

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTE**



CARRERA: ARQUITECTURA.

TÍTULO DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

PAISAJISMO Y FITODEPURACIÓN

**“APLICACIÓN DE SISTEMA DE FILTROS DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN ÁREAS URBANAS”**

**NATALIA MARÍA CANDIA BATTILANA.
TUTOR: DR. ARQ. LUIS SILVIO RÍOS**

Trabajo Final de Graduación para la obtención del Título de Arquitecta

**San Lorenzo – Paraguay
Mayo, 2012**

AGRADECIMIENTOS.

A mis padres y hermanos.

A mis amigos Joel, Marcelo, Andrés, Ángela y Olga.

A mi tutor Dr. Arq. Luis Silvio Ríos.

Al Instituto de Construcción y Estabilidad, en especial a la Arq. Ana Flores.

A mis asesores: Ing. Francisco Martínez y Arq. Yago Gracia-Enriquez.

A la Paisajista Graciela Bó.



INDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	
2.1 Desarrollo sustentable y medio ambiente.....	8
2.2 Vegetación y microclima.....	9
2.3.1 Situación actual de los recursos hídricos a nivel mundial.....	11
2.3.2 Situación de los recursos hídricos en el Paraguay.....	12
2.3.3 Saneamiento básico.....	14
2.4.1 Las aguas residuales – Clasificación.....	15
2.4.2 Tratamiento de las aguas residuales.....	16
2.4.3 Sistemas tradicionales de tratamiento de agua.....	18
2.5.1 Plantas acuáticas y Fitodepuración.....	20
2.5.2 Usos de macrófitas para la depuración de aguas residuales.....	22
2.5.3 Comparación del efecto depurador del Camalote (<i>Eichhornia crassipes</i>) con respecto a otras especies de macrófitas flotantes.....	34
2.6.1 Fitosistemas de tratamiento de aguas residuales.....	35
2.6.2 Tipo de sistemas blandos.....	36
2.6.3 Los Humedales Artificiales.....	37
2.6.4 Clasificación de los Humedales Artificiales.....	38
2.6.4.1 Humedales de Flujo Superficial.....	38
2.6.4.2 Humedales de Flujo Sub-Superficial.....	39
-Humedales Sub-superficiales de Flujo Horizontal.....	39
- Humedales Sub-superficiales de Flujo Vertical.....	40
2.6.5 Sistemas Acuáticos.....	41
- Sistemas con especies flotantes.....	42
- Filtros de Macrófitas en Flotación.....	43
2.7 Comparación entre sistemas de depuración convencionales y Filtros de Macrófitas en Flotación.....	46
2.8 Antecedentes.....	49



2.9 Aspectos positivos en lo ambiental y social de los proyectos de reutilización de aguas residuales.....	71
CAPÍTULO 3: FILTRO DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN.....	75
3.1 Requisitos técnicos de instalación.....	78
3.2 Sistema constructivo de los Filtros de Macrofitas en Flotación.....	79
3.3 Reutilización de la biomasa.....	83
3.4 Mantenimiento de los Filtros de Macrofitas en Flotación.....	84
3.5 Ventajas de los Sistemas de Filtros de Macrofitas en Flotación.....	86
CAPÍTULO 4: PROPUESTA	
4.1 La Propuesta.....	91
4.2 Criterios de diseño.....	94
4.3 Memoria descriptiva – justificativa.....	101
4.4 Diseño y funcionamiento de los Sistemas de Filtros de Macrofitas en Flotación.....	104
4.5 Cálculos y dimensionamientos.....	107
4.6.1 Análisis de costos.....	110
4.6.2 Gestión y financiamiento.....	111
CONCLUSIÓN.....	114
BIBLIOGRAFÍA.....	117
INDICE DE ABREVIATURAS.....	123
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	124
GLOSARIO DE TÉRMINOS BOTÁNICOS.....	128
ANEXOS	

CAPÍTULO I



Introducción



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

A pesar de contar en la actualidad con bastante información sobre los distintos tipos de tecnologías alternativas en el campo de la bioarquitectura, se podría decir que el conocimiento y la difusión de las mismas en nuestro país son todavía escasos, debido principalmente a las pocas experiencias y políticas que las propicien.

La explotación intensiva de los recursos naturales y el desarrollo de grandes concentraciones industriales y urbanas son hechos que han dado lugar a la saturación de la capacidad asimiladora y regeneradora de la naturaleza y pueden llevar a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico, cuyas consecuencias a largo plazo no son demasiado optimistas.

El tratamiento inadecuado de los desechos y la insuficiencia de infraestructuras para la desinfección del agua, plantean serias amenazas a la salud pública, al desarrollo económico y social de nuestro país.

Una de las situaciones más críticas está relacionada al incremento de las aguas residuales. Este hecho constituye un grave problema ya que el volumen producido en cualquier comunidad es cada vez mayor al que puede ser asimilable por la biosfera y, en muchos casos, la búsqueda de soluciones se ve opacada por el alto costo que supone montar una planta depuradora de efluentes cloacales.



“El desarrollo urbano ha producido un ciclo de contaminación generado por los efluentes de la población urbana que son las cloacas domésticas, industriales y pluviales”. (Morelli Tucci, C. 2007).

“La depuración de las aguas residuales, ya sean urbanas, industriales o de origen agropecuario, se ha convertido en uno de los retos ecológicos y económicos más acuciantes del planeta”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración). Urge focalizar la atención en la consecución de un tratamiento adecuado de las aguas residuales con el menor costo económico y energético posible.

El constante intercambio entre lo construido y el ciclo ambiental requiere un enfoque muy especial que evite los conflictos y sus consecuencias. Surge así la necesidad de minimizar los impactos negativos, desarrollando estrategias de mitigación y buscando lograr el uso racional del agua, la conservación de los recursos naturales y ecosistemas en un marco de factibilidad económica y equidad social.

La principal problemática es el efecto tóxico causado al medio ambiente por el gran número de industrias y urbanizaciones que vierten residuos sin previo tratamiento a los cursos de agua y la falta de infraestructura adecuada para la depuración de las aguas en nuestro país. Esta falencia trae como consecuencia serios problemas de contaminación y olores, que conllevan a la proliferación de enfermedades y por consiguiente al deterioro de la calidad de vida.

Otra problemática es que muchas instalaciones son excesivamente caras y complicadas de gestionar, lo que supone una carga económica y técnica difícilmente asumible por pequeñas poblaciones con escasos recursos o sin personal capacitado.



“Todo problema plantea un desafío, y el que se le presenta a la práctica profesional requiere nuevos emprendimientos y un observatorio permanente de las condiciones ambientales, lo cual permite a su vez la puesta en escena de proyectos demostrativos”. (Schiller, S. 2010).

Esta investigación busca profundizar el conocimiento acerca de nuevas alternativas de depuración de efluentes que podrían resultar económicas y efectivas para nuestro país, de manera a enfrentar al mismo tiempo la práctica contaminadora y la crisis energética que se está dando a nivel mundial. Por ello se debe tender, en el futuro, a usar métodos que conserven la energía en procesos como en este caso de depuración de aguas.

Una de las vías que se busca analizar son los beneficios que se obtienen a través de la utilización eficiente de la vegetación para el tratamiento y depuración de las aguas residuales pues en pocos años la conciencia ecológica ha dejado de ser una moda para convertirse en requisito básico del proyecto arquitectónico.

“La búsqueda de modelos conciliatorios entre el desarrollo, la conservación y preservación de los recursos naturales se ha convertido en una premisa del diseño”. (Chacel, F. 2001).

“La promoción de estrategias bioambientales tendientes a reducir el impacto del hábitat construido que favorezca el equilibrio social y la distribución de los recursos, tanto naturales como económicos, colabora con la conformación de edificios y espacios urbanos acordes con el desarrollo sustentable”. (Schiller, S. 2010).

En este trabajo, se ha estudiado la eficiencia de sistemas no convencionales para el tratamiento de residuos cloacales a través de la utilización de la vegetación.



Se analizaron diversos sistemas de fitodepuración, de los cuales se considera que uno de ellos es aplicable en nuestro medio por las condiciones y las ventajas que presenta y con el cual se trabajó en la realización de un proyecto demostrativo como síntesis de la investigación.

En este contexto, se enfatiza la importancia y la necesidad de fortalecer las capacidades del diseño tecnológico de manera responsable e inteligente, usándolo como instrumento fundamental en la puesta en práctica de la sustentabilidad en proyectos, a través de estrategias bioambientales.

Se justifica el estudio en profundidad de los sistemas no convencionales de depuración de aguas residuales para poder divisar su eficiencia y factibilidad de implantación, atendiendo a la preocupación por el constante intercambio entre lo construido y el medio natural que ocasionan consecuencias negativas sobre el medioambiente. Por ello se deben promover, a través de esta disciplina, soluciones sostenibles para dichos problemas que indirectamente se generan al no pensar en consecuencias futuras.

“La puesta en práctica de proyectos demostrativos permite experimentar nuevos criterios y estudiar estrategias y enfoques innovadores para probar primero y difundir después los resultados de la innovación realizada, tanto en los aspectos de diseño como tecnológicos, y verificar su desempeño en lo ambiental, social y económico, como así también los beneficios que produzcan”. (Schiller, S. 2010).

Se plantea que la propuesta se integre al paisaje urbano valorizándolo, que aporte al mejoramiento ambiental del sector, y consecuentemente a una mejor calidad de vida para la población del área de implantación y circundante.

El Objetivo General de la investigación consiste en elaborar una propuesta eficiente, sostenible y estética de tecnologías alternativas para la depuración de aguas residuales, aplicable en nuestro medio físico ambiental.



Para alcanzar el mismo se establecen determinados **Objetivos Específicos** que consisten en:

1. Determinar los requerimientos funcionales y espaciales del sistema a efectos de lograr eficiencia para el caso particular del C.E.T. del campus universitario de la U.N.A., San Lorenzo.

2. Establecer factores positivos en lo ambiental, económico y social.

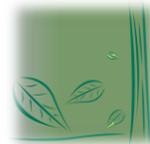
3. Incorporar modalidades de reutilización del agua y aprovechamiento de la biomasa producida por el sistema.

4. Desarrollar espacios que incluyan la inserción eficiente de la tecnología investigada dentro del área propuesta a través de un diseño tecnológico, aprovechando recursos como la vegetación local para generar un entorno paisajístico.

5. Evaluar la factibilidad financiera del sistema.

Para llevar adelante la investigación se implementó una **Metodología** donde se plantea el desarrollo de una serie de actividades entre las cuales se encuentran:

- Recopilación de información bibliográfica y antecedentes.
- Definición de elementos del sistema.
- Definición de elementos del entorno que influyan.
- Clasificación y procesamiento de la información obtenida.
- Validación de la información obtenida.
- Elaboración de un diagnóstico situacional.
- Selección de acciones, gestiones y proyectos a realizar.
- Propuesta arquitectónica.



El alcance del trabajo consistió en llegar a una propuesta de inserción eficiente de esta tecnología alternativa a través de un diseño tecnológico y con vistas a su aplicación en zonas verdes y reservas naturales dentro del área urbana, en este caso particular para el Centro de Estudios Tecnológicos (C.E.T.) de la Universidad Nacional de Asunción considerando todos los requerimientos funcionales, espaciales, económicos y ambientales investigados.

De esta manera se crea una sinergia donde puedan converger las tecnologías renovables, la cultura y la didáctica como forma de crear en la población una conciencia ecológico-ambiental, promover el uso sostenible de las aguas y la divulgación de los conocimientos empleados en estos sistemas.

Finalmente este trabajo busca promover la implementación de este tipo de tecnologías de manera a dar a conocerlas y que sirva de base para posteriores proyectos.

CAPÍTULO II



Marco Teórico



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1 Desarrollo sustentable y medio ambiente.

El concepto que guió la investigación es el desarrollo sustentable, visto como el aprovechamiento equilibrado que se haga de los recursos naturales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras.

“La sustentabilidad se basa en la conservación de los recursos ambientales (suelo, agua, aire, bosques) y en el perfeccionamiento de las tecnologías y mecanismos más simples con el propósito de minimizar la contaminación de los recursos naturales a fin de poder reutilizarlos.” (Ing. Samaniego, L. 2008).

El desarrollo sustentable es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación de un modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida.

Hoy día se dispone de tecnologías capaces de contribuir a un desarrollo sostenible. El ahorro del agua y la regeneración de los efluentes cloacales es esencial para conservar un recurso natural escaso como es el agua.



2.2 Vegetación y microclima.

A partir de la crisis energética de los años 70 se empezó a considerar a la vegetación con fines de conservación energética, sin embargo, es actualmente que se están realizando mayores investigaciones sobre temas como la ecología, los ambientes sostenibles y la contaminación ambiental abordados desde el campo de la arquitectura y el urbanismo.

La vegetación ha constituido un elemento muy importante en la arquitectura desde sus comienzos, pues no solo es utilizada como elemento de protección o estética, sino como elemento esencial para modificar el ambiente físico inmediato, creando un microclima para hacerlo más habitable.

“Los efectos de la misma contribuyen en gran medida a mejorar la sensación de confort de los espacios exteriores urbanos, así como a amortiguar el impacto de los elementos climáticos sobre los edificios”. (Ochoa, J. 2009).

El uso de la vegetación incide en el ámbito urbano a través de ciertas *acciones climáticas* tales como:

- Variación en la incidencia de la radiación solar: La vegetación tiene efectos sobre el control de la radiación solar. Las plantas absorben cierto porcentaje de la energía solar incidente para la fotosíntesis y la disipan a través de la evapotranspiración. El mayor o menor grado de estos efectos está en relación directa con las características físicas de la vegetación utilizada en cuanto a la estructura, forma, distribución y densidad del follaje y las características de foliación de cada especie.

- Variación en la velocidad y dirección del viento: utilizando la vegetación como barreras, se logra una disminución en la velocidad del viento, incluso en el invierno, cuando muchos árboles han perdido sus hojas, siguen conservando su poder de protección. Un aspecto importante de las barreras



compuestas por vegetación es la permeabilidad; cuanto más densa sea la obstrucción, mayor será la reducción del viento.

El grado de protección contra el viento que brinda una barrera depende básicamente de la velocidad y dirección del viento, de las dimensiones de la barrera (altura, anchura y longitud), de la densidad y permeabilidad del material que la constituye y de su forma.

- Variación en la temperatura y humedad del aire: La vegetación produce una reducción en la temperatura ambiente y un aumento en la humedad del aire, esto se debe al efecto de la sombra proyectada sobre las diversas superficies, pero sobre todo al fenómeno de la evapotranspiración, que es el efecto de enfriamiento evaporativo del agua que transpiran las plantas.

Aparte de las acciones climáticas, el uso de la vegetación urbana tiene efectos múltiples que se dan a la par de los efectos de control del microclima, estos *impactos no climáticos* se refieren a:

- Variaciones en la composición atmosférica: La vegetación es un elemento que interviene en la purificación atmosférica urbana, trabaja absorbiendo sustancias contaminantes o bien como filtros de partículas sólidas suspendidas en el aire, además de la producción de oxígeno mediante la fotosíntesis y la depuración bacteriana.

-Conservación de la vida animal: Dentro de la ciudad la vegetación cumple un papel fundamental para la supervivencia de muchos animales. Las especies que constituyen los espacios verdes, son fuentes de alimento y vivienda a muchos animales.

-Control visual: La vegetación en el diseño de los espacios urbanos puede ser utilizada de manera muy efectiva, dirigiendo la vista del observador hacia una dirección en particular, enmarcar un paisaje determinado o utilizándola como barrera o pantalla para proporcionar privacidad.



- Calidad del agua y protección del suelo: La vegetación desempeña un papel muy importante como purificadora del agua, las raíces de las plantas constituyen un excelente filtro físico, químico y biológico, al utilizar los contaminantes en sus procesos metabólicos como nutrientes, impidiendo que estas sustancias lleguen a los cuerpos de agua y los contaminen.

Las coberturas vegetales interceptan el agua y dosifican su paso hacia el subsuelo, al mismo tiempo que se recargan los mantos acuíferos. Por otro lado sus raíces la retienen, minimizando la erosión.

Todo lo tratado en el punto dos de este capítulo se consideró de suma importancia pues el sistema de tratamiento propuesto basa su funcionamiento en una estructura vegetal y debido a que se incluyó la vegetación existente en el desarrollo del proyecto paisajístico.

2.3.1 Situación actual de los recursos hídricos a nivel mundial.

El agotamiento de los recursos hídricos es una problemática actual que se está dando a nivel mundial principalmente como resultado de actividades humanas tales como la urbanización, el crecimiento demográfico, la elevación del nivel de vida, la creciente competencia por el agua y la contaminación, cuyas consecuencias se ven agravadas por el cambio climático y las variaciones en las condiciones naturales.

Los efectos de la contaminación en los recursos hídricos son múltiples, ocasionados por contaminantes tales como la materia orgánica y los organismos patógenos contenidos en las aguas residuales, los fertilizantes y pesticidas procedentes de las tierras agrícolas, la lluvia ácida provocada por la contaminación del aire y los metales pesados liberados por las actividades mineras e industriales. *Ver gráfico 2.1.*

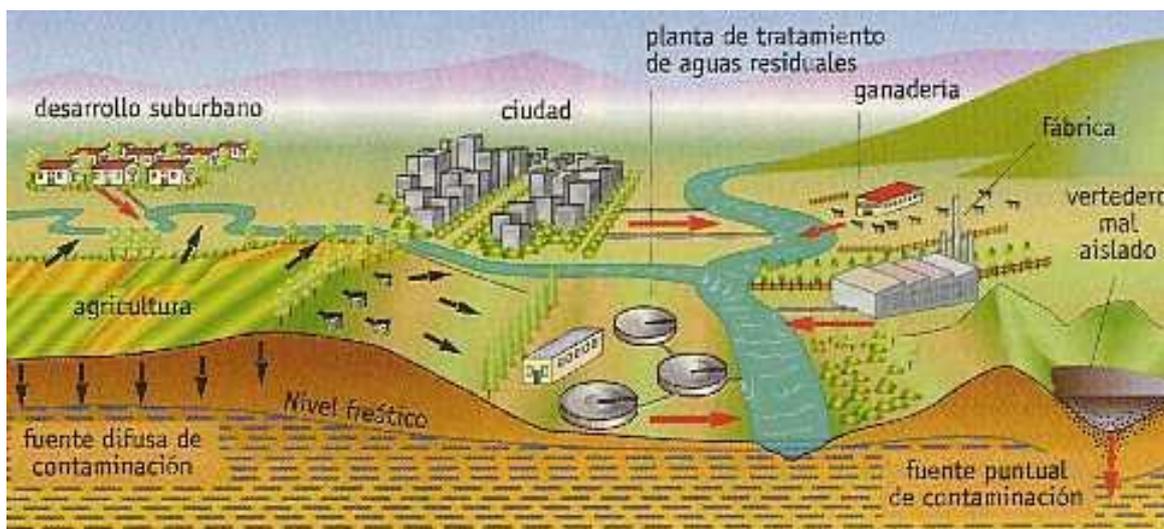


Grafico 2.1. Fuentes puntuales y difusas de contaminación de las aguas subterráneas.
Fuente: ECHARRI. L. (2007). *Población. ecología v ambiente*. Universidad de Navarra.

Entre las múltiples consecuencias derivadas de la contaminación que el hombre ocasiona al agua de lagos, ríos y mares podemos destacar:

- Destrucción de ecosistemas acuáticos, debido a la extrema toxicidad de los desechos industriales.
- Generación de enfermedades en la población humana.
- Agotamiento de este recurso natural que constituye la base para toda forma de vida.

2.3.2 Situación de los recursos hídricos en el Paraguay.

El Paraguay se halla ubicado íntegramente en la Cuenca del Río de la Plata y se caracteriza por una densa red hídrica, con dos cursos de aguas principales: el Río Paraguay y el Río Paraná, que desembocan en el Río de la Plata, junto al Río Uruguay. “Esta cuenca contiene ecosistemas claves como el Gran Humedal del Pantanal, compartido por Brasil, Bolivia y Paraguay en la cuenca alta del río Paraguay, es el reservorio de una enorme riqueza biológica y actúa como el regulador del sistema hidrológico de la cuenca del Plata.



La Cuenca de los ríos Paraguay y Paraná son las más importantes del sistema del Plata, con un área de drenaje de 2.605.000 Km² que representa el 84% del total de la Cuenca del Río de la Plata.

Del total, la cuenca del Paraná representa el 58%, con una superficie de 1.510.000 Km² y el Paraguay el 42% con 1.005.000 Km². La disponibilidad de agua per cápita año es de 67.000 m³/hab., valor que indica una situación privilegiada”. (Monte Domecq, R. 2004).

El Paraguay cuenta con tres acuíferos importantes de explotación de aguas subterráneas dentro de la Cuenca del Plata, el acuífero Patiño en la zona central del país, el acuífero Misiones componente del Gran Sistema Acuífero Guaraní compartido con los países de Brasil, Argentina y Uruguay, el acuífero Yrendá en el Chaco Central, componente del Gran Chaco Americano, compartido con los países de Bolivia y Argentina, en este último denominado acuífero Toba.

“La contaminación de las aguas en nuestro país se ha acrecentado debido a la expansión demográfica en los últimos tiempos. Nuestro país tiene un crecimiento de la población del 2.2% anual, de los cuales el 57% vive en las ciudades, según el documento denominado Familia y Pobreza en el Paraguay, elaborado por el Fondo de Población de las Naciones Unidas (Unfpa) y la Asociación Paraguaya de Estudios de Población (Adepo), año 2004”. (archivo. abc.com.py Suplemento Rural).

La mala gestión del manejo de los residuos líquidos y sólidos juega sin duda el rol más importante en el aumento de la contaminación.

Se puede clasificar el origen de la contaminación en cuatro categorías, de acuerdo con las actividades humanas del país: la actividad agrícola, la ganadera, la actividad industrial y los servicios de la actividad domiciliaria.

El uso indiscriminado de los recursos naturales acompañado de una política que plantea objetivos a corto plazo como motores del desarrollo, son la



base de los problemas ambientales dentro de nuestro territorio. Por otro lado la baja cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento básico además de la mala gestión de los residuos sólidos, sumado al uso excesivo de sustancias químicas y la contaminación de los recursos hídricos son factores que tienen su repercusión en la salud de la población.

2.3.3 Saneamiento básico.

Los índices de población servida por Sistemas de Alcantarillado Sanitario en el país indican que solo el 7% es servido con conexión domiciliaria a la red de alcantarillado. El 92% posee sistemas “in situ” privados o compartidos.

POBLACIÓN SERVIDA CON ELIMINACIÓN DE EXCRETAS					
Tipo de servicio	Urbano	%	Rural	%	TOTAL (%)
Población servida con conexión domiciliaria a la red de alcantarillado.	384.461	13.23	0	0	7.11
Población sin conexión domiciliaria, pero servida con sistemas <i>in situ</i> privado o compartido.	2.493.335	85.83	2.476.520	99.05	92
Población total sin servicio.	27.331	0.94	23.827	0.95	0.95
TOTAL	2.905.127	100	2.500.347	100	100

Cuadro 2.1

Fuente: Ing. Monte Domecq, R. (2004). Visión de los Recursos Hídricos en Paraguay. Informe Final. Fundaingé.

Si bien en las ciudades más importantes del país un alto porcentaje posee un Sistema de Evacuación de Excretas, la situación no deja de preocupar, pues solo el 8% del volumen de las aguas colectadas tiene algún sistema de tratamiento.



VOLUMEN TOTAL DE AGUAS RESIDUALES COLECTADAS POR LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.	
No tratada	Tratada
92%	8%

Cuadro 2.2

Fuente: Ing. Monte Domecq, R. (2004). Visión de los Recursos Hídricos en Paraguay. Informe Final. Fundaingé.

Entre las causas por las que no se implementan sistemas integrales de tratamiento de aguas residuales en el país se citan:

- Escasa inversión pública del Estado.
- Falta de tecnologías adecuadas a las condiciones económicas del país.
- Falta de difusión y poca aceptación cultural de las propuestas tecnológicas.
- Poca capacidad de los organismos de gobierno (central y local).
- Falta de generación de espacios de participación de los usuarios en la toma de decisiones.

2.4.1 Las aguas residuales - Clasificación.

La aguas residuales son aquellas que han perdido su calidad como resultado de su uso en diversas actividades ya sean domésticas, comerciales, industriales o de servicios, poseen un alto contenido de elementos contaminantes, las cuales contaminan los cauces hídricos en las que son evacuadas.

Las aguas residuales se clasificarse según su origen como:

-Aguas residuales urbanas: son los vertidos líquidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las



actividades propias de éstos. Por lo general los aportes que generan estas aguas consisten en aguas negras o fecales, aguas de lavado doméstico, aguas de limpieza de calles, aguas de lluvia.

- Aguas residuales industriales: son los vertidos líquidos provenientes de cualquier actividad en cuyo proceso de producción y transformación se utilice el agua.

Otra forma de denominar a las aguas residuales o efluentes es en base al contenido de contaminantes que ésta porta, así se conocen como:

- Aguas negras: las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan heces y orinas, rica en sólidos suspendidos, y coliformes fecales.

- Aguas grises: las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavarropas, esto es, aguas residuales domesticas, excluyendo las de los inodoros.

- Aguas negras industriales: la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos para la salud.

2.4.2 Tratamiento de las aguas residuales.

Con el objeto de preservar los recursos hídricos y debido a las características perjudiciales de las aguas residuales, en especial para la salud, es necesario algún grado de tratamiento. La selección del mismo depende de la naturaleza del agua de desecho cruda, la calidad del efluente después del tratamiento, costo inicial, operacional y de mantenimiento.

El tratamiento de las aguas residuales es el proceso al que se someten las mismas para eliminar sus componentes dañinos y reducir su peligrosidad.



Puede clasificarse en:

- Tratamiento primario: primero y único a veces, este proceso elimina los sólidos flotantes y los sólidos en suspensión, tanto finos como gruesos.

- Tratamiento secundario: aplica métodos biológicos al efluente del tratamiento primario. La materia orgánica todavía presente se estabiliza con procesos aeróbicos. *Ver Anexo 01.*

En el planeamiento y diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, se deben tener ciertas consideraciones, analizando la factibilidad económica y técnica, así como los criterios establecidos para descarga de efluentes o eficiencias mínimas y, eventualmente, motivaciones ecológicas.

Entre las consideraciones de suma importancia podemos citar:

- Proteger la salud pública y el medio ambiente: Las aguas residuales que van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (ríos, lagos, arroyos), deben ser tratadas para evitar enfermedades causadas por los patógenos en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural.

- La reutilización del agua tratada: existen actividades en las que no se requiere la utilización de agua potable estrictamente, y que se pueden realizar con agua tratada sin ningún riesgo para la salud, tales como:

Riego de áreas verdes (jardines, centros recreativos, parques, campos deportivos, etc.)

Industriales y de servicios (lavado de patios, naves industriales, lavado de flota vehicular, sanitarios, cortinas de agua, etc.)



En este caso, la función del tratamiento de las aguas residuales será el garantizar que no existieran efectos nocivos para la salud por entrar en contacto con el agua tratada en las actividades antes descritas.

Para alcanzar los resultados satisfactorios del tratamiento de las aguas residuales, estas deben eliminarse de manera que:

- No contaminen reservorios o redes de distribución de agua potable.

- No violen leyes o reglamentos referentes a contaminación de agua, suelo, aire.

- No deben dar lugar a molestias por olores, insectos, mal aspecto.

“Las aguas residuales están conformadas por efluentes provenientes de desechos domiciliarios e industriales. Estos desechos lanzados al suelo o a los cursos de agua en forma directa, contaminan todo el ecosistema. Estos desechos pueden contaminar los niveles freáticos, impidiendo que estos sean utilizados como fuentes de abastecimiento de agua para la vida animal, vegetal y humana.” (Ing. Gulino, J. 2006). De ahí la importancia del tratamiento de las aguas residuales.

2.4.3 Sistemas tradicionales de tratamiento de agua.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales es seleccionado de acuerdo a las consideraciones que se fijen al buscar la remoción de los contaminantes. Existen diferentes sistemas de tratamientos que implican procesos biológicos, procesos fisicoquímicos, y en ocasiones se presentan ambos. A continuación se hace una breve descripción de algunos de los sistemas de tratamiento tradicionales considerados de relevancia para su posterior comparación y análisis con respecto al tema de investigación abordado.



1. Planta de tratamiento de aguas residuales: Los desagües son encaminados a la planta de tratamiento que consiste en una instalación donde inicialmente son retiradas las impurezas mas groseras (sólidos, grasas y arenas), para después ser removida la materia orgánica, completándose el tratamiento con la adición de productos químicos como manera de purificar y clarificar el agua.

Se obtiene un agua sin riesgos para la salud y el medio ambiente al verterla en un cuerpo receptor natural (ríos, lagos, arroyos), o para su reutilización en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (ingesta y aseo personal).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales que utilizan químicos para la depuración, son un método costoso y se emplean en ciudades en donde los espacios públicos son muy reducidos.

2. Biotratamientos de aguas residuales: Están relacionados con el metabolismo microbiano, así los biorreactores que operan bajo condiciones de aireación posibilitan el desarrollo de microorganismos aerobios y los que operan bajo condiciones anaerobias favorecen el crecimiento de microorganismos que son capaces de multiplicarse a través del metabolismo fermentativo o respiración anaerobia. Entre ellos se encuentran:

-Lagunas de estabilización: Son estructuras sencillas de tierra a cielo abierto. En estas las sustancias degradadas suspendidas y disueltas se estabilizan por las poblaciones microbianas abastecidas de oxígeno mediante la fotosíntesis de las algas.

Hay dos tipos de lagunas, las anaerobias que trabajan en ausencia de oxígeno y las aireadas que utilizan oxígeno en sus procesos.

Despiden un olor desagradable, por lo que deben estar situadas a más de 500 metros de la vivienda más próxima.



Este método requiere de superficies amplias, sobre todo si no se efectúa una aireación artificial. Utilizan procesos biológicos donde el tiempo de retención es de 5 a 50 días. Son sistemas ideales para ciudades que están en crecimiento, en donde los espacios libres y amplios abundan.

- Sistemas de fangos activos: “Se trata de un sistema mediante el cual el agua residual se lleva a un reactor, en el que se pone en contacto con una biomasa (presente en los lodos activos) y con oxígeno disuelto, de forma que al agitarse artificialmente y estar la biomasa en suspensión, al cabo de un tiempo se han consumido gran parte de los contaminantes orgánicos. El líquido se lleva a un decantador secundario y ahí se separa del lodo”. (Seoáñez, M. 2002).

- Biodigestores (Sistemas anaeróbicos): “Existen varios tipos de reactores y digestores que podrían ser utilizados con el objeto de minimizar impactos negativos, comunes en medios rurales y semi-rurales, donde existe la posibilidad de revalorizar los residuos, convertirlos en energía activa biogás y biofertilizantes. Las plantas productoras de biogás han sido recomendadas para su uso tanto para áreas rurales como urbanas, por ese motivo la adecuada utilización del biogás como combustible alternativo no presenta dificultad y se halla probado técnicamente”. (Ing. Gulino, J. 2006).

2.5.1 Plantas acuáticas y fitodepuración.

“La fitodepuración es un sistema de depuración de aguas residuales basado en la utilización de humedales artificiales en los que se desarrollan plantas acuáticas (hidrofitos) que contribuyen activamente en la eliminación de los contaminantes, principalmente la materia orgánica. Son sistemas muy baratos en la inversión inicial y en el mantenimiento”. (<http://www.madrimasd.org/>).

Se los utiliza en la fase secundaria o terciaria del proceso de depuración. Los mismos tienen importantes funciones dentro de los



ecosistemas donde están insertos pues, entre varias acciones beneficiosas, son capaces de controlar la calidad de las aguas.

Las plantas ornamentales usadas, además de dejar el paisaje más atractivo, ayudan en el tratamiento de aguas residuales.

“Algunas especies vegetales pueden colaborar en la purificación de efluentes domésticos y, de esa forma, mejorar la calidad de los residuos liberados al medio ambiente, por lo tanto, esta técnica busca contribuir en el tratamiento de aguas residuales y recuperación de los recursos hídricos”. (Kikuchi, S. 1995).

Las plantas acuáticas superiores, llamadas también macrofitas acuáticas, se desarrollan naturalmente en lagos y ríos generando un ecosistema armónico. Utilizarlas en proyectos paisajísticos es una solución para hacer espejos de agua, lagos y estanques más estéticos.

Las plantas acuáticas están divididas en cuatro categorías:

-Flotantes: No tienen ninguna fijación y están siempre en la superficie, prefiriendo aguas calmas, no necesitan ser plantadas en el suelo y reducen la incidencia solar directa en las aguas ayudando a controlar la aparición de algas. Se reproducen libremente, y muchas veces necesitan ser removidas para evitar una cantidad indeseada de plantas.

*-Sumergidas: No emergen del agua, se fijan en el suelo, ellas ayudan a mantener la claridad de las aguas, ayudando a controlar las **algas, sus hojas desprenden oxígeno que resulta muy beneficioso para** otras plantas, peces y demás forma de vida acuática.*

-Emergentes: Se caracterizan por tener las raíces fijadas al suelo, sus hojas y tallos al principio se encuentran sumergidos,



posteriormente emergen y están en contacto con la atmosfera. Su floración es aérea.

-Plantas de pantano: Son las que crecen a orillas de lagos y espejos de agua. (Buczacki, S. 1995).

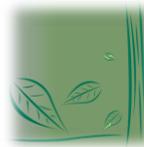
2.5.2 Uso de macrofitas para la depuración de aguas residuales.

“Las plantas conocidas como macrofitas o macrofitos son aquellas que pueden vivir en terrenos inundados toda su vida o durante largos períodos de tiempo encharcadas. También algunos las conocen como plantas palustres y su porte alcanza una cierta importancia, se puede considerar comprendido entre los (30-320 cm) dependiendo de la especie y del poder nutricional del medio en que se encuentra”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración).

Las plantas acuáticas, utilizando su propia energía, procedente de la energía solar captada por fotosíntesis son capaces de enviar el oxígeno hasta sus raíces, lo que genera el crecimiento de la población microbiana que degrada la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Las macrofitas toman el oxígeno del aire que las rodea siendo las zonas emergidas de las hojas las que transfieren el oxígeno al interior de las mismas. El oxígeno tiende a pasar de la superficie exterior de la hoja al interior de los tubos de ésta y empieza a distribuirse y equilibrarse entre todos los tubos colaterales y a lo largo de cada uno de ellos, descendiendo por éstos, hacia las raíces.

Es muy importante que la zona radicular tenga el máximo posible de la superficie de las raíces en contacto con el agua y que la zona sumergida de hojas y tallos sea la mínima para que aporte el máximo de oxígeno a la zona radicular. *“Lo ideal es que las macrofitas no tengan sumergidas en el agua ninguna parte de las hojas o tallos, para que así puedan capturar del aire la cantidad máxima de oxígeno y que el sistema radicular presente al agua su máxima superficie, es decir que no pueda enterrar sus raíces en la tierra, de lo*



contrario la parte enterrada perdería la capacidad depurativa y regenerativa del agua”. (Torres, V. Macrofitas S.L.)

Los Fitosistemas están dentro de lo que se conoce como “Sistemas Blandos” de tratamiento de aguas residuales, su característica principal es el empleo de la energía solar a través de los procesos biológicos naturales (fotosíntesis) en sustitución de la energía convencional que se emplea en los sistemas de depuración de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales de las grandes poblaciones.



En las siguientes fichas se hace una descripción de las plantas acuáticas, que se encuentran disponibles dentro del territorio nacional y que son aptas para los procesos de fitodepuración.

Familia botánica	Pontederiaceae	
Especie de interés en Paraguay	En Paraguay se encuentran 3 géneros y 10 especies. Aquí se citan dos especies: (1) <i>Eichhornia crassipes</i> (C. Martius) Solms-Laub. (2) <i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	
Nombre vernáculo	(1) “aguapé puru’a”, Jacinto de agua, camalote, “aguape’i”. (2) “mbororé”, “mumuré” Otro nombre común: Camalote.	
Distribución de la especie	(1) Distribuida por toda América del Sur. En Paraguay se encuentra distribuida por Concepción, Guairá, San Pedro, Presidente Hayes y Central. (2) Distribuida por toda América Tropical y Subtropical. En Paraguay se encuentra en Alto Paraná, Cordillera, Guairá, Misiones, Ñeembucú, Paraguari, Presidente Hayes y Central.	
Hojas	Flores	Sistema radicular
Hojas de dos tipos, sésiles y pecioladas; las sésiles sumergidas, formando una roseta basal o alternas, simples, lineares, glabras, acuminadas a obtusas en el ápice; las pecioladas flotando o emergentes, simples, cordadas a reniformes, delgadas o gruesas, glabras, enteras, obtusas a acuminadas en el ápice. Estípulas marcescentes, transparentes, truncadas en el ápice, envainadoras o ausentes.	Flores agrupadas en inflorescencias en forma de espigas anchas, de color violáceo azulado a morado, más oscuro en el centro. Flores: sésiles, períginas, casmógamas o cleistógamas. Cada flor dura abierta solo un día; se abren individualmente al poco de la salida del sol y senesce por la noche.	Raíces finas y extendidas. Enraizadas en el lodo o flotando libremente. Las raíces son de aspecto plumoso, muy densas, y de color negro púrpura por los pigmentos que contienen. Son adventicias, fibrosas y pueden alcanzar hasta 3 m de longitud, dependiendo de la especie.
		

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Ecología	Flotantes en aguas lenticas y lólicas. Propensa a formar masas densas de vegetación y constituye frecuentemente la primera fase de los embalsados. Especie invasora en humedales modificados por acción antrópica.
Fenología	Florece y Fructifica: (1) todo el año. (2) agosto – marzo.
Frutos	Muy pequeño, del tipo cápsula y con semillas que no alcanzan 1 mm de ancho, aladas.
Otros usos	Como cardiotónica, refrescante, diurética y antidisentérica.
Características generales	Cultivo
Planta acuática flotante no enraizada, herbácea, anuales o perennes, de rápido desarrollo. Tallo vegetativo muy condensado. La parte aérea vegetativa alcanza unos 50 cm de altura. No son tóxicas.	Las condiciones óptimas para su desarrollo son 90% de humedad relativa y 20-30°C. Puede sobrevivir cuando se la expone 24 hs a temperatura de 0,5 a -5°C, pero muere si desciende por debajo de los -6°C. La profundidad recomendada para los estanques de tratamiento es del orden de 1m. En condiciones apropiadas alcanza rendimientos medios cercanos a 100 toneladas de materia seca por hectárea y año. (1) Pleno sol, agua rica en nutrientes, porque en agua ácida y pobre la planta queda reducida y da poca flor. Prefiere aguas poco profundas en que las raíces absorban nutrientes del fondo. Se propagan de forma vegetativa o por semillas. (2) Requiere pleno sol, suelo fértil, agua moderadamente ácida. Se propaga por hojas gemíferas sumergidas, rizomas y semillas.

Ficha 2.1

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de la Bióloga Pamela Marchi.



Familia botánica	Typhaceae	
Especies de interés en Paraguay	(1) <i>Typha latifolia</i> L. (2) <i>Typha domingensis</i> Pers.	
Nombre vernáculo	(1) “totora” (quechua), “pirope” (piri = junco o hoja; pe= ancho). (2) “piri vevýi” (“piri = junco, vevýi = flotante. “piripepe” (piri = junco; pe= ancho), “totora” (quechua)	
Distribución de la especie	Amplia neotropical. También Europa, Asia, Australia y Nueva Zelanda. En Paraguay <i>Typha latifolia</i> se encuentra distribuida por Alto Paraguay, Concepción, Cordillera, Paraguari, Presidente Hayes y Central. En cuanto que <i>Typha domingensis</i> se encuentra distribuida por Alto Paraná, Amambay, Concepción y Presidente Hayes.	
Hojas	Flores	Sistema radicular
Dísticas, ensiformes, enteras, coriáceas, envainadas, depende de la especie se encuentran aurículas. Son planas, gruesas y esponjosas, con nerviación paralela. Las hojas pueden ser largas como la inflorescencia o sobrepasarlas, dependiendo de la especie.	Inflorescencia: En espiga, las superiores masculinas presentan un color marrón, las inferiores femeninas similar a la masculina pero más fina que ésta; presenta color amarillo por el polen. Flores: Unisexuales, con perigonio nulo. Flores masculinas con estambres total o parcialmente soldados, anteras dehiscentes. Flores femeninas con o sin bractéolas; las fértiles con estilo y estigma rudimentarios.	Rizomatosas, perenne. Sistema radicular arraigado en el fango o fondo del humedal. Las raíces son adventicias y fasciculadas, su longitud es muy difícil de determinar, podría ser alrededor de medio metro.
		



Ecología	Habita en pantanos con canaletas profundas con agua permanente. Prácticamente no dan lugar al crecimiento de otras en el interior. Considerada invasora. Puede ser controlada con Tilapias que comen el brote.
Fenología	(1) Florece desde octubre hasta febrero aunque algunos ejemplares fueron encontrados en flor en agosto. (2) Florece desde octubre hasta marzo y menos frecuentemente durante la estación fría.
Frutos	Fruto fusiforme, de 1 a 1,5 o 1,7 mm de largo.
Otros usos	Tallo aéreo (hojoso) para la fabricación del “piri” y para fabricar techos para las viviendas precarias. La flor femenina se utiliza como espiral para repeler mosquitos. En medicina como laxante, y para los riñones. Como alimento sus raíces por ser rico en almidón. Alimento para roedores y sirve de nido para aves acuáticas.
Características generales	Cultivo
Planta acuática emergente, monoica, herbácea, erecta. Son perennes, pero el ciclo de desarrollo de la planta es anual. Son plantas palustres, frecuentes en la región templado – cálida y subtropical. Puede alcanzar entre 2 a 4 metros de altura. No son tóxicas.	Fácil. Se propaga por rizomas, división por grupo o por semillas. Crece mejor en suelo rico en materia orgánica. La planta puede implantarse prácticamente en cualquier época del año. Para la implantación de rizomas, el mejor momento es primavera, justo antes de la brotación. La distancia entre rizomas o plantas aconsejada en la implantación es de aproximadamente 1 m. El tamaño óptimo para la implantación en el humedal es de plantas de 20-30 cm de altura. La profundidad ptima en la que crecen es del orden de 0,5 metros. El rango de temperatura en que se desarrollan es de 10°C a unos 30°C. Necesitan de mucho sol para su crecimiento y desarrollo. No son tolerantes al sombreado prolongado. Presentan una productividad en biomasa de 13kg/m ² /año

Ficha 2.2

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de la Bióloga Pamela Marchi.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrófitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Familia botánica	Cyperaceae	
Especie de interés en Paraguay	<i>Cyperus giganteus</i> Vahl	
Nombre vernáculo	“Pirí guasú”, papiro, junco de ciénaga.	
Distribución de la especie	Especie distribuida en distintas partes de América desde México hasta América del Sur en Brasil, Argentina, Uruguay, Bolivia y Paraguay. Dentro de Paraguay se encuentra distribuida por: Alto Paraguay, Concepción, Itapúa, Presidente Hayes y Central.	
Hojas	Flores	Sistema radicular
Carece de hojas, con excepción de las dos superiores a veces rudimentarias.	Flores o espiguillas amarillentas o verdosas, protegidas por glumas; dispuestas en espigas cilíndricas que a su vez se disponen en umbelas, rodeadas por brácteas muy parecidas a hojas.	Rizomas horizontales que lo fijan al suelo.
		
