



Proyecto ejecutivo de planta de tratamiento de aguas residuales para la zona urbana de la Ciudad de Concepción

Araceli Mabel Pérez Collante^a, Sanie Gissela Patiño Fleitas^b, Eliana María Rolón Gayozo^b, Mirta Adriana Ramírez Maldonado^b, Cristhian René Ramírez Aponte^b, Ivann Ferreira^b

^aUniversidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas, Paraguay - aramabel01@outlook.es

^bUniversidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas, Paraguay

Resumen

El municipio de Concepción cuenta con una red de alcantarillado que fue iniciado en la década de los 80 y que se compone en su mayoría por tuberías de hormigón. Desde entonces la población ha crecido, pero no así el sistema de alcantarillado, o al menos no proporcionalmente a la cantidad de habitantes que ha ido en aumento. Actualmente el mismo se extiende por los barrios Centro, Itacurubí, Villa Armando e Inmaculada; accediendo a ellas aproximadamente 9000 usuarios, lo cual constituye solo un pequeño porcentaje de la población, presentando a lo largo de los años diversos inconvenientes debido a la ineficiencia del servicio, además de no contar con una planta de tratamiento y la problemática que genera el hecho de descargar las aguas residuales a los cursos hídricos sin tratamiento previo. Con el objetivo de diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para los usuarios de la red de alcantarillado de la Ciudad de Concepción, teniendo en cuenta la realidad socio-económica de la región y la selección de la mejor alternativa; para lo cual se optó por utilizar un sistema de tratamiento por lagunas. El sistema fue seleccionado desde el punto de vista operativo por poseer menor complejidad mecánica, lo que facilitará la operación de la planta, asimismo porque poseen menores inconvenientes a nivel social, económico y ambiental. La PTAR diseñada está conformada por una unidad de Pre-tratamiento para la remoción de sólidos gruesos, una Trampa de Grasas y el Tratamiento Primario y Secundario, que es realizado por tres lagunas facultativas en paralelo y dos lagunas de maduración en serie, respectivamente. El efluente final, que se espera posea una remoción adecuada de los contaminantes será conducido por un canal abierto y descargado al curso hídrico más cercano.

Palabras Clave:

Población, Aguas residuales, Planta de tratamiento, Efluentes.

1. Introducción

El agua es un líquido vital para los seres vivos y además constituye un recurso natural fundamental para las actividades domésticas, industriales, ganaderas, agrícolas, etc. El uso y degradación de este recurso ha ido en aumento ya que los sectores doméstico, industrial e incluso agrícola realizan descargas residuales sin tratamiento en los cursos de agua cercanos.

En la actualidad, el 85 % de los hogares en Paraguay tiene acceso a fuentes de agua mejorada y 63 % a fuentes de agua en red; mientras 79 % cuenta con infraestructura de saneamiento mejorado y solamente 11 % tiene alcantarillado sanitario.

Las descargas de efluentes sin tratamiento en los cauces hídricos producen consecuencias negativas tanto para el medio ambiente como para las personas provocando la contaminación de fuentes de agua y suelos que pueden repercutir en la salud de la población ya que constituyen un foco de infección para distintos tipos de enfermedades. La mitigación de dichos impactos negativos se realiza mediante la construcción de una Planta de

Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el cual es un sistema que reproduce los mecanismos de depuración que tienen lugar naturalmente en el suelo y las aguas mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Estos permiten la eliminación de los distintos agentes contaminantes que están presentes en el agua.

El objetivo del trabajo es diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para los usuarios de la red de alcantarillado de la Ciudad de Concepción, optando por la tecnología más viable para el municipio, proponiendo una solución a la problemática del vertido de aguas residuales a los cauces naturales de agua de manera directa y sin ningún tipo de tratamiento. El proyecto es de carácter social debido a que plantea soluciones tecnológicas para la mejora de la calidad de vida de la población.

