)	56,98	0,00	0,00	2,85	0,37	11,05	42,71	6,41
C - (162)	C - (163)	30,62	0,00	0,00	2,55	0,41	9,99	17,67	0,00
C - (163)	C - (164)	34,02	0,00	0,00	2,83	0,45	11,08	19,65	0,00
C - (164)	C - (149)	52,13	0,00	0,00	4,17	1,23	17,54	29,19	0,00
C - (165)	C - (166)	42,00	0,00	0,00	3,50	0,55	13,47	24,48	0,00
C - (166)	C - (167)	42,00	0,00	0,00	3,50	0,55	13,47	24,48	0,00
C - (167)	C - (168)	35,16	0,00	0,00	2,93	0,46	11,26	20,51	0,00
C - (168)	C - (161)	41,17	0,00	0,00	3,43	0,55	13,40	23,79	0,00
		Excavacion de 0 - 2 m	Excavacion de 2 - 4 m	Excavacion de 4 - 6 m	Cama de asiento		Relleno con tierra cernida	Relleno	Agotamiento colectores
		m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3
TOTAL		7596,16	1695,58	1303,81	508,68	85,84	2034,72	7966,32	3077

Camara		Entibado colectores	Cama de asiento de grava	Cama de asiento de Arena	Reduccion de exc. de camaras	Excavacion de 0 - 2 m	Excavacion de 2 - 4 m	Excavacion de 4 - 6 m
De	A	m2	m3	m3				
C - (1)	C - (2)	0,00	0,00	1,48	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (2)	C - (3)	0,00	0,00	3,08	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (3)	C - (4)	0,00	0,00	3,80	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (4)	C - (5)	0,00	0,00	3,07	1,90	1,90	0,00	0,00
C - (5)	C - (6)	0,00	0,00	2,93	1,40	1,40	0,00	0,00
C - (6)	C - (7)	21,58	1,68	0,00	4,40	3,50	0,90	0,00
C - (7)	C - (8)	3,95	1,75	0,00	3,33	3,18	0,14	0,00
C - (8)	C - (9)	4,85	3,88	0,00	3,04	2,97	0,07	0,00
C - (9)	C - (10)	4,85	3,88	0,00	3,20	3,12	0,08	0,00
C - (10)	C - (11)	14,50	4,30	0,00	3,04	2,85	0,19	0,00
C - (11)	C - (12)	38,76	4,03	0,00	3,47	2,91	0,56	0,00
C - (12)	C - (13)	70,68	5,19	0,00	3,84	3,02	0,82	0,00
C - (13)	C - (14)	141,66	5,35	0,00	3,98	2,60	1,38	0,00
C - (14)	C - (15)	253,45	5,09	0,00	5,49	2,75	2,74	0,00
C - (15)	C - (16)	465,85	6,59	0,00	8,70	3,14	3,14	2,41
C - (16)	C - (17)	649,59	8,00	0,00	13,04	4,30	4,30	4,43
C - (17)	C - (18)	278,55	4,06	0,00	10,80	3,98	3,98	2,84
C - (18)	C - (19)	321,66	4,52	0,00	10,52	3,79	3,79	2,94
C - (19)	C - (20)	703,49	7,99	0,00	11,30	3,53	3,53	4,24
C - (20)	C - (21)	656,25	6,34	0,00	13,90	3,87	3,87	6,15
C - (21)	C - (22)	728,21	7,25	0,00	14,40	4,10	4,10	6,20
C - (22)	C - (23)	629,67	6,92	0,00	13,30	4,06	4,06	5,18
C - (23)	C - (24)	268,40	3,14	0,00	12,50	3,98	3,98	4,53
C - (24)	C - (25)	207,87	2,74	0,00	12,20	4,21	4,21	3,79
C - (26)	C - (27)	0,00	0,00	1,92	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (27)	C - (28)	0,00	0,00	2,24	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (28b)	C - (28)	0,00	0,00	1,62	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (28)	C - (37)	0,00	0,00	1,43	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (29)	C - (32)	0,00	0,00	3,50	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (30)	C - (37)	0,00	0,00	3,18	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (31)	C - (32)	0,00	0,00	3,05	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (32)	C - (33)	0,00	0,00	2,26	1,55	1,55	0,00	0,00
C - (33)	C - (34)	0,00	0,00	2,83	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (34)	C - (35)	4,10	0,59	1,87	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (35)	C - (36)	10,27	1,40	0,00	3,23	2,84	0,39	0,00
C - (36)	C - (4)	19,85	4,96	0,00	3,30	3,07	0,23	0,00
C - (37)	C - (36)	0,00	0,00	3,26	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (38)	C - (39)	0,00	0,00	3,50	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (39)	C - (4)	0,00	0,00	3,25	1,35	1,35	0,00	0,00
C - (40)	C - (41)	0,00	0,00	3,19	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (41)	C - (42)	0,00	0,00	3,40	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (42)	C - (43)	0,00	0,00	2,62	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (43)	C - (44)	0,00	0,00	3,41	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (44)	C - (45)	0,00	0,00	0,39	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (45)	C - (46)	0,00	0,00	1,91	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (46)	C - (47)	0,00	0,00	1,48	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (47)	C - (48)	0,00	0,00	0,58	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (48)	C - (5)	0,00	0,00	2,81	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (49)	C - (46)	0,00	0,00	1,47	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (50)	C - (44)	0,00	0,00	1,46	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (51)	C - (52)	0,00	0,00	3,64	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (52)	C - (53)	0,00	0,00	0,54	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (53)	C - (47)	0,00	0,00	1,72	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (54)	C - (55)	0,00	0,00	2,03	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (55)	C - (6)	64,11	3,10	0,00	3,90	2,81	1,09	0,00
C - (56)	C - (57)	0,00	0,00	1,83	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (57)	C - (58)	0,00	0,00	1,55	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (58)	C - (59)	0,00	0,00	1,28	1,56	1,56	0,00	0,00
C - (59)	C - (55)	14,32	1,34	1,23	1,89	1,86	0,03	0,00
C - (60)	C - (58)	0,00	0,00	1,00	1,10	1,10	0,00	0,00
C - (61)	C - (62)	0,00	0,00	1,24	1,10	1,10	0,00	0,00