Ecología	Forma conjuntos densos que reciben el nombre de pirizal.	
Fenología	Florece y fructifica en verano y otoño.	
Frutos	Aquenios alargados, con tres caras, grisáceos, lisos y terminados en puntas.	
Otros usos	Como forrajera de caballo a veces de bovinos. Como alimento y nido de aves acuáticas. Medicinal: El rizoma se utiliza como antiinflamatorio para heridas y golpes. Ornamental.	
Características generales	Cultivo	
Hierba acuática robusta, emergente, rizomatosa, perenne, erecta, de 1,5 a 3 metros de altura. Se reproducen por rizomas y semillas. No son tóxicas.	Fácil, propagación por rizoma. La condición ideal es agua de 30 a 70 cm de profundidad, en suelo arcilloso a franco y pH ácido a neutro. Necesita de mucho sol. Puede tolerar el frío. Produce aproximadamente 10 toneladas por hectárea al año.	

Ficha 2.3

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de la Bióloga Pamela Marchi.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Familia botánica	Araceae	
Especie de interés en Paraguay	<i>Pistia stratiotes</i> L.	
Nombre vernáculo	Repollo de agua, repollito de agua, llantén de agua, lechuguita de agua.	
Distribución de la especie	Cosmopolita tropical y subtropical. En Paraguay: Alto Paraguay, Cordillera, Guairá, Paraguari, Presidente Hayes y Central.	
Hojas	Flores	Sistema radicular
Dispuestas en espiral, esponjosa con aerénquima, cubierta con numerosos pelos. De tamaño variado, de 3 a 30 cm de diámetro de acuerdo al ambiente.	Flores agrupadas en inflorescencias muy pequeñas, tepaloideas, unisexuales y envueltas en una espata.	Numerosas raíces que miden aproximadamente entre 9-61 cm de largo.
		
Ecología	Flota libremente en aguas lenticas, y por lo general, claras (lagos, lagunas, meandros pronunciados de los ríos y arroyos), sus estolones generan nuevas plantas en forma de rosetas pequeñas. Sobrevive semi -enraizada en barro húmedo.	
Fenología	Florece y Fructifica todo el año. Las flores son tan inconspicuas que es difícil verlas; se las encuentra al interior de las hojas arrosetadas.	
Frutos	En forma de bayas ovoideas que se rompen irregularmente esparciendo numerosas semillas, de forma cilíndrica.	
Otros usos	Medicina: enfermedades renales, diurética, afecciones hepáticas, adelgazante y contra la sífilis.	
Características generales	Cultivo	
Planta herbácea, perenne, flotante, libre, estolonífera. No son tóxicas.	Necesita de mucha luz, aunque es favorecida por sombra leve. No tolera el frío o las heladas. Con 90% de humedad relativa y con T° de entre 20-30oC el crecimiento es rápido. Se propaga fácil y rápidamente. La profundidad recomendada es de 1 metro. Prefiere agua de lluvia, poco ácida a neutra (ph 6,5 – 7) y fondo orgánico. Produce 70-90 hectáreas al año de biomasa.	

Ficha 2.4

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de la Bióloga Pamela Marchi.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrófitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Familia botánica	Lemnaceae	
Especie de interés en Paraguay	<i>Lemna aequinoctialis</i> Welw. <i>Lemna gibba</i> L. <i>Lemna minuta</i> Kunth <i>Lemna valdiviana</i> Phil.	
Nombre vernáculo	Lenteja de agua	
Distribución de la especie	Cosmopolita. En Paraguay: Alto Paraguay, Caaguazú, Itapúa, Ñeembucú, Presidente Hayes, San Pedro, Cordillera, Paraguari y Central.	
Frondes	Flores	Sistema radicular
Recibe esta denominación porque no hay distintivamente hoja y tallo. Consisten de una o más frondas planas de forma ovoide.	Las flores masculinas están formadas por un estambre y las femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo. La floración rara vez se produce.	Puede presentar una raíz (<i>Lemna</i> sp.), varias o ninguna. Si presentan raíces, éstas son pequeñas, de longitud menor a 10mm.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Fotos: www.mobot.org</p>		
Ecología	Crecen en aguas eutrofizadas. Prefiere aguas quietas generalmente con muchos nutrientes en algunas levemente sombreada.	
Fenología	Florece de Febrero a Mayo.	
Frutos	El fruto es un utrículo pequeño de 0,3 mm de largo, compuesto por 1-4 semillas.	
Otros usos	Alimento de patos, peces pequeños, insectos y otros organismos acuáticos. Ornamental.	
Características generales	Cultivo	
Planta acuática, herbácea, flotante no enraizada, de tamaño pequeño. Anual a perenne. Presenta de 1 a 15 mm de longitud. No son tóxicas.	De propagación vegetativa. A bajas temperaturas (heladas) la población se vuelve rojiza. Son sensibles al viento por su tamaño por lo cual al desplazarse pueden dejar una lámina de agua al descubierto reduciendo así la eficacia del sistema. Su crecimiento óptimo se da entre 15-18oC. El ph óptimo entre 4,5-7,5oC. Algunas pueden duplicarse en número en 24 hs. Un mismo fronde puede producir al menos 10-20 frondes más durante su vida. Aproximadamente 1m ² de superficie de lámina de agua cubierta con Lemna sp. equivale a 25 gr. de peso seco de biomasa. Las producciones de materia seca obtenidas se reportan entre 10-46 t/ha/año.	

Ficha 2.5

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de la Bióloga Pamela Marchi.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrófitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Familia botánica	Salviniaceae	
Especie de interés en Paraguay	(1) <i>Salvinia biloba</i> Raddi emend. de la Sota (2) <i>Salvinia minima</i> Bak.	
Nombre vernáculo	Helechito de agua, acordeón de agua.	
Distribución de la especie	(1) Paraguay, Argentina, Brasil, Bolivia y Uruguay. En Paraguay: Alto Paraguay. (2) Amplia distribución por América, desde EEUU hasta México, Paraguay, Brasil y Uruguay. En Paraguay: Canindeyú.	
Hojas	Flores	Sistema radicular
(1) Pequeñas; de 2,2 a 2 cm, con pelos unidos en las extremidades en forma de pala de batidora. (2) Redondeadas; de 1,2 a 0,6 cm con pelos abiertos en forma de pata de gallina, peciolo pequeño.	Carece de órganos florales.	Miden entre 2-5 cm. (1) Las raíces parten de un solo punto. (2) Raíces pilosas – castaño brillosas, saliendo de un mismo punto.
Ecología	Prefiere aguas templadas, quietas. Pueden existir ambas especies juntas.	
Fenología	Florece de diciembre a mayo.	
Otros usos	(1) Como refrescante y ornamental. (2) Como abrigo de peces y como ornamental.	
Características generales	Cultivo	
Hierba acuática, no arraigada, flotante. Puede tolerar heladas breves. Carecen de órganos florales y se reproducen por esporas y vegetativamente. No son tóxicas.	La temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre 15-28°C. La iluminación debe ser media ya que una en exceso podría quemarlas. En <i>Salvinia biloba</i> su propagación vegetativa es rápida y por esporas es rara a diferencia de <i>Salvinia mínima</i> que la vegetación por esporas también se da normalmente y soporta variaciones de pH y media sombra. En el periodo de 5 días se podría obtener una biomasa aproximada de 200 g.m ⁻² .	

Ficha 2.6

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de la Bióloga Pamela Marchi.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrófitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Familia botánica	Nymphaeaceae	
Especie de interés en Paraguay	<i>Victoria cruziana</i> D'Orbigny	
Nombre vernáculo	“yrupe”, “yacaré yrupe”, maíz del agua.	
Distribución de la especie	América del Sur. En Paraguay: Presidente Hayes y Central.	
Hojas	Flores	Sistema radicular
Hojas flotantes con aerenquima, largamente pecioladas, gigantes y visibles. Con acúleos, redondas simulando un plato, de 1-2 cm de diámetro. El borde de la lámina se encuentra plegado formando una pared vertical de 2-10 cm de altura con margen entero. En su estadio juvenil las hojas presentan forma sagitada y son sumergidas, presentando dimorfismo foliar, común en muchas acuáticas. La epidermis superior de las hojas es glabra con una capa de cutícula que ayuda a repeler el agua, la inferior es pilosa provista de gruesas espinas.	Las flores son grandes, arrosietadas, con olor a melón, aparecen sobre la superficie del agua alejadas de las hojas, son de color blanco al inicio, se abren al ponerse el sol. A la segunda noche cuando los estambres están maduros la flor se vuelve rosada.	Rizoma sumergido, crece hasta 65 cm. Sistema radical fibroso y amarillo. Puede sobrevivir mucho tiempo en el lodo del fondo.
 <p>Foto: www.mobot.org</p>		
Ecología	Habita en ambientes semi – lénticos, de aguas medianamente profundas.	
Fenología	Florece en los meses de primavera y verano.	
Frutos	Fruto pseudo- baya. El pedúnculo fructifica bajo el agua enterrándose en el lodo. La semilla es grande; de 6-8 cm, gelatinosa y la cascara esponjosa para facilitar su diseminación por el agua, quedando dormiente en el lodo hasta la próxima estación lluviosa.	
Otros usos	Medicina: Cicatrizante, depurativa y para combatir las afecciones respiratorias. Alimentación: sus semillas son consumidas en forma torrada por indígenas como sustituto del maíz. Ornamental.	

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Características generales	Cultivo
Hierba acuática, anual o perenne de vida corta, enraizada y rizomatosa, hojas flotantes. No son tóxicas	Requiere de nutrientes y mucho sol. No podría aguantar temperaturas inferiores a 15°C. Necesita aproximadamente 20 cm de agua para sobrevivir. Requiere corriente débil. Se cultiva por semillas. Puede almacenarse el rizoma en arena húmeda y la semilla en agua destilada en la oscuridad hasta 10 años. Florece después de tener al menos 8 hojas, pudiendo tener hasta 40 o 50 hojas y ocupar un área de 15 m de diámetro. Las hojas se expanden 20 cm o 50 cm por día.

Ficha 2.7

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de la Bióloga Pamela Marchi.



2.5.3 Comparación del efecto depurador del Camalote (*Eichhornia crassipes*) con respecto a otras especies de macrofitas flotantes.

Los resultados que se observan en la siguiente tabla están basados en estudios realizados en plantas piloto de tratamiento que se encuentran en Colombia. Las mismas reciben de forma continua aguas residuales de comunidades cercanas.

Las muestras de agua fueron tomadas a la entrada y a la salida de cada estanque donde se determinó la DBO y coliformes fecales.

“Los resultados obtenidos demuestran que mediante el uso de plantas acuáticas flotantes se puede lograr buena eficiencia en la remoción de los contaminantes más comunes de las aguas residuales domésticas, siendo el camalote la planta más eficiente”. (España, J. 2006).

PLANTA	CO	TR	DBO ₅ (entrada) (mg/l)	DBO ₅ (salida) (mg/l)
Salvinia (helecho de agua)	97	4	94	22
Pistia (lechuga de agua)	97	4	94	18
Lemna (lenteja de agua)	61	6,2	92	27
Lemna (lenteja de agua)	116	3,1	87	34
Camalote	200	3	141	15
Camalote	340	1,5	120	16
Camalote	510	1	121	36

Tabla 2.2 Remoción de contaminantes por las plantas acuáticas.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de ESPAÑA, J. (2006), Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Santiago de Cali.

Referencia:

CO = carga orgánica (Kg/ha.d)

TR = Tiempo de retención (días)

DBO = Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)



Estos valores cumplen con los límites de calidad para la descarga de efluentes cloacales establecidos por la SEAM a través de la Resolución N° 222/02 por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio Nacional. *Ver Anexo 02.*

Esta Resolución determina que la descarga permitida de DBO a un cuerpo receptor no debe superar los 50 mg/l con un tratamiento secundario.

2.6.1 Fitosistemas de tratamiento de aguas residuales.

Frente al conocimiento convencional para tratar las aguas residuales a través de sistemas de saneamiento de elevado coste económico se está planteando desde hace tiempo alrededor del mundo la investigación y desarrollo tecnológico de sistemas no convencionales de depuración de aguas. Esto se debe a que el desarrollo de plantas de tratamiento municipales que era la solución en la última mitad del siglo XIX no es más considerada la respuesta.

“Los llamados sistemas blandos para el tratamiento de aguas residuales son métodos que suelen ser menos costosos y sofisticados en cuanto a operación y mantenimiento que los convencionales”.

Entre estos sistemas blandos destacan los humedales artificiales, utilizados ampliamente en muchos países para el tratamiento de efluentes domésticos e industriales”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración).

Algunos humedales artificiales construidos por investigadores comenzaron basándose en las observaciones de la capacidad evidente de tratamiento de humedales naturales.

Estudios sobre humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales se iniciaron en la década del cincuenta en el Instituto Max Planck en Alemania y fueron desarrollados en los años setenta y ochenta.



“Estos sistemas fueron utilizados por primera vez en Alemania en 1952, posteriormente algunos países europeos como Francia, Inglaterra, Australia, Dinamarca, Italia, Holanda y Suiza iniciaron proyectos de investigación”. (Pucci, B. Constructed Wetlands).

El interés por este tipo de tratamientos se intensificó durante el periodo de 1980 y 1990 y diversas instalaciones aparecieron en partes de Europa y América del Norte.

La importancia de la depuración previa de las aguas residuales radica en el impacto negativo que las mismas causan al medio ambiente principalmente en los núcleos urbanos de gran población.

“Las observaciones realizadas por naturalistas, ecólogos y otros investigadores sobre la capacidad depuradora de los humedales naturales incentivó el desarrollo de los sistemas de depuración basados en humedales artificiales, que en Europa se remonta a los años “50” del siglo XX, y en Estados Unidos a la década de los “60” del mismo siglo.

La denominación que se aplica a estos sistemas es la de “humedales artificiales”, en oposición a la denominación “humedales naturales”, en los que el hombre no ha influido en su construcción”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración).

2.6.2 Tipos de sistemas blandos.

Existen tres tipos de sistemas blandos que se utilizan en los procesos de fitodepuración y son los siguientes:

- 1.Lagunajes:** Consiste en una serie de lagunas donde se realiza el vertido del agua residual en las que se produce la depuración y varios tipos de reacciones.



2.Filtros Verdes: Consisten en superficies de suelo con o sin vegetación, sobre las que se vierte el agua residual, actuando como principal elemento depurador el suelo y la rizósfera de las plantas.

3.Humedales: *“Son zonas encharcadas, en las que prolifera una vegetación acuática (macrófitas) perfectamente adaptada a tener todos o parte de sus órganos sumergidos en el medio acuoso.*

Pueden ser naturales o artificiales y la inundación puede ser temporal o permanente.

Los humedales utilizados para la depuración utilizan especies con las raíces enraizadas en el fondo o sustrato del humedal (macrófitas emergentes) o libres en el agua (macrófitas flotantes).

Los humedales naturales pueden definirse como aquellos lugares terrestres que permanecen inundados o saturados de agua durante un tiempo lo suficientemente prolongado como para que se desarrolle en ellos un tipo de vegetación característica, que está adaptada a esas condiciones. Son sistemas de transición entre los ambientes terrestres y los acuáticos, por lo que sus límites suelen ser difusos y su morfología variable con el tiempo”. (Fernandez, J. Manual de Fitodepuración). Ver Anexo 03.

2.6.3 Los Humedales Artificiales.

Los humedales artificiales son aquellos que han sido construidos por el hombre, consisten en sistemas de fitodepuración de aguas residuales donde se produce el desarrollo de un cultivo de macrofitas dispuestas en lagunas, tanques o canales poco profundos. El efluente, después de recibir un pre-tratamiento, pasa a través del humedal durante el tiempo de retención donde la acción de las macrofitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual es depurada progresiva y lentamente. (Delgadillo, O. 2010).



2.6.4 Clasificación de los Humedales Artificiales.

"Los humedales artificiales pueden ser clasificados según el tipo de macrofitas que empleen en su funcionamiento: macrofitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrofitas flotantes libres.

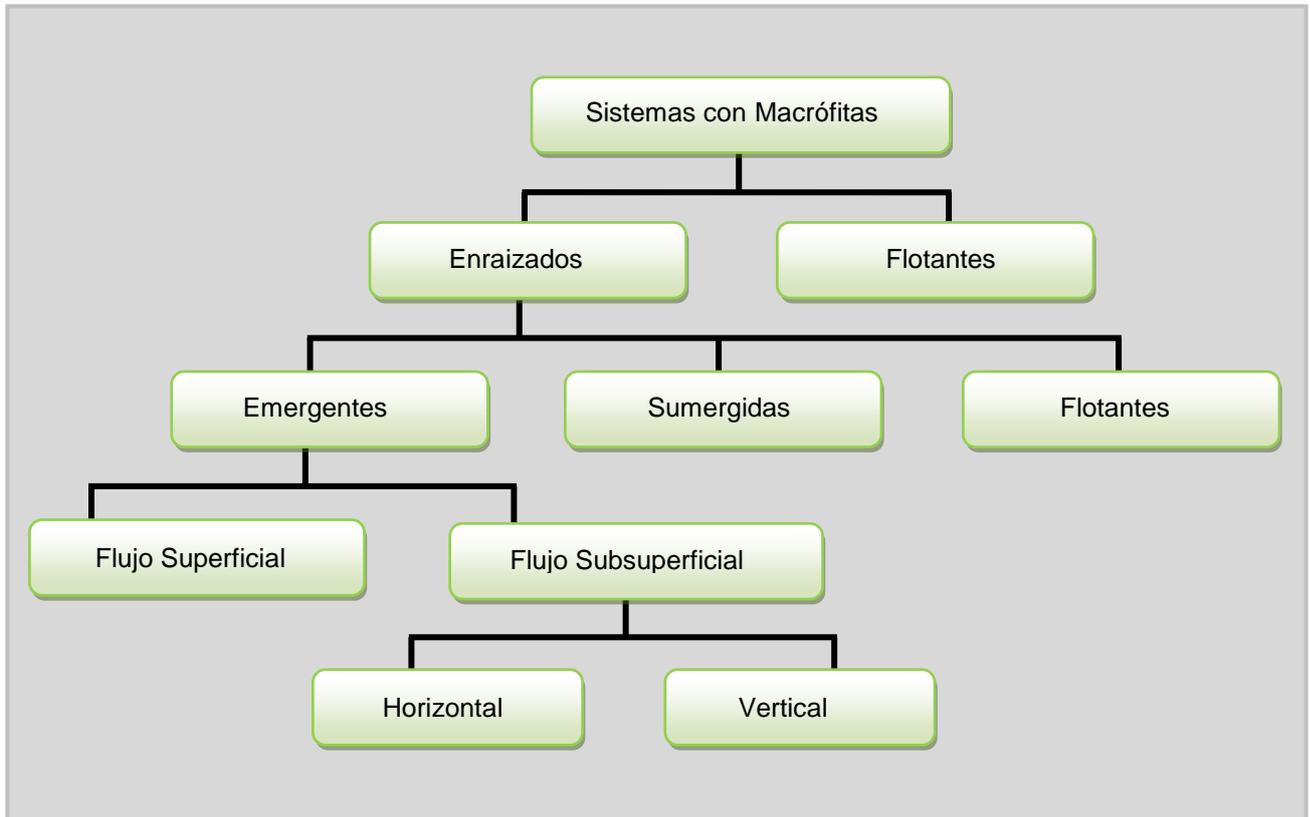


Grafico 2.2 Síntesis de los distintos tipos de Humedales Artificiales.

Fuente: DELGADILLO, O. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Bolivia, Nelson Antequera Durán Ediciones.

Los humedales basados en macrofitas enraizadas emergentes pueden ser de dos tipos, de acuerdo a la circulación del agua que se emplee:

1. Humedales de Flujo Superficial: *En estos sistemas el flujo del influente es de tipo horizontal superficial donde el agua circula libremente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera. Este tipo de humedales es una modificación a los sistemas de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tienen menor profundidad debido a que se hace circular el agua por la superficie de un canal o estanque que contiene una capa de agua no muy profunda, generalmente de unos 60 cm”. (Delgadillo O. 2010).*



2. Humedales de Flujo Sub-superficial: En estos sistemas el flujo del influente es de tipo horizontal sub-superficial donde el agua circula por debajo de la superficie del sistema. Este tipo de humedal se caracteriza por no contar con una columna de agua continua, pues la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio inerte granular, con una profundidad de agua cercana a los 60 cm. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. *Ver anexo 03.*

Los humedales de flujo sub-superficial pueden ser de dos tipos en función de la forma de aplicación del agua al sistema:

-Humedales Sub-Superficiales de Flujo Horizontal.

“El diseño de estos sistemas generalmente consiste en una cama o canal, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, cuyas raíces se desarrollan en el relleno”. (Delgadillo O. 2010). Estas plantas funcionan como bombas naturales capaces de transferir oxígeno atmosférico al interior del sustrato donde viven colonias de bacterias capaces en condiciones aerobias de descomponer la materia orgánica.

“El agua ingresa en forma permanente, es aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta e inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La profundidad del lecho varía entre 0.45 m a 1m y tiene una pendiente de entre 0.5% a 1%” (Delgadillo O. 2010). Ver Anexo 03.

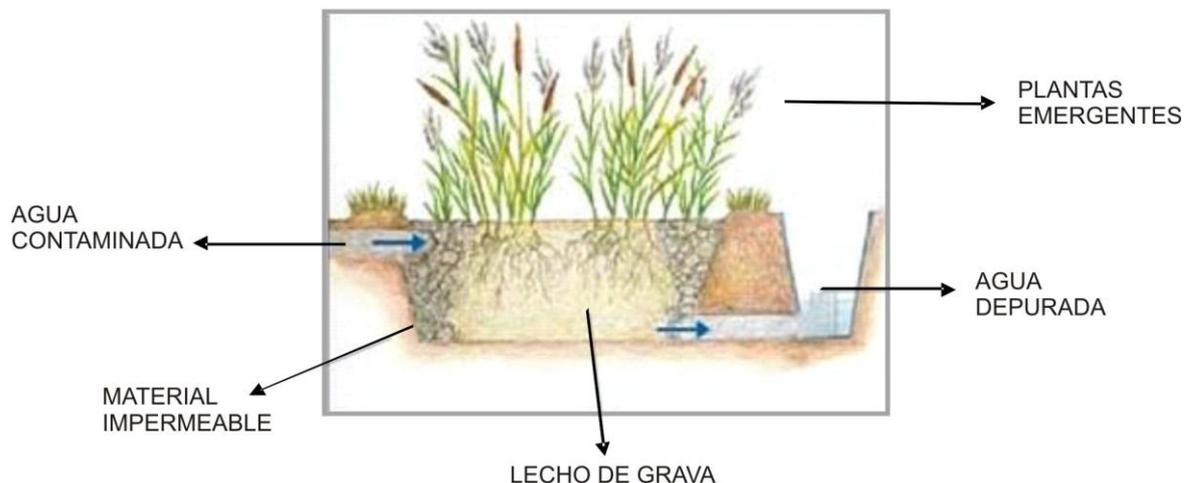


Imagen 2.1 Esquema simplificado de un Humedal Artificial sub-superficial de flujo horizontal.
Fuente: PUCCI, B. *Constructed Wetlands. Depuración natural de las aguas.*

-Humedales Sub-Superficiales de Flujo Vertical.

Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación del agua se realiza en forma intermitente, de esta forma, las condiciones de saturación con aguas en los canales son seguidas por periodos de instauración, estimulando el suministro de oxígeno.

“También conocidos como filtros intermitentes, este tipo de humedales reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de aplicación de aguas.

A diferencia del humedal sub-superficial de flujo horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas (capa de arena) en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo hasta llegar al sistema de drenaje”. (Delgadillo O. 2010).

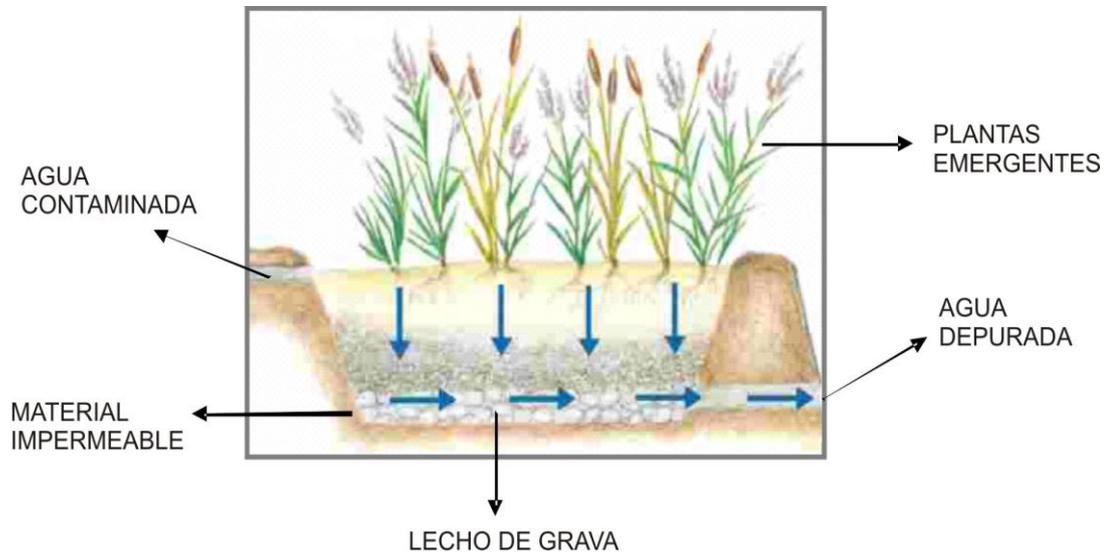


Imagen 2.2 Esquema simplificado de un Humedal Artificial sub-superficial de flujo vertical.
Fuente: PUCCI, B. *Constructed Wetlands. Depuración natural de las aguas.*

2.6.5 Sistemas Acuáticos.

Existe una tercera línea de desarrollo tecnológico de humedales artificiales los cuales se denominan sistemas acuáticos de tratamiento de aguas residuales.

Estos sistemas son los que utilizan plantas naturalmente flotantes sobre la superficie del agua, tales como el jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) o la lenteja de agua (*Lemna spp.*) y las que utilizan especies emergentes a las que se les hace flotar.

“Los mismos se basan en el mantenimiento de una cobertura vegetal de macrofitas flotantes sobre la lámina de agua, y se disponen a modo de estanques o canales en serie, debidamente aislados, en los que discurre el influente. La diferencia con los otros sistemas de flujo sub-superficial es que su diseño no incluye sustrato en el fondo del estanque o canal y exigen la remoción periódica de parte de las plantas”. (Fernández J. *Manual de Fitodepuración*).

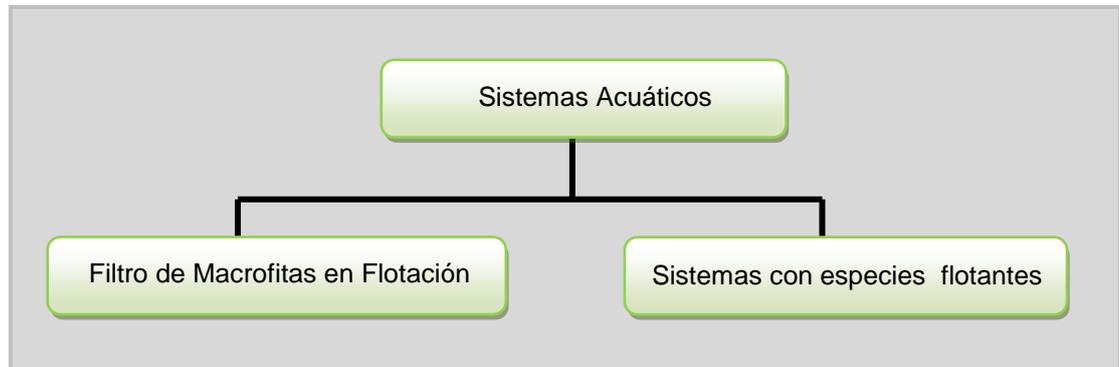


Gráfico 2.3 Síntesis de los distintos tipos de Sistemas Acuáticos.
Fuente: Elaboración propia.

-Sistemas con especies flotante: “Consisten en estanques o canales de profundidad variable (0,4 a 1,5 m), alimentados con aguas residuales pretratadas, en los que se desarrollan las plantas que flotan de modo natural.

La principal ventaja que ofrecen estos sistemas es la gran superficie de contacto que tienen sus raíces con el agua residual ya que ésta les baña por completo, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia orgánica por medio de los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las propias raíces directamente.

Como inconveniente principal está la capacidad limitada que tienen de acumular biomasa, ya que los cuerpos de las plantas no llegan a alcanzar una altura significativa, permaneciendo normalmente próximos a la superficie del agua.

Debido a esto, la cantidad de biomasa que llegan a acumular las plantas por unidad de superficie es relativamente pequeña, siendo necesario efectuar retiradas periódicas de la biomasa para que las plantas puedan seguir creciendo, lo que encarece el proceso en lo que al empleo de mano de obra se refiere”. (Fernández J. Manual de Fitodepuración).



-Filtro de Macrofitas en Flotación.

“El filtro de macrofitas en flotación es un sistema que combina las ventajas de los sistemas de humedales artificiales de flujo superficial y de los sistemas acuáticos reduciendo a la vez sus inconvenientes.

Su estructura y tipo de flujo es similar al de los humedales de flujo superficial, en cuanto a que se trata de canales debidamente aislados, con flujo superficial”. (Fernández J. Manual de Fitodepuración).

La variación de este sistema con respecto a los demás está en el manejo de la vegetación emergente como vegetación flotante. Esto consiste en conseguir que plantas que naturalmente se encuentran enraizadas en el suelo del fondo de los cursos de agua, se desarrollen y lleguen a completar su ciclo vital flotando sobre la parte superior del perfil del agua. De esta manera se forma un tapiz flotante sobre la superficie del canal o laguna con el sistema radicular, los rizomas y la base de los tallos sumergidos en el agua.

El conjunto de ellos actúa de soporte para la fijación de los microorganismos que, por el aporte constante de oxígeno degradan contaminantes inmersos en el agua.

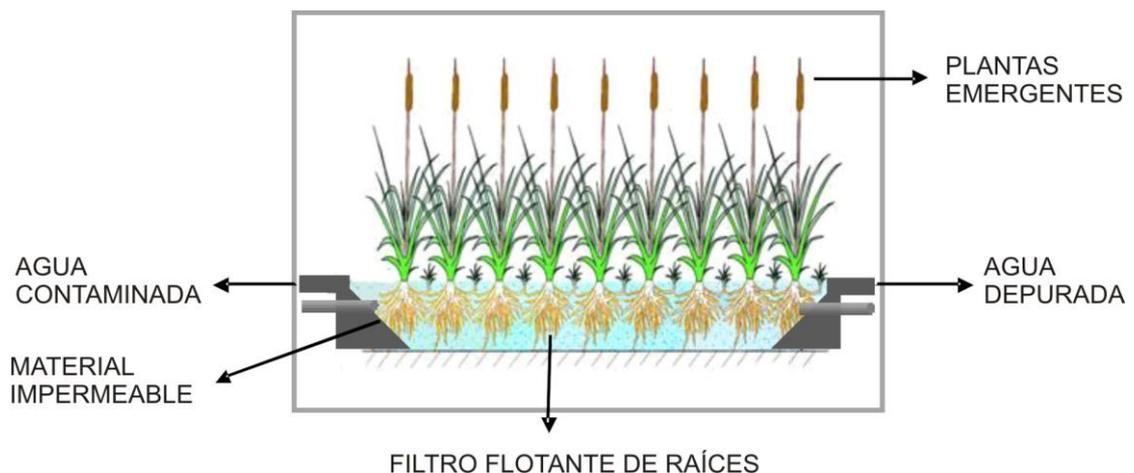


Imagen 2.3 Esquema de funcionamiento de un Filtro de Macrofitas en Flotación.

Fuente: PUCCI, B. *Constructed Wetlands. Depuración natural de las aguas.* ARPAT. Agencia para la protección del medio ambiente de la Región Toscana.



Los sistemas de macrofitas en flotación se utilizan tanto en pequeños sistemas para la depuración de las aguas de viviendas unifamiliares, como para la depuración de las aguas de grandes colectividades. Estos sistemas son los que presentan mayor superficie radicular en contacto con el agua residual, por unidad de superficie de plantación, lo que incide positivamente en la degradación de la materia orgánica.

“El sistema sirve para efectuar un tratamiento secundario (descomposición de la materia orgánica disuelta) por medio de los microorganismos adheridos al sistema radicular de las plantas.

La oxigenación del agua se realiza con el oxígeno que recorre por las plantas desde sus hojas a las raíces y de éstas al agua. El proceso se inicia, tras el contacto de las hojas con el oxígeno del aire, iniciándose de esta manera el descenso del oxígeno de forma continua hasta sus raíces y rizomas. De esta manera se elimina toda la materia orgánica sin provocar olores ni fangos en el fondo de los canales”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración).

Existen en la actualidad otras formas de aplicación de los Filtros de Macrofitas en Flotación, que consisten en sistemas de Fitodepuración prefabricados. También se están realizando estudios sobre propuestas de aplicación de este sistema en las cubiertas de las edificaciones como una manera de aprovechamiento y ahorro del espacio. Ver Anexo 04.



HUMEDALES DE FLUJO SUPERFICIAL	
Ventajas	Desventajas
<p>Apariencia similar a los humedales naturales. Capacidad de albergar distintas especies de peces, anfibios, aves, etc.</p>	<p>Baja conductividad del sustrato de soporte de las plantas impidiendo un flujo significativo a través de la zona radicular. Eliminación de contaminantes a través de reacciones que tienen lugar en el agua y en la zona superior del sustrato reduciendo su capacidad de eliminación.</p>
HUMEDALES DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL	
Ventajas	Desventajas
<p>Ausencia de contacto del agua con el aire lo que evita la presencia de malos olores e insectos. Agua en contacto con los rizomas y raíces de las plantas, aumentando su capacidad de eliminación.</p>	<p>Inexistencia de lámina de agua a la vista, por lo que su apariencia se aleja a la de los humedales naturales. Colmatación de los espacios libres del lecho a causa del gran crecimiento de las raíces, reduciendo el tiempo de retención y la capacidad depuradora del filtro.</p>
SISTEMAS CON ESPECIES FLOTANTES	
Ventajas	Desventajas
<p>Gran superficie de contacto de las raíces con el agua residual, permitiendo una gran actividad depuradora de la materia orgánica.</p>	<p>Capacidad limitada de acumular biomasa. Requiere retiradas periódicas de la biomasa para permitir el crecimiento de las plantas. Encarecimiento del proceso de mantenimiento en cuanto a mano de obra.</p>
FILTROS DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN	
Ventajas	Desventajas
<p>Mayor economía en la construcción, ya que no lleva ningún tipo de relleno. Mejor funcionamiento por no existir resistencia al paso del agua por colmatación del lecho. Mayor economía en el mantenimiento, ya que no existe colmatación y por lo tanto no es necesario la retirada periódica del lecho de grava junto con las raíces y rizomas, causantes de la colmatación. Mayor capacidad de depuración por estar todo el sistema radicular bañado por el agua. Facilidad de cosechar la totalidad de la biomasa formada debido a la utilización de plantas macrofitas de gran porte que permiten retirarla durante períodos de tiempo mucho más largos que en el caso de las plantas flotantes. Los lodos se autodigieren en el fondo del canal, por lo que no es necesaria su retirada periódica.</p>	<p>Limitación en la utilización del sistema solo en los climas en que estas plantas se desarrollen con normalidad, aunque exceptuando los climas extremadamente fríos, estas plantas se han distribuido por todo el planeta.</p>

Cuadro 2.3 Comparativa de las ventajas y desventajas de los tipos de sistemas de fitodepuración.



Fuente: Elaboración propia.

2.7 Comparación entre Sistemas de Depuración Convencionales y Filtros de Macrofitas en Flotación.

“La realización de los Filtros de Macrofitas en Flotación no comporta la utilización de mano de obra calificada ni el uso de tecnología de construcción sofisticada. Las fitodepuradoras pueden ser construidas usando simplemente mano de obra local no especializada y utilizando los recursos locales contrariamente a lo que ocurre con los sistemas de depuración convencionales.

Económicamente su gestión comporta una obligación mínima pues las plantas de fitodepuración no requieren fuentes energéticas debido a que su funcionamiento se basa en los procesos depurativos naturales y en la gravedad, siendo las operaciones de mantenimiento bien sencillas, consiguiendo así una notable reducción con respecto a los costos”. (Pucci, B. Constructed Wetlands).

La elección de sistemas de depuración natural permite, en términos socioeconómicos, la posibilidad de aprovechar los beneficios ligados a una gestión sostenible de los recursos hídricos, limitando el empobrecimiento de los cuerpos hídricos y la optimización del consumo, arrojando consecuencias positivas sobre la economía del país, sin depender de infraestructuras cuya gestión puede resultar onerosa.

Una de las ventajas de la depuración por especies acuáticas respecto a los ya usados es que son capaces de reutilizar los nutrientes presentes en las aguas residuales y producir vegetales de aprovechamiento posterior.

“El agua que sale de las plantas depuradoras, por lo regular necesita de un último tratamiento para remover las sales minerales y fosfatos que los procesos, ya sean aerobios o anaerobios, no han podido quitar.



Las raíces de las plantas constituyen un excelente filtro físico, químico y biológico, al utilizar estas sustancias en sus procesos metabólicos como nutrientes”. (Impacto de la vegetación en el microclima urbano).

Los Filtros de macrofitas en flotación son considerados como técnicas naturales, pues no exigen la utilización de productos químicos o de energía eléctrica para el tratamiento de efluentes y, su principal beneficio directo es el mejoramiento de la calidad del agua.

Otro aspecto positivo es la presencia de vegetación que posibilita su incorporación e integración al paisaje.

“Los estanques pueden ser sustituidos por excavaciones de diques hechos con tierra compactada, formando una estructura parecida a lagos artificiales. Para ello es necesario hacer una impermeabilización para no contaminar el suelo.

Se observa una tendencia en el futuro hacia sistemas de depuración que minimicen el consumo de energía por distintas estrategias. (Benzati, R. 2008).



PARÁMETROS	ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES	FILTRO DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN
Consumo energético	Gran consumo energético continuado en todos los procesos de depuración, con grandes costes en energía eléctrica asociados.	Consumo casi Nulo (luz solar).
Recursos Humanos	Gran número de personal especializado y cualificado técnicamente en la construcción y sobre todo en el mantenimiento.	Tecnología de bajo coste constructivo (importes inferiores llegando hasta 10 veces menos). Mantenimiento realizado por un, jardinero, o agricultor, con conocimientos básicos de agronomía.
Instalaciones	Necesidad de Suelo tipo industrial y servicios. Conjuntos, Equipos y Edificios con estructuras complejas y de gran coste arquitectónico y económico. Sistemas de reducida vida útil	Reducidas a la excavación e impermeabilización de canales o lagos. Muchos años de funcionamiento sin colmatación.
Tecnológicos	Procesos Físicos Procesos Químicos Procesos Biológicos	Proceso Natural. Mejor sistema en la remoción de materia sólida extraíble que no pueden conseguirse con los procesos físicos y biológicos actuales de las plantas de tratamiento (lo hacen las plantas).
Medio Ambientales	Aguas sin tratamiento Terciarios. Malos olores. Generación de Fangos. Necesidad de desinfección de aguas, clorar.	Niveles de depuración comparables a manantiales, con vida de protozoos, caracoles insectos, peces, anfibios aves y mamíferos. Aguas sin organismos patógenos con posibilidad de alcanzar aguas potables. Integración total en el Paisaje. No se producen olores. No se producen Fangos. Sistema vivo y natural que se auto regenera. Generatriz de ecosistema acuático.
Capacidad	Capaces de depurar medianos a grandes volúmenes.	Depuración desde pequeñas poblaciones hasta grandes volúmenes.
Costos Totales	Elevados en Construcción. Elevado de Mantenimiento: Energético Mano de Obra	Entre 10 y 6 veces menores en construcción frente a una planta depuradora tradicional. Unas 100 Veces menores en mantenimiento frente a una planta depuradora tradicional.

Cuadro 2.4 Comparativa entre Sistemas de Depuración Convencionales y Filtros de Macrofitas en Flotación.

Fuente: Institución: MACROFITAS S.L. (Madrid, España). <http://www.macrofitas.com>. Autor: Vicente Juan Torres Junco.



Todas las teorías y conceptos desarrollados, fueron considerados como complemento, referencia y punto de comparación, necesarios para explicar el funcionamiento de los Filtros de Macrofitas en Flotación en el capítulo siguiente.

2.8 Antecedentes.

En cuanto a experiencias realizadas, en la actualidad están funcionando sistemas de este tipo en países como Alemania, Reino Unido, Australia, Eslovenia, Suiza, España y Dinamarca.

En este último, más de ciento treinta instalaciones fueron puestas en operación entre 1984 y 1990 para el tratamiento secundario de pequeñas colectividades.

En España, la empresa pública AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), que ha puesto los recursos humanos y económicos para realizar los proyectos de depuración de las aguas contaminadas de tipo urbano generadas en las instalaciones de sus aeropuertos, ya sean edificios (urinarios, restaurantes, cafeterías, limpieza de suelos, lavado de vehículos, etc.), aguas de tipo industrial y químicas, comprobándose, tras años de experimentación, la eficacia depurativa del sistema de FMF para regenerar todo este tipo de aguas.

“Por este motivo se construyó en 1997 la primera Estación de Depuración Experimental de FMF en el Aeropuerto de Madrid - Barajas, consistente en utilizar la capacidad natural de las plantas del tipo “macrofitas emergentes” en una tecnología que mantiene estas plantas en flotación en canales o estanques, multiplicando así su capacidad depuradora. Un logro no solo para la naturaleza y la ciencia, sino también para la economía”. (Torres, V. Macrofitas S.L.)



Se ha destacado el proceso de los FMF como un excelente sistema depurador de aguas residuales, pudiéndose emplear como sistema secundario e incluso primario-secundario.

“En la depuradora Experimental del Aeropuerto de Madrid - Barajas; se ha tenido esta tecnología durante más de un año funcionando como sistema secundario depurando las aguas residuales, no encontrándose residuos apreciables en el fondo de los canales, quedando con esta experiencia demostrada la eficiencia del sistema.