Con la implementación de la PTAR, se obtendrá una reducción del nivel de contaminación del cuerpo receptor, una disminución de los recursos invertidos para potabilización del agua, reducirá la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas, mejorará la calidad de vida de los habitantes al igual que la imagen

urbana y esto ayudará al desarrollo integral de la ciudad.

2. Metodología

La esencia de un proyecto tecnológico es la creación, modificación o adaptación de un producto específico gracias al empleo de la tecnología. El producto tecnológico, que es el resultado del proceso, tiene como función satisfacer una necesidad, demanda o servicio. A veces, este tipo de necesidades se expresan a través de inconvenientes, fallos o problemas de cualquier índole, por lo que el producto puede convertirse en una solución específica. El trabajo tiene un enfoque de desarrollo tecnológico, propone una solución al manejo de aguas residuales en la ciudad de Concepción a través de la implementación de una planta de tratamiento.

2.1. Área de Estudio

La propuesta de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se realizará en el municipio de Concepción, Departamento de Concepción. El cual se encuentra a 408 kilómetros de la capital de Paraguay. Posee una extensión territorial de 1092km^2 a $23^{\circ}24'09''$ de longitud sur, $57^{\circ}26'29''$ de latitud oeste y una altura sobre el nivel del mar de 44 metros.

2.2. Delimitación del área de estudio

El área de estudio se limita a los barrios de la ciudad de Concepción entre los cuales se menciona Redención, San José Olero, Com Ind Redención, Del Bañado, San Roque, Villa Alta, San Luis, Villa Oliva, San Carlos, San Jorge, Boquerón, Santo Domingo Savio, Sagrada Familia, Asentamiento Santa María, San Agustín, San Antonio de Guzmán, Fátima, San Francisco, Primavera, Santa Rita, Asentamiento San Francisco, Santa Rita. Actualmente los barrios Centro, Itacurubí y partes de Villa Armando e Inmaculada son los que cuentan con el servicio de red de alcantarillado sanitario, abarcando una superficie total de aproximadamente 2km^2 .

2.3. Unidad de análisis

Para llevar a cabo el proceso investigativo se tomarán en cuenta los últimos datos censados de la población del área urbana del municipio, en virtud de que esta cuenta con la oportunidad de acceso a la red de alcantarillado sanitario.

La unidad de análisis estará sujeta a estudio físico-químico del agua residual recolectada en el área de descarga del drenaje municipal, ya que las mismas son vertidas sin tratamiento hacia los cuerpos de agua, por lo que la medida de mitigación que se plantea conlleva la mejora del recurso hídrico.

2.4. Procedimientos de recolección de datos y fuentes de información

La primera etapa consistirá en reunir información acerca del servicio de agua potable, zonas de captación, condiciones climáticas y zona de vertido del agua residual del municipio, realizando un reconocimiento in situ de la localidad y visitas a la oficina de la ESSAP (Empresa de Servicios Sanitarios del

Paraguay) para la búsqueda de datos básicos como planos cartográficos y otros detalles técnicos, bibliografía e información necesaria para la elaboración del diseño.

La información obtenida será la red de drenajes del municipio, la cantidad de usuarios con acceso a agua potable, el consumo diario, dónde se encuentra ubicada el área de disposición final de las aguas residuales y las variaciones de servicios básicos en distintas estaciones del año. Se investigarán las principales deficiencias del sistema de red de alcantarillado y se realizará la caracterización de las aguas residuales domésticas, con la finalidad de recabar la información necesaria para realizar un diagnóstico preliminar.

Se deberán identificar claramente los datos que llevaron al diseño técnico de la propuesta, lo que contempla la caracterización del agua residual bruta, del agua tratada y de las condiciones ambientales imperantes en el sitio que influyen en el diseño de la planta.

Se recolectará información necesaria respecto a la meteorología de la zona, ya sea temperatura, precipitaciones, evaporación, etc.

Se presentarán valores de la estimativa de demanda necesaria para atender a la población prevista en el área del proyecto, dentro del tejido urbano, en un horizonte de 25 años o más. También se presentarán en el mismo marco, los parámetros necesarios del sistema de tratamiento de aguas residuales que se diseñará.

Para el diseño del sistema sanitario de alcantarillado, colectores tronco, interceptores y emisarios del flujo de las aguas residuales se tendrán en cuenta la saturación de la red urbana, así también, los datos obtenidos del proyecto "ANÁLISE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UMA PROPOSIÇÃO ALTERNATIVA AO PROJETO DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A CIDADE DE CONCEPCIÓN – PARAGUAI", referente al sistema de alcantarillado sanitario para la ciudad de Concepción, con el fin de dar continuidad a dicho proyecto.

Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se considerará el caudal de diseño, máximo y medio de aguas residuales. Para la determinación de los caudales de contribución serán considerados los siguientes aspectos: Cantidad de personas que acceden a la red de alcantarillado y las características urbanas del área a considerarse (residencial, comercial e industrial). Las principales industrias, si cuenta el municipio, que usarán el sistema y sus características: tipo de industria, horario de funcionamiento, volúmenes, régimen de descarga de aguas residuales, naturaleza de los residuos líquidos y la existencia de instalaciones propias para la regularización de su tratamiento.

2.5. Alcance y limitaciones del proyecto

Realización de la propuesta del diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del municipio de Concepción, la propuesta incluirá la recopilación de información proveída por la ESSAP, la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH) y la Municipalidad de Concepción; así como el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El presente proyecto se limitará a realizar una propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales considerando las necesidades del municipio y siguiendo todos los parámetros de la normatividad vigente. No se realizarán ensayos de laboratorios, No se entregarán diseños constructivos como despieces de aceros, especificación de materiales o sistemas constructivos y no se realizarán análisis unitarios de materiales.

Se presentaron dificultades en cuanto a la recopilación de datos topográficos, la falta de un manual con especificaciones técnicas respecto al diseño hidráulico por lo cual se optó por la utilización de normas brasileñas y guías de Honduras, otra limitación fue el hecho de no tener facilidad de acceso a los datos actualizados por parte de las diferentes entidades públicas, esto causó un mayor tiempo para recopilar la información requerida para el proyecto.

3. Resultados

3.1. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua residual del municipio

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos obtenidos del agua residual municipal. Mes de octubre/2020

PARÁMETRO	UNID.	RESULTADO				
		M1	M2	M3	M4	M5
Temperatura del agua	°C	25	26	26	27	27
pH potencial de hidrógeno	UpH	7.1	7.0	7.1	7.0	7.0
Cadmio	mg/l Cd	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	mg/l Ni	ND	ND	ND	ND	ND
DQO	mg/l	299				
DBO5	mg/l	136				
Plomo	mg/l Pb	ND	ND	ND	ND	ND
Detergente Sintético	mg/l	<0.010				
Grasas y Aceites e Hidrocarburos	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND
Sólidos Suspendidos	mg/l	166	166	166	166	166
Sólidos Sedimentables	mg/l/h	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Hierro Soluble	mg/l Fe	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Cobre	mg/l Cu	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfatos	mg/l SO4	16.9	17.1	16.9	17.2	17.2
Zinc	mg/l Zn	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo	mg/l Cr+6	ND	ND	ND	ND	ND
Coliformes fecales	UFC/100 ml	2E+6	2E+6	2E+6	2E+6	2E+6

Fuente: ESSAP. (Adaptado). Puntos de muestreo, M1: Agua Potabilizada, M2:

Gobernación de Concepción, M3: Municipalidad de Concepción, M4: Iglesia

Presbiteriana y M5: Sociedad Salesiana Pya.

En la tabla anterior se presentan los valores obtenidos de la muestra de análisis de los distintos puntos de muestreo de la Ciudad de Concepción, donde se comprueba que la mayoría de los parámetros se encuentran por debajo del límite permisible, estos valores son un indicativo de que existe una contaminación al cuerpo de agua. Cabe mencionar que dichos análisis son los últimos datos actualizados (mes de octubre, 2020) con que cuentan la institución encargada del mantenimiento y fiscalización de las aguas residuales de la ciudad.