Actualmente funcionan a pleno rendimiento EDAR con FMF también en:

- Los aeropuertos de Gerona, y próximamente en Lanzarote, San Javier y Valladolid.*
- El aeropuerto de Reus, instalado en el año 2000 que sigue funcionando actualmente con plena efectividad.*
- La Nueva Depuradora en el Aeropuerto de Alicante.*
- Potabilizadora de aguas y depuradoras de aguas en el Aeropuerto de Zaragoza.*
- Nueva depuradora de aguas residuales en el Aeropuerto de la isla de Fuerteventura, donde el problema de la escasez del agua es grave.*
- Plataforma de Clasificación de Residuos en el Aeropuerto de Vitoria. El agua de escorrentía de la plataforma (agua de lluvia y de limpieza de aquélla) se depura con un canal perimetral de FMF al cual también se vierte el agua residual del edificio asociado a esta plataforma”. Torres, V. Macrofitas S.L.)*

“La conservación de los recursos naturales ha alcanzado hoy en día un alto grado de prioridad en el mundo. El concepto de conservación, en su más



amplio sentido se relaciona directamente con el desarrollo y la producción sostenida a largo plazo.” (Bornholdt, Verónica. 2007).

En los países en desarrollo como el nuestro, donde hay deficiencia en el saneamiento básico, generalmente manantiales, ríos y lagos son el destino final de efluentes domésticos e industriales lanzados a estos cursos de agua, la mayoría de las veces sin tratamiento previo.

De ahí la importancia de tecnologías que se basan en sustentabilidad, no depredando la naturaleza y cooperando en la preservación de recursos imprescindibles para la vida.

En el Paraguay existen aun pocas experiencias e investigaciones sobre esta tecnología, pues la misma no se encuentra muy difundida en nuestro medio.

Trabajos realizados con este sistema de depuración se encuentran en Villa Madrid ciudad de Limpio, en el distrito de Mbaracayu y en Surubi'i realizados por el Arq. Yago García demostrando ser la misma una posible solución apropiada al problema planteado.



EJEMPLOS INTERNACIONALES.

- **Panajachel – Guatemala.**

En el municipio de Panajachel en Guatemala se implementó la tecnología de los Filtros Verdes para depurar las aguas residuales de la comunidad. La propuesta del Arq. Yago García consistió en aprovechar la gran diferencia de nivel que presentaba el lugar. La propuesta consistió en hacer distintos estanques con taludes muy inclinados alternándose unos con otros, el agua va circulando por cada uno de los estanques entrando por un extremo y saliendo por el otro buscando hacer que el recorrido sea lo más sinuoso posible para mejorar el tiempo de retención. La pendiente permite crear aterrazados que pueden genera jardines de apariencia muy atractiva por lo que este diseño tiene mucho potencial paisajístico. *Ver imágenes 2.4 y 2.5*



Imagen 2.4

Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.



Imagen 2.5



- **San José de los Llanos - República Dominicana.**

Las aguas residuales del barrio Las Guázaras en San José de Los Llanos son tratadas mediante un sistema de Filtros Verdes con jacinto de agua como planta depuradora.

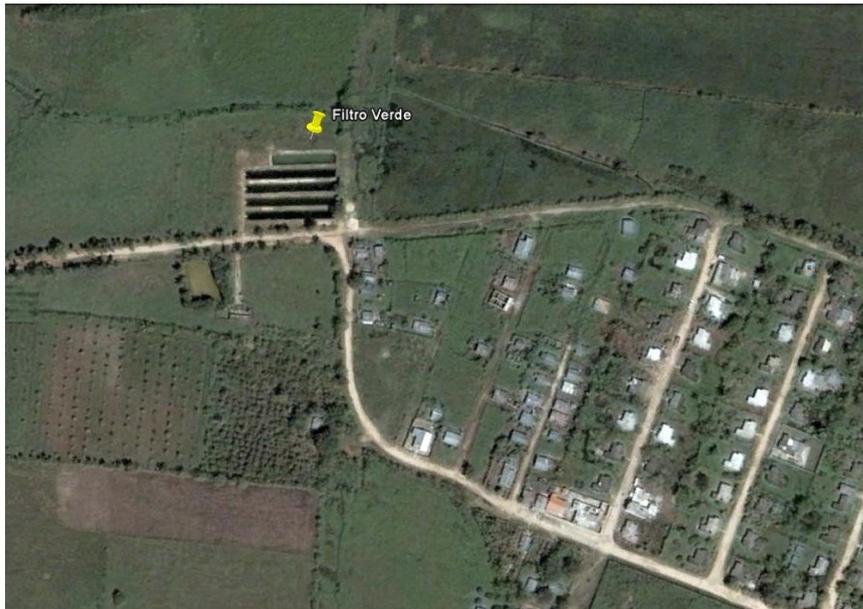


Imagen 2.6
Fuente: Google Earth.



Imagen 2.7
Fuente: Gooodle Earth.



Imagen 2.8



Imagen 2.9



Imagen 2.10



Imagen 2.11

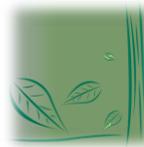


Imagen 2.12

Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.



Imagen 2.13



- **Lorca (Murcia) – España.**

La ciudad de Lorca de la Región de Murcia en España también cuenta con fitodepuradoras para el tratamiento de sus efluentes.



Imagen 2.14



Imagen 2.15



Imagen 2.16



Imagen 2.17



Imagen 2.18

Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.



EJEMPLOS NACIONALES.

• Villa Madrid 4° Fase – Salado (Limpio).

El conjunto habitacional de la cuarta fase de Villa Madrid en Limpio cuenta con una planta experimental de fitodepuración realizada por el arquitecto español Yago García, la misma se encuentra ubicada donde termina el conjunto de viviendas continuando el camino justo antes de llegar al Río Salado. *Ver imágenes 2.19 y 2.20*

Las aguas residuales son conducidas a través de un sistema de tuberías hasta una cámara séptica situada próxima a las viviendas, para el pre-tratamiento de las mismas, luego pasan al filtro verde donde se realiza el tratamiento secundario para su posterior vertido a su destino final. *Ver imágenes 2.21, 2.22 y 2.26*

El sistema está compuesto por un solo canal de 20 metros de largo, 3 metros de ancho y 1 metros de profundidad, lo que serviría a unas 120 personas. *Ver imagen 2.23*. Se utilizó el camalote o jacinto de agua como planta acuática depuradora. *Ver imagen 2.24*.

Este filtro verde fue construido para depurar las aguas residuales del asentamiento compuesto por 300 familias, que equivale a un aproximado de 1500 personas por lo que el filtro es insuficiente pues no tiene el tamaño necesario para poder lograr un alto nivel de eficiencia por lo tanto está por debajo del nivel de depuración permitido para arrojar el efluente a cuerpos de agua receptores.

La finalidad de este trabajo consistió en la implantación de un prototipo de planta de tratamiento aplicando la tecnología de los filtros verdes de manera a realizar una experiencia con el objeto de mitigar los impactos negativos de las aguas residuales en el Río Salado.



Actualmente el filtro se encuentra deteriorado por la falta de compromisos adquiridos por los beneficiarios de la comunidad, esto demuestra que por más adecuada y eficiente que sea la tecnología se debe realizar un proyecto con un enfoque social efectivo, que incluya y haga participe a los usuarios durante todo el proceso, el manejo de la biomasa producida debe generar un beneficio económico para los usuarios, así como también concienciar y educar a los mismos sobre la importancia de mantener en funcionamiento el sistema para la protección de su ambiente. *Ver imágenes 2.27-2.31*



Imagen 2.19 Vista aérea del conjunto habitacional Villa Madrid 4° Fase – Salado (Limpio)
Fuente: Google Earth.



Imagen 2.20 Localización del Filtro Verde construido para la depuración de las aguas residuales del asentamiento de Villa Madrid 4° Fase – Salado (Limpio).
Fuente: Google Earth.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Imagen 2.21 Registro de inspección y punto de entrada del efluente.



Imagen 2.22 Canal del Filtro Verde compactado e Impermeabilizado.



Imagen 2.23 Recorrido del efluente.



Imagen 2.24 Camalotes utilizados en el proceso de fitodepuración.



Imagen 2.25 y 2.26 Recorrido del efluente y punto del vertido a su destino final (Río Salado).



Fuente: Imágenes proveídas por Arq. René Canese
Visita realizada el 24.04.2010



Imagen 2.27 Registro de inspección y punto de entrada del efluente.



Imagen 2.28 Canal del Filtro Verde deteriorado por falta de mantenimiento.



Imagen 2.29 Se observa el deterioro y desprendimiento de la membrana impermeabilizante.

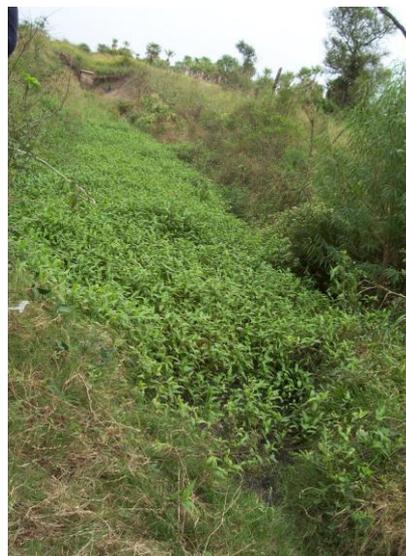


Imagen 2.30 El canal del filtro fue invadido por malezas que impiden el crecimiento normal



Imagen 2.31 Punto de vertido del efluente a su destino final (Río Salado)

Fuente: Elaboración propia. Fotografías tomadas el 31.05.2011



• **Eco Camping Tres Kandú – (Guaira, Gral.).**

Este proyecto se llevó a cabo mediante un acuerdo entre la organización no gubernamental Naturaleza Pura, la Secretaría Nacional de Turismo (SENATUR), la Agencia de Cooperación Económica de España y la Secretaría del Ambiente.

El mismo cuenta con instalaciones de zonas de camping, senderos, oficinas, albergues, cocina e instalaciones sanitarias.

El sistema de tratamiento de las aguas negras proveniente de los baños está compuesto por una cámara séptica donde se produce la decantación y digestión anaeróbica de los componentes orgánicos sólidos, luego el efluente a través de un sistema de cañerías pasa al filtro verde el cual tiene un diseño circular cuyas medidas son 4.5 m de diámetro y una profundidad de 0.95 m, como sistema de impermeabilización, a diferencia del sistema tradicional, no utilizó membrana plástica sino que está construido en su totalidad de material para evitar filtraciones que contaminen los suelos. *Ver imágenes 2.36 y 2.37*

Una vez que el efluente paso por el filtro alcanzando los niveles de depuración requeridos, es infiltrado en el suelo a través de cañerías filtrantes en espina de pescado. *Ver imagen 2.41*

El sistema cuenta con un registro de inspección para realizar la limpieza de las cañerías y garantizar así el correcto funcionamiento del sistema. *Ver Imágenes 2.38 y 2.39*

En la actualidad el sistema se encuentra en desuso debido a la falta de agua por la sequia que afectó a la zona y por lo tanto se ve comprometido el funcionamiento del sistema. *Ver imágenes 2.42 y 2.43*

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.

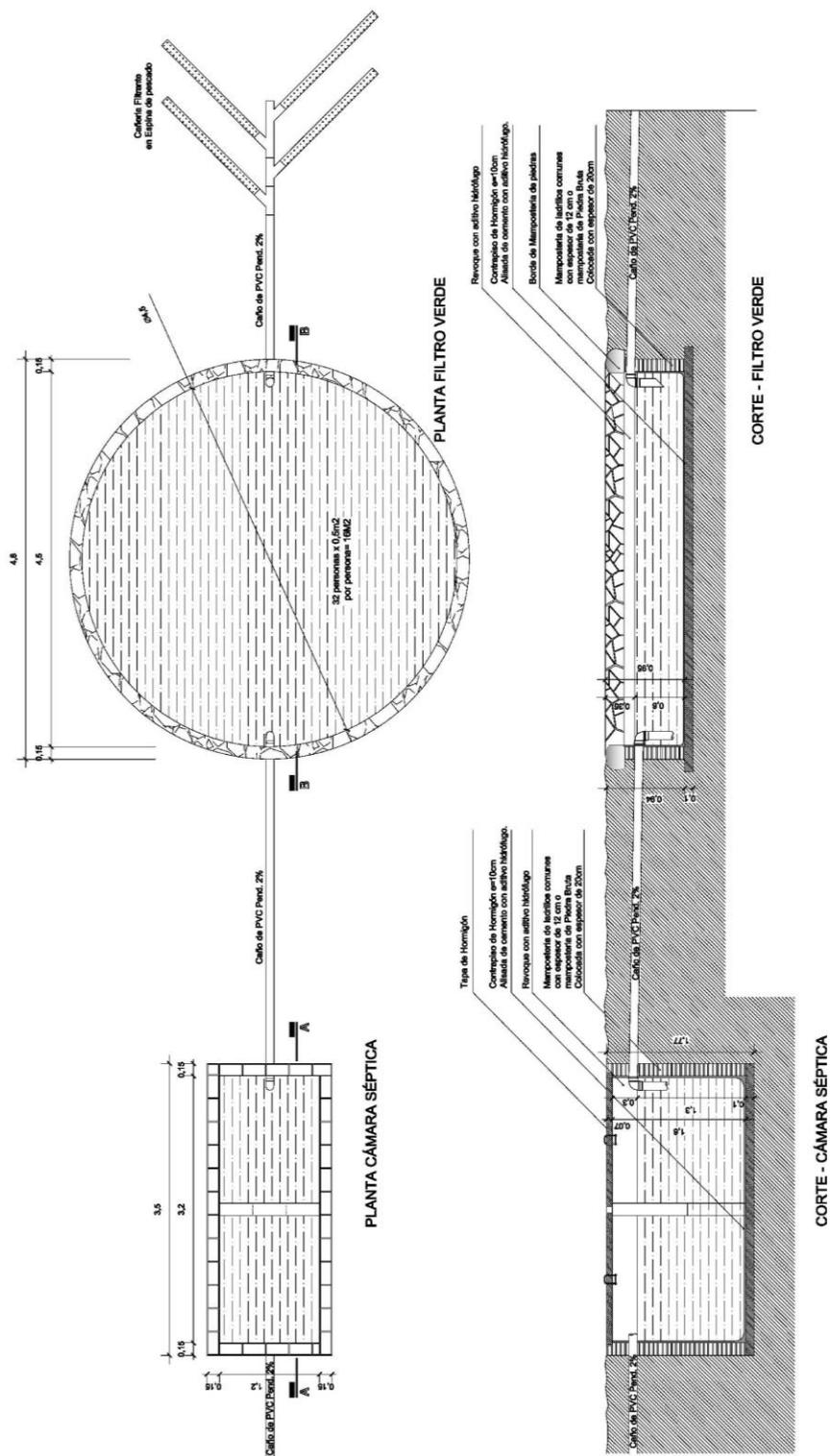


Gráfico 2.4 Planta y Corte del Sistema de Filtro Verde
Fuente: SENATUR

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Imagen 2.32 Vista de la cámara séptica y del Filtro Verde
Fuente: SENATUR



Imagen 2.33 Instalaciones sanitarias
Fuente: Elaboración propia.
Fotografía tomada el 14.01.2012



Imagen 2.34
Fuente: Elaboración propia
Fotografías tomadas el 14.01.2012



Imagen 2.35



Imagen 2.36 Cámara séptica
Fuente: SENATUR



Imagen 2.37 Pileta de material para el Filtro Verde
Fuente: SENATUR



Imagen 2.38 Registro de inspección
Fuente: Elaboración propia.
Fotografía tomada el 14.01.2012



Imagen 2.39
Fuente: Elaboración propia
Fotografía tomada el 14.01.201



Imagen 2.40
Fuente: SENATUR



Imagen 2.41
Fuente: Elaboración propia
Fotografía tomada el 14.01.2012



Imagen 2.42 Situación actual del Filtro Verde
Fuente: Elaboración propia
Fotografía tomada el 14.01.2012



Imagen 2.43
Fuente: Elaboración propia
Fotografía tomada el 14.01.2012



Existen en nuestro país otras experiencias de fitodepuración realizadas con algas donde se realizaron pruebas de laboratorio que demostraron su eficiencia como es el caso del Sistema de Lagunaje de la U.C.A. (Universidad Católica de Asunción) construido en varias etapas por estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental de la misma universidad con el objeto de realizar experimentos y análisis de laboratorio sobre el funcionamiento del mismo. *Ver imágenes 2.44 y 2.45*

Para poner en marcha el sistema se desvía un caudal equivalente a 12.000 lts/día del emisario de la ESSAP, lo que equivale a un efluente producido por unas 60 personas, estas aguas residuales provienen de la Universidad y del Barrio Santa Ana próximo a la misma. Este desvío se realiza a través de un registro que permite la toma de muestras al iniciar el proceso para luego hacer los análisis y comparaciones correspondientes con las muestras tomadas a la salida del sistema. *Ver gráfico 2.4*

El efluente es conducido a un pozo de succión que contiene una bomba que impulsa 250 litros cada media hora hasta un tanque de 500 litros de capacidad, donde se realiza un tratamiento preliminar donde mayormente se filtran arenas y basuras, luego pasa a una laguna anaeróbica donde se produce la sedimentación y degradación de la materia orgánica, el TRH del efluente en esta laguna es de 1 día completándose así la primera fase del tratamiento. *Ver imágenes 2.48 y 2.49*

De la laguna aeróbica, pasa a la laguna facultativa cuya función es la de reducir la DBO, esta laguna es la de mayor dimensión. A modo de garantizar un recorrido completo de toda el agua y evitar zonas muertas, es decir, sectores estancos, se introdujeron dos tabiques que generan un recorrido en forma de “ese”, el agua entra por un extremo y una vez transitado este camino y transcurrido 8 días que es el TRH necesario en esta etapa, sale por el otro opuesto, habiendo culminado de esta manera la segunda fase del tratamiento.



Esta laguna cuenta con un registro de salida para su control y mantenimiento. *Ver imagen 2.50*

De la laguna facultativa pasa a la laguna de maduración cuya función es la de reducir los coliformes fecales, la misma cuenta con un registro de entrada y otro de salida para realizar controles y mantenimiento. El TRH necesario para el proceso es de 4 días cumpliéndose así la tercera fase del tratamiento. *Ver imagen 2.51*

Una vez culminadas las tres fases del sistema, el efluente depurado se vuelve a conectar al emisario de la ESSAP, antes de esta conexión se cuenta con un registro de medición de caudal a modo de poder obtener muestras para su posterior análisis en el laboratorio. *Ver gráfico 2.5*

Todo el proceso de depuración se realiza a través de algas que dan al agua un color verde profundo dando a las lagunas una apariencia de espejos de agua que resulta bastante atractivo.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrófitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.

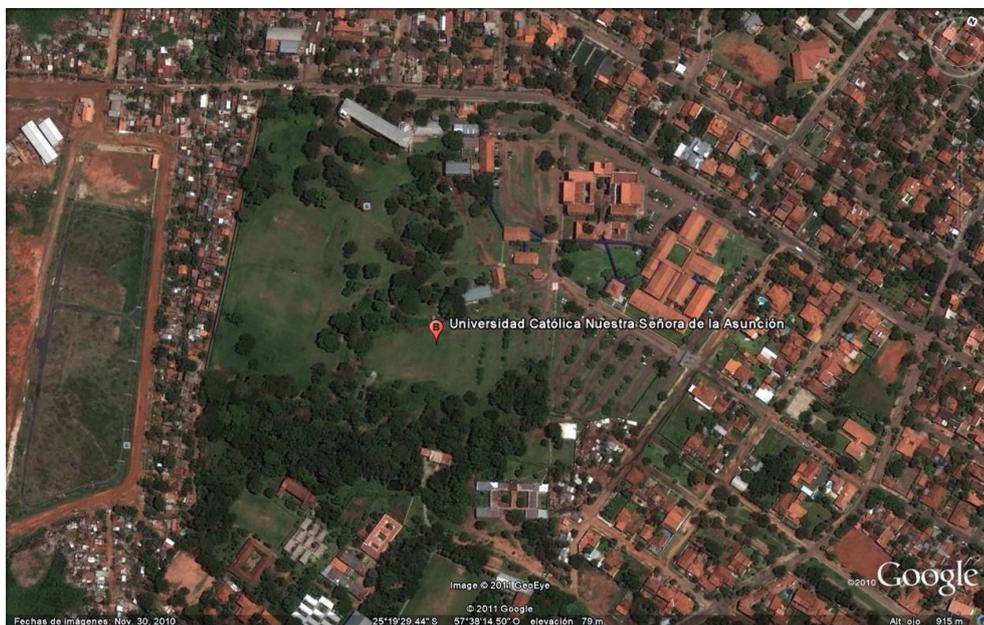


Imagen 2.44 Vista aérea de la Universidad Católica de Asunción.
Fuente: Google Earth.



Imagen 2.45 Localización del Sistema de Lagunaje experimental de la U.C.A.
Fuente: Google Earth.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Imagen 2.46 Vista general del sistema de Lagunaje de la U.C.A.
Fuente: Ing. Claudia Martínez.

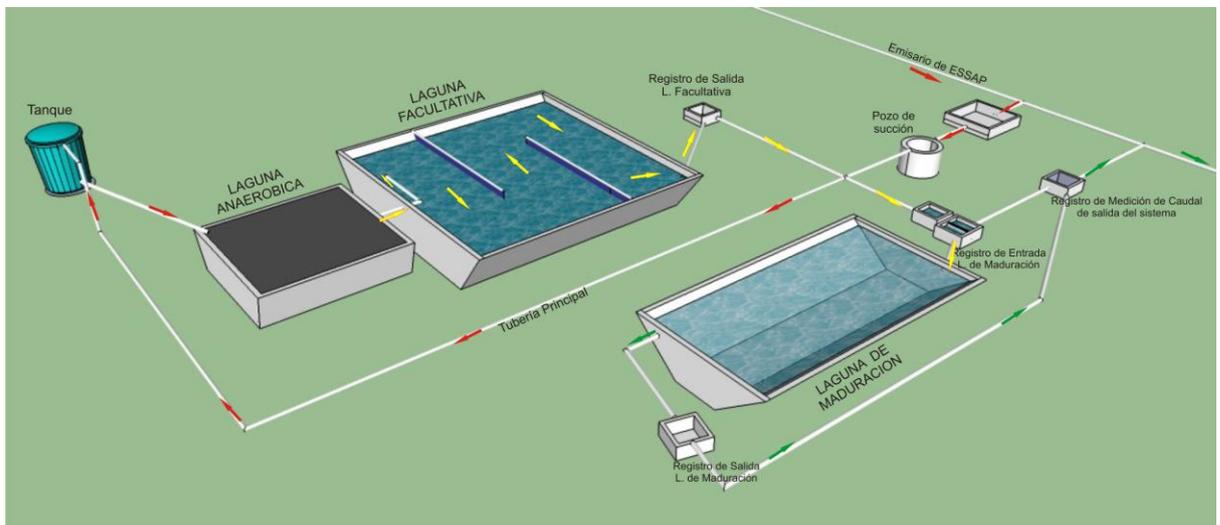


Gráfico 2.5 Esquema de funcionamiento del sistema de Lagunaje de la U.C.A.
Fuente: Ing. Claudia Martínez.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



Imagen 2.48 Tanque de tratamiento preliminar.
Capacidad: 500 litros.
Fuente: Elaboración propia.
Fotografía tomada el 13.05.2011



Imagen 2.49 Primera Fase: Laguna anaeróbica
Dimensiones: Largo 2.4 mts.- Ancho: 2.4 mts.
Profundidad: 1.90 mts.
Fuente: Ing. Claudia Martínez.



Imagen 2.50 Segunda Fase: Laguna Facultativa
Dimensiones: Largo: 9.5 mts. – Ancho: 9 mts.
Profundidad: 1.8 mts.
Fuente: Ing. Claudia Martínez



Imagen 2.51 Tercera Fase: Laguna de Maduración
Dimensiones: Largo: 9 mts. – Ancho: 2.5 mts.
Profundidad: 1.5 mts.
Fuente: Elaboración propia.
Fotografía tomada el 31.05.2011



Las pruebas de laboratorio realizadas en muestras de efluente tomadas a la salida del Sistema de Lagunaje de la U.C.A. desarrolladas por la Ing. Ambiental Claudia Martínez arrojaron los siguientes resultados:

En cuanto a la degradación de materia orgánica la mayor eficiencia alcanzada fue de un 75% con una temperatura del agua de 32.3 °C y la menor eficiencia alcanzada fue de un 53% con una temperatura del agua de 23.4° C.

Esta diferencia en la eficiencia se puede dar porque una caída de 10°C en la temperatura del agua podría reducir la actividad microbiológica en un 50%. (Sergio Rolim Mendonca).

Como ya hemos visto, estos valores cumplen con los límites de calidad para la descarga de efluentes cloacales establecidos por la SEAM para el territorio Nacional, la cual determina que la descarga permitida de DBO₅ a un cuerpo receptor no debe superar los 50 mg/l con un tratamiento secundario. *Ver Anexo 02.*

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio realizadas arrojaron valores menores a lo establecido quedando demostrada la eficiencia del sistema como se puede observar en la siguiente tabla.

MUESTREO	DBO ₅ (entrada) (mg/l)	DBO ₅ (salida) (mg/l)	EFICIENCIA %	T agua (°C)
27/01/2011	40	10	75	32.3
24/03/2011	68.8	30.7	55.4	29.4
15/07/2011	37.8	17.8	52.9	23.4

Tabla 2.2 Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas para determinar la eficiencia en la degradación de materia orgánica.

Fuente: Ing. Claudia Martínez.



En la actualidad se están desarrollando proyectos donde se implementarán los sistemas de Filtros de Macrófitas en Flotación para la depuración de sus efluentes cloacales. A continuación se citan algunos de ellos en desarrollo y otros ya concluidos.

Obra: Pabellón I de dormitorios del Centro Educativo Mbaracayu. (Fundación Moisés Bertoni).

País, Ubicación; Localidad: Paraguay, Dpto. de Canindeyu, Villa Ygatimi.

Año de Inicio/Fin:

Redacción del proyecto Nov/Dic 2008

Dirección de obra Ene/Abril 2009

Obra: Pabellón II de dormitorios del Centro Educativo Mbaracayu. (Fundación Moisés Bertoni).

País, Ubicación; Localidad: Paraguay, Dpto. de Canindeyu, Villa Ygatimi.

Año de Inicio/Fin:

Redacción del proyecto Ago/Nov 2009

Dirección de obra Ene/Sep 2010

Obra: Comedor del Centro Educativo Mbaracayu. (Fundación Moisés Bertoni).

País, Ubicación; Localidad: Paraguay, Dpto. de Canindeyu, Villa Ygatimi.

Año de Inicio/Fin:

Redacción del proyecto May/Jul 2009

Dirección de obra Ago2009/Sep 2010

Obra: Reforma de campamento de trabajadores en Finca “Los Lapachos” (Grupo TRAG SA)

País, Ubicación; Localidad: Paraguay, Itapúa, Carlos Antonio López.

Año de Inicio/Fin:

Redacción del proyecto Ene/Jun 2010

Dirección de obra Jun2010/Jun 2011

Obra: Centro de Recursos en la Comunidad Indígena Río Verde (PRODEPA)

País, Ubicación; Localidad: Paraguay, Chaco, Presidente Hayes.

Año de Inicio/Fin:

Redacción del proyecto Marzo/Mayo 2011

Dirección de obra Inicio en Junio 2011

Obra: Centro de Recursos (PRODEPA)

País, Ubicación; Localidad: Paraguay, Boquerón, Filadelfia.

Año de Inicio/Fin:

Redacción del proyecto Marzo/Mayo 2011

Dirección de obra Inicio en Junio 2011

Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.



2.9 Aspectos positivos en lo ambiental, económico y social de los proyectos de reutilización de aguas residuales.

Como se ha visto, las aguas residuales que carecen de medidas de control, han contribuido al deterioro de los cauces de las aguas superficiales y subterráneas, con evidentes riesgos para la salud y como consecuencia de ello, la capacidad autodepuradora de los ríos se ha visto superada.

Cuando se planifican y gestionan adecuadamente, los proyectos de aprovechamiento de aguas residuales ejercen efectos ambientales positivos. El mejoramiento del medio ambiente obedece a diversos factores.

A continuación se mencionan los aspectos positivos y beneficios que se generan como consecuencia de una buena planificación y puesta en práctica de este tipo de proyectos.

1. Aspectos medioambientales positivos:

- *“Evita la contaminación de cuerpos de agua superficiales debido al tratamiento previo de las aguas residuales antes del vertido directo en ríos, lagos y arroyos”. (León, G. 1995).*
- Generación de entornos ecológicos y mantenimiento de la capacidad de reproducción del ecosistema, pues puede albergar a distintas especies de peces, anfibios, aves, etc.
- Mejoramiento de las zonas recreativas de las ciudades, mediante el riego a través de la recuperación de las aguas y la fertilización de espacios verdes a través de la utilización del abono obtenido de la biomasa cosechada producida por el sistema, así como incrementar el atractivo visual mediante entornos ecológicos alrededor de las urbes.
- Depuración mas allá de los parámetros permitidos de vertidos, pudiendo dejar las aguas con calidad de manantiales.
- Desaparición de los malos olores y fangos.



- *“Integración total en el paisaje del sistema, uniéndose de esta forma al concepto de Parque Público, con los beneficios de poder utilizar el espacio asociado a un área de recreo, ocio, y naturaleza como área de depuración”.*
(Torres, V. Macrofitas S.L.)

2. Aspectos económicos positivos:

- Es un sistema de coste energético casi nulo, ya que las plantas solo necesitan la energía solar para realizar sus procesos.

- Garantiza una eficaz depuración independientemente de la estación del año.

- Bajísimo coste constructivo por la técnica empleada en el tratamiento primario (separación de sólidos) y tratamiento secundario por sistema Filtro de Macrofitas en Flotación sin consumo de energía convencional y de bajo coste constructivo a causa de su sencillez.

- El mantenimiento de bajo costo sin consumo de energía y de personal técnicamente no especializado en mantenimiento electromecánico, unas 100 veces menor al de una Planta de Tratamiento tradicional. Un jardinero tiene los suficientes conocimientos para la gestión del proceso biológico.

- *“Los Filtros de Macrofitas en Flotación tienen un coste en la construcción entre 6 y 10 veces menor que una depuradora tradicional de digestor de aireación prolongada (hoy día es la técnica que se emplea en el 98% de las depuradoras urbanas), dejando el agua en calidad de manantial natural”.*
(Torres, V. Macrofitas S.L.)

3. Aspectos sociales positivos:

- *“Disminución de enfermedades.*

- *Empleos generados por la construcción, operación, mantenimiento del sistema y reutilización de la biomasa.*

- *Protección de las comunidades de las descargas de aguas residuales.*



- *Protección de la salud de los consumidores.*
- *Educación de los pobladores sobre la importancia del saneamiento y la justificación del gasto.*
- *Mejora en la calidad de vida de la población por la generación de espacios recreativos, áreas verdes y entornos ecológicos”. (León, G. 1995).*

Por todo lo visto y analizado anteriormente y por las ventajas que presenta con respecto a los demás sistemas, el Filtro de Macrofitas en Flotación es el que se consideró más adecuado para implementar en nuestro país. En el siguiente capítulo se desarrollan las teorías referentes al funcionamiento y requerimientos de los Filtros de Macrofitas en Flotación.

CAPÍTULO III



Filtro de Macrofitas en Flotación



CAPÍTULO III: FILTROS DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN.

Se ha visto en las páginas anteriores los diferentes sistemas y considerando sus ventajas se ha optado por el Filtro de Macrofitas en Flotación para desarrollarlo dentro de la propuesta.

La ventaja más importante consiste en tener siempre el sistema radicular bañado o sumergido en el agua sin posibilidad de colmatación, al utilizar plantas macrofitas de gran porte, pueden producir durante un largo tiempo una gran cantidad de biomasa, sin necesidad de recogerla, un corte o siega una sola vez al año es suficiente.

La idea de convertir en flotantes las macrofitas emergentes, mediante una trama flotante a prueba de vuelco, es ya un hecho para la regeneración de los recursos hídricos contaminados.

Las macrofitas, además de airear el sistema radicular que forma el filtro y el agua de su entorno, eliminan los contaminantes, por ser estos incorporados a sus tejidos (tallos, hojas y rizomas), posibilitan que se fijen y se establezcan en sus raíces numerosas colonias de microorganismos que de forma eficiente degradan la materia orgánica disuelta en el agua, que pasa por el sistema radicular del filtro de macrofitas.



Este procedimiento sólo consume energía natural (solar) por lo que se le puede clasificar como del tipo blando, y por ser un proceso completamente natural basado en plantas emergentes, convertidas en flotantes.

Los elementos básicos de este sistema son las plantas de tipo emergente que van a tener sumergido en el agua su sistema radicular y una parte de la base del tallo. Este tapiz flotante constituido por los órganos sumergidos de las plantas trabados entre sí naturalmente, como consecuencia de su crecimiento actúa de soporte para la fijación de los microorganismos que degradan la materia orgánica, cuyo crecimiento se ve favorecido por el oxígeno que les llega a través de las raíces bombeado desde las hojas de las plantas (propiedad específica de las plantas emergentes y flotantes).

La realización consiste en una serie de **canales impermeabilizados** con una lámina plástica, por los que fluye el agua residual y las plantas acuáticas se plantan en la superficie de los mismos.

El sistema puede realizarse a base de un solo canal de suficiente longitud, incluso dividido en varios tramos separados por cascadas para salvar desniveles importantes, o varios canales conectados en serie o en paralelo, aprovechando las características topográficas del terreno. La lámina de plástico de impermeabilización de los canales debe ser resistente a roturas por pisadas y roedores.

Como opción recomendable, antes del vertido del agua bruta en los canales se debe hacer un **pre-tratamiento** para eliminar los elementos gruesos, las arenas sedimentables, las materias sólidas en suspensión, la grasa e hidrocarburos. Para aguas residuales urbanas con un nivel de contaminación normal el pre-tratamiento puede contar con un **tamiz** antes de la **cámara séptica** donde se realizará la digestión de los sólidos más gruesos.

Ver Esquema 3.1 y 3.2

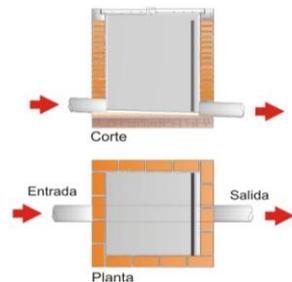
Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.

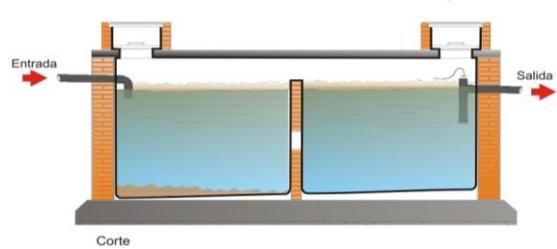


“En depuradoras de poblaciones, se suele colocar un sistema tipo fosa séptica, que disgregue los papeles y los retenga. No será necesario que ésta esté dimensionada para depurar el agua, sino solo como receptáculo para la eliminación de sólidos, que serán sacados periódicamente”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración).

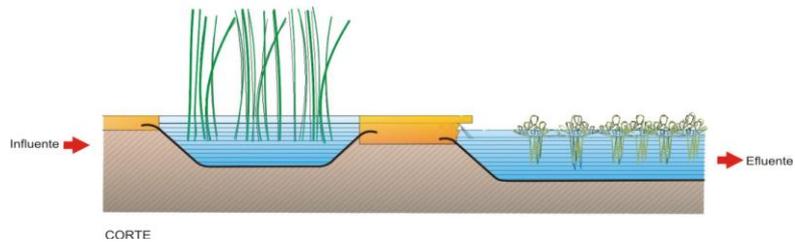
1° FASE – Desbaste grueso
Registro con tamiz



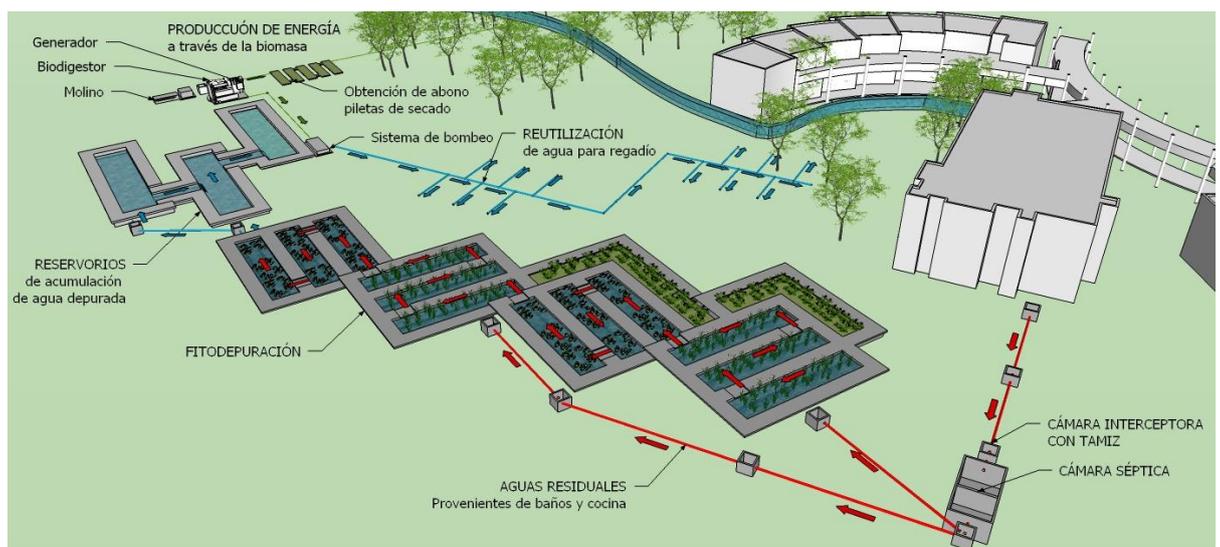
2° FASE – Cámara Séptica



3° FASE – Filtro de Macrofitas



Esquema 3.1 Fases del Sistema de Filtro de Macrofitas en Flotación.
Fuente: Elaboración propia.



Esquema 3.2 Funcionamiento del sistema.
Fuente: Elaboración propia.



En algunos casos se pueden colocar tamices autolimpiantes, que no hacen demasiado complejo el sistema, pero que requieren un mantenimiento. En otros casos bastará con colocar un sistema separador de papeles y otros elementos sólidos, de tipo manual, que no complique el sistema.

En casos de alta carga orgánica, como podrían ser los efluentes de industrias alimentarias o de instalaciones ganaderas, sería necesario eliminar, una parte de la materia orgánica disuelta, lo que se realizaría por procedimientos fisicoquímicos de floculación-sedimentación.

“La instalación debe tener un by-pass pasivo (rebosadero de nivel) para poder desviar el exceso de caudal producido por las lluvias o vertidos extraordinarios”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración).

3.1 Requisitos Técnicos de Instalación:

- **Superficie de plantación requerida:** *“Las plantas son capaces de eliminar por m² más de 20 gr. al día de DBO₅, (aunque pueden alcanzarse más de 100 gr. día por m²) con lo que se necesita un aproximado de 0.50 m² de superficie por cada habitante equivalente (dependiendo también del tipo de tratamiento o pre-tratamiento físico del sistema primario).*
- **Marco de Plantación:** *4 plantas por m² de canal es un marco suficientemente efectivo para conseguir un buen filtro flotante de raíces”. (Torres V. Macrofitas S.L.). Esta cantidad está en directa relación con la especie de planta utilizada, su reproducción y crecimiento y al clima de la zona de implantación.*
- **Superficie complementaria para área de servicio:** *“Menor de 1,5 m² por habitante equivalente para los pasillos entre canales.*
- **Tiempo de retención:** *Variable con la profundidad entre 2.5 y 5 días”. (Torres V. Macrofitas S.L.).*



- **Profundidad de los canales recomendada:** “La profundidad de los canales recomendada debe ser como mínimo de 50 cm de lámina de agua y 20 cm de resguardo.
- **Anchura de Canales:** La anchura de los canales puede ser variable, aunque en general se recomienda que sea entre 2,5 y 4 m para facilitar el manejo del mantenimiento”. (Fernández J. Manual de Fitodepuración).
- **Formas en lámina de agua:** “Permite realizar el filtro en forma de lagos, de ríos en torrente, cascadas, meandros, remansos, etc”. (Torres V. Macrofitas S.L.).
- **Longitud de canales:** “Variable según disponibilidad, siempre que en conjunto se consiga la superficie de plantación requerida.
- **Tipo de impermeabilización de los canales:** Resistente a roturas por pisadas y roedores (PE 1,5 mm. de espesor)”. (Fernández J. Manual de Fitodepuración).

3.2 Sistema constructivo de los Filtros de Macrofitas en Flotación.

1. **Nivelaciones:** “Se procede en primer lugar a la nivelación del terreno con el fin de no tener canales con pendiente.
2. **Excavaciones:** La inclinación de los taludes depende del tipo de suelo. Se promedian las tierras de forma que lo que sale de la zanja se coloca en los pasillos para igualar la excavación al terraplén.

En cuanto a la naturaleza del terreno cabe mencionar que suelos muy arenosos o muy limosos dificultan la formación de los canales ya que se derrumban con facilidad e implican realizar taludes muy poco inclinados. Suelos pedregosos implican realizar una base para evitar que se dañe la lámina impermeabilizante.



Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.

3. Formación de taludes y refino: *Consiste en un alisado y homogeneización de pendientes, suprimiendo las imperfecciones de los mismos para un buen asentamiento de los taludes y de la lámina.*



Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.



4. Impermeabilización: Para la impermeabilización se utilizan geotextiles como base y encima una membrana o lámina impermeable.

La función del geotextil es la de estabilizar los taludes y servir de base para las láminas impermeabilizantes. Las láminas plásticas impermeables son de 1,5 mm de espesor, van colocadas sobre los geotextiles con un solape suficiente para poder realizar la soldadura que se realiza mediante aire caliente por termofusión.



Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.

5. Pretratamientos: Se debe colocar un pretratamiento antes de los canales, para la separación de papeles, plásticos, que posteriormente puedan presentar obstrucciones en tuberías y dar una mala presentación de la planta depuradora.





6.Instalacion de las macrofitas: *Se han probado múltiples sistemas para la colocación de las plantas en flotación, pero en la mayoría de los casos la planta vuelca y se ahoga, siendo los hijos de la misma los que colonizan el sistema, apoyados en el soporte que proporciona la planta ahogada.*

Una opción es la de realizar la plantación en el suelo del canal, con una capa fina de tierra vegetal y una malla para facilitar el desenterrado y puesta en flotación de las plantas una vez establecido el tapiz. De esta forma se evita el vuelco y se logra una mayor velocidad de implantación”. (Fernández J. Manual de Fitodepuración).

Actualmente se están desarrollando nuevas tecnologías de sujeción de las plantas con el objeto de mejorar la estabilidad del sistema. Ver Anexo 05.



Fuente: Arq Estudio – Arq. Yago García – Enríquez.



3.3 Reutilización de la biomasa.

Los núcleos de población producen diariamente grandes cantidades de residuos, el tratamiento y eliminación de estos constituye un problema que se va agravando debido a su incesante crecimiento, a medida que aumenta la población y el nivel de vida de la misma. Por ello, hace tiempo ya que se ha comenzado a estudiar una amplia gama de soluciones posibles a este problema, dentro de la cual destacan aquellos métodos de tratamiento que permitan la obtención de energía y el reciclaje de productos útiles.

Se busca determinar las modalidades de reutilización de la biomasa producida por los fitosistemas de depuración de aguas residuales.

“El término Biomasa se refiere a cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido un origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y que puede ser convertida en energía. El concepto de biomasa comprende tanto a los productos de origen vegetal como a los de origen animal”. (Osorio, S. Recursos Energéticos de la Biomasa).

El filtro posibilita y si se desea en la época adecuada mediante la siega, recoger la biomasa para su utilización como forraje, compost o incluso para fines industriales (materiales de construcción de baja densidad) y energéticos. Lo que puede suponer unos ingresos adicionales que ayudarían a reducir o anular los costes de mantenimiento.

El tratamiento de la biomasa implica una gran reserva de fuente de energía que empleada convenientemente debe aportar varias ventajas a nivel energético.

La biomasa de muchas plantas acuáticas se puede utilizar como fertilizantes para abastecer al suelo de materia orgánica y minerales y para complementar y enriquecer alimentos concentrados para animales.

Plantas acuáticas como el lirio acuático se suelen emplear como suplemento alimentario para cerdos y ganado bovino, y otros como el Jacinto



de agua o las algas se utilizan para producir combustibles líquidos como el etanol y el biodiesel.

3.4 Mantenimiento de los Filtros de Macrofitas en Flotación.

“Tan solo requiere el mantenimiento del pretratamiento y la siega de las plantas, una o dos veces al año, dependiendo de la zona donde se ubique la planta y del crecimiento de las macrofitas.

En algunos casos puede ser necesario el tratar las plantas contra alguna plaga, como puede ser pulgón, ácaros o moscas. Se realizarán en todo caso tratamientos preventivos.

Si la dimensión de la planta depuradora fuera suficientemente grande tanto las operaciones de siega como los tratamientos fitosanitarios se podrían efectuar por medio de un pequeño tractor, con los aperos adecuados.”
(Fernandez J. Manual de Fitodepuración).

Las labores de mantenimiento se reducen a las simples que se pueden realizar en cualquier jardín natural, tales como:

Limpeza: Conservar la instalación saneada de residuos de todo tipo, manteniendo limpios los espacios de servicio entre canales y estanques, va a ser además una medida de control fitosanitario integrado.

Revisiones periódicas: Un control visual continuado de los sistemas de conducciones e impermeabilización para su correcto funcionamiento, evitará males mayores en posibles daños del sistema por factores de cualquier tipo.

Tratamientos fitosanitarios:

-Preventivos: *“Durante la época invernal con productos minerales como aceites de invierno para combatir las formas invernantes de insectos, pulgones, arañas, cochinillas, piojillos y proliferación de hongos patógenos.*



Curativos: *A partir de la primavera con productos químicos, recomendando insecticidas contra pulgones, cochinillas, mosca blanca, acaricidas contra la arañuelas y ácaros, y fungicidas si se detecta la aparición de algún hongo especialmente dañino. Ambas aplicaciones deben realizarse cada 21 o 30 días desde abril hasta noviembre, evitando aplicar productos químicos en invierno y también en verano si se da algún mes de excesivo ascenso de temperaturas”.* (Torres V. Macrofitas S.L.).

-Podas: Los tratamientos de siega de la masa vegetal producida por las plantas macrofitas pueden ser eliminados o casi reducidos prácticamente a solo uno (quizás dos) en los casos indicados únicamente. Estas plantas poseen un gran poder germinativo, son capaces de rebrotar directamente de su masa de rizomas tras las épocas de parada vegetal. Bajo la masa de hojas secas después del invierno la planta genera nuevos brotes de gran vigor y fuerza que renuevan por completo toda la parte aérea entrada ya la primavera.

“Si se elimina con una poda severa toda la parte aérea antes de la llegada de la época invernal o justo a su salida, con el fin de inducir a un rebrote de mayor vigor en las macrofitas, se incurre en dos graves errores:

1. Se desprotege del resguardo y de la cama de aire que proporciona la parte aérea de estas plantas a la lamina de agua y por tanto a sus raíces y sus rizomas, eliminado así un abrigo natural contra el hielo, pudiéndose producir daños mayores en el sistema radicular y en los microorganismos del agua por no amortiguar el descenso de las temperaturas.

2. Se elimina la mayor parte de su poder depurador, pues al segar sus hojas eliminamos también las membranas que hacen capaces a estas plantas de bombear el Oxígeno del aire hacia el agua, motivo por el cual este sistema se comporta de igual manera en invierno que en el resto de épocas climáticas.

Por estos dos motivos, si se ha de realizar podas por un excesivo volumen de la parte aérea, se podaría justo una vez iniciado ya el rebrote primaveral, una



vez las plantas ya han empezado a generar los nuevos brotes, cortando las hojas secas por encima de las nuevas varas sin hacer nunca podas bajas a pie de canal”. (Torres V. Macrofitas S.L.).

Por otro lado está comprobado que si no se poda, la planta se regenera completamente por si sola absorbiendo y digiriendo por los mismos procesos de depuración sus estructuras secas, por lo que si no es absolutamente necesario, se puede mantener el sistema sin realizar podas sobre las macrofitas, simplificando aun más su mantenimiento.

No se necesitaría más que algún peón o jardinero con los conocimientos mínimos de jardinería sobre plagas para mantener la instalación en un nivel adecuado de uso.

3.5 Ventajas de los Sistemas de Filtros de Macrofitas en Flotación.

Ventajas económicas:

- Coste energético nulo, ya que las plantas solo necesitan la energía solar para realizar sus procesos.
- Garantía de eficaz depuración independientemente de la estación del año.
- Coste de mantenimiento bajísimo, prácticamente nulo. No necesita mano de obra especializada.
- *“Mayor economía en la construcción, ya que no lleva ningún tipo de relleno”, (Fernandez, J. Manual de Fitodepuración)* a diferencia de los sistemas de depuración que utilizan sustratos tales como los de tipo de flujo superficial y flujo sub-superficial. Las Macrofitas tienen un coste de construcción inferior entre 6 y 10 veces menos que una depuradora tradicional.



- “Mejor funcionamiento por no existir resistencia al paso del agua por colmatación del lecho” (*Fernandez, J. Manual de Fitodepuración*) a diferencia de los sistemas de depuración que utilizan macrofitas emergentes enraizadas en un suelo o sustrato.
- “Mayor economía en el mantenimiento, ya que no existe colmatación y por lo tanto no es necesario la retirada periódica del lecho de grava junto con las raíces y rizomas, causantes de la colmatación”, (*Fernandez, J. Manual de Fitodepuración*) además el mismo es de bajo costo sin consumo de energía y de personal técnicamente no especializado en mantenimiento electromecánico, unas 100 veces menor al de una Estación Depuradora de Aguas Residuales tradicional.
- “Mayor capacidad de depuración por estar todo el sistema radicular bañado por el agua”. (*Fernandez, J. Manual de Fitodepuración*)
- “Facilidad de cosechar la totalidad de la biomasa formada (incluidas las raíces y rizomas)
- Los lodos se autodigieren en el fondo del canal, por lo que no es necesaria su retirada periódica”. (*Fernandez, J. Manual de Fitodepuración*)

Ventajas Medio-ambientales:

- Depuración mas allá de los parámetros permitidos de vertidos, pudiendo dejar las aguas con calidad de manantiales.
- Desaparición de los malos olores y lodos en cuantía significativa, ya que son asimilados por el sistema radicular.
- Sistema natural totalmente respetuoso e integrado al medio ambiente y al paisaje donde se inserta el humedal, uniéndose de esta forma al concepto de Parque Público, con los beneficios de poder utilizar el espacio asociado a un área de recreo, ocio, y naturaleza como área de depuración.



- Posibilidad de depuración directa en aguas libre, (sobre lagos o estanques) o como tratamiento primario, secundario o terciario de aguas residuales.
- Mayor capacidad de depuración que los humedales artificiales convencionales por estar todo el sistema radicular bañado por el agua.
- *“Puede favorecer la atracción de la fauna, ya sea como refugio o zona de nidificación”.* (Fernández J. *Manual de Fitodepuración.*)
- Pueden tener el aspecto natural que tienen los humedales naturales y lograr el mismo ambiente.

Es de destacar que el filtro de Macrofitas no consume energía, no tiene prácticamente mantenimiento técnico especializado y no produce fangos, los únicos residuos sólidos serían resultado de la siega de las plantas Macrofitas y éstas pueden ser utilizadas con fines energético entre otros usos. Además, no produce malos olores; parte de los terrenos que ocuparían los filtros de macrofitas podrían ser zonas verdes, zonas públicas, pues las aguas de la mayor parte de sus canales no contienen microorganismos patógenos, también se crea un parque natural húmedo, hábitat ideal para muchas especies de animales y vegetales.

Muy por el contrario, una Estacion Depuradora de Aguas Residuales de fangos activados, tiene un gran consumo de energía eléctrica, necesita mano de obra especializada y produce fangos, lo cual es causante la mayoría de las veces de olores muy desagradables; y además sus aguas se tienen que desinfectar (clorar).

En el siguiente capítulo se desarrolla la propuesta que plantea a los Filtros de Macrofitas en Flotación como una solución al tratamiento de las aguas residuales por considerarse el más adecuado.

CAPÍTULO IV



Propuesta

CAPÍTULO 4: PROPUESTA.

El campus universitario se encuentra en la ciudad de San Lorenzo, dicho centro urbano cuenta con una cobertura parcial de desagüe sanitario lo que contribuye a la contaminación de los arroyos y las aguas subterráneas.

El arroyo San Lorenzo está siendo contaminado indiscriminadamente con desechos de todo tipo, como basuras domiciliarias, desechos cloacales, así como aquellos provenientes de industrias y otros agentes contaminantes.

“Desde su inicio, el mismo se halla expuesto a una gran cantidad de agentes contaminantes, debido a la presencia de desagües cloacales conectados a las cunetas de canalización del cauce”. (Giménez, Perla. 2011).

En la actualidad el campus universitario de la U.N.A. cuenta con un sistema de saneamiento que es independiente a la red pública de desagüe cloacal, cada facultad dentro del campus cuenta con una cámara séptica y su correspondiente pozo absorbente. La mayor desventaja de estos sistemas es su bajo rendimiento, que no puede garantizar que el efluente tratado cumpla con los parámetros de pureza exigidos, contaminando así las aguas subterráneas.

Por este motivo se determinó el campus como lugar idóneo para la investigación y puesta en práctica de un proyecto que sirva como modelo para otros posteriores debido a la necesidad del mismo de crear formas de tratamiento de efluentes para mitigar la contaminación de las aguas.



Aparece como posibilidad, dentro del marco analizado, la aplicación de un sistema alternativo de fitodepuración considerando que el mismo es eficiente y factible en términos económicos.

En este caso particular se presenta una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales de las instalaciones del C.E.T. (Centro de Estudios Tecnológicos) del campus universitario de la U.N.A. por medio de Filtros de Macrofitas en Flotación. *Ver Gráfico 01.*

Muchos sistemas naturales están siendo considerados con el propósito del tratamiento de las aguas residuales y control de la contaminación del agua. El interés en los sistemas naturales está basado en la conservación de los recursos asociados con estos sistemas como opuesto al proceso de tratamiento convencional de aguas residuales que es intensivo respecto al uso de recursos económicos, energía y químicos.

4.1 La Propuesta.

Consiste en la aplicación eficiente, sostenible y estética de la tecnología planteada como solución para este caso particular. Una de las acciones para el desarrollo de esta propuesta consistió en diseñar un parque ecológico que contenga a los filtros de depuración y además sirva como nexo integrador de estos con las instalaciones del C.E.T. (Centro de Estudios Tecnológicos) conformado por oficinas administrativas, laboratorios y talleres.

Se plantea generar espacios de expansión, comprometidos con el modelo de desarrollo sostenible, aprovechando recursos como la vegetación local para generar un entorno paisajístico.

Las instalaciones, actividades y productos del parque serán respetuosos con el medio ambiente a través de una gestión sostenible, aprovechando la depuración de las aguas y gestión de los residuos, lo que contribuye a la conservación del medioambiente.



Se busca obtener una mejor calidad de vida, promoviendo además la sostenibilidad ambiental interpretando las condiciones ambientales del lugar, aprovechando sus bondades, recuperando las aguas y haciendo uso de fuentes naturales de energía.

La vegetación juega un rol fundamental en el desarrollo del proyecto. La selección de plantas para conformar bosques y jardines temáticos urbanos fue determinante en el proyecto, siendo utilizadas las mismas para regular el microclima local, fomentar la fauna silvestre y la recuperación hidrológica.

El proyecto del parque ecológico y recreativo se efectúa siguiendo lineamientos de intervención sostenible y teniendo en cuenta la función de los parques en el mejoramiento del medio ambiente urbano.

Se tuvo muy presente las funciones propias de los espacios urbanos como son caminar, encontrarse, ser escenario de actividades culturales, festivas, entre otras. *Ver Gráfico 02.*

Se busco potenciar el parque como elemento de educación ambiental y concienciación de la ciudadanía a través de espacios de recreación arborizados que permitan la relación con la tecnología cuyo objetivo es el manejo sustentable de las aguas residuales y el tratamiento eficiente de los efluentes.

Al plantear tecnologías y soluciones integrales al tratamiento de aguas residuales, el objeto ha sido reducir el alto consumo energético, así como aprovechar el potencial de combinar procesos micro y macro biológicos.

Aspectos fundamentales a contemplar en la propuesta son:

-Tratamiento y recuperación de las aguas residuales.

Optimización y mejora de la gestión del agua, generación de nuevos recursos, depuración y reutilización del agua, consiguiendo equilibrar el uso y la renovación de este recurso y el respeto al medioambiente.



Se busca lograr una depuración eficiente de las aguas residuales reutilizando las mismas, posterior a su tratamiento, para el regadío de las áreas verdes y jardines del parque, que resulte factible ambiental, técnica y económicamente.

El agua de riego se obtiene de aguas residuales provenientes de la edificación como alternativa al riego con agua potable, de esta manera se reducen los costos y el consumo de agua global del sector abastecido, contribuyendo así en gran medida al ahorro y protección de los recursos hídricos naturales.

-Conjunción de la instalación sanitaria con los espacios recreativos.

Generación de un proyecto demostrativo que integre de manera eficiente las instalaciones de los filtros verdes con los espacios recreativos a través del diseño de las áreas verdes que incluyan zonas de esparcimiento y recorridos a modo de aprovechamiento intensivo del espacio.

Brindarle un nuevo significado a estos espacios, que se encuentra en el desafío de la integración de las funciones recreativas y las instalaciones sanitarias.

- Difusión, concienciación y educación ambiental.

Se busca concienciar a la comunidad sobre temas relacionados a la conservación y recuperación de los recursos naturales y todo lo referente a los cuidados ambientales ya que a través del contacto directo con la tecnología estudiada se genera la conciencia ambiental.

Crear espacios de recreación enfocados a la educación ambiental que incluyan apoyo visual como cartelerías, recorridos y actividades didácticas y de esta manera promover la difusión de la tecnología implementada.



4.2 Criterios de diseño.

- El agua.

Este recurso constituye el elemento estructurador del parque, es el que define y genera los espacios que la contienen y promueven su recuperación, el fundamento del área verde a ser proyectada es el agua, su recuperación, reutilización e integración con el entorno circundante. A partir de los filtros, se organizan las actividades, integrando y diseñando espacios para diversos usos.

Las aguas residuales para este estudio están siendo producidas en las instalaciones del C.E.T. (Centro de Estudios Tecnológicos) de la U.N.A., el volumen de agua utilizada es de 20.000 lts./día.

-La vegetación.

En este caso particular cumple una función muy importante pues todo el sistema basa su funcionamiento en procesos vegetales, fundamentalmente en la fotosíntesis, por lo que es uno de los elementos principales en el proceso de diseño.

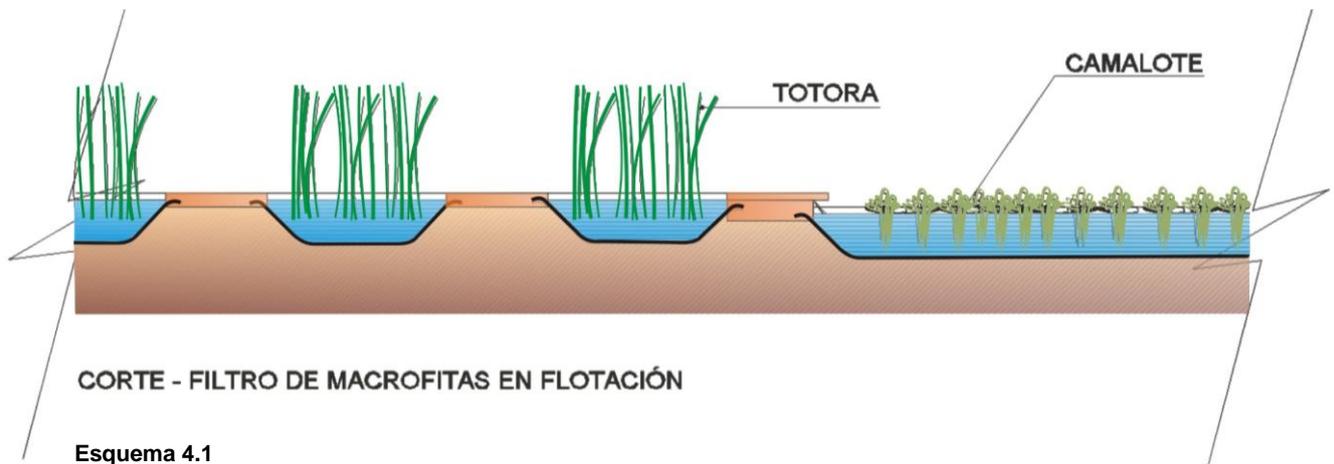
Se utilizaron plantas nativas de nuestro medio buscando mejorar la eficiencia del sistema y, a su vez, generar una composición que refleje un paisaje autóctono propio de nuestra cultura.

Con el objeto de incorporar dinamismo al diseño se optó por hacer una composición que involucró distintas especies de plantas acuáticas aptas para la depuración, para lo cual se realizó un estudio de las mismas. El análisis consistió en determinar cuáles son las especies acuáticas aptas para realizar fitodepuración que se encuentren dentro del territorio nacional y determinar sus características y requerimientos para implementarlas adecuadamente en el diseño. *Ver Capítulo 2, Item 2.5.2*



Se utilizaron dos especies en particular, por un lado el camalote que es considerada la planta acuática más eficiente en los procesos de fitodepuración, es una planta flotante de poca altura, por otro lado se utilizó la totora que aporta volumen con sus largas hojas. Al incorporar variedad en las especies se logró también que el filtro mantenga una apariencia atractiva durante todo el año debido a que tanto el camalote como la totora poseen una floración llamativa durante la mayor parte del mismo. *Ver Esquema 4.1*

Colocando las plantas de manera alternada en los juegos de piletas que conforman el sistema, se generó un ritmo que se repite consiguiéndose así movimiento y armonía.



Esquema 4.1

Fuente: Elaboración propia



-El paisajismo

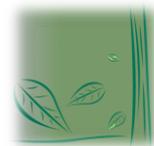
Se revaloró el principio de que el jardín tiene que formar parte de su entorno, por lo que se conservaron los bosques existentes de eucaliptos y se reforestaron otras áreas con la misma especie, contribuyendo a mantener la continuidad en el paisaje.

Se buscó un diálogo entre el volumen arquitectónico y los espacios públicos del parque, para ello se observó el estilo de la construcción y se repitieron elementos dominantes, por lo que en el diseño prevalecieron las formas geométricas. En cuanto al paisaje, se utilizaron plantas de especies autóctonas dispuestas en grandes masa de manera orgánica rompiendo con la geometría, logrando así una integración y un equilibrio visual interesante.

En el diseño se fueron alternando plantas de diferentes alturas para lograr una composición equilibrada y dinámica. Se admite el uso de algunas especies exóticas en el diseño paisajístico por estar dentro de un entorno urbano. Se seleccionaron especies arbóreas y arbustivas para generar composiciones que den como resultado un jardín atractivo durante todo el año, ya sea por la alternancia en la floración de las distintas especies que brindan color permanente y por optar por especies de hojas perennes en su mayoría. *Ver gráfico 03.*

La vegetación desempeña diversas utilidades relacionadas con la aplicación en la propuesta arquitectónica, así como brindar clima agradable, moderar los vientos intensos, proporcionar descanso psicológico, placer estético y resolver cuestiones funcionales, la misma fue integrada con la arquitectura con el objeto de formar espacios agradables.

A continuación se muestra el listado de especies nativas y exóticas seleccionadas, consideradas apropiadas para el diseño paisajístico del proyecto, pudiéndose alternar entre ellas para lograr una composición equilibrada y dinámica.



ARBOLES NATIVOS DEL PARAGUAY.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	TIPO DE SUELO	ALTURA MÁXIIMA
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Tajy Lapacho Rosado	Prefiere suelos arenosos y húmedos. Prefieren suelos no inundables pero algo húmedos.	15 - 25 m
<i>Tabebuia alba</i>	Tajy say´ju Lapacho Amarillo	Habita suelos húmedos y profundos.	15 – 28 m
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Pindo	Cerca de los cursos del río y bosques húmedos	15 - 25 m
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá	Se encuentra en sitios donde se acumula más agua.	8 – 20 m

Ficha 4.3

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del Diario abc color. Colección Fauna y Flora Arboles del Paraguay Donde hay un árbol hay vida.

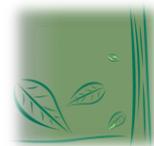
Libro: López, J.A. (1987). *Arboles comunes del Paraguay. Ñande Yvyra Mata Kuera*. Servicio Forestal Nacional Ministerio de Agricultura y Ganadería, Paraguay.Cuerpo de Paz Colección e Intercambio de Información.

ARBOLES EXÓTICOS ADAPTADOS AL PARAGUAY.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	TIPO DE SUELO	ALTURA MÁXIIMA
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Terrenos inundables, pero se adaptan a terrenos secos, húmedos, alcalinos,etc.	30 m
<i>Bauhinia variegata</i>	Lluvia de Orquídeas Blancas	Suelos bien drenados.	10 - 12 m
<i>Grevillea robusta</i>	Grevilea	Adaptable a suelos de textura arcillosa, arenosa o franca.	15 m
<i>Plumeria rubra</i>	Jazmin Magno	Crece mejor en suelos francos ricos y secos. Evitar los suelos húmedos.	6 - 8 m

Ficha 4.4

Fuente: www.mobot.org

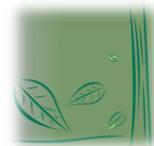


ESPECIES ARBOREAS Y ARBUSTIVAS ORNAMENTALES.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	TIPO DE SUELO	ALTURA MÁXIIMA
<i>Brunfelsia uniflora</i>	Azucena del Paraguay	Suelo rico y suelto, muy bien drenado.	2 – 3 m
<i>Plumbago auriculata</i>	Jazmín del cielo	Suelos ligeros y arenosos con buen drenaje.	3 – 6 m
<i>Ixora coccinea</i>	Flor de dura	Tierra fértil y permeable irrigada periódicamente	1,5 – 2,5 m
<i>Bougainvillea glabra</i>	Santa Rita	Suelo bien drenado, textura arenosa.	3 m
<i>Philodendron bipinnatifidum</i>	Guembe pi	Abunda en suelo húmedo de textura arcillosa, arenosa o franca.	1 - 2 m
<i>Alpinia zerumbet</i>	Alpinia	Crece mejor en suelos húmedos.	2 – 3 m
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	Ligustrina	Todo tipo de suelos.	1,5 – 2 m
<i>Iris germanica</i>	Iris	Todo tipo de suelo.	0,30 – 0,60 m
<i>Cyca revoluta</i>	Cica	Suelos ricos en humus, fértiles, un poco ácidos o neutros y bien drenados.	1 – 2 m
<i>Lagerstroemia</i>	Crespón	Suelos húmedos, de textura arcillosa.	3m
<i>Plumeria rubra</i>	Jazmín Magno	Crece mejor en suelos francos ricos y secos. Evitar los suelos húmedos.	6 – 8 m

Ficha 4.5

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de www.mobot.org
 Libro: LORENZI, H. (2000). *Plantas Ornamentais no Brasil*. SP, Brasil.



-La orientación.

La orientación fue una condicionante para la ubicación de un cerco ecológico de protección compuesto por árboles y arbustos aromáticos, que se coloca en dirección al viento predominante (Noreste), para evitar la posible fuga de olores que se pudiera producir en algún caso eventual. *Ver Esquema 4.2*



Esquema 4.2

Fuente: Elaboración propia

En la planilla que se muestra a continuación se ve el listado de especies arbóreas, arbustivas y aromáticas que actúan como cerco ecológico.

ESPECIES ARBOREAS Y ARBUSTIVAS A UTILIZARSE COMO CERCO ECOLÓGICO.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	TIPO DE SUELO	ALTURA MÁXIIMA
<i>Grevillea robusta</i>	Grevilea	Adaptable a suelos de textura arcillosa, arenosa o franca.	15 m
<i>Myrtus communis</i>	Mirto	Suelos algo húmedos.	3 m
<i>Lantana camara</i>	Lantana	Se adapta a cualquier tipo de suelo.	0,5 – 1,5 m
<i>Azalea japonica</i>	Azalea	Suelos húmedos, bien drenados.	1 -1,5 m
<i>Gardenia jasminoides</i>	Jazmín del Cabo	Tierra fértil	1.5 – 2,5 m

Ficha 4.6

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de www.mobot.org



-La topografía.

El suelo presenta una ligera pendiente en sentido perpendicular al cauce del arroyo, la cual se decidió aprovechar. *Ver Gráfico 04.*

El proyecto se adapta a la morfología del terreno existente, los canales fueron dispuestos a modo de terrazas escalonadas, debiendo pasar el agua de una terraza a otra por conducción a favor de la gravedad formándose así cascadas, con esto se consigue en gran medida mejorar la oxigenación del agua por el movimiento que se genera, mejorando la digestión de los contaminantes por las bacterias, al mismo tiempo de generar un diseño más interesante y dinámico.

Según los estudios de suelo realizados por el Ing. Carlos Bellasai en el sector de implantación, se cuenta con suelos blandos constituido en general por arena arcillosa que no presenta problemas para la formación de los taludes permitiendo el ángulo óptimo para los mismos donde la base es igual a la altura del talud.

Por la posición de la napa freática y por las características del suelo, los canales de los filtro deberán ser impermeabilizados con una membrana plástica para evitar la contaminación de las aguas subterráneas. *Ver Anexo 06.*

-Edificación existente.

El diseño de los filtros tanto como del parque guardan relación con la morfología de la arquitectura existente, pues lo que se busca es establecer una continuidad morfología y que los espacios generados sirvan de nexo entre lo existente y lo proyectado.



4.3 Memoria descriptiva - justificativa.

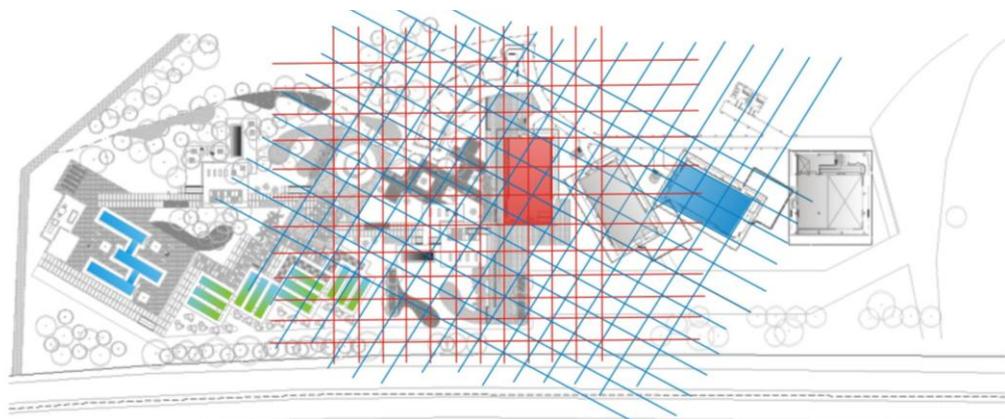
La implantación del Sistema de Macrofitas en Flotación está en función a la luz solar, pues es necesario que reciba una distribución pareja de ésta durante el día para garantizar la eficiencia de su funcionamiento, por lo tanto se escogió la zona más soleada del lugar. *Ver Esquema 4.3*



Esquema 4.3

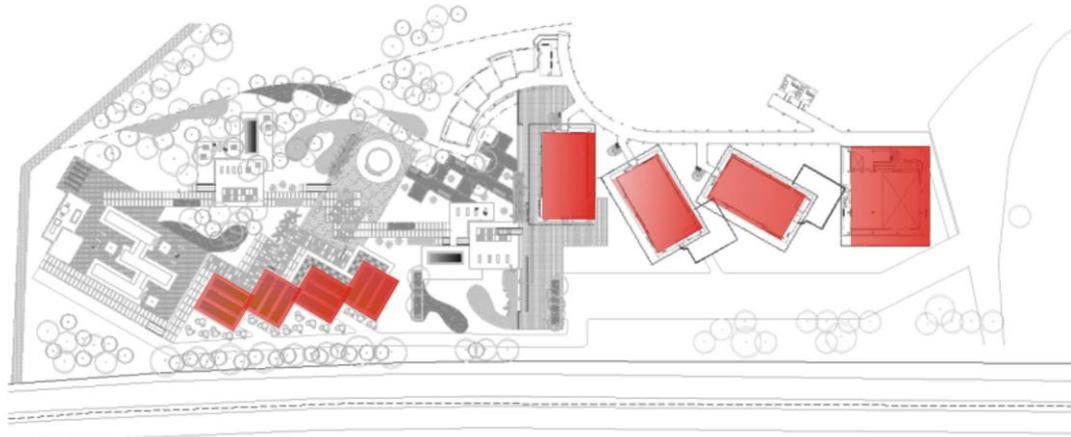
Fuente: Elaboración propia

El diseño se genera a partir de una cuadrícula que toma como referencia las proporciones del edificio así como los ángulos de disposición de los bloques de talleres que conforman las instalaciones del C.E.T. (Centro de Estudios Tecnológicos). Los cuatro grupos de canales que conforman los filtros están colocados de manera similar a la ubicación de los cuatro bloques de talleres para establecer una conexión con lo construido. *Ver Esquema 4.4 y 4.5*



Esquema 4.4

Fuente: Elaboración propia



Esquema 4.5

Fuente: Elaboración propia

Se toma este parámetro de diseño a modo de darles a los espacios generados una continuidad con la edificación la cual presenta una morfología geométrica bastante marcada de modo a integrarlos visualmente en el espacio. Las formas se van repitiendo y alternando con el objeto de generar una composición equilibrada.

Se busca generar movimiento a través de las líneas rectas y angulares de la trama del diseño y con las curvas de las masas de vegetación que acompañan los senderos de recorrido que atraviesan el parque.

El eje de la Avda. Macal López representa una fuerza lineal bastante marcada que se incorpora al diseño a través de la generación de paseos centrales de recorrido que hacen referencia a la misma, estos van vinculando los espacios de estancia que conforman nodos dentro del espacio como las plazas y los espacios reunitivos. Como nexo de estos paseos se genera un espacio para exposiciones itinerantes, en el mismo, los estudiantes podrán exponer sus trabajos y objetos artísticos. Se proyecta un anfiteatro para el uso de los estudiantes y de la universidad para la realización de eventos, charlas, festivales, etc. *Ver Esquema 4.6*

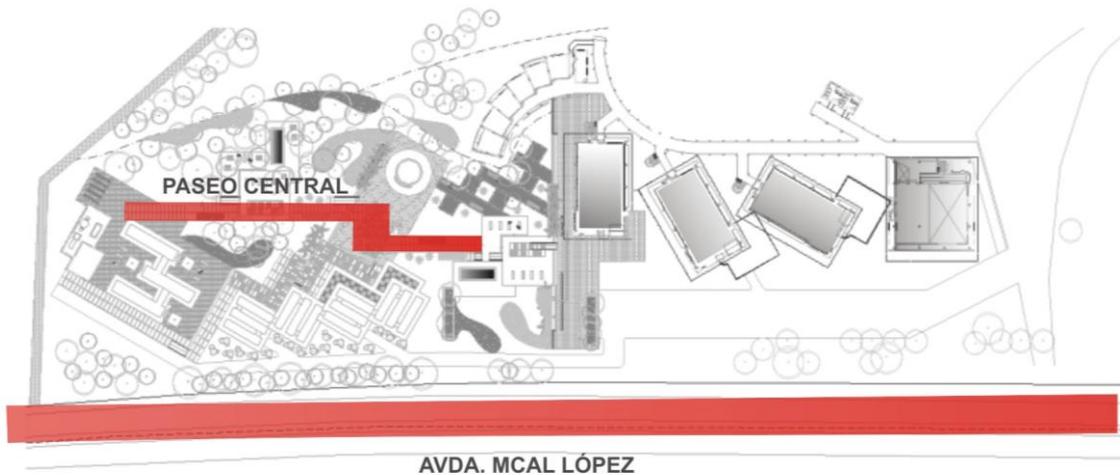


Gráfico 4.6

Fuente: Elaboración propia

Se genera un recorrido cultural a través de senderos que bordean los canales que conforman los filtros, el objetivo de este recorrido es que sea didáctico, con cartelerías que indiquen el funcionamiento del sistema para promoverlo. *Ver Gráfico 05.*

Estos canales consisten en piletas de poca profundidad, diseñadas a modo de canchales elevados del suelo con el objeto de generar un tope de seguridad que indique a las personas el límite de los mismos. *Ver Gráfico 06.* El agua es conducida a lo largo de un recorrido diseñado de acuerdo al número de usuarios del sistema.

El parque está concebido como un conjunto de recorridos y de espacios, cada uno con carácter propio, junto con arborización y construcciones que generan diferentes percepciones y sensaciones.

El recorrido abarca todo el parque el cual se abre hacia el paisaje e integra el conjunto de instalaciones para el público.

Se propuso una intervención que comprende la creación y tratamientos de senderos y plazoletas, para ofrecer lugares para la permanencia con



arborización, mobiliario e iluminación, con miras a incrementar las aéreas verdes y favorecer el uso peatonal y recreativo intensivo.

Se proponen amplias plazoletas de acceso y se emplean aterrizados complementados con jardines tratados paisajísticamente.

El manejo de materiales tradicionales naturales y contemporáneos se integra de manera novedosa. Se propone la utilización de pavimentos permeables por las ventajas que estos ofrecen como ser durables y ecológicos por permitir el paso del agua reduciendo el caudal de escorrentía ocasionado por las lluvias.

4.4 Diseño y funcionamiento de los Sistemas de Macrófitas en Flotación.

Los efluentes provenientes del edificio pasan a través de una cámara interceptora con rejas finas para retener todo tipo de basuras que pueda contener el efluente, luego el mismo es depositado en una cámara séptica que actúa como tratamiento primario, la misma consiste en un dispositivo cerrado donde los desechos cloacales permanecen en reposo como mínimo 24 hs. para que se produzca la decantación y digestión anaerobia de sus componentes orgánicos sólidos. No será necesario que ésta esté dimensionada para depurar el agua, sino solo como receptáculo para la eliminación de sólidos que serán sacados periódicamente. En este proceso se da una degradación de los contaminantes en el orden del 50% con el objetivo de aumentar la eficiencia del sistema.

Por decantación y por la acción de las bacterias anaerobias, el efluente forma en ella 3 capas de diferentes densidades; una costra o nata superior, de sólidos livianos en digestión, una parte líquida intermedia con partículas sólidas en suspensión y en el fondo una capa de barros o lodos de materia orgánica pesada o elementos no digeridos.

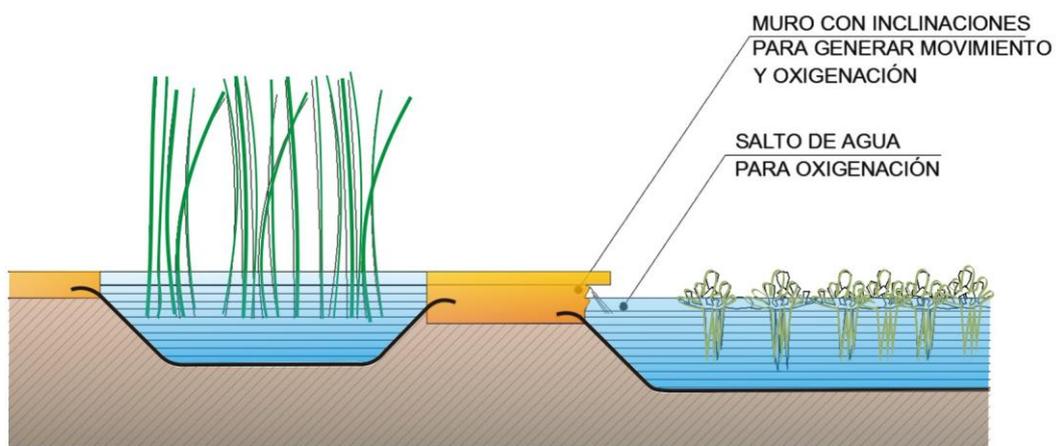
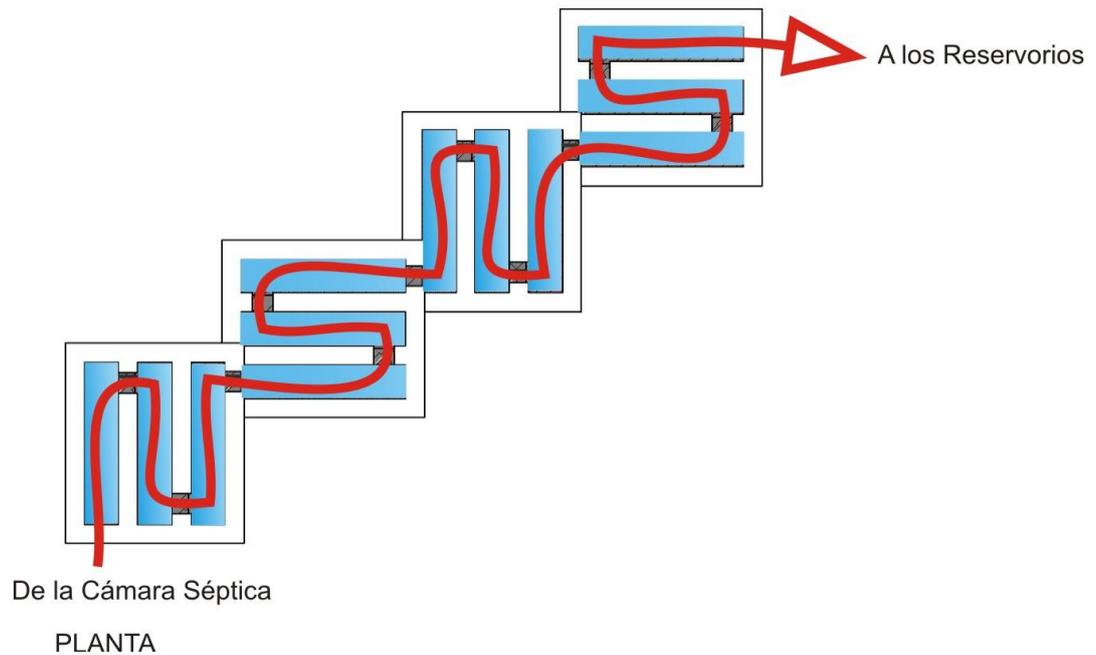
Los líquidos irán desbordando hacia los canales de los filtros a medida que alcancen el nivel de la boca de salida, al llegar al sistema de filtros van

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



haciendo un recorrido sinuoso que se logró con el diseño para que no queden sectores de agua estancada sin purificar y se generaron unos saltos de agua aprovechando la pendiente natural del terreno para lograr una mayor oxigenación de la misma. Ver Esquema 4.8 y 4.9



CORTE

Esquema 4.9

Fuente: Elaboración propia



El agua depurada es conducida a unos reservorios de agua que fueron diseñados como fuentes dentro de una plaza de manera a integrarlos al paisaje, las mismas fueron dispuestas a modo de generar cascadas que vayan desbordando unas sobre otras para impedir el estancamiento del agua depurada, el excedente que no es utilizado en el regadío del parque es canalizado hasta el curso de agua que se encuentra próximo.

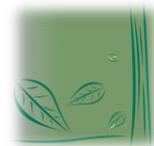
La biomasa obtenida de la cosecha de mantenimiento de los filtros se muele en un molino y se introduce en un biodigestor, los desechos producidos por el mismo pasan a secarse en unas piletas de secado obteniéndose así abono para las aéreas verdes del parque.

El biogás que se genera de la biomasa es conducido a un generador que lo convierte en energía eléctrica que es utilizada para el funcionamiento de un sistema de bombeo que capta las aguas recuperadas para el regadío del parque que es su destino final. *Ver Anexo 07 y Gráfico 07.*

En el caso de que se acumulen lodos en el fondo de los canales de los filtros, se ha dispuesto un sistema de mantenimiento separativo que permite la limpieza de dos grupos de canales a la vez sin cortar el paso del agua a los otros dos grupos. Esto se logró a través de un derivador de flujo que permite desviarlo momentáneamente hasta los reservorios de agua para la realización del mantenimiento. *Ver Gráfico 08.*

Se creó además un camino interno que tiene acceso al parque desde el estacionamiento con el objeto de permitir la entrada de los camiones encargados de la extracción de lodos en el caso que hubiere lugar. *Ver Grafico 09.*

Los pasillos de mantenimiento para realizar la cosecha periódica de la biomasa se construyeron de ladrillos con revestimiento cementicio de manera a facilitar las labores y a la vez dotarles de un valor formal y estético como elementos de composición dentro del diseño.



Teniendo en cuenta la ligera pendiente que presenta el terreno hacia la Avda. Mcal López, se proyectan dos canales de desagüe pluvial que atraviesan longitudinalmente el parque y se ubican de manera equidistante en ambos extremos del mismo a modo de recoger las aguas de lluvia. Las mismas descargan al canal natural de agua existente en el lugar y a la calle respectivamente.

Se prevé además un rebosadero que se conecta al último filtro y al último reservorio de agua, en el caso de fuertes lluvias de modo a canalizar el agua evitando el desborde de la misma que es conducida al canal natural de agua que se encuentra próximo. *Ver Grafico 10.*

4.5 Cálculo y dimensionamiento.

CÁCULOS		
Consumo de agua		
Local	Población	Dotación l/p/d
Auditorio	300 (x0.30)=90 personas	30 l/p/d=2.700
Entrepiso	=10 personas	50 l/p/d=500
Taller P.B.	540 (x0.50)=270 personas	40 l/p/d=10.800
Taller P.A.	540 (x0.50)=270 personas	40 l/p/d=10.800
Cantina	85 (x0.50)=42.5 personas	40 l/p/d=1.700
	682.5 personas	26.500 l/p/d
<p>CONSUMO DE AGUA = 26.500 l/d</p> <p>CAUDAL EFLUENTE = 26.500 l/d x 0.75 = 19.875 l/d</p> <p>El 75% del consumo es lo que constituye el efluente. Por lo tanto:</p>		
Q de cálculo = 20.000 l/d		

Fuente: Elaboración propia con asesoramiento del Ing. Francisco Martínez, e información obtenida en base a la norma NP N°68 y Aguas residuales y tratamiento de efluentes cloacales. *Ver Anexo 08 y 09.*



DATOS INFLUENTE	
Caudal (l/min)	13.89
DBO ₅ (mg/l)	100
OBJETIVO	
DBO ₅ (mg/l)	<50
LIMITES PARÁMETROS DE DISEÑO	
Carga (Kg/Ha día)	10/60
Profundidad (m)	0,70
Tiempo de Retención (días)	6/18

1.Determinación de la carga orgánica.