Entre los valores significativos que se encuentran por arriba del límite permisible fueron los sólidos suspendidos, siendo estas de concentración media, la temperatura, la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno 5 días (DBO5), siendo esta última de concentración media a fuerte, este parámetro es uno de los más importantes a tomar en cuenta al momento del diseño final del sistema de tratamiento y de los cuales de desean que exista una mayor remoción.

3.2. Cálculo de Población Futura

Para este tipo de iniciativas socio/ambientales se realizó una proyección de 25 años, tiempo de vida útil de una planta de tratamiento del nivel de complejidad Medio Alto, tomando como base el censo de la población del área urbana.

Tabla 2: Resultado de la Proyección de Población en la Ciudad de Concepción.

Periodo de diseño (años)	25				
	2020				
Término	ML	MIC	MLo	MIS	Promedio
Población Futura	68.406	110.499	110.175	90.883	94.991

ML: Método lineal, MIC: Método de interés compuesto, MLo: Método logarítmico, MIS: Método de interés simple

La población final al periodo de diseño a 25 años será de 94.991 habitantes en el área urbana lo que valida con propiedad llevar a cabo este proceso.

3.3. Cálculo de Caudales

La proyección del caudal de aguas residuales para los 25 años que se prevé la planta de tratamiento será con los que se opere y se tratarán en las unidades del sistema. Este es un parámetro muy importante para la implementación del sistema, que se manejará acorde a los niveles de cauda que se alcance en el tiempo estipulado.

Tabla 3: Resultado de Caudales para el diseño de la PTAR

CAUDAL	L/s	m3/s	m3/día
Aguas Residuales Domésticas	131,93	0,132	11398,871
Aguas Industriales	2,61	0,003	225,240
Caudal Comercial	2,11	0,002	182,304
Caudal Institucional	2,1	0,002	181,440
Caudal medio	138,75	0,139	11987,855
Caudal máximo horario	249,75	0,250	21578,138
Caudal mínimo horario	69,37	0,069	5993,927
Conexiones erradas	0	0,000	0,000
Caudal de Infiltración	0	0,000	0,000
Caudal de Diseño	249,75	0,250	21578,138

Para el diseño de la PTAR se tuvieron en cuenta los caudales medios, máximos y de diseño presentados en la tabla 3.

3.4. Dimensionamiento del Pre-tratamiento

3.5. Dimensionamiento del Canal de aproximación y Rejillas

Para el diseño del canal de entrada, el parámetro principal a tomar en cuenta es el caudal máximo que puede tener la planta en operación y el valor que se tomó es el caudal máximo horario presentado en la Tabla 3. Se asume que la velocidad máxima a través de la rejilla es de 0,6 m/s. Los canales de aproximación deben tener un largo mínimo de 1.35 metros para asegurar una velocidad uniforme a través de las barras. Se optó por utilizar una tubería de 600 mm de diámetro para el ingreso del caudal al canal de aproximación, esta tubería fue dimensionada en proyectos anteriores (Pavon et al., 2018), verificada y comparada en el presente proyecto mediante el estudio de caudales.

Tabla 4: Resultados del Canal de Aproximación y Rejilla

CANAL DE APROXIMACIÓN Y REJILLAS		
Descripción	Unid	Valor
Tubería de llegada	mm	600
Ancho del canal de aproximación	m	1,3
Velocidad en el canal de aproximación	m/s	0,46
Ancho de barras	m	0,015
Abertura (espaciamiento entre barras)	m	0,05
Espesor de barra	m	0,04
Inclinación	°	45
Ancho de la rejilla	m	1,64
Altura de la rejilla	m	1,4
Eficiencia	%	0,77
Ancho útil libre	m	1,2607
Ancho ocupado por las barras	m	0,38
Número de barras	-	25,2
Pérdida de carga	m	0,0107