	Caudal (l/min)		Min/H		H/Día		m ³ /l	
Caudal (m³día)	13.89	x	60	x	24	/	1.000	= 20
	DBO ₅ (mg/l)		l/m ³		mg/Kg			
DBO₅ (Kg/m³)	100	x	1000	/	1.000.000			= 0.1
	DBO ₅ (Kg/m ³)		Caudal (m ³ /día)					
Carga Orgánica (Kg/día)	0.1	x	20					= 2

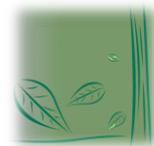
2.Determinación del tiempo de Retención.

	Carga Orgánica (akg/Día)		Carga (Kg/Ha día)		m ² /Ha	
Superficie (m²)	2	/	60*	x	10.000	= 334
	Superficie (m ²)		Profundidad (m)			
Volumen (m³)	334	x	0,7			= 234
	Volumen (m ³)		Caudal (m ³ /Día)			
Tiempo de Retención (Días)	234	/	20			= 12

Fuente: Elaboración propia con asesoramiento del Ing. Francisco Martínez y la experiencia del Arq. Yago García - Enríquez.

*Las cargas que soporta el camalote (Eichhornia crassipes) pueden fluctuar entre 10 y 300 Kg/ha día.

El tiempo de retención para este caso particular verifica según los parámetros de diseño establecidos.



• CÁLCULO DE LA CÁMARA SÉPTICA.

Norma brasileña para construcciones e instalación de tanques sépticos y disposición de los efluentes finales – NBR 7229/1993. *Ver Anexo 10*

$$\text{Volumen útil, litros: } V = 1000 + N (CT + KLf)$$

$K = 57$ para temperaturas mayores de $20^{\circ} C$, admitiéndose limpieza anual del tanque séptico.

$N =$ Población contribuyente, hab.

$C =$ Contribución de aguas residuales, l/hab.día

$T =$ Tiempo de retención, días (Varía de 1 a 0.5 días)

$KLf =$ Contribución de lodos frescos, l/hab.día

- $Lf = 1$ l/hab.día para ocupantes permanentes.

- $Lf = 0.02$ l/hab.día para ocupantes temporales.

$$V = 1000 + 683 \text{ hab. } [(50 \text{ l/hab.d} \times 1\text{d}) + (57 \times 0.02 \text{ l/hab.d})]$$

$$V = 1000 + 683 \text{ hab. } (50 \text{ l/hab.} + 1.14 \text{ l/hab.d})$$

$$V = 1000 + 683 \text{ hab. } (51.14 \text{ l/hab.})$$

$$V = 35.929 \text{ lts.}$$

$$V = 35.93 \text{ m}^3$$

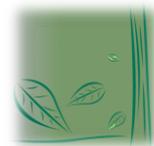
$$\mathbf{V = 36 \text{ m}^3}$$

Dimensiones de la Cámara Séptica.

$$a = 3.00 \text{ m}$$

$$b = 6.00 \text{ m}$$

$$h = 2.00 \text{ m}$$



• **DIMENSIONAMIENTO FILTROS DE MACRÓFITAS EN FLOTACIÓN.**

Se adopta 0.5 m² de superficie de filtrante por habitante en base a la bibliografía consultada y a las experiencias de profesionales en nuestro país en este campo. ¹

S = Población x Superficie por hab.

DATOS	
Población	Superficie por habitante
683 habitantes	0.5 m ²
S= 683 hab. x 0.5 m ² S= 341.5 m ²	
Dimensiones de los canales de los Filtros de Macrofitas	
a= 2.50 m b= 12.00 m h= 0.70 m	
S= 2.50 x 12= 30 x 3 x 4= 360 m²	
V= 360 m² x 0.70 m= 252 m³	

4.6.1 Análisis de costos.

En el siguiente cómputo y presupuesto se buscó hacer una comparación entre un sistema de tratamiento primario compuesto de una cámara séptica y pozo absorbente y un sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación, ambos calculados para depurar los efluentes procedentes del C.E.T. (Centro de Estudios Tecnológicos).

Se observa que el Filtro de Macrofitas supera en costos al tratamiento primario, pero teniendo en cuenta que el Sistema de Macrófitas en Flotación es un sistema de tratamiento que logra un alto grado de depuración de las aguas, que permite la reutilización de las mismas para otros usos, en este caso

¹ Institución: MACROFITAS S.L. (Madrid, España). <http://www.macrofitas.com>. Autor: Vicente Juan Torres Junco.
 FERNÁNDEZ, J. *Manual de Fitodepuración. Filtro de Macrofitas en Flotación*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.



regadío, y además genera otros beneficios como la generación de energía a través de la utilización de la biomasa cosechada lo que hace autosustentable al sistema, por lo tanto los costos de mantenimiento se reducen al mínimo.

Teniendo además en cuenta que un sistema primario constituye un tratamiento incompleto y que contamina la napa freática, la mejor opción siempre será un sistema natural como este, que puede representar un costo inicial pero que se justifica por los beneficios y la autosustentabilidad del mismo.

4.6.2 Gestión y financiamiento.

La ejecución de este proyecto representa una inversión inicial para la puesta en marcha, esto puede realizarse con recursos de la universidad, con aportes de quienes vayan a hacer uso de esta infraestructura. La ventaja que ofrece este sistema es que se autosustenta por lo que no va a tener un costo de mantenimiento elevado pues gran parte de lo que se necesita para mantener en funcionamiento es generado por el mismo justificándose así la inversión inicial.

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



COMPUTO Y PRESUPUESTO					
OBRA: FILTROS DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN					
UBICACIÓN: CAMPUS UNIVERSITARIO					
PROPIETARIO: C.E.T.					
DIRECCIÓN: SAN LORENZO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
	RUBRO	UNID	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	CÁMARA SÉPTICA				
1.1	Mampostería 30 cm - Ladrillo común.	m ²	41	113.484	4.666.462
1.2	Tabique 15 cm - Ladrillo común.	m ²	5	60.124	303.025
1.3	Mampostería de registro de tapa 15 cm - ladrillo común.	m ²	3	60.124	156.924
1.4	H° pobre de nivelación.	m ²	25	25.578	644.821
1.5	Losa de fondo de H°A°.	m ³	9	1.304.650	11.507.013
1.6	Tapa de H°A°	m ³	2	1.304.650	3.157.253
1.7	Relleno de piedra triturada para pendiente (2%).	tn	0	102.500	35.875
1.8	Tapa de H° 66x66x4 cm.	un.	4	16.100	64.400
1.9	Impermabilización.	m ²	83	15.752	1.300.013
	SUB-TOTAL RUBRO				21.835.786
2	POZO ABSORBENTE				
2.1	Mampostería 45 cm - Ladrillo común.	m ²	14	166.946	2.358.947
2.2	Tapa de H°A°.	m ³	1	1.304.650	1.487.301
2.3	Mampostería de Registro de tapa 15 cm - ladrillo común.	m ²	1	60.124	48.099
2.4	Tapa de H° 20x20x4 cm.	un.	1	16.100	16.100
2.5	Caño de ventilación de PVC 100 mm	ml.	4	28.700	100.450
2.6	Curva de 90° de 100 mm	un.	1	9.150	9.150
	SUB-TOTAL RUBRO				4.020.047
3	FILTRO DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN.				
3.1	Contrapiso de cascote 10 cm.	m ²	96	31.451	3.007.345
3.2	Cimentación de ladrillo común 15 cm.	m ²	37.128	60.124	2.232.284
3.3	Base de piso de ladrillo común 15 cm.	m ²	92	32.625	3.001.500
3.4	Piso de ladrillo en sardinel de ladrillo común 15 cm.	m ²	104	60.124	6.245.681
3.5	Revestimiento cementicio texturado color gris.	m ²	112	13.551	1.521.099
3.6	Borde prefabricado de cemento p/ fijación de menbrana	ml.	87	24.850	2.161.950
3.7	Membrana PEAD Polietileno de alta densidad de 1.5 mm	m ²	435	35.280	15.346.800
3.8	Plantas acuáticas - camalote/totora	un.	90	25.000	2.250.000
	SUB-TOTAL RUBRO				35.766.659

Paisajismo y Fitodepuración

“Aplicación de Sistema de Filtros de Macrofitas en Flotación para el tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas”.



COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO	
Costo de la Cámara Séptica	21.835.786
Costo del Pozo Absorbente	4.020.047
TOTAL Gs.	25.855.833
TOTAL \$	5.863

COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN	
Costo de la Cámara Séptica	21.835.786
Costo del Sistema de F.M.F. 35.766.659 (x4)	143.066.636
TOTAL Gs.	164.902.422
TOTAL \$	37.393

OBRA: PARQUE ECOLÓGICO					
UBICACIÓN: CAMPUS UNIVERSITARIO					
PROPIETARIO: C.E.T.					
DIRECCIÓN: SAN LORENZO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
	RUBRO	UNID	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Piso de piedra ardosia color gris de 50 x 50 cm	m ²	1.597	49.350	78.811.950
2	Piso de adoquín color negro de 20 x 45 cm	m ²	329	92.250	30.350.250
3	Piso de piedra rompecabeza color blanco de 50 x 50 cm	m ²	1.165	54.506	63.499.490
4	Piso ecológico	m ²	671	59.950	40.226.450
5	Piso de H° A°	m ²	1.000	102.088	102.088.000
6	Mampostería 45 cm - ladrillo común	m ²	105	166.166	17.520.543
7	Mampostería 30 cm - ladrillo común	m ²	180	109.695	19.716.579
8	Base de ladrillo común	m ²	1.381	32.625	45.055.125
9	Alisada de cemento	m ²	1.435	31.256	44.852.360
10	Revoque de paredes	m ²	359	15.754	5.663.248
11	Pintura de pared a la cal	m ²	180	6.314	1.134.878
12	Revestimiento de piedra laja	m ²	237	46.160	10.935.304
13	Losa de H° A°	m ³	32	1.318.711	41.776.764
14	Vigas de H° A°	m ³	1	1.430.211	1.787.764
15	Escalera de H° A°	m ³	55	31.256	1.711.266
16	Arbustos ornamentales y jardines	m ²	1.265	80.000	101.200.000
17	Arboles aislados y arbustos	m ²	1.000	5.000	5.000.000
	TOTAL GS.				611.329.972

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
Filtro de Macrofitas en Flotación	155.009.622
Parque ecológico + paisajismo	611.329.972
TOTAL Gs.	766.339.594
TOTAL \$	173.773



CONCLUSIÓN.

Con esta propuesta de fitodepuración, la cual fue el objeto de estudio, se pretendió revertir las tendencias actuales de deterioro de un recurso natural imprescindible como lo es el agua y aumentar la participación social en el proceso.

De todo lo visto podemos concluir que es factible incorporar en los espacios recreativos sistemas como los Filtros de Macrófitas en Flotación para el tratamiento de las aguas residuales a través de una propuesta eficiente y sustentable, esto se puede comprobar a través de los aspectos positivos y beneficios que se generan en diversos ámbitos como consecuencia de una buena planificación y puesta en práctica este tipo de proyectos:

- En lo ambiental:
 - Perfecta integración ambiental.
 - Protección, recuperación y reutilización del agua.
 - Tecnología que posibilita la utilización de los residuos orgánicos producidos en diversas aplicaciones.



- En lo social:

- Fomento de una cultura sostenible.

- Espacios de reencuentro con la naturaleza.

- Centro de difusión de programas de educación ambiental. En lo educativo los beneficios son abundantes, el parque ecológico está orientado a convertirse en un agente de cambio, para influir en la modificación de hábitos nocivos para el medio ambiente, orientando a los estudiantes y a la sociedad respecto al cuidado del mismo.

- En lo económico:

- Ahorro energético, consumo casi nulo pues solo necesita de la luz solar.

- Uso del agua tratada para riego, que fomenta el ahorro de agua potable.

- Utilización de la biomasa para generar abono y energía renovable que sustente en funcionamiento de las instalaciones del parque, obteniéndose un ahorro energético y económico.

- En lo tecnológico:

- Procesos naturales en la remoción de materia orgánica.

- Fácil implantación, reducidas a la excavación e impermeabilización de canales.

- Fácil y reducido mantenimiento, pudiendo ser realizado por un jardinero con conocimientos básicos de agronomía.

En resumen podemos mencionar como beneficios obtenidos con este tipo de proyectos, la recuperación de los recursos naturales, la perfecta integración ambiental, el fomento de una cultura sostenible, así como también



la difusión de los conocimientos empleados en la planta y el ahorro energético y económico.

El parque ecológico demuestra como la integración de tecnologías de tratamiento de agua con los espacios verdes reunitivos a través de un proyecto actúan como un canal de aprovechamiento de espacios que se puede extender a toda la ciudad. Al mismo tiempo propone una estrategia capaz de crear grandes espacios recreativos para los habitantes con un componente fuertemente educacional.

Este plan ecológico aspira ser un modelo de desarrollo sustentable para extenderse a todo el campus y para implementarse en pequeñas comunidades que no cuentan con sistemas de tratamiento de efluentes.

A pesar de que en el Paraguay existen experiencias que no fueron exitosas, no se ha perdido la credibilidad en el sistema y existen varios proyectos que están previendo la aplicación del mismo en varios lugares dentro del territorio nacional.

Se recomienda, en base a la experiencia de los casos visitados, en proyectos para comunidades, realizar un trabajo social efectivo para que los usuarios se comprometan, creando una política interna de manejo de los sistemas que involucre a la población y que los beneficios y responsabilidades sean compartidos de manera equitativa entre todos los integrantes.

Por otro lado las condiciones climáticas del medio en donde se lo implementa influyen en la eficiencia de su funcionamiento, por lo que este factor se debe tener en cuenta.



BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS.

- FERNÁNDEZ, J. *Manual de Fitodepuración. Filtro de Macrofitas en Flotación*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.
- SEOÁNEZ, M. (2002). *Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias*. Barcelona, Mundi-Prensa.
- MORELLI TUCCI, C. (2007). *Gestión de Inundaciones Urbanas*. Porto Alegre, Evangraf.
- CHACEL, F. (2001). *Paisajismo e ecogenese*. Río de Janeiro, Fraiha.
- PUCCI, B. *Constructed Wetlands. Depuración natural de las aguas*. ARPAT. Agencia para la protección del medio ambiente de la Región Toscana.
- DELGADILLO, O. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Bolivia, Nelson Antequera Durán Ediciones.
- GUNTHER, D. *Desing Manual. Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment*. California, EE.UU.
- Impacto de la vegetación en el microclima urbano.
- OCHOA, J. (2009). *Ciudad, vegetación e impacto climático. El confort en los espacios urbanos*. Barcelona, Erasmus Ediciones.



- LORENZI, H. (2000). *Plantas Ornamentais no Brasil*. SP, Brasil.
- BUCZACKI, S. (1995). *Plantas Acuáticas*. Madrid, Tursen Hermann Blume Ediciones.
- LEÓN, G. (1995). *Impacto ambiental de los proyectos de uso de aguas residuales*.
- LÓPEZ, J.A. (1987). *Arboles comunes del Paraguay. Ñande Yvyra Mata Kuera*. Servicio Forestal Nacional Ministerio de Agricultura y Ganadería, Paraguay. Cuerpo de Paz Colección e Intercambio de Información.
- PAZ MAROTO, J. *Ingeniería Sanitaria y Urbanística Tomo III Alcantarillado y Depuración de Aguas Residuales*.
- OSORIO, S. *Recursos Energéticos de la Biomasa y su aplicación Industrial*, Santa María –Cádiz.

REVISTAS.

- KIKUCHI, S. (1995). Bem-vindas! Plantas Aquáticas. *Paisagismo & Jardinagem*, vol. 56, 18 – 23 p. Sao Pablo-Brasil. CasaDois Editora.
- BENZATI, R. (2008). Purificadoras. *Paisagismo & Jardinagem*, vol.95, 14-15 p. Sao Pablo- Brasil. CasaDois Editora.
- SCHILLER, S. (2010). Desarrollo y Sustentabilidad del Hábitat Construido. *Revista Summa*, vol. 108, 96 p. Bs. As. Argentina.
- ARROYANE, M. del Pilar. (2004). La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): Una planta acuática promisorio. *Revista EIA*. Número 1. Colombia. 33-38 pp.



SITIOS DE INTERNET.

- Institución: MACROFITAS S.L. (Madrid, España).

<http://www.macrofitas.com>. Autor: Vicente Juan Torres Junco.

- Urbanarbolismo. www.urbanarbolismo.es
- mi+d. <http://www.madrimasd.org/>
- Programa mundial de evaluación de los recursos hídricos.
www.unesco.org.
- Contaminación de aguas. Recursos Hídricos. archivo.abc.com.py.
Suplemento rural.
- Missouri Botanical Garden. www.mobot.org
- www.darwin.edu.ar

TRABAJOS FINALES DE GRADO.

- BORNHOLDT, Verónica. Lineamientos Ambientales para el Diseño Arquitectónico. Propuesta para un Parque Departamental en el Humedal de Aregua. Trabajo Final de Grado. Facultad de Arquitectura. San Lorenzo, Paraguay. 2007.
- CASTRO, Angela. Una alternativa energética para los asentamientos informales del Bañado Sur. Aprovechamiento del biogás del Relleno Sanitario del Vertedero Cateura Caso de los Barrios: San Blas, San



Miguel, Yukyty y Sagrada Familia. Trabajo Final de Grado. Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte. San Lorenzo, Paraguay. 2011.

- GIMÉNEZ, Perla. Dispositivo Retentor de Residuos Sólidos para El Arroyo San Lorenzo. Trabajo Final de Grado. Facultad de Ingeniería. San Lorenzo, Paraguay. 2011.

OTRAS BASES DE DATOS.

- ING. SAMANIEGO, LUIS. (2008). “Sistemas sustentables de tratamiento de aguas residuales”. Conferencia FADA-UNA.
- ING.GULINO, J. (2006).Cátedra de Instalaciones IV. Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Arquitectura.
- ROLIM, S. (2004). “Saneamiento Básico con énfasis en Aguas Residuales y disposición de excretas orientado a la protección de la Salud y el Ambiente”. Curso – Taller. Asunción, Paraguay.
- MONTE DOMECCQ, R. (2004). Visión de los Recursos Hídricos en Paraguay. Informe Final. Fundainge.
- LÓPEZ, C. (1998). *Filtros Verdes: Una alternativa real en el tratamiento de aguas residuales en pequeños municipios*. Zaragoza, Congreso del Agua.
- ESPAÑA, J. (2006), Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Santiago de Cali.
- Diario abc color. Colección Fauna y Flora Arboles del Paraguay Donde hay un árbol hay vida.



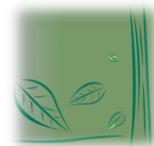
- GÓMEZ, A. Sustainable building conference. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Grupo de Investigación ABIO.
- ECHARRI, L. (2007). *Población, ecología y ambiente*. Universidad de Navarra.
- Dal Molin, P; González, Ana M. Anatomía Foliar en *Nymphoides indica*, *Nymphaea amazonum* y *Victoria cruziana*, especies con lámina foliar flotante del macrosistema Iberá. Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE. Argentina.
- Degen, R & Fatima, M (1999). Typhaceae. IN: SPICHIGER, R. & L. RAMELLA (eds.). Flora del Paraguay. Conserv. Jard. Bot. Geneve & Missouri Bot. Gard.
- Horn, C. N.(1987). Pontederiaceae. IN: SPICHIGER, R (ed.). Flora del Paraguay. Conserv. Jard. Bot. Geneve & Missouri Bot. Gard.
- Lahitte, H; Hurrel, J; Bergrano, M; Jankowski, L; Mehlreter, K & al.(1997). Plantas de la Costa. Las plantas nativas y naturalizadas más comunes de las costas del Delta del Paraná, Isla Martín García y Ribera Platense. Ediciones L.O.L.A (Literature of Latin America). Buenos Aires – Argentina. 200pp.
- Pott, V. J. & A. Pott (2000). Plantas Acuáticas do Pantanal. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA. Brasília, D. F., 404 pp.



- Salas-Dueñas, D; Mereles, F; Yanosky, A (eds). (2004). Los Humedales del Paraguay. Comité Nacional de Humedales. Asunción- Paraguay. 192 pp. CAPITULO 7
- Zetina Córdoba et al. (2010). Utilización de la lenteja de agua (Lemnaceae) en la producción de la Tilapia (Oreochromis spp.). Archivos de Zootecnia vol. 59 (R): 133-155
- DE NEIFF¹, Alicia Poi y NEIFF², Juan José. **Riqueza de especies y similaridad de los invertebrados que viven en plantas flotantes de la planicie de inundación del río paraná (argentina).** *INCI*. [online]. mar. 2006, vol.31, no.3 [citado 08 Noviembre 2011], p.220-225. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000300013&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844.

ENTREVISTAS.

- Arq. Yago Gracia Enríquez.
- Ing. Francisco Martínez.
- Ing. Carlos Bellasai.
- Ing. Lilian Fleitas. (SEAM) Secretaría del Ambiente.
- Arq. Hena Narvaéz
- Ing. Claudia Martínez
- Ing. Martín Almeder



INDICE DE ABREVIATURAS.

CET: Centro de Estudios Tecnológicos.

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales.

FMF: Filtro de Macrofitas en Flotación.

ERSSAN: Ente Regulador de Servicios Sanitarios.

SEAM: Secretaría del Ambiente.

FADA: Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte.

UNA: Universidad Nacional de Asunción.

UCA: Universidad Católica de Asunción.

TRH: Tiempo de retención hidráulica.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.



GLOSARIO DE TÉRMINOS.

Aguas lóaticas: se refiere a cuerpos de agua en donde la misma se encuentra en movimiento, por ejemplo ríos y arroyos.

Aguas lenticas: se refiere a cuerpos de agua en donde la misma esta quieta, por ejemplo lagos, lagunas, pantanos.

Bioarquitectura: se basa en principios naturales, edificar en convivencia con la naturaleza y armonía con el entorno.

Biogás: Gas metano que se origina por la acción de bacterias sobre sustancias orgánicas. Se lo utiliza como energía alternativa renovable.

Biomasa: es cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido un origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y que puede ser convertida en energía. El concepto de biomasa comprende tanto a los productos de origen vegetal como a los de origen animal.

Biosfera: es aquella parte del planeta que contiene el conjunto de seres vivos y en la cual es posible la vida.

Calidad de vida: concepto que integra el bienestar físico, mental, ambiental y social que dependen de las características del medio ambiente.

Conservación: es el método de utilización de un recurso natural o el ambiente total de un ecosistema particular, para prevenir la explotación, polución, destrucción o abandono y asegurar el futuro uso de ese recurso.



Crisis energética: una crisis energética es una gran carestía (o una subida de precio) en el suministro de fuentes energéticas a una economía. Normalmente hace referencia a una disminución de la disponibilidad de petróleo, electricidad u otros recursos naturales. La crisis a menudo repercute en el resto de la economía, provocando una recesión en alguna forma.

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): es representada por la cantidad de oxígeno consumida por la unidad de volumen de un residuo, en determinadas condiciones, a través del consumo de la materia biodegradable por los microorganismos. La DBO es uno de los parámetros que se utilizan para medir la contaminación de los residuos.

Desarrollo sostenible: satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias.

En el marco de las tres áreas de la sustentabilidad, social, ambiental y económica, el desarrollo, crecimiento y expansión de las ciudades plantea diversas dimensiones, variables y escalas:

- Dimensiones: multidisciplinaria, rol de los municipios, el aporte de las universidades en la formación e investigación y de la población.
- Variables: agua, uso y calidad del suelo, energía, materiales, vegetación y paisaje, gestión, calidad ambiental.
- Escalas: constructiva, arquitectónica, urbana y planificación regional.

Ecología: parte de la biología que estudia la relación de los seres vivos con la naturaleza. Defensa de la naturaleza, del medio ambiente.

Ecosistemas: sistema constituido por los seres vivos existentes en un lugar determinado y el medio ambiente que les es propio.



Educación ambiental: proceso permanente de carácter interdisciplinario, destinado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y el medio ambiente.

Evapotranspiración: pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

F.V.: (Filtros Verdes): sistema de depuración de aguas residuales en su fase secundaria o terciaria donde las plantas son la base del proceso ya que degradan, absorben y asimilan la materia a través de sus tejidos.

Fitodepuración: es un sistema de depuración de las aguas residuales basado en la utilización de humedales artificiales en los que se desarrollan plantas acuáticas (hidrofitos) que contribuyen activamente en la eliminación de los contaminantes, principalmente la materia orgánica.

Fitoplancton: conjunto de vegetales que constituyen el plancton. Se define así al plancton de naturaleza vegetal capaz de sintetizar sus propias sustancias por fotosíntesis utilizando agua, gas carbónico y energía luminosa.

Fotosíntesis: síntesis de un cuerpo químico en presencia de la luz solar, por acción de la clorofila.

Impacto ambiental: la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.

Macrofitas: desde el punto de vista botánico, el término macrofita se aplica a cualquier vegetal que es visible a simple vista (herbáceas, arbustos, árboles), en oposición al término microfita, utilizado genéricamente para vegetales que no son visibles a simple vista (algas microscópicas).

Microclima: es un clima local de características distintas a las de la zona en la que se encuentra. Es un conjunto de condiciones atmosféricas y climáticas uniformes en un espacio muy reducido.



Microorganismos: organismos microscópicos.

Nodo: Son puntos estratégicos, lugares de confluencia de circulación como por ejemplo plazas. A menudo estos lugares concentran actividades centrales y encierran valores simbólicos y representativos.

Palustre: relativo a la laguna o al pantano.

Plancton: conjunto de seres microscópicos que están en suspensión en las aguas marinas o dulces.

Procesos metabólicos: es aquel involucrado en la transformación de la materia en energía.

Reciclaje: consiste en someter a un proceso fisicoquímico o mecánico a una materia o producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

Recursos hídricos: los recursos hídricos se constituyen en uno de los recursos naturales más importantes para la vida, lo conforman todos los cuerpos de agua ya sean ríos, lagos, lagunas, mares, océanos, etc.

Rizosfera: es una parte del suelo inmediata a las raíces de las plantas donde tiene lugar una interacción dinámica con los microorganismos.

Sistema radicular: conjunto de raíces de una misma planta.

Tecnología Apropriada: es la mejor alternativa aplicada a una realidad concreta. Implica la maximización del uso de recursos locales tanto humanos como materiales; la utilización de recursos renovables, el respeto al medio ambiente y a la identidad socio-cultural de los beneficiarios, la participación de la comunidad en los procesos y el compromiso de que la tecnología sea socialmente apropiable y sostenible en el tiempo. (Dr. Arq. Luis Silvio Ríos.)



GLOSARIO DE TÉRMINOS BOTÁNICOS.

Acúleos: tricoma rígido y punzante, formación puramente epidérmica.

Aerénquima: es un tejido vegetal con grandes espacios intercelulares llenos de aire, presentando sus células constituyentes por finas membranas.

Aguas lóaticas: se refiere a cuerpos de agua en donde la misma se encuentra en movimiento, por ejemplo ríos y arroyos.

Aguas lenticas: se refiere a cuerpos de agua en donde la misma está quieta, por ejemplo lagos, lagunas, pantanos.

Anteras: porción fértil del estambre.

Aquenio: fruto seco indehiscente.

Aurículas: las aurículas consisten en dos apéndices membranáceos.

Bayas: fruto carnoso, jugoso, cuyas semillas están rodeadas de pulpa.

Bractéolas: órgano foliáceo en la proximidad de las flores y diferente a las hojas normales.

Cáliz: formado por sépalos, generalmente verdes, protegen a la flor cerrada o yema floral.

Carpelo: órgano sexual femenino.

Casmógamas: estas flores se abren normalmente para permitir que el polen se traslade hasta otra flor.

Cleistógamas: flores cuya polinización se realiza ya en el capullo o botón floral, o sea la fecundación con el propio polen, las flores no se abren.

Dehiscente: propiedad de algunos frutos cerrados o anteras de las flores de abrirse para esparcir el polen o las semillas.

Dioica: las flores masculinas y femeninas se encuentran en pies diferentes.

Envainador: que forma una vaina que envuelve al tallo.

Espata: bráctea generalmente amplia y a veces coloreada que envuelve a una inflorescencia.



Espiga: (inflorescencia) las flores carecen de pedicelo y están ubicadas sobre el raquis.

Espiguillas: cada una de las espigas pequeñas que forman la principal en algunas plantas como la avena y el arroz.

Estambres: órgano sexual masculino de las plantas fanerógamas, que consta de antera y filamento.

Estigma: es la superficie receptora de los granos de polen.

Estilo: estructura tubular que comunica el ovario floral con el estigma.

Estípulas: son apéndices en la base del peciolo.

Estolones: rama rastrera que nace de la base del tallo de algunas plantas y echa raíces que producen nuevas plantas.

Eutrofizadas: en ecología el término eutrofización designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema.

Fanerógama: grupo de plantas cuyos órganos reproductores tienen forma de flor.

Flores períginas: flor de ovario medio respecto a los demás ciclos florales.

Foliación: salida y desarrollo de las hojas.

Fusiforme: alargado, puntiagudo, aguzado.

Gineceo: órgano femenino de las flores de algunas plantas, formado por uno o más carpelos.

Gluma: cubierta floral de las plantas gramíneas, que se compone de dos valvas a manera de escamas, insertas debajo del ovario.

Hoja entera: es aquella con borde recto sin dientes.

Hoja gemífera: hojas que forman brotes los cuales permiten la propagación vegetativa de la planta.

Hojas acuminadas: hojas que terminan en una punta aguda y alargada.

Hojas cordadas: hojas que presentan forma de corazón con el ápice agudo y una escotadura en la base.

Hojas coriáceas: hoja que presenta consistencia de cuero, se quiebra al plegarla.

Hojas dísticas: hojas dispuestas en dos filas opuestas a lo largo de un eje.



Hojas ensiformes: son aquellas que tienen forma de espada.

Hojas glabras: hojas desprovistas de pilosidades.

Hojas lineares: son hojas largas y estrechas de bordes paralelos.

Hojas obtusas: hojas cuyos bordes forman en el ápice un ángulo obtuso.

Hojas pecioladas: son aquellas hojas que poseen peciolo.

Hojas reniformes: hojas en forma de riñón.

Hojas sésiles: son aquellas hojas que carecen de peciolo.

Inflorescencia: es la disposición de las flores sobre las ramas de las plantas o la extremidad del tallo.

Marcesciente: consiste en las hojas marchitas que permanecen en la planta mucho tiempo, incluso hasta que empiezan a salir hojas nuevas.

Meandros: Cada una de las curvas que describe el curso de un río.

Monoica: especies que sobre un mismo pie poseen flores unisexuales masculinas y femeninas.

Palustre: relativo a la laguna o al pantano.

Peciolo: pedúnculo mediante el cual la hoja se inserta al tallo.

Pedicelo: consiste en el pedúnculo de la flor.

Pedúnculo: raballo de la hoja, flor o fruto con que se une al tallo.

Perigonio: Conjunto de envolturas florales donde no hay diferenciación entre sépalos y pétalos.

Pilosidades: agrupamiento de pelos

Pistilo: gineceo.

Radícula: es el primer órgano que sale de la semilla en la germinación para constituir la raíz.

Raíces fasciculadas: son aquellas que se presentan como un conjunto de numerosas raíces por lo general finas y de igual tamaño.

Raíz adventicia: es aquella que se origina en otros órganos distintos de la radícula.

Raquis: se denomina así a las estructuras lineales que forman el eje de una inflorescencia.



Rizoma: es un tallo subterráneo con varias yemas que crece de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos.

Rizomatosa: dicese de la planta provista de rizomas.

Sépalos: cada una de las hojas duras y de color verdoso que forman parte del cáliz de la flor.

Tépalo: son las piezas que componen el perigonio.

Tricoma: excrecencia de origen epidérmico y de forma muy variable.

Truncado: que remata en un borde o plano transverso.

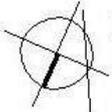
Umbelas: inflorescencia en la que los pedicelos nacen del extremo del raquis y tienen una misma longitud.

Utrículo: fruto seco.

LÁMINAS





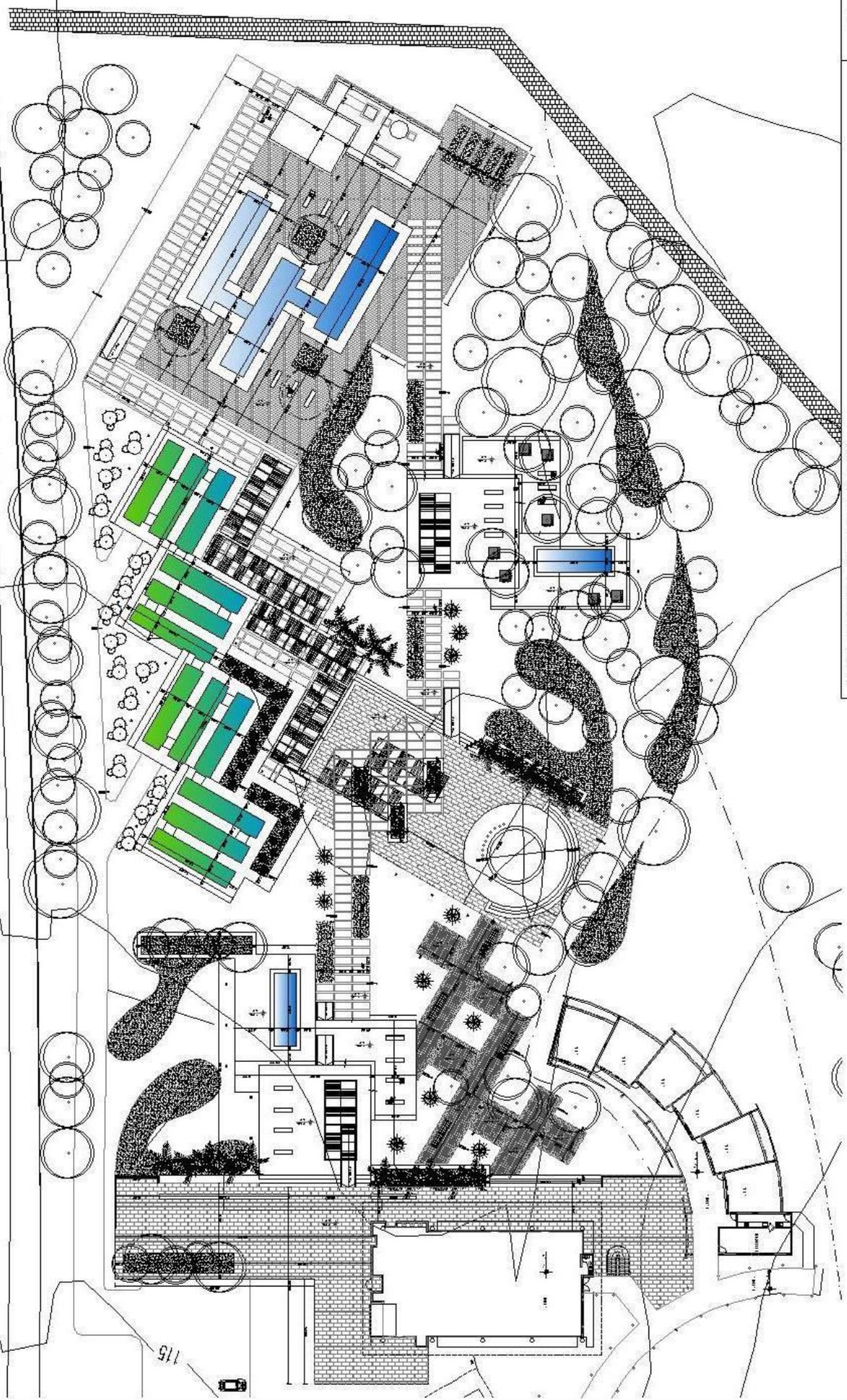


LOPEZ

SOLANO

FRANCISCO

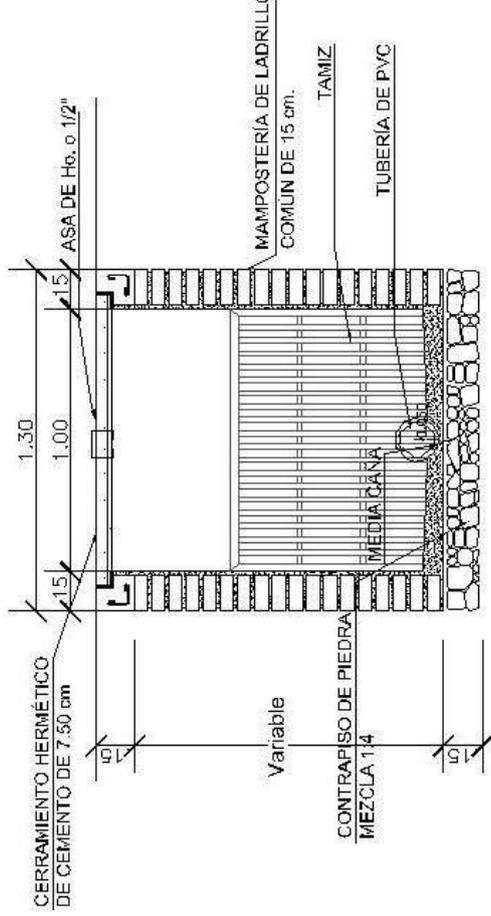
MCAL.



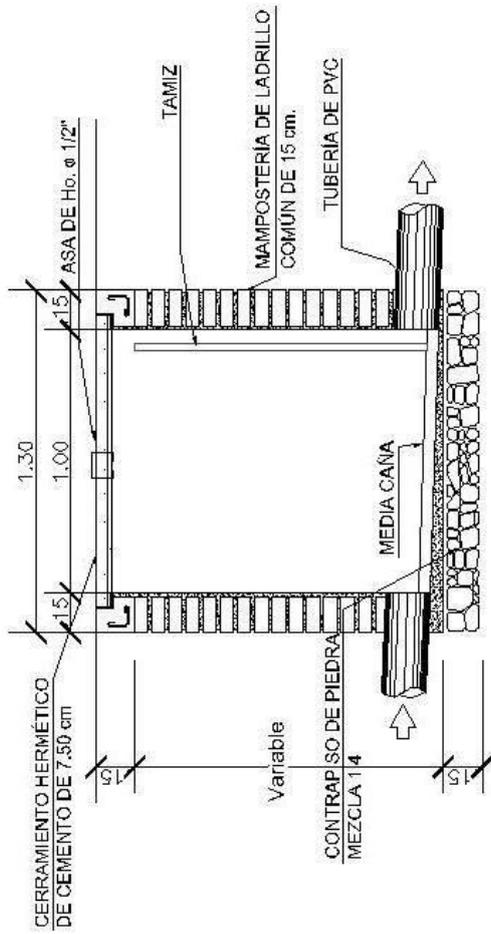
PLANTA ACOTADA - PARQUE ECOLÓGICO

ESC.: 1:250

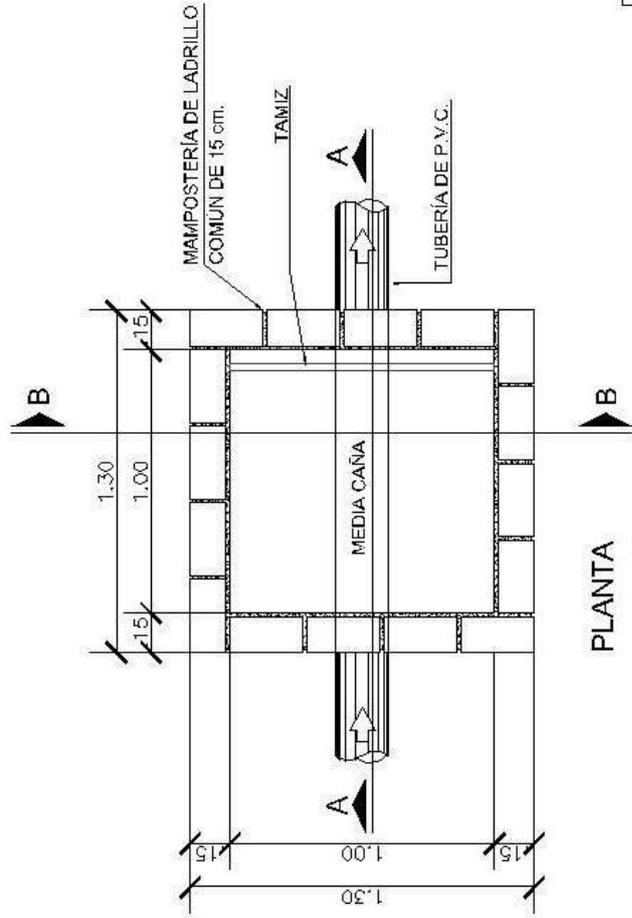
LÁMINA 2



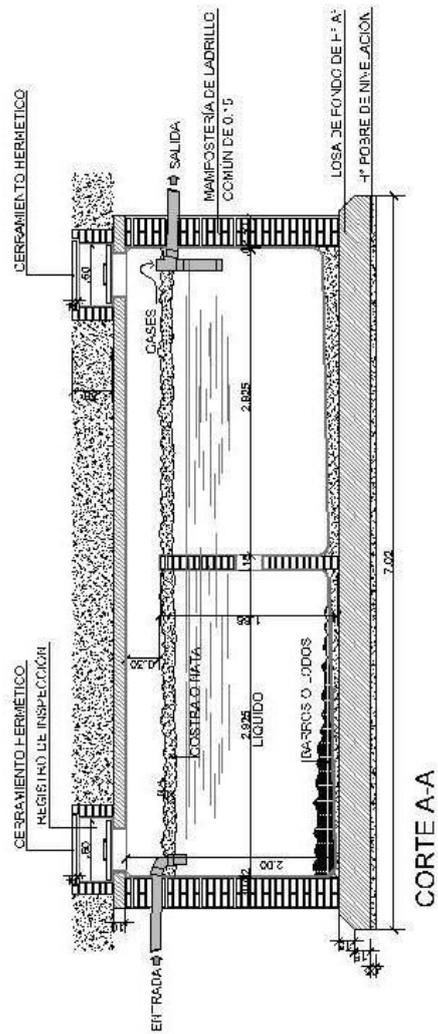
CORTE B - B



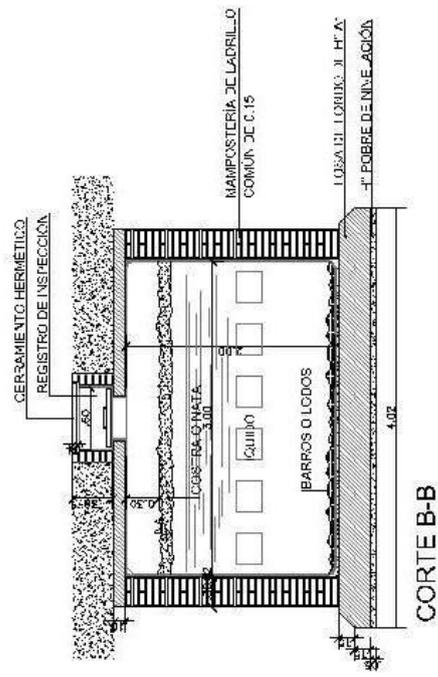
CORTE A - A



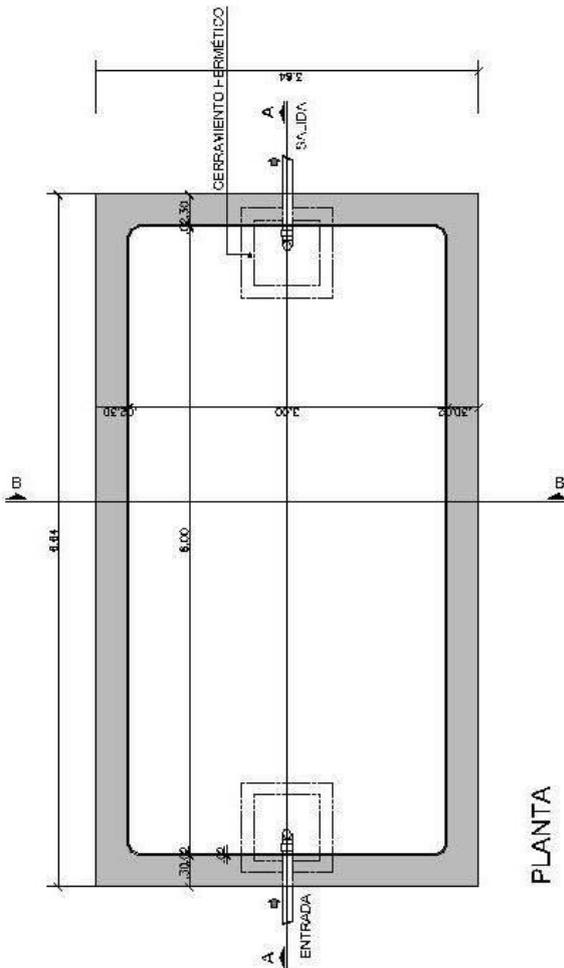
PLANTA



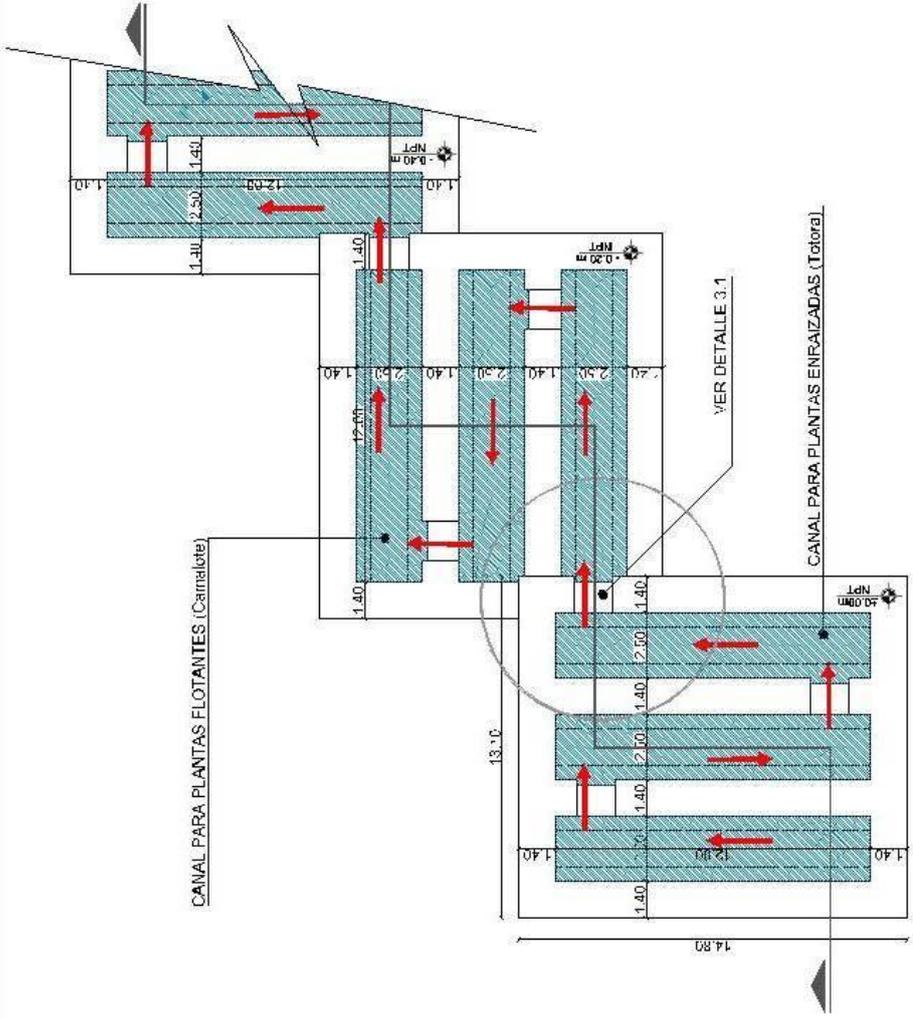
CORTE A-A



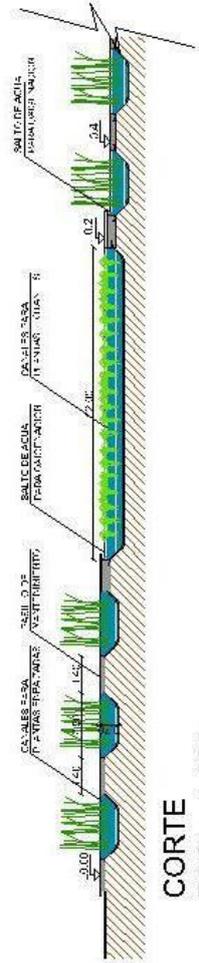
CORTE B-B



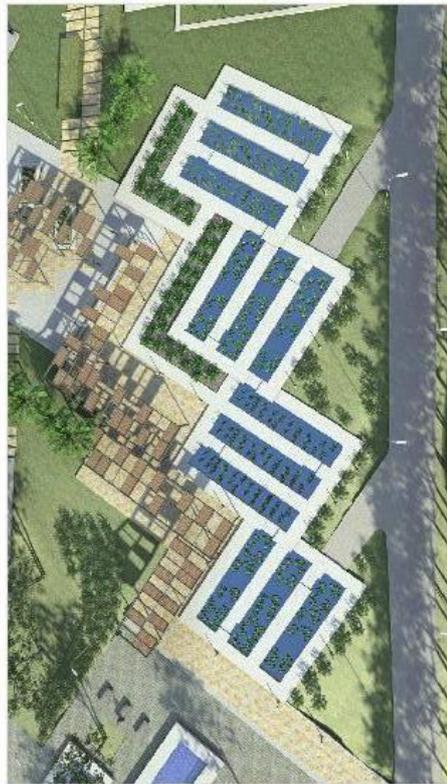
PLANTA



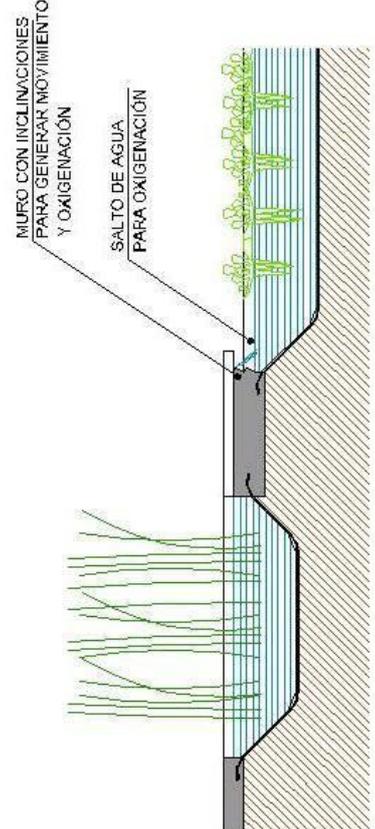
PLANTA
ESC.: 1:200



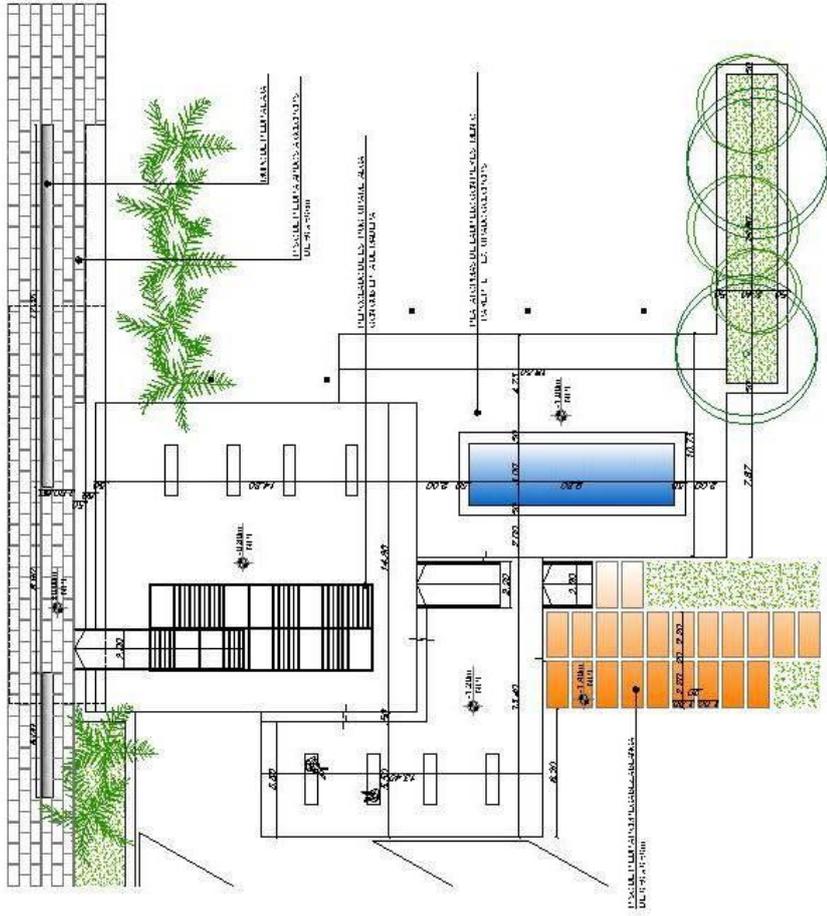
CORTE
ESC.: 1:200



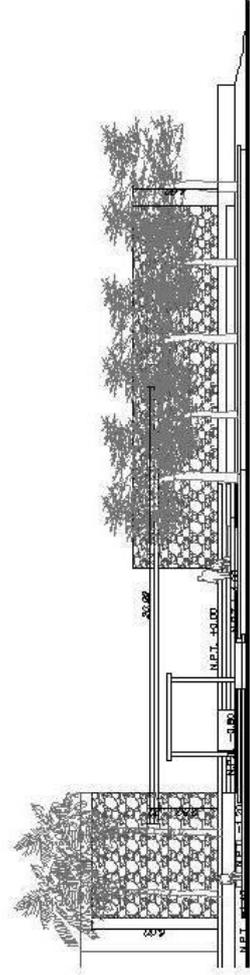
VISTA



DETALLE 3.1
ESC.: 1:25



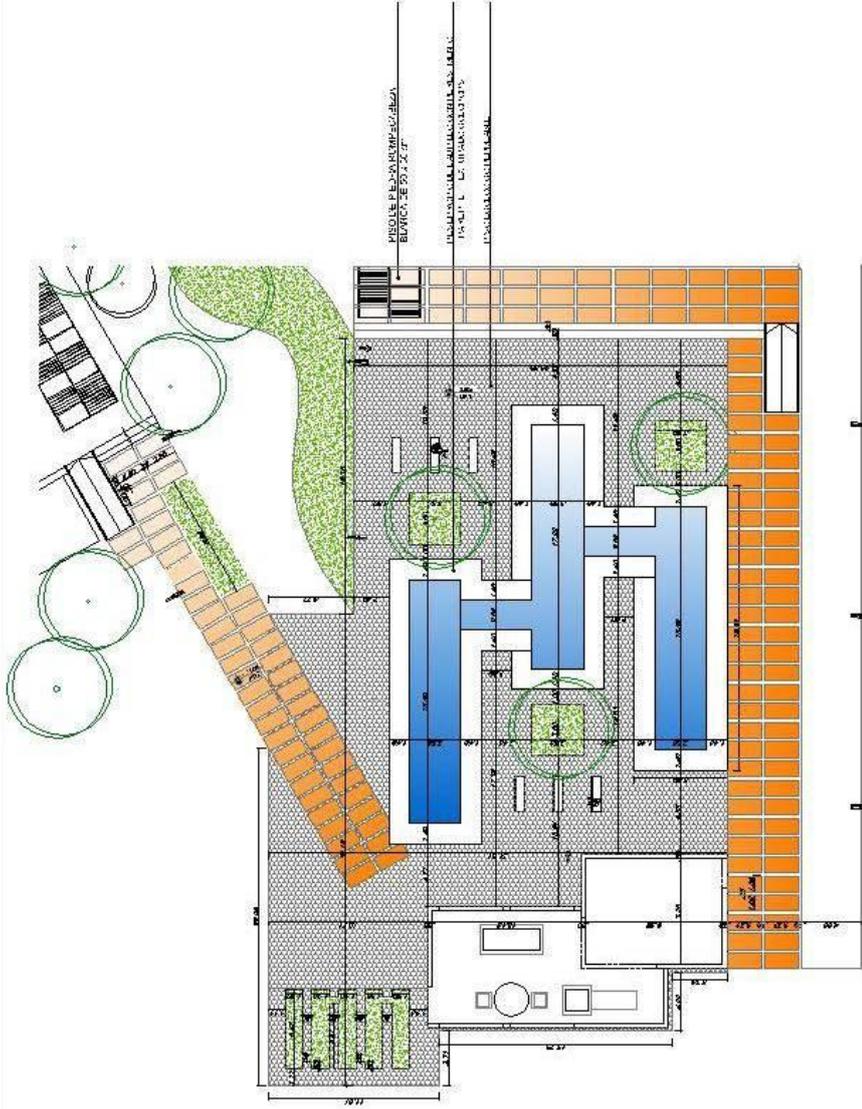
PLANTA



ALZADO



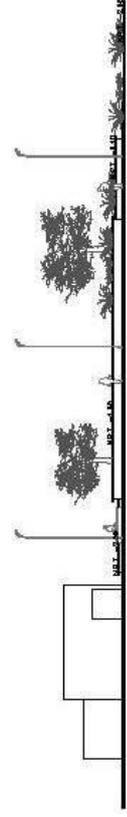
VISTA



PLANTA



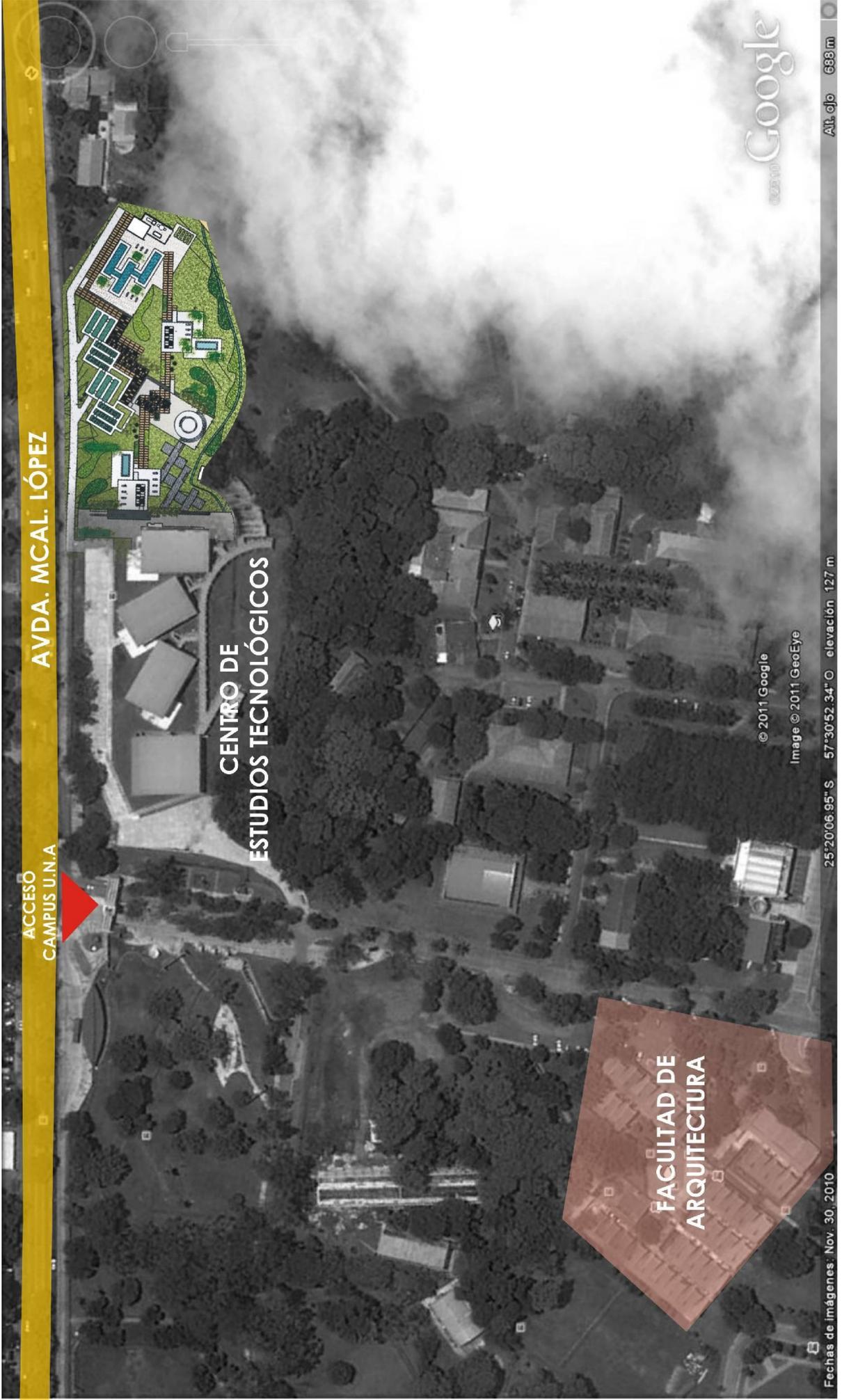
VISTA



ALZADO

GRÁFICOS





ACCESO
CAMPUS U.N.A.

AVDA. MCAL. LÓPEZ

CENTRO DE
ESTUDIOS TECNOLÓGICOS

FACULTAD DE
ARQUITECTURA

© 2011 Google
Image © 2011 GeoEye

Fechas de imágenes: Nov. 30, 2010

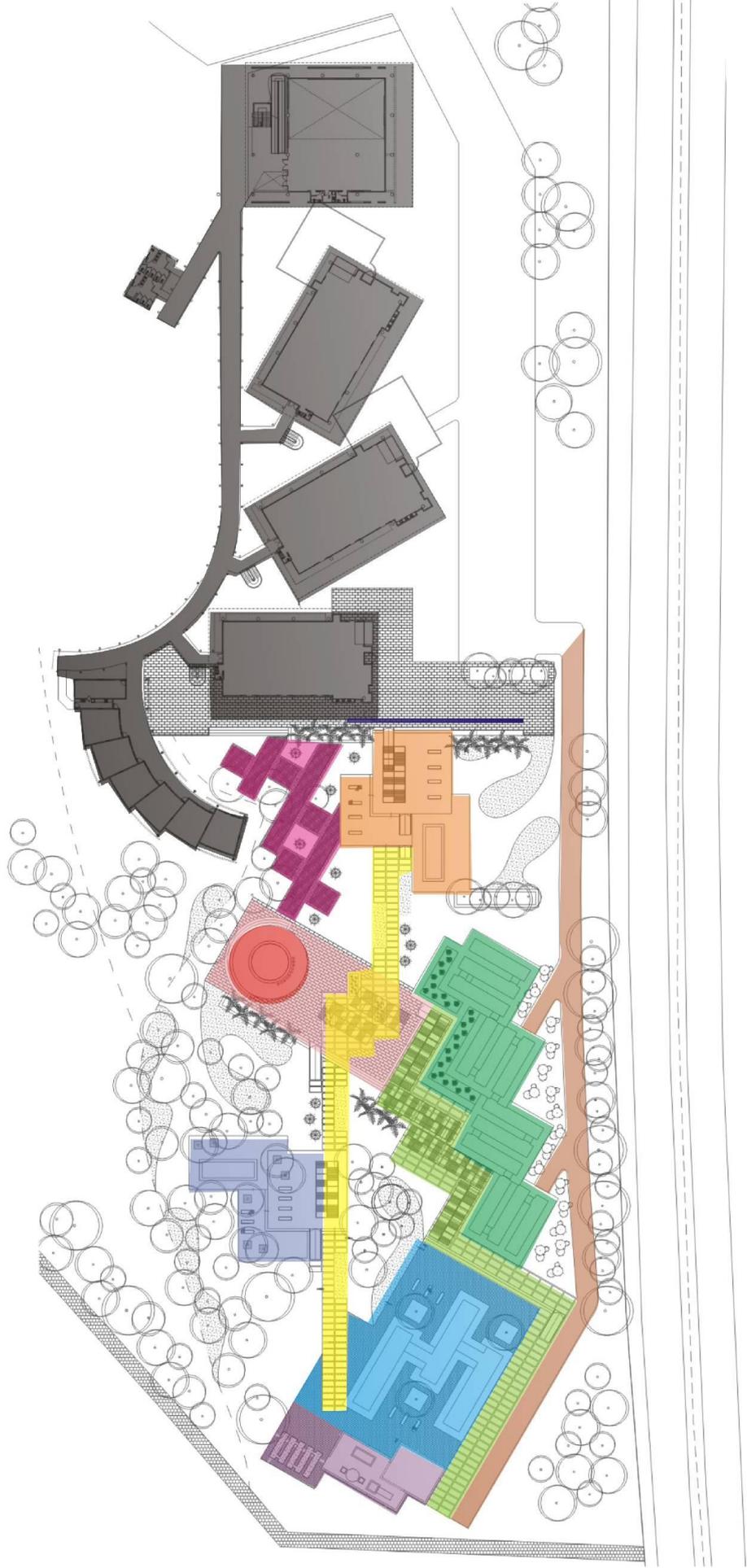
25°20'06.95" S, 57°30'52.34" O elevación 127. m

Alt. ojo 688m

Google

- PÓRTICO DE ACCESO
- PLAZA DE ACCESO
- PLAZOLETAS
- ANFITEATRO
- EXPOSICIONES ITINERANTES
- PASEO

- FILTROS DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN
- RECORRIDO EDUCATIVO
- RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUA
- ÁREA DE APOYO
- PLAZA
- CAMINO DE MANTENIMIENTO





COMPOSICIÓN DE JACARANDA + LLUVIA DE ORQUÍDEAS BLANCAS



FLOR DE DURA



AZUCENAS DEL PARAGUAY



COMPOSICIÓN DE LAPACHOS AMARILLOS Y ROSADOS



IRIS



COMPOSICIÓN DE JAZMINES MAGNO + CRESPON



PALMERA PINDÓ



COMPOSICIÓN DE FLOR DE DURA + SANTA RITA



COMPOSICIÓN DE GÜEMBE PI + ALPINEA



BOSQUE DE EUCALIPTOS EXISTENTE



CAMALOTES



TOTORA



CERCO ECOLÓGICO: GREVILLEA + MIRTO



CERCO ECOLÓGICO: AZALEAS + JAZMIN DEL CABO



CERCO ECOLÓGICO: LANTANA



CERCO ECOLÓGICO: JAZMIN DEL CIELO

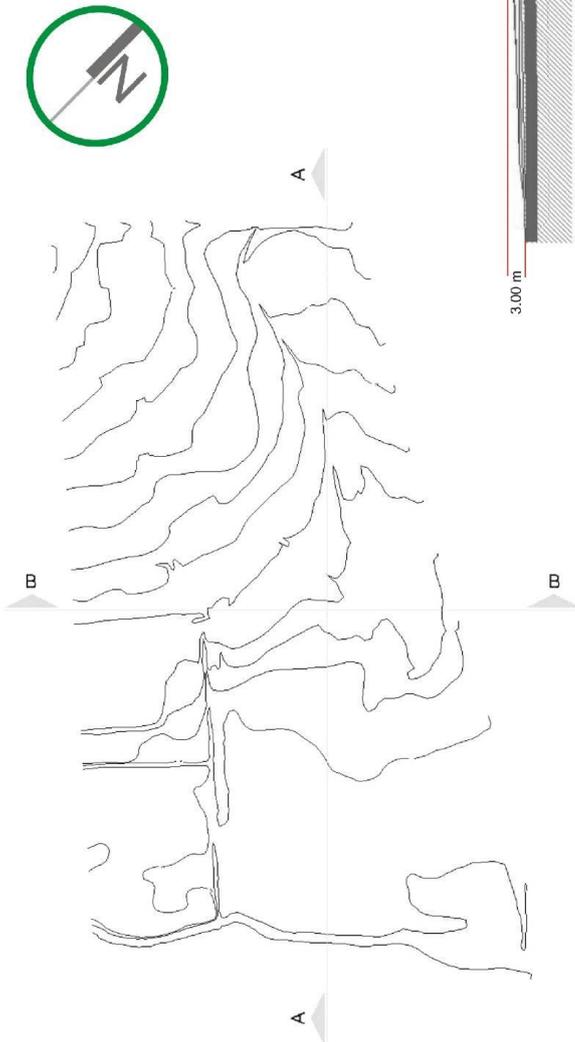


CICA



LIGUSTRINA





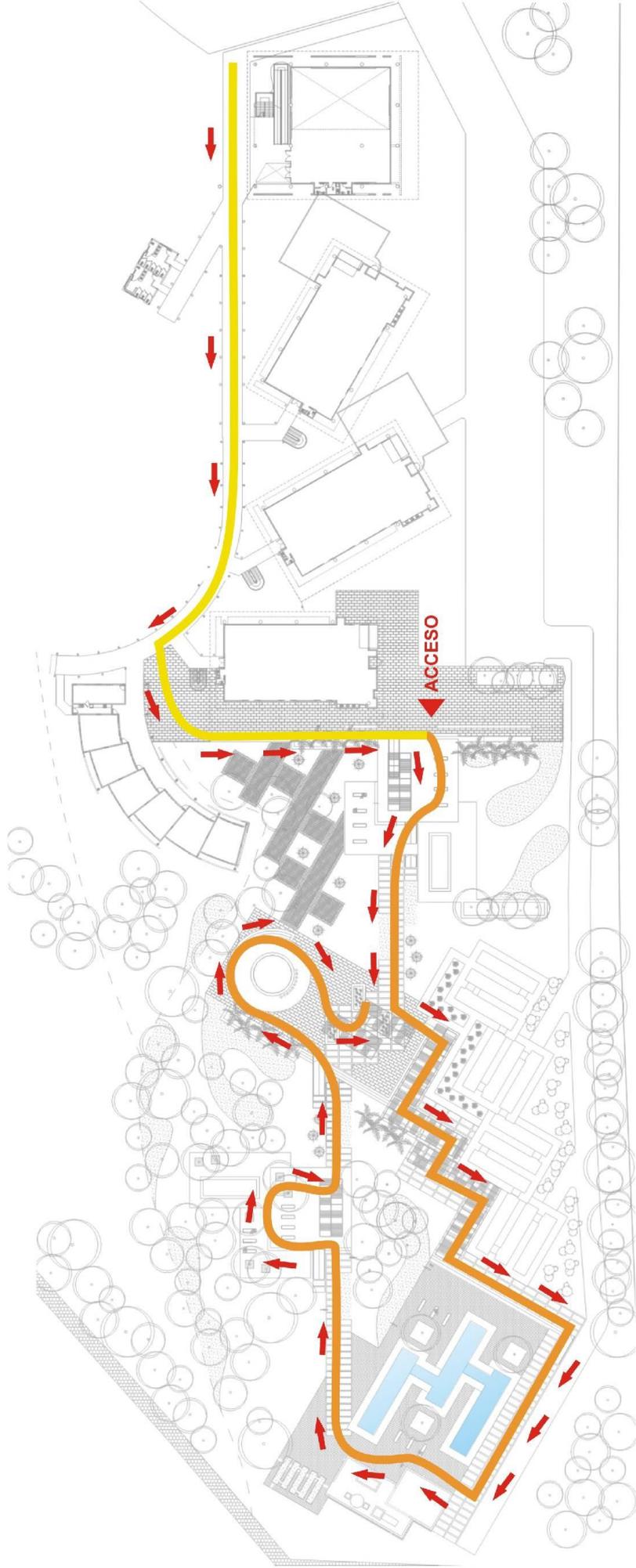
CORTE BB'
ESC ----- 1/1000



CORTE AA'
ESC ----- 1/1000

TOPOGRAFIA
ESC ----- 1/500





PASILLO DE MANTENIMIENTO DE LADRILLO CON
REVESTIMIENTO CEMENTICIO TEXTURADO COLOR GRIS

BALDOSA PREFABRICADA DE CEMENTO

RELLENO DE MEZCLA Y CASCOTES

PIEZA CURVA PREFABRICADA DE HORMIGÓN
PARA FIJACIÓN DE MEMBRANA

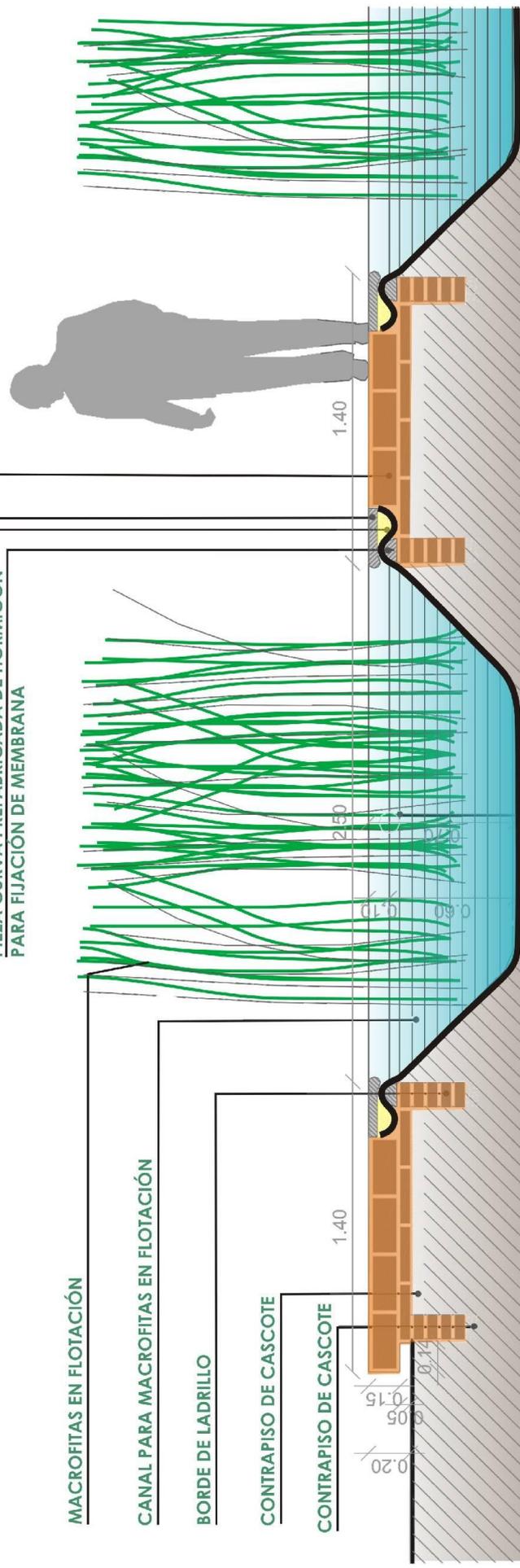
MACROFITAS EN FLOTACIÓN

CANAL PARA MACROFITAS EN FLOTACIÓN

BORDE DE LADRILLO

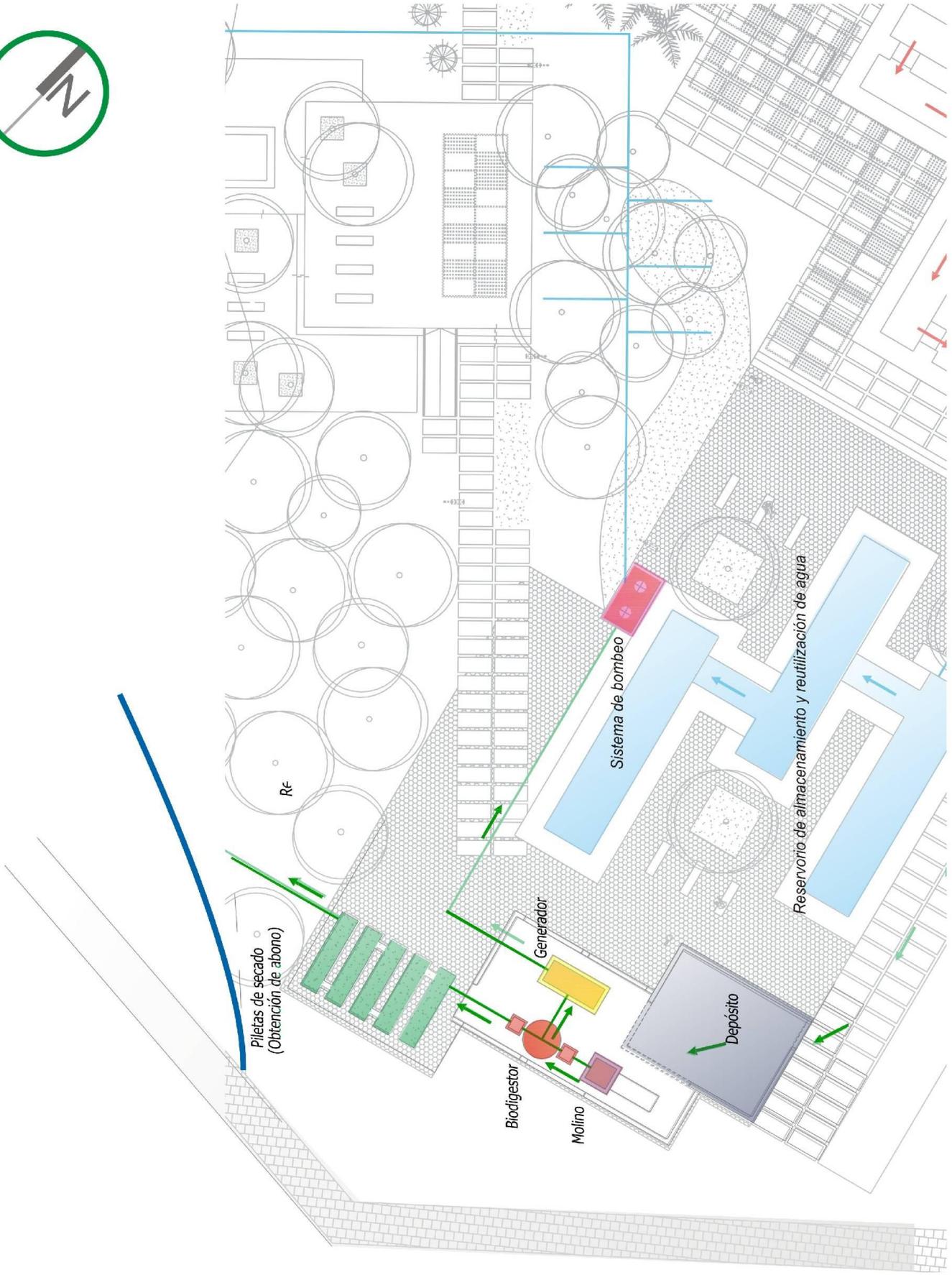
CONTRAPISO DE CASCOTE

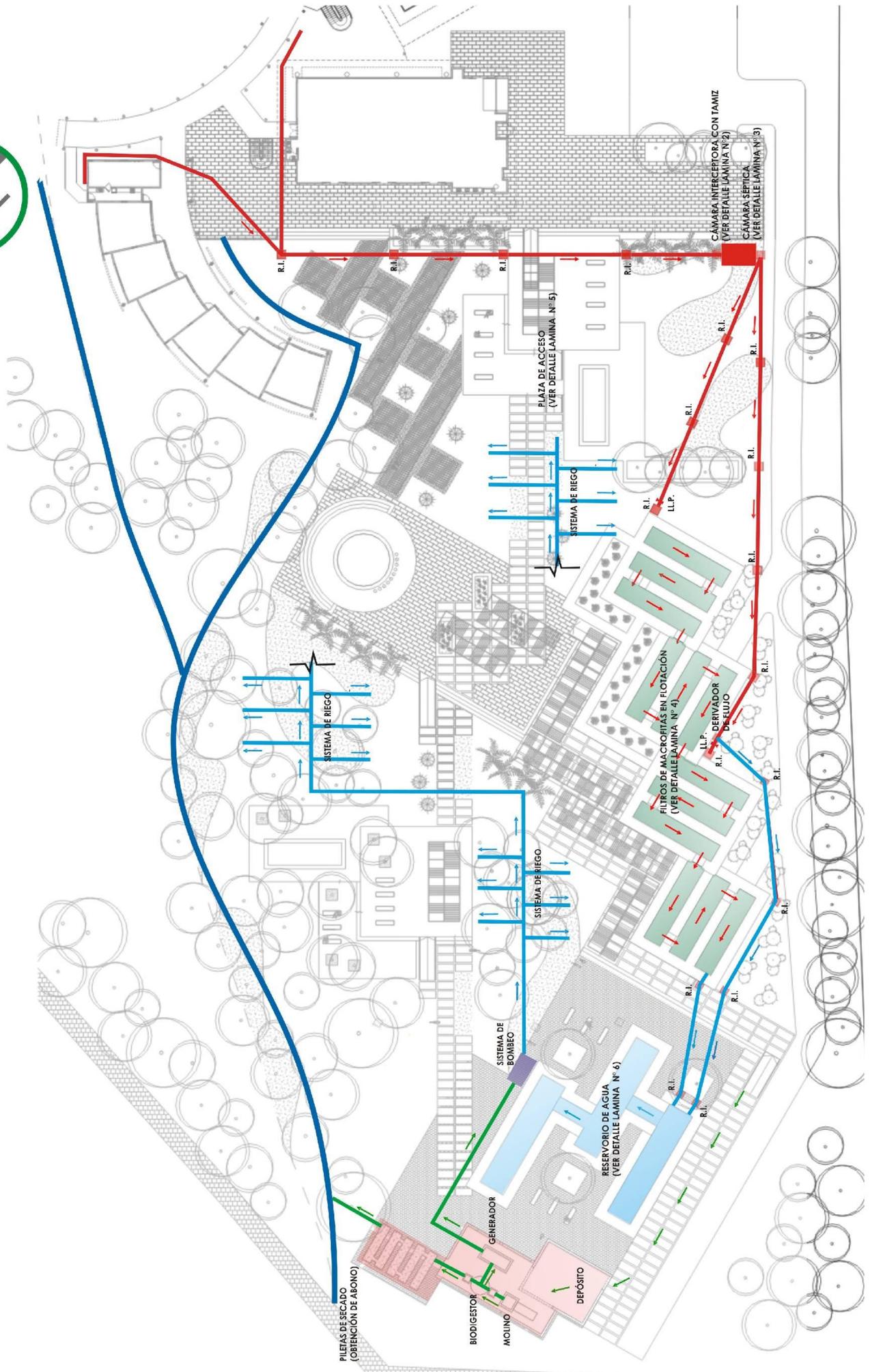
CONTRAPISO DE CASCOTE



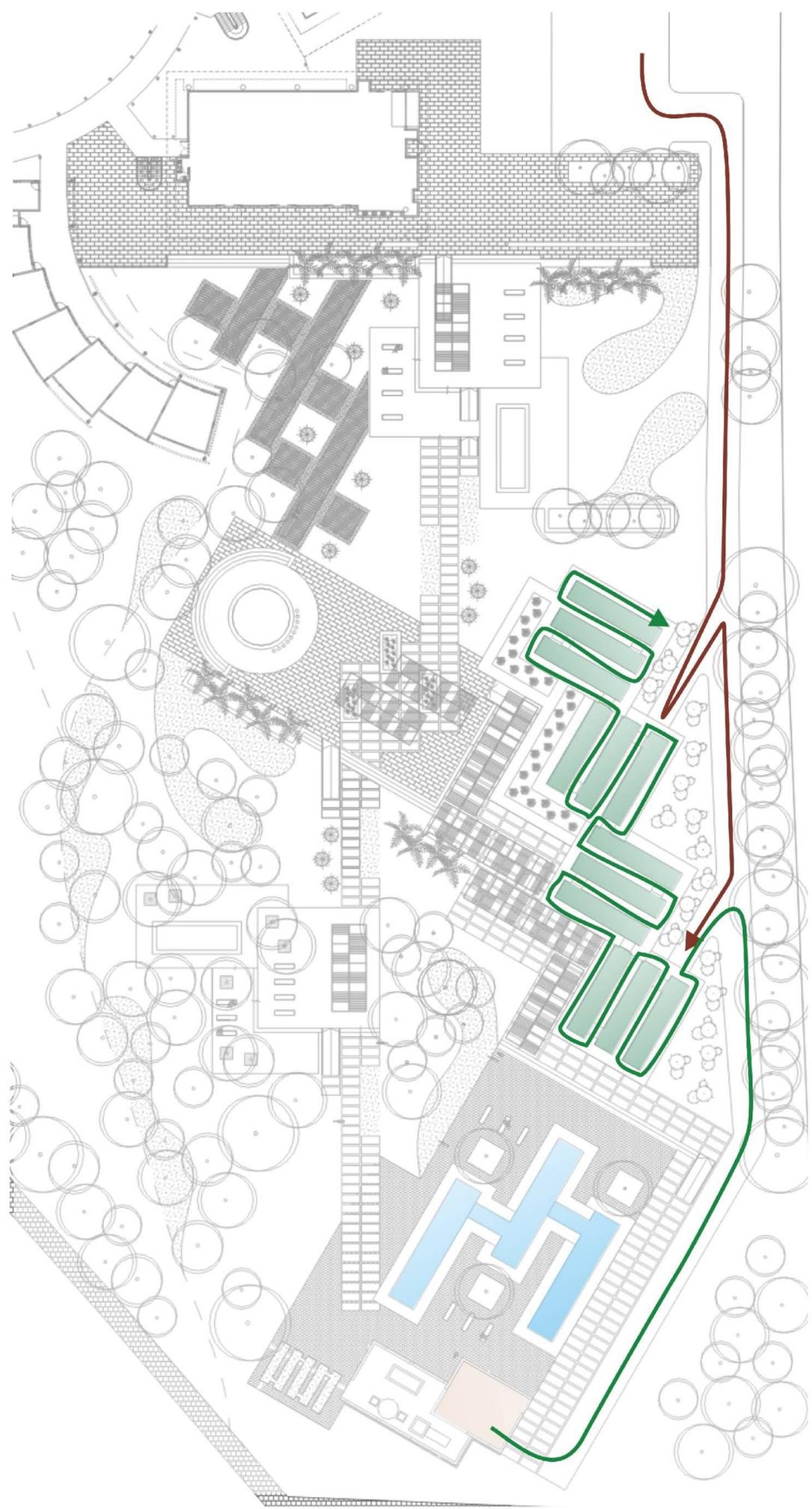
GEOTEXTIL + MEMBRANA IMPERMEABLE DE PEAD
(Polietileno de Alta Densidad) DE 1.5 mm