Con las dimensiones calculadas se determina que las rejillas poseen el tamaño suficiente y necesario para la obstrucción de los desechos sólidos que son demasiados gruesos para las siguientes etapas del sistema. Además, cumple con los parámetros de diseño para rejas de barras, porque las pérdidas de carga permisibles no deben pasar de 15 cm., y la pérdida de carga de la rejilla propuesta es de 1.07 cm, por la cual es un parámetro aceptado. Cuando las rejillas tengan un nivel de obstrucción, es decir, una pérdida de carga de 8 cm, deberá de limpiarse para no comprometer el proceso.

3.6. Dimensionamiento de Desarenador

Para que el sistema cumpla con las características específicas y así poder completar el proceso de la unidad, se optó por un desarenador horizontal de sección rectangular con los siguientes requerimientos:

El desarenador propuesto cumplirá con las funciones claves del sistema, establecerá una distribución uniforme y controlada

Tabla 5: Resultados de dimensionamiento del Desarenador.

DESARENADOR		
Descripción	Unid	Valor
Carga máxima en el canal del desarenador cuando $Q=Q_{max}$	m	0,540
Resalto entre la cota del desarenador y la canaleta de Parshall	m	0,111
Profundidad máxima de agua medida de la cota del canal del desarenador	m	0,429
Ancho del desarenador	m	1,9
Largo del desarenador	m	21
Volumen de solidos arenosos	m^3	1798

del flujo de agua adentro de la unidad, permitiendo una velocidad constante de manera que se logre el propósito de que las partículas se depositen por gravedad y así éstas no se vean alteradas por la velocidad del agua que pase por dentro del sistema.

Este tipo de desarenador horizontal representa un bajo costo de construcción por su estructura simple, un bajo costo de operación y de mantenimiento que es un factor clave para la toma de decisiones sobre la unidad propuesta.

3.7. Dimensionamiento de medidor de caudal tipo Parshall

Para este diseño se tomaron en cuenta los parámetros de caudales máximos y mínimo proyectados a 25 años. El medidor no es una unidad específica en el sistema depurador e inclusive no es parte del proceso que se lleva a cabo en el tratamiento del agua residual, pero ésta permite establecer, conocer y verificar cual es el caudal que ingresa y con el que se estará trabajando en la planta en determinado momento. Se utilizará canaletas Parshall prefabricadas con las siguientes dimensiones: $Q_{max} = 0,250 \frac{m^3}{s}$, $Q_{min} = 0,0694 \frac{m^3}{s}$, Ancho = 30,5 cm, Medida de carga $H = \frac{2}{3}A$ y $\frac{2}{3}B$.

Tabla 6: Dimensiones de la canaleta Parshall prefabricada, en cm.

W (cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N
30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9

3.8. Dimensionamiento de Trampa de Grasas

Para el dimensionamiento de la unidad se tuvo en cuenta el caudal de diseño, cumpliendo con los parámetros necesarios, se obtuvo como resultado la siguiente tabla:

Se prevé la construcción de dos unidades de trampa de grasas, para evitar problemas de sobrecarga hidráulica, con la utilización de cajas divisorias con compuertas y vertederos ajustables.

3.9. Dimensionamiento de las unidades de Tratamiento Primario y Secundario: Lagunas Facultativas y Lagunas de Maduración

Teniendo en cuenta los parámetros exigidos y para que cumpla con las características necesarias para completar el proceso de la unidad es el siguiente:

El diseño global consiste en una batería de lagunas facultativas en paralelo seguida en serie de dos lagunas de maduración.

El propósito de las lagunas facultativas es remover la DBO bajo condiciones aeróbicas, aprovechando principalmente la simbiosis entre las algas y la bacteria; la laguna también contribuye

Tabla 7: Resultado del dimensionado de la Trampa de Grasas

CONCEPTO	ABREVIATURA	UNID.	RESULTADO
Caudal de diseño	Qd	m ³ /s	0,250
Tiempo de retención Tr ≥ 2,5min	Tr	min	5
Volumen trampa de grasas	V = Qd * Tr	m ³	74,92
Velocidad ascendente	Va	m/s	0,004
Área superficial trampa de grasas	A	m ²	62,44
Largo trampa de grasas	L	m	15,80
Ancho trampa de grasas	B	m	4,0
Altura trampa de grasas	H	m	1,2
Ubicación Baffle	Ub	m	11,85
Altura del Baffle	Hb	m	1,1
Espacio entre Baffle y Fondo	Ebf	m	0,12
Ubicación de la tubería	Utub	m	1,98
Altura de la tubería de entrada	Hetb	m	0,42
Caída de la tubería de entrada e ingreso de la tubería de salida	Hectb/Hsitp	m	0,264

Tabla 8: Resultados del dimensionamiento de las Lagunas de Estabilización.

PARÁMETROS	UNIDADES	FACULTATIVA	MADURACIÓN
Carga orgánica	kg DBO/(ha.d)	1966,01	-
Carga volumétrica	g DBO/(ha.d)	202,00	-
Carga orgánica superficial	kg DBO/(ha.d)	256,82	-
Remoción de la DBO5	kg DBO/(ha.d)	60,66	-
Área Total de la laguna	m ²	76551	53984,84
	há	7,66	5,40
Volumen de la Laguna	m ³	137792,63	80977,26
Número de Lagunas	-	3	2
Ancho promedio	m	92,23	92,23
Largo Promedio	m	276,68	292,68
Número de Mamparas	-	-	3
Longitud de Mamparas	m	-	204,87
Profundidad	m	1,80	1,5
Talud interior	-	1/2	1/3
Talud exterior	-	1/2	1/2
Tiempo de retención hidráulica	días	11,5	7
Gasto en el Efluente	m ³ /día	11568,18	11272,22
Acumulación de lodos en la laguna	m ³ /año	3104,37	-
Coefficiente de reducción bacteriana	día-1	0,86131	0,86131
Constante "a"	-	3,65	1,29
Coliformes fecales en el efluente de la laguna	NMP/100 mL	10471,01	0,000368
Coliformes fecales corregidos por evaporación	NMP/100 mL	10850,88	0,000377
Concentración de la DBO5 en el efluente de la laguna	día-1	31,73	46,35
Eficiencia de remoción de la DBO5	%	80,65	71,74
DBO corregida por evaporación	kg DBO/(ha.d)	32,89	47,57

a la remoción de patógenos a través del largo periodo de retención hidráulica típico en el diseño, que permite sedimentación de huevos helmintos, y la mortalidad de bacteria causado por el tiempo de retención hidráulica, por los rayos ultravioletas de la energía solar y el aumento de pH por las actividades de las algas.

Se contará con 3 lagunas facultativas de 1,8 m de profundidad para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical. Cada laguna contará con un área superficial de aproximadamente 0,89 há.

Las lagunas facultativas se encuentran ubicadas en paralelo conectadas con tuberías de 300 mm y canales abiertos con un ancho libre de 0,6 m con compuertas y vertederos ajustables. Para las entradas múltiples contará con cajas divisorias con compuertas ajustables como dispositivos de repartición de caudales. Para las salidas, canales abiertos de concreto con compuerta de fondo ajustable para controlar la profundidad de descarga, y vertedero rectangular ajustable para controlar el nivel de agua en la superficie.

Para los dispositivos de drenaje instalados en la batería de lagunas facultativas en paralelo, utilizarán compuertas sencillas de abrir, cerrar y ajustar para bajar el nivel del agua poco a poco, y estarán conectados por tubería de 300 mm de diámetro a la laguna de maduración siguiendo la batería de las lagunas facultativas. Estarán ubicados al lado de la descarga de las lagunas facultativas para que los lodos sedimentados no suban en la descarga durante el drenaje.