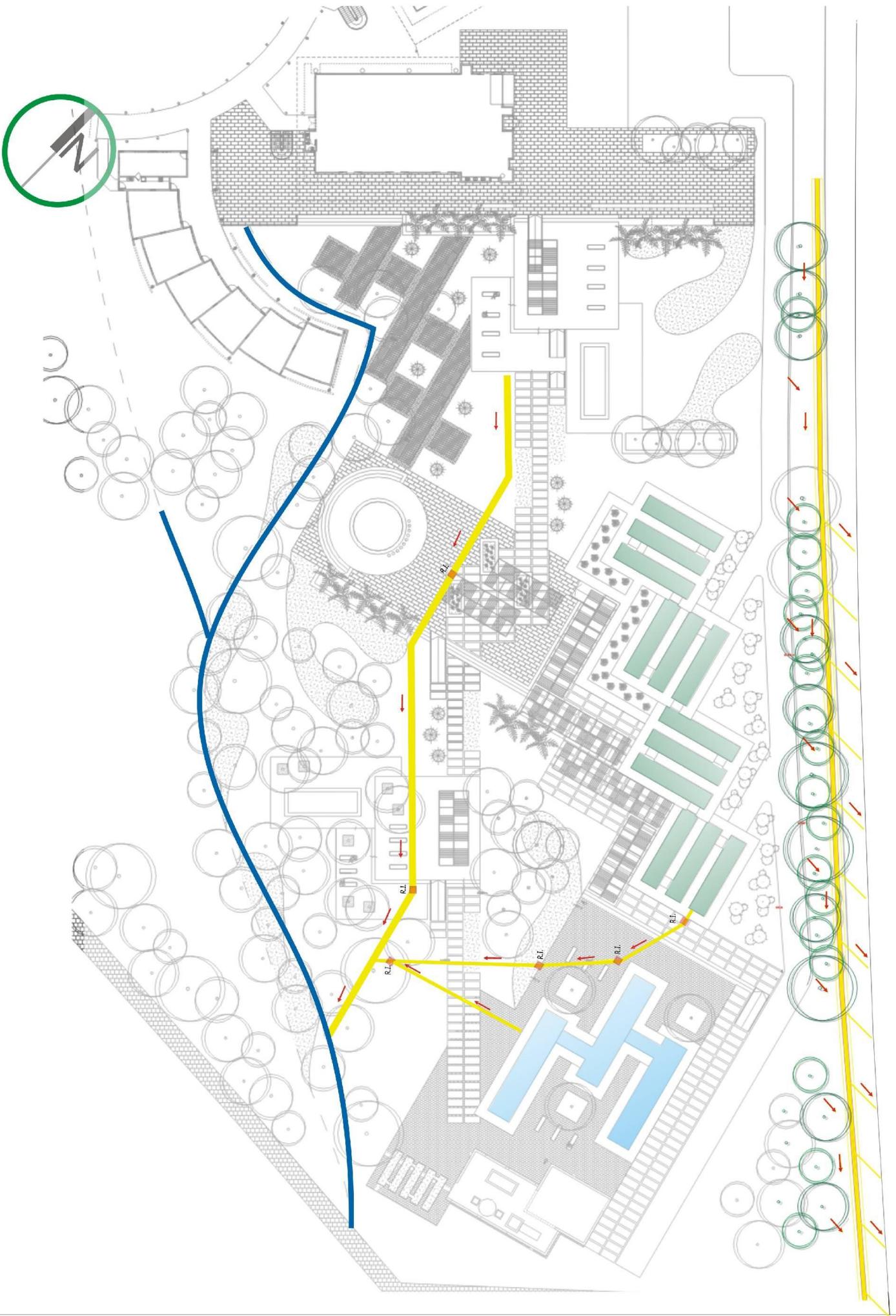
CAÑO DE PVC DE 100mm

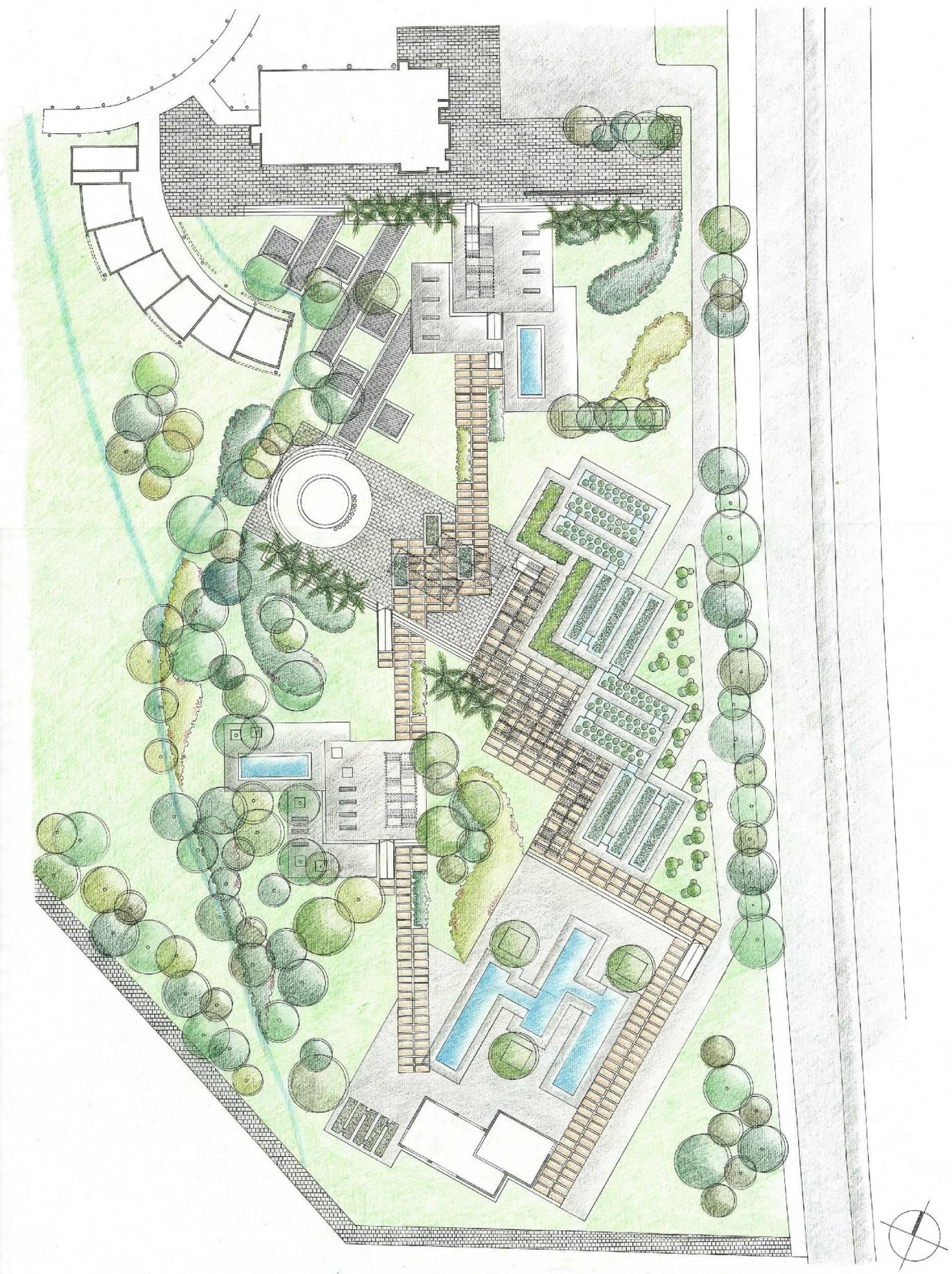




↑ RECORRIDO DE MANTENIMIENTO INTERNO MENSUAL
↑ RECORRIDO DE MANTENIMIENTO EXTERNO





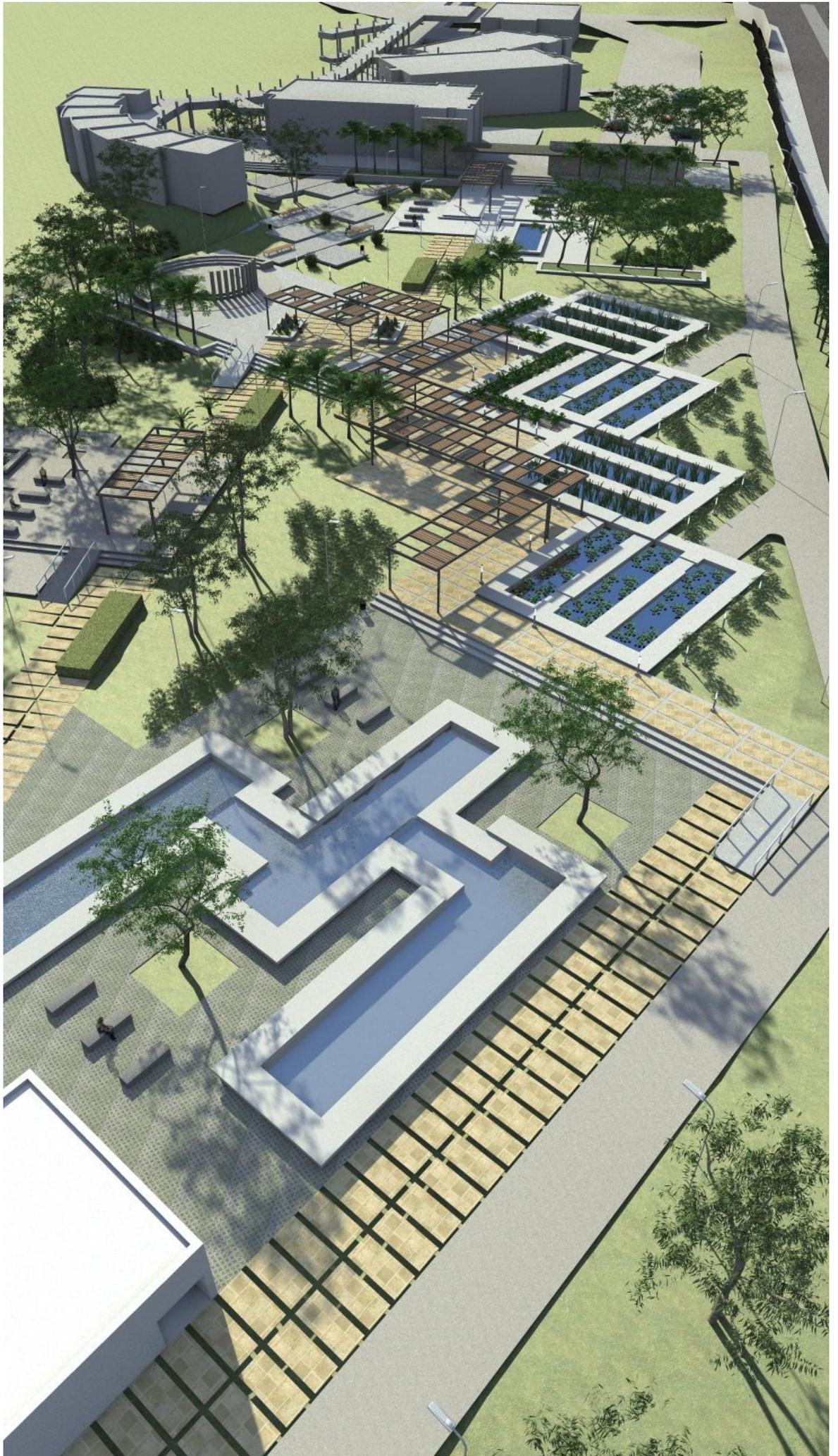


VISTAS



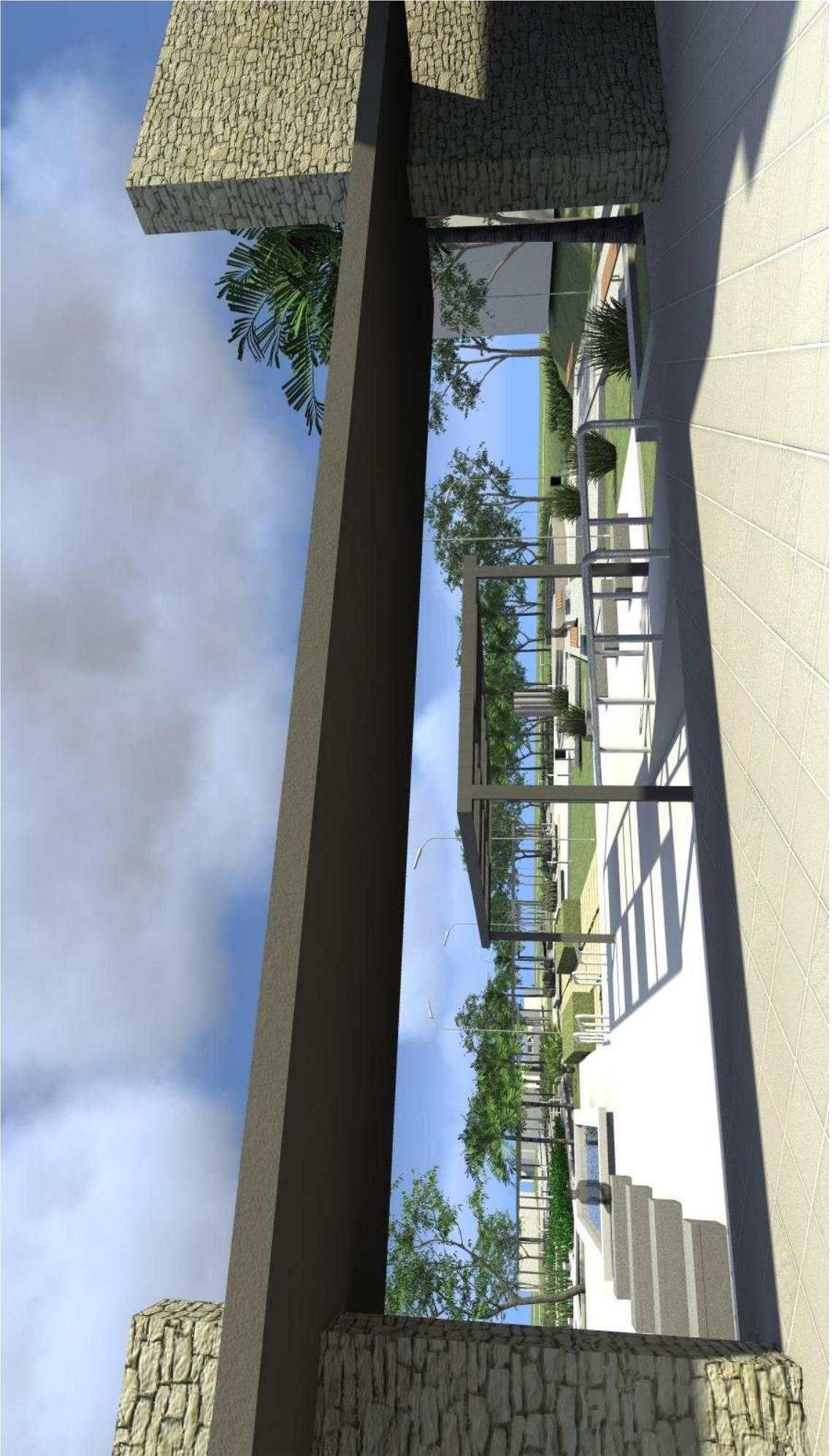


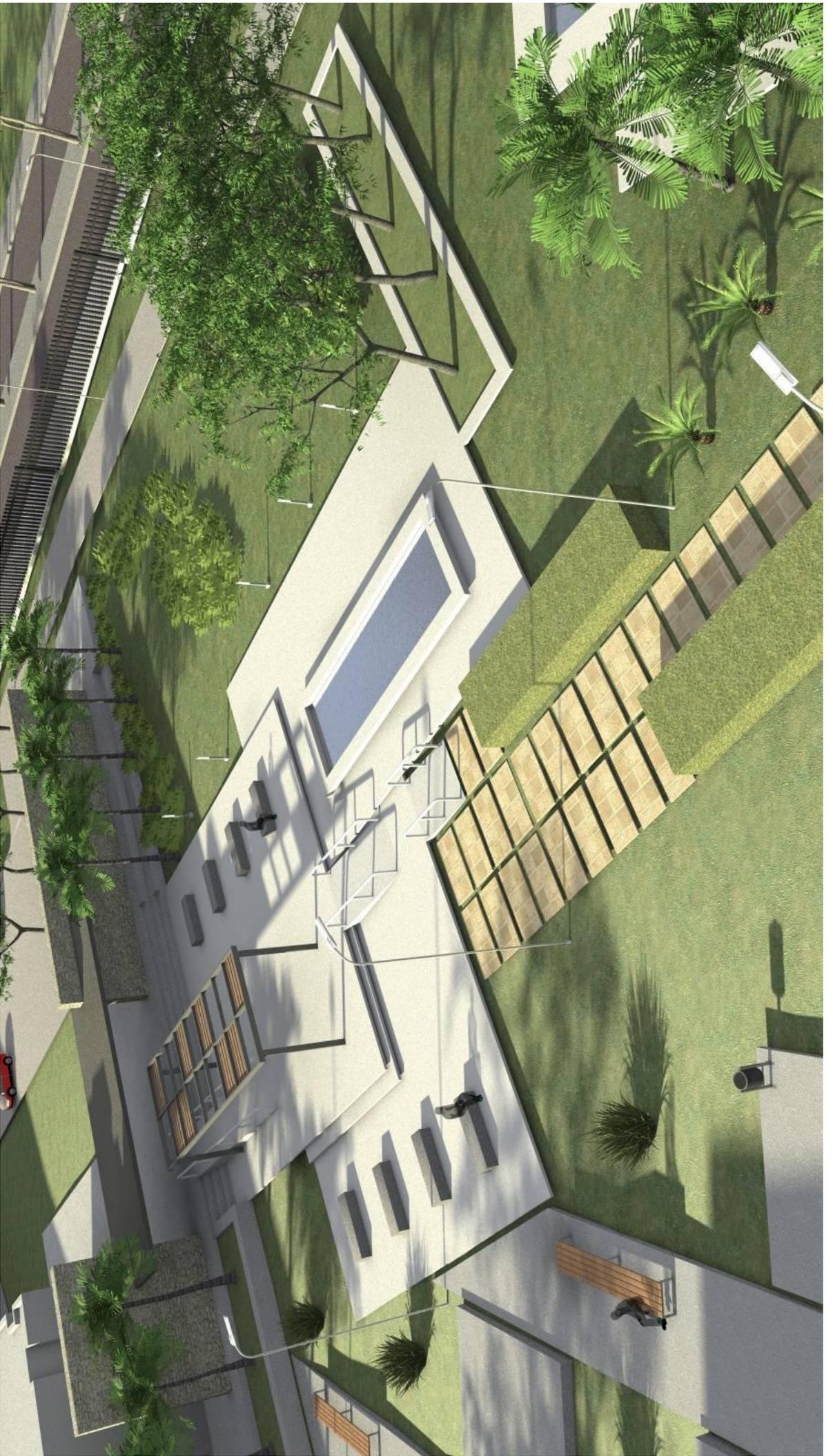










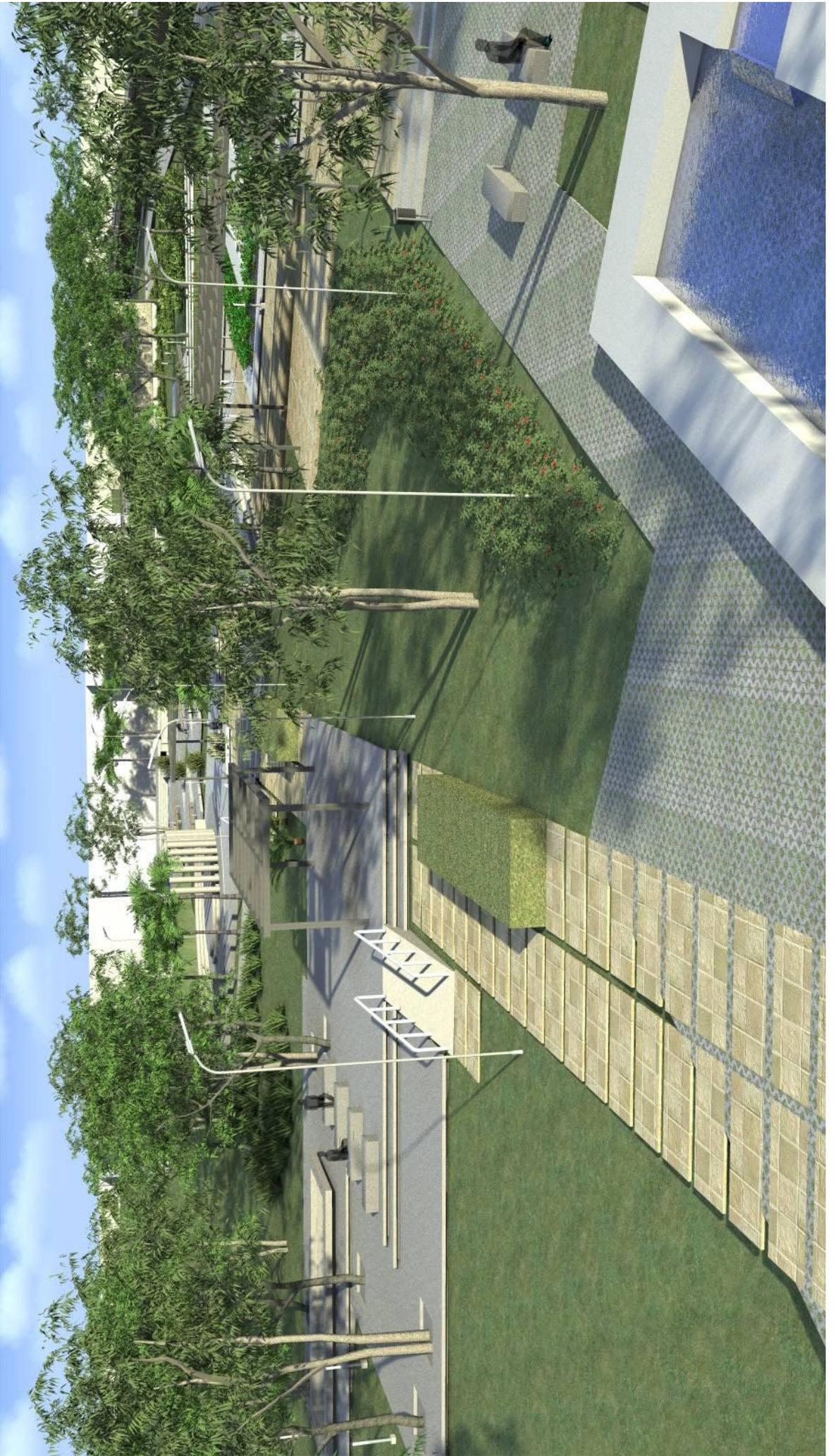
















ANEXO 01

PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS.

En un desarrollo gradual de sistemas de tratamiento se pueden considerar, como funciones iniciales y principales del tratamiento de aguas residuales los siguientes:

- Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de patógenos
- Remoción de nitrógeno y fosfato
- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, fenoles y pesticidas
- Remoción de metales pesados
- Remoción de sustancias orgánicas disueltas

“Los diferentes procesos interactúan entre sí en el tratamiento de los efluentes y son los siguientes:

1. Procesos Físicos:

- Remoción de sólidos gruesos
- Remoción de sólidos sedimentables
- Remoción de sólidos, flotantes o livianos (aceites, grasas)

2. Procesos Químicos:

- Floculación
- Precipitación química
- Cloración
- Corrección de PH

3. Procesos Biológicos:

Dependen de la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales:

-Digestión de lodos: aeróbicos, anaeróbicos, fosas sépticas.

-Oxidación biológica:

Aeróbicos: Lodos activados filtros biológicos.

Anaerobios: reactores de flujo ascendente.” (Ing. Samaniego, Luis. 2008).

El tratamiento Preliminar consiste en la remoción de sólidos gruesos, gorduras, grasas y arenas.

El tratamiento primario consiste en la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos, mediante sedimentación u otro medio, y constituye un método de preparación del agua para el tratamiento secundario. Por lo regular, el tratamiento primario remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y un 35 a 40% de la DBO.

El tratamiento secundario convencional se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye los procesos biológicos de lodos activos, sistemas de lagunas y otros.

El tratamiento terciario y avanzado supone la necesidad de remover nutrientes para mejorar la calidad de un efluente secundario con el fin de adecuar el agua para su reutilización o posterior vertido a un curso de agua.

ANEXO 02

NORMATIVA.

Resolución N° 222/02

**POR LA CUAL SE ESTABLECE EL PADRON DE CALIDAD DE LAS
AGUAS EN EL TERRITORIO NACIONAL**

Asunción, 22 de abril de 2002

VISTO: La necesidad de establecer, un padrón de calidad de agua esencial para la defensa de los niveles de calidad basados en parámetros e indicadores específicos, de modo de asegurar sus usos preponderantes, y

CONSIDERANDO: Que, la salud es el bienestar del ser humano, bien como equilibrio ecológico, no debe ser afectado como consecuencia del deterioro de la calidad de las aguas,

Que, los costos del control de la polución pueden ser mejor adecuados, cuando los niveles de calidad exigidos para un determinado cuerpo de agua o sus diferentes trechos, están de acuerdo con los usos que se pretende dar a los mismos.

Que, la clasificación de los cuerpos de aguas debe ser compatible fundamentalmente, los niveles de calidad que deberían de poseer para atender las necesidades de la comunidad.

Que, la necesidad de crear instrumentos para evaluar la evolución de la calidad de las aguas, con relación a los niveles establecidos en la clasificación, de forma a facilitar los controles de metas fijando atender gradualmente los objetivos permanentes.

Que, el desarrollo industrial y usos de defensivos agrícolas que pueden encontrarse actualmente en el país.

Que la necesidad de reformular, periódicamente, el padrón de calidad de agua, de acuerdo con la evolución industrial y tecnológica bien como socioeconómica;

Que de conformidad al Art. 18 cinc. g) de la Ley 1561/00, es atribución del Secretario Ejecutivo dictar todas las Resoluciones que sean necesarias para la consecución de los fines de la Secretaria, pudiendo establecer los reglamentos internos necesarios para su funcionamiento.

POR TANTO, en uso de sus atribuciones

EL SECRETARIO EJECUTIVO DE LA SECRETARIA DEL AMBIENTE

RESUELVE

Art. 1º: Son clasificadas, según sus usos preponderantes, en 4 clases del Territorio Nacional.

1 Clase 1- Aguas destinadas:

- a) Los abastecimientos domésticos después del tratamiento simplificado;
- b) La protección de las comunidades acuáticas
- c) Las recreaciones de contacto primario (natación, esquí-acuático)
- d) La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas, las frutas que crecen en los suelos y que sean ingeridas crudas sin la remoción de la película.
- e) La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana.

2 Clase 2- Aguas destinadas:

- a) Para abastecimiento doméstico después de los tratamientos convencionales:
- b) Para protección de las comunidades acuáticas
- c) Para recreación de contacto primario (esquí acuático, natación)
- d) La irrigación de hortalizas que son consumidas crudas, las frutas que crecen en los suelos y que sean ingeridas crudas sin la remoción de la película.
- e) La cría natural y/o intensiva (acuicultura), de especies destinadas para la alimentación humana.

3 Clase 3- Aguas destinadas

- a) En abastecimiento domestico, después del tratamiento especial
- b) Para irrigación arbórea, jardín y forrajearas.
- c) Para recreación de contacto secundario

4 Clase 4- Aguas destinadas

- a) Para la navegación
- b) Para la armonía paisajística
- c) Para los usos menos exigentes

Parágrafo único

Los niveles de tratamiento que fueron indicados anteriormente, para abastecimiento público representan:

- I. Tratamiento simplificado, cloración y/o filtración
- II. Tratamiento convencional; coagulación, decantación, filtración o cloración.
- III. Tratamiento especial, tratamiento convencional + ozonización, aplicación de carbón activado y otros procesos para poder garantizar la calidad de las aguas para abastecimiento publico.

Art. 2º: Para agua de Clase 1, son establecidos los límites y/o condiciones siguientes:

- a) Materias fluctuantes, inclusive espumas no naturales; virtualmente ausentes;
- b) Aceites y Grasas: virtualmente ausentes
- c) Sustancias que comuniquen sabor y olor
- d) Colorantes artificiales: virtualmente ausentes
- e) Sustancias que formen depósitos objetables: virtualmente ausentes
- f) Coliformes: Para el uso de recreación de contacto primario, se tendrá en cuenta lo establecido en el Art. 6 de esta resolución. Las aguas utilizadas para la irrigación de hortalizas o plantas fructíferas que se manejan en el suelo y que son consumidas crudas, sin remoción de las cáscaras o la película, no deben ser poluidas por excrementos humanos, atendiendo a la necesidad de una inspección sanitaria periódica.

Para los demás usos, no deberán ser excedidos en el límite de 200 coliformes fecales por 100 ml. En 80 % o más de por lo menos 5 muestras mensuales recolectando en cualquier mes:

- g) DBO: hasta 3 mg/l
- h) OD: en cualquier muestra, no inferior a 6 mg/l
- i) Turbidez: hasta 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT)
- j) Color: hasta 15 mgPt/l
- k) Ph: 6,0-9,0
- l) Sustancias potencialmente perjudiciales (tenores máximos permisibles):

Inorgánicos (mg/l)

Aluminio 0,2 Al
Amonio no ionizable 0,02 NH₃
Cloratos 250 CL
Hierro Soluble 0,3 Fe
Sólido disuelto total 0,025 P
Nitrógeno Total 0,30 N
Sulfatos 250 S₀₄
Nitrato 10 N
Nitrito 1,0 N
Sodio 200 Na
Dureza 300 Ca
Selenio 0,01 Se
Manganeso 0,1 Mn
Bario 2,0 Ba
Arsénico 0,01 As
Cianatos (como cianato libre) 0,2 CN
Plomo 0,01 Pb
Cadmio 0,001 Cd

Cobre1,0 Cu
Cromo trivalente0,5 Cr
Cromo hexavalente0,05 Cr
Estaño2,0 Sn

Mercurio inorgánico0,002 Hg
Mercurio orgánicocero
Niquel0,025 Ni
Zinc3,0 Zn

Compuestos Orgánicos (mg/l)

Diquat0,02
Antracina0,003
2,4 D0, 03
Glifozato0,7
Alaclorcero
Trifluralina0,02
Propanil0,02
Picloran0,5
Bentazón 0,03
Carbofuran0,04
Endosulfan0,056
Enithothion0,003
DDVP (dicholorvos)0,01
Diazion0,005
Simazina0,004
Chlordanecero
DDT0,002
Endrin0,002
Heptaclorcero
Lindano (BHC)0,0002
Methoxyclor0,04
Dioxina (2,3,7,8-TCDD)cero
PCBs (bifenil policlorados)cero
Benzo (a) pireno0,0007
Etilbenzenocero
Tricloroetileno cero
Trihalometano total (TTHMs) 0,1
Micocistina LR0,001

Art. 3° Para las aguas de Clase 2, son establecidos los mismos límites en las condiciones de Clase 1, a excepción de las siguientes condiciones

- a) No será permitida la presencia de colorantes artificiales que no sean removidos por procesos de coagulación, sedimentación y filtración convencional
- b) Coniformes para uso de recreación de contacto primario deberá ser cumplido con el Art. 6 de esta resolución. Para los demás usos, no deberá ser excedido en el límite de 1000 coliformes por 100 ml en 80 % o más de por lo menos 5 muestras mensuales,
- c) Color: hasta 75 Pt/l

- d) Turbidez: hasta 100 UNT
- e) DBO 5d 20° C hasta 5 mg/l
- f) OD, en cualquier muestra: no inferior a 5 mg/l O₂

- g) Fosforo Total o Nitrógeno Total: respectivamente hasta 0,05 mg/l e 0,6 mg/l

Art. 4°: Para las aguas de Clase 3 son establecidos los limites en las siguientes condiciones.

- a) número de coniformes fecales: hasta 4000, por 100 ml en 80 % en las muestras
- b) DBO 5d e 20°C hasta 10 mg/l
- c) OD, en cualquier, no inferior a 4 mg/l
- d) Turbidez: hasta 100 UTN
- e) Color: hasta 75 mg/l
- f) Ph: 6,0 a 9,0
- g) Substancias potencialmente perjudiciales (tenores máximos permisibles)

Aluminio 0,2 Al
 Cloratos 250 CL
 Hierro Soluble 0,3 Fe
 Sólido disuelto total 500
 Sulfatos 250 S₀₄
 Nitrato 10 N
 Nitrito 10 N
 Sodio 200 Na
 Dureza 300 Ca
 Selenio 0,01 Se
 Manganeso 0,1 Mn
 Bario 1,0 Ba
 Arsénico 0,05 As
 Cianatos (como cianato libre) 0,2 CN
 Plomo 0,03 Pb
 Cadmio 0,001 Cd
 Cobre 1,0 Cu
 Cromo trivalente 0,5 Cr
 Cromo hexavalente 0,05 Cr
 Estaño 2,0 Sn
 Mercurio inorgánico 0,002 Hg
 Niquel 0,002 Ni
 Zinc 3,0 Zn
 Na 200 Na

Compuestos Orgánicos (mg/l)
 Dioxina (2,3,7,8 –TCDD) cero
 Bifenil Policlorados (PCBs) cero
 Benzo (a) pireno 0,0007
 Tri-cloroetilenocero
 Etil- benzenocero

Art. 5: Para aguas de Clase 4, son establecidos los limites en las condiciones siguientes

- a) Materias fluctuantes, inclusive espumas no naturales: virtualmente ausentes
- b) Color y aspecto: no objetables
- c) Aceites y grasas; se toleran trazas
- d) Substancias fácilmente sedimentables que contribuyan la colmatación e impidan la libre navegación : virtualmente ausentes
- e) Índice de fenoles; hasta 1 mg/l
- f) OD: superior a 2 mg/l
- g) Ph 6-9

Art. 6° Las aguas destinadas a usos de recreación de contacto primario, serán encuadradas y tendrán su condición avaladas en Excelentes, Muy Buena, Satisfactoria, No apta de la siguiente forma.

- a) Excelente: Cuando en 80 % o mas de un conjunto de muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas, la presencia de coniformes fecales es nulo.
- b) Muy buena; Cuando en 80% o mas de u conjunto de muestras obtenidas en cada una de las 5 semanas, hubiera, en un máximo de 250 coliformes fecales por 100 ml.
- c) Satisfactorias: Cuando en 80% o mas de un conjunto de muestras en cada una de las 5 semanas, hubiera, en un máximo 1000 coliformes fecales por 100 ml.
- d) No Apta: Cuando ocurriera, cualquier de las circunstancias:
 - El padrón de ninguna de las categorías citadas anteriormente
 - Si ocurriera en la región incidencia relativamente elevada o anormal de enfermedades transmisibles por vía hídrica, a criterio de las autoridades.
 - Señales de polución por aguas negras y otros residuos, perceptibles organolepticamente.
 - Presencia en las aguas, de moluscos transmisores potenciales de equistomiasis
 - Presencia en las aguas, de parásitos e insectos vectores de dolencias transmisibles.

Art. 7° Los efluentes de cualquier fuente poluidora solamente podrán ser alcanzados, directa e indirectamente, en los cuerpos de las aguas obedeciendo las siguientes condiciones y los criterios establecidos en la clasificación del cuerpo receptor

- a) ph entre 5 a 9
- b) DBO 5d 20° C, inferior a 50 mg/l
- c) DQO, inferior a 150 mg/l
- d) Temperatura, inferior a 40° C, siendo que elevación de temperatura del cuerpo receptor no deberá exceder a 3 °C
- e) Materias sedimentables, hasta 1 ml/l en test de 1 hora como Imhoff

- f) régimen de lanzamiento con caudal máximo de hasta 1,5 veces a razón media del periodo crítico
- g) Aceites y grasas
 - aceites minerales hasta 20 mg/l
 - aceites vegetales e grasas animal hasta 50 mg/l
- h) ausencia de materias flotantes
- i) valores máximos admisibles en las siguientes sustancias (mg/l)
 - Amonia 5,0 N
 - Arsénico 0,5 As
 - Bario 5,0 Ba
 - Boro 5,0 Bo
 - Cadmio 0,2 Cd
 - Cianatos 0,2 CN
 - Plomo 0,5 Pb
 - Cobre 1,0
 - Cromo Hexavalente 0,5 Cr
 - Cromo Trivalente 2,0 Cr
 - Estaño 4,0 Sn
 - Índice de Fenoles 0,5 C₆H₅OH
 - Hierro Soluble 15 mg/l Fe
 - Manganeseo soluble 1,0 Mn
 - Mercurio total 0,01 Hg
 - Niquel 2,0 Ni
 - Plata 0,1 Ag
 - Selenio 0,05 S
 - Sulfatos 0,05 Se
 - Zinc 5,0 Zn
 - Nitrogeno Total 40 N
 - Fosforo total 4 P
 - Coliformes fecales 4000 NMP/100ml

Compuestos xenobióticos que causan toxicidad según criterios de la SEAM: límites establecidos internacionalmente.

Art. 8° No será permitida la disolución de efluente industriales con aguas no poluidas.

Art. 9° Los efluentes deberán adecuar prioritariamente en los términos de esta resolución con relación a la característica del cuerpo receptor.

Párrafo único: Resguardados los padrones de calidad del cuerpo receptor, demostrando por estudio de auto depuración realizado por la entidad responsable, la SEAM podrá autorizar el vertido por encima de los límites establecidos en el Art. 7 dependiendo del tipo de tratamiento y las condiciones adecuadas para la operación.

Art. 10° Los padrones de las aguas establecidas en esta resolución constituyen los límites individuales para cada sustancia. Eventuales acciones cinegéticas entre las mismas, deben ser evaluadas a través de

bio-enayos y otros procesos que son capaces de detectar los efectos de estas acciones, dependiendo de la necesidad de esclarecer.

Art. 11° En función a la recomendación de la OMS (Organización Mundial de la Salud- 1999) sugiere la realización de riguroso acompañamiento del lago eutrofizado para la protección y salud de usuarios (balneabilidad y abastecimiento público) cuando pase el número de células de cianobacteria 100.000 por ml.

Art. 12° Los límites de DBO, establecidos para clase 2 y 3, podrán ser elevados, en caso de que se presente el estudio de capacidad de auto depuración del cuerpo receptor y se demuestre que los tenores mínimos de Oxígeno disuelto OD, previstos, no serán cumplidos en ningún punto del mismo, en las condiciones críticas del caudal Q 7.10

Art. 13° Colectas de muestras de agua y sus respectivos análisis deberán ser efectuadas, según las metodologías internacionalmente reconocidas, como por ejemplo, normas publicadas por la ISO (Internacional Standartization Organization) y el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater- APHA-AWWA-WPCF de la última edición)

Art. 14° Después de la publicación de esta reglamentación, los laboratorios competentes deberán ser adecuados, para atender a pleno la ejecución de los análisis y exámenes constantes en los padrones

Art. 15° En las aguas de clase I no serán tolerados lanzamiento de aguas residuales de origen doméstico e industriales bien como cualquier sustancia potencialmente tóxica.

Art. 16° En base a los usos y calidad fijada en los padrones de esta Resolución, la SEAM efectuara la clasificación de todos los sistemas hídricos del Territorio Nacional.

Art. 17° A fin de efectuar la clasificación y preservación de la calidad del agua compatible con las respectivas clases, serán realizadas monitoramientos en puntos escogidos estratégicamente y los resultados obtenidos serán publicados.

Art. 18° El cuerpo de agua conforme a su clasificación, que presenten condiciones en desacuerdo al padrón establecido, será objeto de disposiciones con plazos determinados fijando su recuperación para atender usos preponderantes de este recurso hídrico.

Art. 19° Los parámetros de calidad de las aguas y sus límites permisibles adoptados en esta Resolución deberán ser revisados periódicamente,

Art. 20° Comuníquese a quienes corresponda y cumplida archívese

EDMUNDO ROLON OSNAGHI
Secretario Ejecutivo, Ministro

Vacio

ANEXO 03

TIPOS DE SISTEMAS BLANDOS.

1.Lagunajes:

“Los lagunajes pueden ser sistemas naturales o artificiales en los que la depuración se produce en función de los tamaños y profundidades de las lagunas. En los sistemas naturales se utilizan lagunas existentes en la naturaleza para efectuar el vertido y, los artificiales, son lagunas construidas expresamente para la depuración de las aguas residuales específicas.

En función de la profundidad, las lagunas pueden ser:

- *Lagunas anaerobias:*

Son lagunas profundas, normalmente entre 2.5 y 6 m y por lo tanto predomina la fase anaerobia. Se utilizan normalmente como primera fase de un tratamiento de lagunaje con alta carga orgánica. El objetivo principal de estas lagunas es la reducción de la carga orgánica mediante digestión anaerobia.

El principal inconveniente reside en la producción de malos olores debido a la producción de ácido sulfhídrico principalmente.

- *Lagunas facultativas:*

Son lagunas con profundidad menor que las anaerobias, entre 1.2 y 2.5 m y tienen una zona aerobia en la parte superior y otra anaerobia en la inferior, con la facultativa en la zona inmediatamente inferior a la zona aerobia. En estas lagunas se pretende lograr una depuración importante del agua, no solo en cuanto a la DBO, sino también en cuanto a coliformes.

La depuración principal se consigue en estas lagunas por una acción combinada de las algas y las bacterias. Las algas producen oxígeno por fotosíntesis y las bacterias oxidan la materia orgánica.

- Laguna aerobias o de maduración:

Las lagunas aerobias o de maduración son lagunas poco profundas, entre 0.3 y 0.6 m que se sitúan después de otras lagunas de tratamientos y en las que se mantienen condiciones aerobias en todo el perfil de profundidad. Son lagunas en las que se producen los siguientes procesos de depuración:

- *Eliminación de patógenos*

Uno de los agentes que más contribuye a la eliminación de patógenos en estas lagunas es la radiación solar, principalmente por la acción de su componente ultravioleta sobre la superficie del agua, pero la acción microbicida global se debe a la actuación conjunta de varios factores entre los que cabe citar la temperatura y la sedimentación. Esta última incorpora al suelo agregados microbianos debido a que el peso específico de estos es mayor que el agua. En el fondo son eliminados por bacterias que viven en el fango. También son factores que ayudan a la eliminación de patógenos la salinidad, la concentración de oxígeno disuelto, el pH elevado, la disminución de nutrientes, los compuestos tóxicos segregados en la mayoría de los casos por las algas y la presencia de depredadores.