En cuanto a taludes interiores se realizará el revestimiento de concreto en la orilla para evitar el crecimiento de plantas acuáticas y erosión por la acción de las olas, debiendo cubrir los niveles de agua encontrados en la operación durante la época seca y lluviosa. La corona del terraplén será de 4 m de ancho, pavimentadas con hormigón al igual que las rampas de acceso, permitiendo así el acceso de camiones y maquinarias para la limpieza de lodos.

Se realizarán canales de mampostería armada, de sección rectangular 0,40 m de profundidad por 0,50 m de ancho, para el desvío del escurrimiento de agua pluvial evitando la erosión de los taludes interiores.

La impermeabilización de lagunas será con arcilla, para poder mantener el balance hídrico y evitar infiltración excesiva con la posible contaminación del agua subterránea. La arcilla debe ser puesta en capas con un espesor total de 10 cm, y cubierta por una capa de suelo para protegerla.

La remoción de lodos en las lagunas facultativas se hará cada 8 a 10 años, dependiendo del porcentaje de volumen ocupado por lodos acumulados. El secado será completo y con recolección de los lodos con maquinarias, siendo éste el más económico y simple en cuanto a operación. Se debe de utilizar un tractor agrícola con arado o barrena horizontal para esparcir los lodos por toda el área del fondo de la laguna. Con las dimensiones establecidas de cada laguna facultativa, se podrán mover y acondicionar los lodos en un tiempo aproximado de 24 hs.

Un problema potencial es la contaminación de equipos pesados, camiones, herramientas, botas y ropa de trabajadores con huevo de helmintos y otros patógenos, por lo que se deberá tener precaución con el manejo de lodos.

Las dos lagunas de maduración se deberán construir en serie, a diferencia de las lagunas facultativas, contará con una única entrada y salida para maximizar el régimen hidráulico del flujo tipo pistón. Además, contará con mamparas desviadoras transversales de 204,87 m de longitud correspondientes al 70 % de la longitud de cada laguna de maduración.

Para este tipo de lagunas, también se optó por canales abiertos de entrada que descargan al nivel del agua para evitar la turbulencia causada por la caída, así mismo, este tipo de entradas a la laguna promueve el flujo tipo pistón.

Las salidas contarán con compuertas de fondo ajustables, vertederos ajustables y canales abiertos para facilitar al operador con la operación y el mantenimiento de la misma. Una consecuencia directa de un mal diseño de los dispositivos de salida, especialmente el vertedero de la salida hecho de concreto y no ajustable, sería el desborde del nivel de agua, causando el sumergimiento de las mamparas y por ende un corto circuito hidráulico fuerte impidiendo al afluyente dirigirse directamente por la salida, lo que niega el volumen entero de la laguna.

La descarga final del efluente se realizará por medio de una tubería de 400 mm de diámetro abajo del nivel del agua, evitando de esta manera la formación de espumas causados por la turbulencia si ésta se encontrase por arriba del nivel del agua. Esta producción de espumas causada por detergentes y otros tensoactivos no biodegradables en las aguas residuales no es un problema serio desde el punto de vista de contaminación, mas es un problema visual y estético.

Para este sistema de tratamiento de aguas residuales se destaca por el tipo de construcción porque es más simple que otros sistemas y en cuanto al nivel operativo no requiere de personal calificado para el control diario del sistema, lo que significa reducción de costos. Además, otro factor importante, no requiere de consumo energético o en casos donde sea necesario bombear el agua generaría un mínimo consumo, lo que constituye un beneficio extra de la unidad.

4. Conclusiones y Recomendaciones

Se verificó que los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en el agua residual procedente del sistema de alcantarillado de la ciudad de Concepción; determinados mediante ensayos realizados por la ESSAP, en gran porcentaje se encuentran dentro de los límites permisibles, y aquellos que se encuentra sobre el límite podrían regularse mediante la implementación de la planta de tratamiento. En base a la funcionalidad de cada estructura, y de manera a alcanzar los objetivos trazados, se diseñan cada una de las lagunas para la remoción efectiva de los contaminantes y la posterior descarga de las aguas tratadas a los cursos hídricos en condiciones físicas y químicas aceptables.

Se determinó el arreglo más conveniente de acuerdo con la disponibilidad de recursos y los costos de mantenimiento en la etapa de operación. Por las características climatológicas propias de nuestro país, al diseñar una planta de tratamiento, siempre se debe considerar como una de las mejores alternativas el caso de las lagunas de estabilización, ya que éstas se adaptan mejor a climas cálidos como el nuestro.

En base a la funcionalidad de cada estructura, y de manera a alcanzar los objetivos trazados, se diseñan cada una de las lagunas para la remoción efectiva de los contaminantes y la posterior descarga de las aguas tratadas a los cursos hídricos en condiciones físicas y químicas aceptables.

La PTAR está conformada por una unidad de pretratamiento para la remoción de sólidos gruesos: Rejillas, desarenador y canaleta Parshall, el agua es conducida posteriormente a una Trampa de Grasas y de esta pasa al Tratamiento Primario y Secundario, formada por tres unidades de lagunas facultativas en

paralelo y dos unidades de lagunas de maduración en serie, respectivamente. El efluente final, es llevado por medio de un canal abierto y desembocado al Río Paraguay.

Con base a los resultados obtenidos se estima que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzará una eficiencia de remoción de la DBO del 80,65 % en el tratamiento primario, y un 71,74 % en la fase de tratamiento secundario.

Realizar pruebas de infiltración y un análisis del nivel freático en la zona de ubicación para la construcción de la planta con la finalidad de determinar la velocidad en que el agua penetra al suelo.

Complementar el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual, así como de las mediciones de caudal en época de estiaje para generar una información del ciclo de descarga en un año, con la finalidad de mejorar o acoplar el sistema propuesto si así fuese el caso.

Debido a que la planta diseñada está dimensionada para una proyección de población a 25 años, se recomienda la construcción de sólo 2 (dos) baterías de lagunas facultativas en paralelo, de esta manera las unidades de tratamiento trabajarán de eficientemente manteniendo la carga hidráulica.

Hacer una evaluación de impacto ambiental como una herramienta que debe considerarse necesaria para la implementación de dicho proyecto, con ello alcanzar un conocimiento sobre las incidencias que el proyecto puede generar a nivel ambiental, social y económico para el municipio.

Actualizar los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, con el objetivo de reducir riesgos de contaminación y que la planta cumpla con su función en todas las unidades del tratamiento de las aguas.

Profundizar nuevos análisis de la posible reutilización tanto del agua residual tratada como de los lodos, implementando nuevas tecnologías como el uso de químicos acelerantes para el tratamiento de las aguas residuales o sistemas de remoción de lodos.

En cuanto al manejo de lodos en las lagunas primarias, el contratista necesitará un programa de higiene ocupacional para evitar problemas potenciales de contaminación. Así también, se recomienda un análisis de costos de todos los métodos, incluyendo el tratamiento y disposición final de los lodos y lixiviados, para seleccionar la solución más apropiada con menos costos.

Se recomienda realizar un plan y ruta de manejo eficiente en caso de presentarse una eventualidad de tipo humano, ambiental, o de infraestructura. Además de ampliar este estudio a otros municipios o ríos que presenten problemas de contaminación de agua.

En caso de un aumento de los contaminantes del río se recomienda la realización nuevamente del diseño de las lagunas.

Referencias

- [1] Pavon L, E. J., Gonçalves P, A. W., & De Sousa P, R. (2018). ANÁLISE TÉCNICA- ECONÔMICA DE UMA PROPOSIÇÃO ALTERNATIVA AO PROJETO DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A CIDADE DE CONCEPÇÃO - PARAGUAI. Curitiba, Brasil: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.

Fecha de Publicación: 2022/10/21