- *Reducción de nutrientes*

El descenso en la concentración de nutrientes en estas lagunas se realiza por el consumo que de ellos hace el fitoplancton, que está en continuo crecimiento por acción de la radiación solar que recibe.

- *Clarificación*

*Este efecto se consigue por la sedimentación de las algas, por la presencia de depredadores de algas, tales como la pulga de aguas (*Daphnia pulex*) y por el empobrecimiento del agua en nutrientes, que impide el crecimiento de nuevos microorganismos.*

- *Oxigenación del agua*

Ocurre por efecto de las algas durante el día y por difusión del oxígeno atmosférico de día y de noche. Esto hace al agua más apta para el vertido final.

2.Filtros Verdes.

Los Filtros Verdes son sistemas de aplicación al terreno, tienen muchas limitaciones, e incluso en algunos casos son contraproducentes, ya que contaminan los acuíferos.

Entre las limitaciones que pueden tener estos sistemas cabe citar:

- *Disponibilidad del terreno, que puede ser un factor limitante de diversa índole, como por ejemplo por topografía en cuanto a pendientes y erosionabilidad, por incompatibilidad con planes parciales de urbanismo.*
- *La climatología es un factor importante, debiéndose analizar los microclimas, las temperaturas, las precipitaciones, los vientos, la evaporación, etc.*
- *La hidrología puede ser un factor condicionante e incluso excluyente de algún sistema. La proximidad de cursos de agua superficiales o poco profundo, la existencia de acuíferos, mantos de agua, etc.*
- *Las características de las agua residuales, dependiendo sobre todo de la existencia de industrias que generen compuestos tóxico o metales pesados.*
- *La retención de bacterias y virus por el suelo, que es muy efectiva, sobre todo en cuanto a bacteria se refiere. En general, no se debe realizar cultivos para consumo humano.*

Los Filtros Verdes se clasifican en:

Riego sobre superficies herbáceas.

La aplicación se puede realizar mediante los procedimientos de aspersión, surco o gravedad, e inundación. La depuración del agua a tratar se consigue tanto en el paso del agua a través del suelo como por la absorción de las plantas, existiendo fenómenos de evapotranspiración, que eliminan parte del agua a la atmósfera.

Filtros verdes de especies leñosas.

Se utilizan especies de rápido crecimiento que están adaptadas a vivir en suelos húmedos o encharcados.

En este tipo de filtros, junto a la actividad depuradora, se busca el aspecto de rentabilidad de la producción ya sea como madera o como simple biomasa con fines energéticos.

Escorrentía sobre cubierta vegetal.

La aplicación se realiza mediante sistemas de aspersión fijos. La depuración del agua se produce mediante sistemas físicos, químicos y biológicos al discurrir la misma a través de la vegetación, a lo largo de una pendiente. Son necesarios terrenos poco permeables, con una capa superficial de unos 20 cm de suelo de buena calidad agronómica. No es necesaria una profundidad de suelo determinada.

La depuración se consigue por efecto de la asimilación de los vegetales, y por evapotranspiración, principalmente. En menor medida se debe a infiltración en el terreno, debido a su baja permeabilidad.

Entre las ventajas que presenta este sistema cabe citar el bajo coste de instalación y entre los inconvenientes la necesidad de ocupar abundante terreno y los riesgos sanitarios que comporta, tales como el peligro de consumir productos vegetales, la contaminación de acuíferos y toda una serie

de aspectos no gratos tales como presencia de moscas y mosquitos y generación de malos olores.

Infiltración.

La aplicación se puede realizar por medio de diversos sistemas de riego tales como aspersión, surco o gravedad, o inundación, siendo los más idóneos, en cuanto a nivel de resultados, los dos últimos y de ambos el de inundación.

La depuración se consigue mediante procesos biológicos, físicos y químicos a los que se somete el agua en la filtración a través del terreno.

Son necesarios terrenos permeables y profundos, recomendándose espesores superiores a los 5 m.

En todo caso este sistema es muy peligroso cuando se tienen acuíferos por debajo, ya que la contaminación de los mismos es muy probable, por lo que en este caso no se deben de emplear. Este sistema ha sido tradicionalmente empleado para la recarga de acuíferos, pero está en total desuso.

3.Humedales:

Uno de los rasgos más característicos de la vegetación de los humedales es su adaptación a vivir con una fuerte limitación de la disponibilidad del oxígeno en el suelo, es decir, en condiciones de anaerobiosis que normalmente no soportan las plantas terrestres.

Tienen un importante papel como depuradoras naturales, contribuyendo al mantenimiento de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales. A este respecto es importante destacar que del estudio de su dinámica y actuación se derivan los denominados sistemas blandos de depuración de aguas residuales (lagunaje y humedales artificiales), que en definitiva son sistemas desarrollados por el hombre en los que se imita la dinámica depuradora de los humedales naturales, pero con una mayor velocidad que la que se produce en los humedales naturales.

El aprovechamiento de humedales naturales para el tratamiento de aguas residuales está totalmente desaconsejado, ya que supone un grave impacto medioambiental y la posibilidad de contaminar los acuíferos y ecosistemas circundantes". (Fernandez, J. Manual de Fitodepuración).

LOS HUMEDALES ARTIFICIALES.

Su diseño es muy variado, pero siempre incluye canalizaciones, aislamiento del suelo para evitar el paso de la contaminación a los ecosistemas naturales circundantes y el control del flujo del efluente en cuanto a su dirección, flujo, tiempo de retención, y nivel del agua.

En relación con otros sistemas de depuración tecnológicos, los humedales artificiales tienen las ventajas de bajo coste, mantenimiento sencillo, eficaz capacidad depuradora de aguas residuales con contaminación principalmente orgánica, y bajo impacto visual de las instalaciones, porque la vegetación proporciona una apariencia natural.

"El tratamiento de aguas residuales para depuración se realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución o destino final". (Delgadillo, O. 2010).

"La selección de las especies vegetales se debe realizar de acuerdo a la adaptabilidad de las mismas al clima local, su capacidad de transportar oxígeno desde las hojas hasta la raíz, su tolerancia a concentraciones elevadas de contaminantes, su capacidad asimiladora de los mismos, su tolerancia a condiciones climáticas diversas, su resistencia a insectos y enfermedades y su facilidad de manejo. Las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- *Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizosfera.*
- *Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).*

- *Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.*
- *Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular”. (Fernández, J. Manual de Fitodepuración).*

“Los humedales artificiales se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales tales como:

- *Aguas domésticas y urbanas*
- *Aguas industriales, incluyendo fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías y mataderos entre otros.*
- *Aguas de drenaje y extracciones mineras.*
- *Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana.*

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción y reacciones química. El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica.

Los humedales tienen tres funciones básicas que les confieren atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales: fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento”. (Delgadillo, O. 2010).

Clasificación de los humedales artificiales.

“Considerando la forma de vida de las macrofitas, los humedales artificiales pueden ser clasificados en:

- *Sistemas de tratamiento basados en macrofitas de hojas flotantes:* principalmente angiospermas sobre suelos anegados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos. El Jacinto de agua y la lenteja de agua son las especies más utilizadas para este sistema.
- *Sistemas de tratamiento basados en macrofitas sumergidas:* comprenden algunos helechos, numerosos musgos y carófitas y muchas angiospermas. Se encuentran en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares solo viven hasta los 10 metros de profundidad aproximadamente. Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos.
- *Sistemas de tratamiento basados en macrofitas enraizadas emergentes:* en suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos”. (Delgadillo, O. 2010).

Clasificación de los humedales basados en macrofitas enraizadas emergentes.

1. Humedales Artificiales de Flujo Superficial.

Estos tienen una apariencia similar a los humedales naturales. El sistema está diseñado de modo que se creen los ambientes adecuados para diferentes tipos de plantas, a partir de aquellas acuáticas que viven sumergidas hasta aquellas flotantes.

“La elección de las especie vegetales viene efectuada siguiendo una serie de criterios a modo de reproducir en la forma más fiel la biodiversidad presente en una zona húmeda natural para garantizar el máximo poder depurativo”. (Pucci, B. Constructed Wetlands).

Las plantas oxigenan el agua donde se encuentran y absorben las sustancias nutritivas presentes (fosfatos, nitratos, etc) y necesarias para su crecimiento. Todas las plantas representan un sustrato idóneo para el desarrollo de microorganismos importantes para los procesos depurativos propios de las áreas húmedas naturales.

Para estos humedales se construyen canales o estanques con paredes ataludadas, en donde éstas y el recubrimiento inferior son estancos (materiales impermeables), canalizaciones de entrada y salida del agua residual, estructuras o dispositivos de control del flujo, y alternancia de áreas con y sin vegetación acuática.

Como ocurre en los humedales naturales, hay una combinación de espacios con la lámina de agua a la vista y otros con cobertura total por vegetación acuática (hidrofitos), generalmente con dominancia de macrofitas emergentes (helofitas) enraizadas en el sustrato que se haya dispuesto en el fondo del canal o estanque; también pueden incorporar especies acuáticas flotantes, y especies vegetales sumergidas.

“En estos sistemas el sustrato en que están enraizadas las plantas tiene una baja conductividad y no permite un flujo significativo a través de la zona radicular. La eliminación de contaminantes se produce a través de reacciones que tienen lugar en el agua y en la zona superior del sustrato, por lo que su potencial de eliminación se ve fuertemente restringido”. (Fernandez, J. Manual de Fitodepuración).

“En términos de paisaje, este sistema es bastante recomendable por su capacidad de albergar distintas especies de peces, anfibios, aves, etc. Pueden constituirse en lugares turísticos e insertarse perfectamente en el ambiente”. (Delgadillo, O. 2010).

2. Humedales Artificiales de Flujo Sub-Superficial.

“Los humedales artificiales de flujo sub-superficial están constituidos básicamente por cuatro elementos: agua residual, sustrato, vegetación y

microorganismos". (Delgadillo, O. 2010). Se diseñan a modo de estanques con paredes y base estancas y las debidas canalizaciones y dispositivos de control de flujo.

"Durante el paso del agua residual a través del sistema radicular de las plantas, la materia orgánica se descompone biológicamente, el nitrógeno puede ser desnitrificado y el fósforo y los metales pesados son fijados en el suelo. Las plantas tienen dos importantes funciones en este proceso: suministrar oxígeno a los microorganismos en la rizosfera e incrementar y estabilizar la conductividad hidráulica del suelo.

El principal inconveniente de este tipo de sistemas es la colmatación de los espacios libres del lecho a causa del gran crecimiento de las raíces y rizomas de las macrofitas, lo que puede llegar a establecer caminos preferenciales para el agua, con lo que se reduce el tiempo de retención y por lo tanto, la capacidad de depuración del filtro." (Fernández J. Manual de Fitodepuración).

Estos humedales pueden ser de dos tipos en función de la forma de aplicación del agua al sistema:

- **Humedales Sub-Superficiales de Flujo Horizontal.**

Estos sistemas pueden eliminar hasta el 99% de la carga bacteriana y en particular de las bacterias patógenas. Además de eso, las plantas absorben los metales presentes en el líquido a tratar, mientras que los materiales inertes del sustrato permiten la remoción del fósforo por absorción.

"El agua residual no ingresa directamente al medio granular principal (cuerpo), sino que existe una zona de amortiguación generalmente formada por grava de mayor tamaño.

Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo.

El sistema de recogida consiste en un tubo de drenaje cribado, rodeado con grava de igual tamaño que la utilizada al inicio. El diámetro de la grava de ingreso y salida oscila entre 50 mm a 100 mm.

La zona de plantación está constituida por grava fina de un solo diámetro, entre 3 mm a 32 mm.

Es fundamental que el agua residual que ingresa al sistema se mantenga a un nivel inferior a la superficie (5 a 10 cm), lo cual se logra regulando el nivel del dispositivo de salida en función a este requerimiento". (Delgadillo O. 2010).

ANEXO 04

OTRAS APLICACIONES DE LOS FILTROS DE MACROFITAS EN
FLOTACIÓN.

1. Sistemas de Fitodepuración prefabricados.

La principal característica de los sistemas de depuración de flujo sub-superficial es la ausencia de contacto del agua con el aire lo que evita la presencia de malos olores e insectos. De esta forma es posible su ubicación muy cerca de viviendas y núcleos urbanos, creando así una zona verde particularmente apreciada desde el punto de vista estético y medioambiental.

• Sistema Compacto

“Es un sistema prefabricado de fácil instalación y bajo coste pensado para viviendas unifamiliares o pequeños hoteles. Este sistema permite la reutilización del agua para riego del jardín con el ahorro de agua que ello conlleva en la vivienda.

Como primer pre tratamiento se sitúa un tanque de tamizado específico para retener los sólidos gruesos y no biodegradables. La particular forma de este tanque permitirá además retener las grasas, las espumas y las sustancias sólidas flotantes.

Posteriormente como tratamiento primario, antes del proceso de fitodepuración, se instalará una fosa séptica específica de dos compartimientos; sedimentación y clarificación.

La fosa séptica, correctamente dimensionada, tendrá la función de sedimentar la mayor parte de los sólidos suspendidos presentes en el agua (aproximadamente el 80%), clarificando así el flujo de salida. Además la particular forma de esta fosa séptica permitirá atrapar las grasas, espumas y sólidos flotantes que no hayan sido retenidos por el tanque de tamizado.

A continuación se instalará una balsa de fitodepuración prefabricada, de forma cilíndrica y con capacidad suficiente para permitir la depuración del caudal de aguas residuales generadas. La balsa estará fabricada en PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) y contendrá un lecho filtrante de relleno compuesto por cuerpos esféricos de polipropileno isostático antiácido.

En la superficie de la balsa se plantarán plantas específicas y posiblemente autóctonas para favorecer su aclimatación. A la salida de la balsa se instala un tanque de regulación del nivel del agua del interior de la balsa y de toma de muestras.

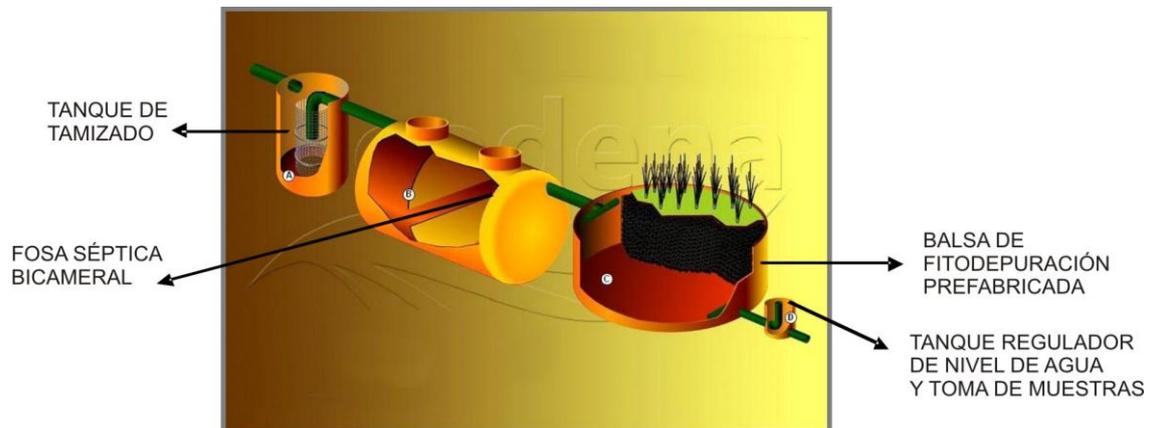


Imagen 3.1

Fuente: www.urbanarbolismo.es

Mantenimiento.

La limpieza manual de la rejilla del tanque de tamizado depende de la cantidad de materiales no biodegradables presentes en las aguas residuales y en condiciones normales es de dos a cuatro veces por año. El vaciado de la fosa séptica, suele realizarse una vez al año. Esta operación tiene que ser efectuada por una empresa gestora autorizada. La balsa de fitodepuración no suele necesitar operaciones de mantenimiento, únicamente es necesario controlar y regular el sistema de reparto de la tubería de entrada y limpiar las toberas de distribución en caso de atasco. Cada 2 o 3 años (según su altura) puede realizarse un corte de las plantas a unos 30 cm de la superficie de la balsa. Este sistema no tiene ningún coste de energía eléctrica". (www.urbanarbolismo.es).

- **Sistema de Fitodepuración y reutilización.**

“La fitodepuración es un excelente proceso depurativo natural y está especialmente indicado para viviendas, urbanizaciones de vacaciones, actividades estacionales, pequeñas poblaciones o comunidades, etc.

A diferencia del sistema compacto este sistema puede adaptarse a cualquier tamaño, forma, necesidades o integración paisajística.

La fitodepuración puede ser utilizada como proceso depurativo completo o como sistema terciario para otros tratamientos (fangos activos, filtros biológicos etc.). Este sistema permite la reutilización del agua para riego del jardín con el ahorro de agua que ello conlleva en la vivienda.

Este sistema de fitodepuración está compuesto de una fosa séptica bicameral o tanque Imhoff para el tratamiento primario, balsa de fitodepuración y tanque de nivel, toma de muestras y vertido”. (www.urbanarbolismo.es).

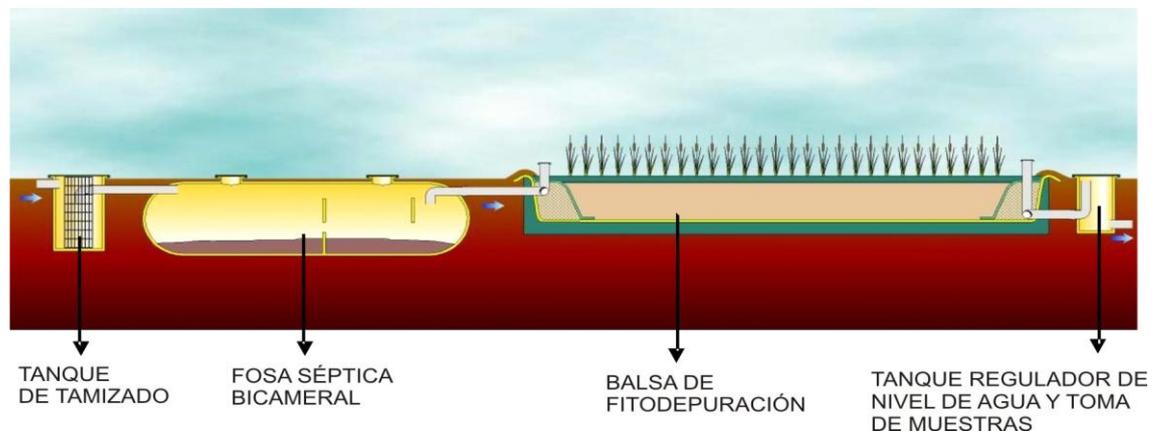


Imagen 3.2

Fuente: www.urbanarbolismo.es

• **Sistemas de Evapotranspiración.**

“La evapotranspiración es un proceso depurativo natural de aguas residuales prácticamente idéntico al de fitodepuración. La única diferencia es que, mientras en la fitodepuración tenemos un vertido del agua depurada, en los tratamientos de evapotranspiración, el agua es recirculada al comienzo del sistema.

De esta forma se puede conseguir una completa evaporación del agua tratada, gracias al poder de evaporación de las plantas y del sol. Este sistema es muy efectivo en zonas cálidas, de poca pluviosidad y durante la estación de verano.

Su aplicación es particularmente interesante en aquellas zonas donde no es posible el vertido del agua tratada por diferentes motivos (falta de cuerpos hídricos receptores, terreno impermeable, etc.).

La evapotranspiración reúne todas las ventajas de la fitodepuración; la única desventaja es la necesidad de un sistema de bombeo para la recirculación del agua. Aún así el consumo de energía eléctrica es muy bajo, debido a la utilización de bombas de bajo consumo y a su arranque discontinuo mandado por sondas de medición del nivel del agua.

La evapotranspiración es un excelente proceso depurativo natural y tiene mucho futuro como sistema para viviendas y urbanizaciones de vacaciones, actividades estacionales, pequeños pueblos etc., donde no sea posible el vertido del agua depurada.

La instalación del sistema de evapotranspiración consiste en una fosa séptica bicameral o tanque Imhoff para el tratamiento primario, tanque de reparto para el agua recirculada, balsa de evapotranspiración prefabricada en vitroresina, y tanque de recogida, bombeo y recirculación, además del material filtrante y de las plantas específicas”. (www.urbanarbolismo.es).

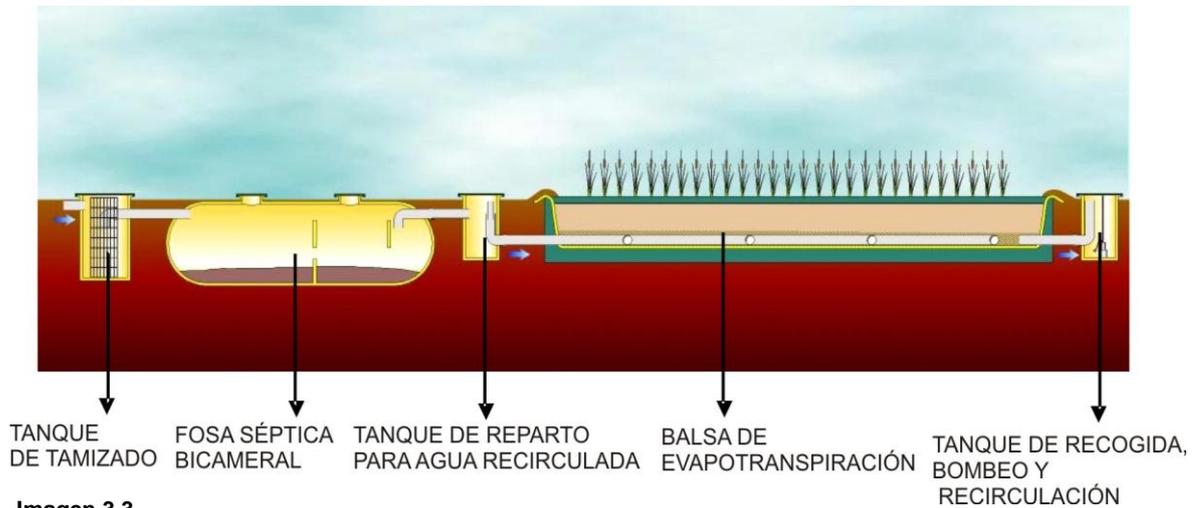


Imagen 3.3
Fuente: www.urbanarbolismo.es

2. Cubiertas Planas Fitodepuradoras.

Actualmente se están desarrollando estudios sobre propuestas de aprovechamiento de los espacios de las áreas de cubiertas de las edificaciones urbanas para la localización de instalaciones controladas de fitodepuración.

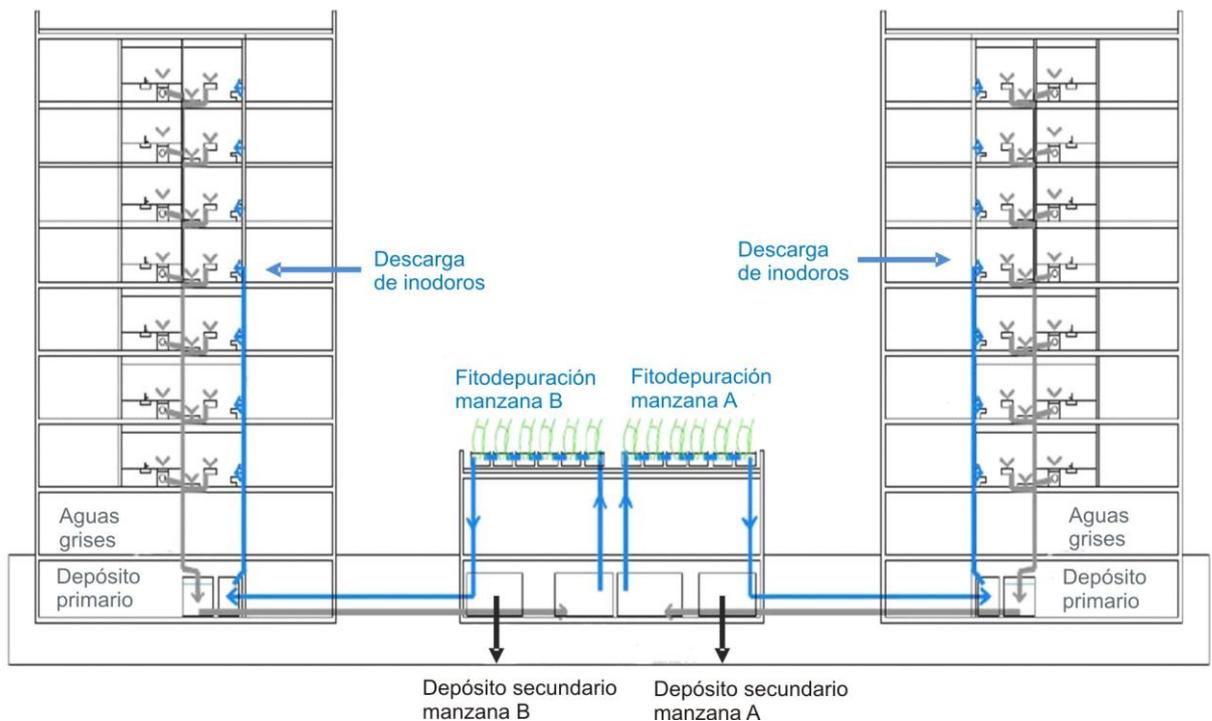


Imagen 3.4
Fuente: GÓMEZ, A. Sustainable building conference. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Grupo de Investigación ABIO.

En este ejemplo se ha estudiado la intervención sobre la cubierta plana del núcleo central del conjunto edilicio, aprovechando su alto porcentaje de superficie libre. De este modo se consigue un área de actuación aprovechando el espacio de las cubiertas, debido a la falta del mismo en áreas urbanas densamente pobladas y al mismo tiempo se proporciona a las viviendas de toda la zona la visión de un nuevo jardín urbano.

“Las aguas grises de cada uno de los bloques serán recogidas por una red separativa y conducidas a un depósito primario, desde el que serán bombeadas cada 24 horas al sistema centralizado secundario. Los baños de las viviendas estarán agrupados de modo que compartan tabiques de instalaciones, de manera a favorecer significativamente la reducción de obra en el interior y los costes del trazado de la nueva red; al igual que la red de impulsión para descarga de inodoros.

Las aguas recogidas en el depósito secundario, son impulsadas a las balsas de fitodepuración, dimensionadas para asegurar el tratamiento de todas las aguas que por ahí circulen, durante un período mínimo de 7 días. Una vez depurada, el agua será de nuevo almacenada, para reutilizarse en descargas de inodoros y en riego por goteo subterráneo de las zonas verdes adyacentes”.
(Gómez, A. Sustainable building. Universidad Politécnica de Madrid.)

ANEXO 05

PIEZA PLANA “ESE” (Estructura Soporte Ensambladora).

“La base elemental del sistema FMF es convertir en Flotantes a Plantas macrofitas del tipo emergente que habitualmente enraízan en los suelos encharcados de humedales. Las macrofitas son plantas que tienen menor densidad que el agua por lo que consiguen flotar sin dificultad pero en un principio, el mayor problema, era asegurar la estabilidad del plantón en flotación hasta que este alcanzaba el desarrollo necesario para que los sistemas radiculares de todas las macrofitas se entrelacen entre sí formando una autentica isla flotante sobre la superficie de lagos y canales, momento en el cual el filtro funciona de manera óptima.

Las técnicas empleadas en los inicios para asegurar la flotabilidad y desarrollo de las plantas eran poco evolucionadas y estos anclajes rudimentarios por cestillas, pinzas, alambres o cualquier otro método desembocaban en gran número de marras por vuelcos, ahogos y todo tipo de problemas de plantación, resultando en consecuencia estos sistemas de implantación costosos, laboriosos y de gran incertidumbre.

La invención reciente por parte de la empresa española Macrofitas S.L., de un sistema de anclaje en flotación mediante una pieza plana específica de soporte ensambladora, Pieza ESE, (Estructura Soporte Ensambladora) consiste en un nuevo sistema de sujeción de las plantas acuáticas que componen el filtro”. (Torres, V. Macrofitas S.L.). Ver imagen 4.1

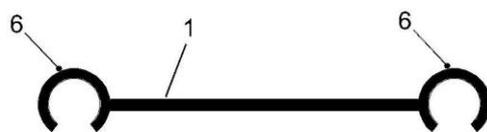
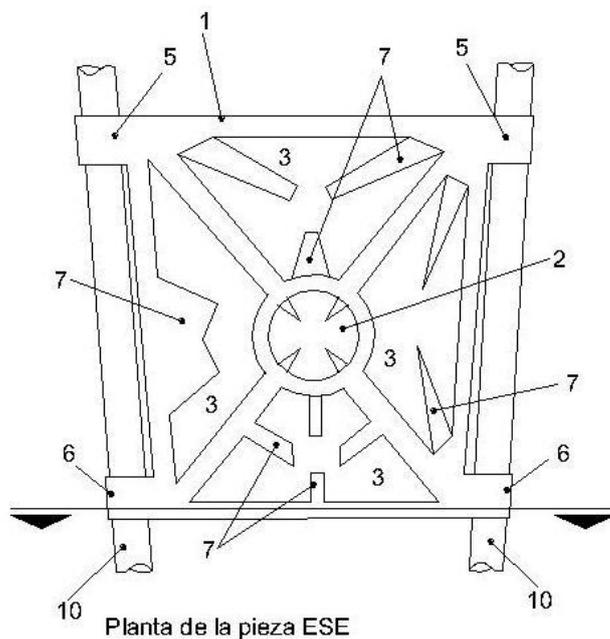
Las plantas acuáticas se plantan en la superficie de los canales mediante un dispositivo especial, que mantiene el centro de gravedad por debajo de la superficie del agua, lo que permite a las plantas crecer verticalmente y emitir estolones laterales que se entrecruzan con las plantas vecinas para formar un entramado continuo. Ver imágenes 4.3 y 4.4

“Esta pieza asegura por un lado la total flotabilidad de las plantas jóvenes y su perfecto crecimiento y por otro lado facilita enormemente la labor de plantación sobre el agua contaminada, por la sencillez de anclaje de la planta en la pieza y de la pieza en sus soportes”. (Torres, V. Macrofitas S.L.).

El soporte que sustenta las macrofitas se teje a modo de alfombra, con unas piezas de material no biodegradable y resistente a la tracción, mediante parejas de tubos de polietileno. Ver imagen 4.2

Su siembra se realiza sobre la base de esta Estructura Soporte Ensambladora (ESE) con el ajuste de la planta en uno de los cinco huecos disponibles en la pieza. Esta otorga una supervivencia de plantas próxima al 95%. Así se puede remover por m² hasta 100 gr. al día de materia orgánica en el agua.

“Podemos seleccionar el hueco de instalación entre las 5 cavidades (2-3) dependiendo del tamaño de la raíz, rizoma, o parte de planta que vayamos a insertar, asegurando su estabilidad y sujeción mediante las pestañitas interiores prensoras (7). Además existe la posibilidad de añadir un soporte central para colocar semilla o algún tratamiento fitosanitario o abonos para favorecer el crecimiento y la viabilidad del plantón durante los primeros estadios de desarrollo”.



Sección de la pieza ESE

Las 4 sujeciones especializadas (5-6) son la base de la verdadera estructura que nos va a crear un mallaje perfecto interactuando inteligentemente con los elementos independientes (10-tubos de PE), capaz de poder utilizar el soporte en casi cualquier medio acuático formando balsas o sistemas autónomos de flotación. Con la ventaja añadida de poder plantar

desde la orilla de la riera del pantano, laguna, charca, o desde embarcación sin necesidad de tener que tocar el agua.²

Soporte para sujetar cultivos de especies vegetales en flotación, configurado para ser sustentado por al menos dos elementos de sustentación independientes (10). El soporte comprende una estructura plana reticulada (1) que dispone de al menos un alojamiento (2-3) configurado para albergar una semilla, planta, parte de planta o rizoma, y/o combinaciones de las mismas y de al menos dos elementos de anclaje (5-6) a los elementos de sustentación independientes (10) configurados para compensar los momentos y fuerzas generados por la porción de planta que sobresale del nivel del agua con respecto al punto de intersección de dicha porción con el plano definido por la estructura (1), hasta un estado de crecimiento que la planta subsiste y se reproduce por si sola al proliferar las raíces y/o rizomas de las mismas y para transmitir dichos momentos y fuerzas a los elementos de sustentación independientes (10).

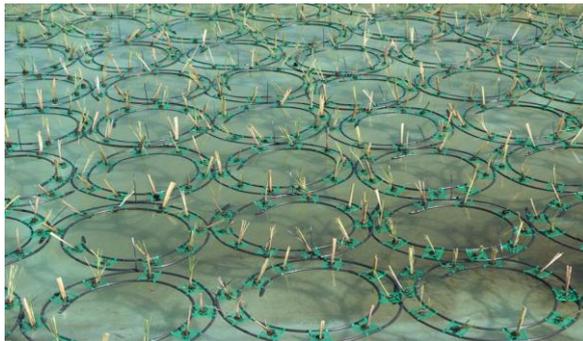


Imagen 4.1

Fuente: Macrofitas S.L. (Madrid, España).
<http://www.macrofitas.com>



Imagen 4.2

Fuente: Macrofitas S.L. (Madrid, España).
<http://www.macrofitas.com>



Imagen 4.3

Fuente: Macrofitas S.L. (Madrid, España).
<http://www.macrofitas.com>



Imagen 4.4

Fuente: Macrofitas S.L. (Madrid, España).
<http://www.macrofitas.com>

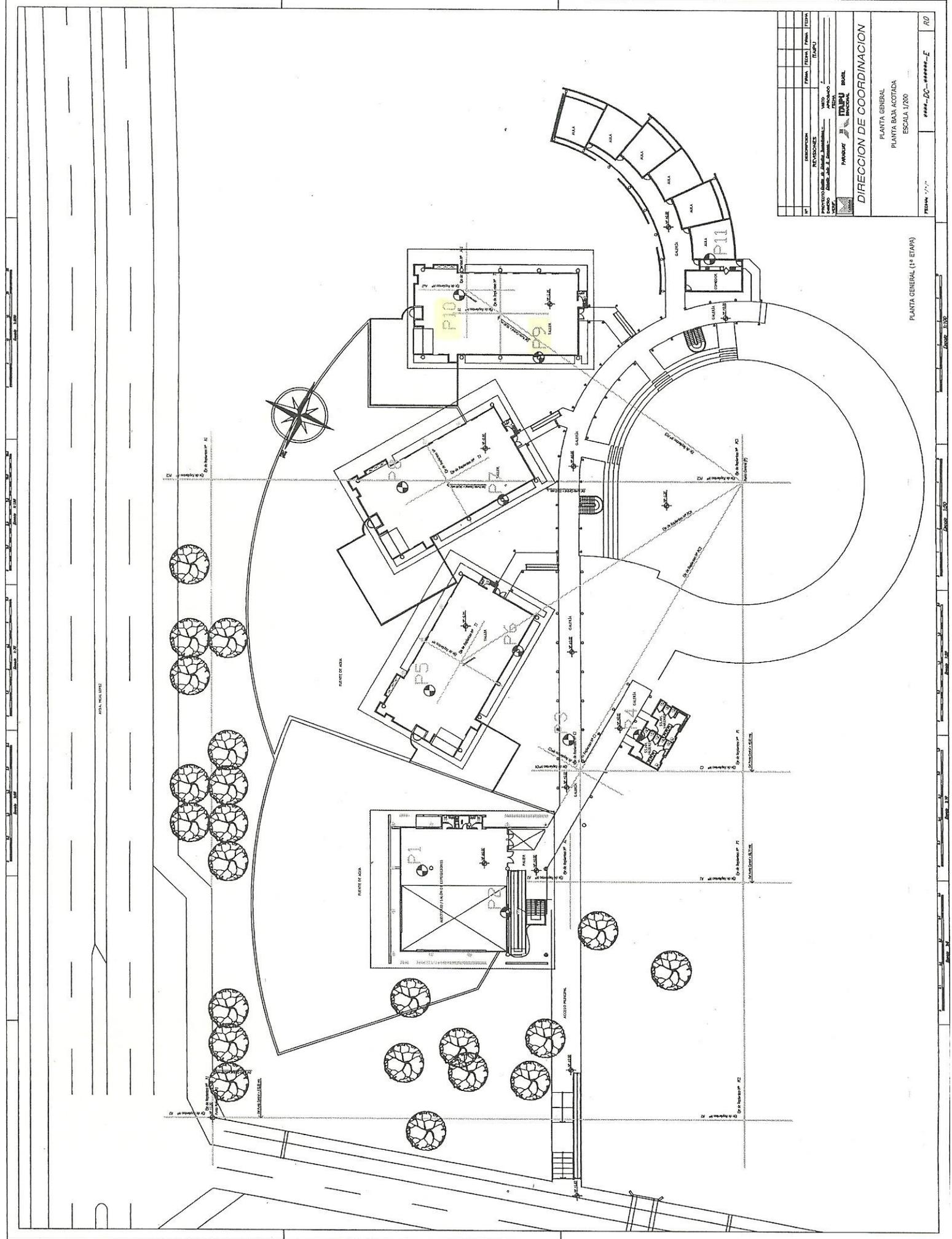
² Macrofitas SL

ANEXO 06

ESTUDIO DE SUELO.

Los estudios de interés para este caso fueron realizados por el Ing. Carlos Bellasai y corresponden a los sondeos P9 y P10 cuyas características y clasificación de suelo se detallan a continuación.

En cuanto a las napas freáticas, las mismas se encuentran, en el sondeo realizado en P9 a una profundidad de 1.80 m y en P10 a una profundidad de 1.65 m.



Nº	DESCRIPCION	FECHA	PROYECTANTE
	REVISIONES		

PROYECTO: AMPLIACION Y RECONSTRUCCION DEL INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (IVIC)

CLIENTE: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (IVIC)

PROYECTANTE: ARQUITECTOS ASSOCIADOS

DIRECCION DE COORDINACION

PLANTA GENERAL
 PLANTA BAJA ACOTADA
 ESCALA 1/200

PIZZA 1/177

ARQUITECTOS ASSOCIADOS

180

PLANTA GENERAL (1ª ETAPA)

Carlos R. Bellasai S. Ing. Civil - Geotecnico	Obra: CENTRO TECNOLÓGICO	Prof.Perf.(m): 3,71	Fecha Inicio: 28/06/2007
	Solicitado por: Constructora Auad	Prof. N.F.(m): 2,80	Mét. de Perf. Barreno
	Ubicación: San Lorenzo	Cota: ---	Elaborado por CB

Cota	Profund.	"N"	NF	Número de Golpes					Descripción	
				10	20	30	40	50		
	0 0,15 0,30 0,45									
	1 1,15 1,30 1,45	3		3						Arcilla arenosa de color marrón rojizo. 1,70
	2 2,15 2,30 2,45	3	2,80	3						Arena arcillosa de color gris claro amarillento. 2,75
	3 3,15 3,30 3,45 3,71	43 20/06					43			Arcilla arenosa de color gris oscuro y claro amarillento. 3,30
									20/06	Arena arcillosa de color marrón rojizo y gris claro amarillento, muy densa. 3,71
										Fin del sondeo.

OBSERVACIONES: N = Número de Golpes "SPT"
NF = Profundidad Nivel Freático **SONDEO N°: P9**

ANEXO 07

ANÁLISIS ENERGÉTICO.

El sistema cuenta con una superficie filtrante de 360 m². Para los procesos de depuración se utilizaron dos plantas acuáticas; el camalote (*Eichhornia crassipes*) y la totora (*Typha latifolia*).

Producción aproximada de biomasa según especie	
Camalote	10 Kg/m ² /año
Totora	13Kg/m ² /año

Fuente: Elaboración propia

En el diseño, las plantas fueron dispuestas de manera alternada para lograr un aspecto atractivo, de modo que la mitad del filtro está cubierto por una de las especies y la otra mitad por la otra.

Cálculo aproximado de biomasa producida por el sistema		
Producción de camalote	180 m ² de sup. x 10 Kg/m ² /año	1.800 Kg/año
Producción de totora	180 m ² de sup. x 13 Kg/m ² /año	2.340 Kg/año
Producción ANUAL	1.800 Kg + 2.340 Kg	4.140 kg
Producción MENSUAL	4.140 Kg / 12meses	345 Kg
Producción DIARIA	345 Kg / 24 hs	14 Kg

Fuente: Elaboración propia

Rendimiento aproximado del biogás
5 a 10 kg. de materia orgánica genera 1 a 2 m ³ de biogás
1 m ³ de biogás puede generar 6.25 Kw de electricidad

Fuente: TFG Arq. Angela Castro. Una alternativa energética para los asentamientos informales del Bañado Sur. Aprovechamiento del biogás del Relleno Sanitario del Vertedero Cateura Caso de los Barrios: San Blas, San Miguel, Yukyty y Sagrada Familia. Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte de la UNA

Por tanto:

$$\begin{array}{l} 10 \text{ Kg} \quad \text{-----} \quad 2 \text{ m}^3 \\ 14 \text{ Kg} \quad \text{-----} \quad x \end{array}$$

$$x = 3 \text{ m}^3$$

14 Kg de biomasa equivalen a aproximadamente 3 m³ de biogás por día

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \quad \text{-----} \quad 6.25 \text{ Kw} \\ 3 \text{ m}^3 \quad \text{-----} \quad x \end{array}$$

$$x = 18.75 \text{ Kw}$$

3 m³ de biogás equivalen a 18.75 Kw por día

El efluente producido diariamente es de 20.000 lts. el cual una vez depurado es utilizado para el riego del parque.

El área de riego es de 4.500 m².

Según la NP N° 68 se utiliza 1.5 lts/m²/día para riego de jardines, pudiendo aumentar este valor de 3 hasta 5 lts/m²/día para el caso más desfavorable teniendo en cuenta las altas temperaturas de nuestro país, según el Ing. Martín Almeder de la firma Proriego.

En este caso particular se adoptan 3 lts/m²

$$4.500 \text{ m}^2 \times 3 \text{ lts/m}^2 = 13.500 \text{ lts}$$

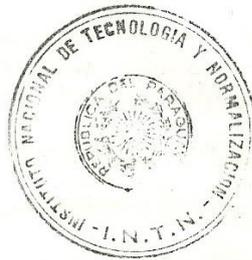
De los 20.000 lts disponibles se utilizan 13.500 lts para regadío, el excedente es conducido hasta el curso de agua que se encuentra próximo.

Una bomba eléctrica para regadío que se adecue a los requerimientos del proyecto consume aproximadamente 4 Kw/h por lo que la misma podría funcionar 5 hs al día según la producción diaria de energía eléctrica obtenida.

ANEXO 08

NORMA PARAGUAYA N° 68.

NORMA PARAGUAYA



NP No. 68

INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE



INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA Y NORMALIZACION

Asunción - Paraguay

Octubre de 1972

Casilla de Correo 967 - Dirección Telefónica INTN - Tel. 290 160 - 290 266

TABLA I

TIPO DE INMUEBLE	CONSUMO MINIMO DE LITROS POR DIA
Alojamiento provisorio	80 por persona
Casas populares o rurales	120 " "
Residencias	250 " "
Departamentos	200 " "
Hoteles (sin cocina y sin lavandería)	150 por huésped
Hospitales	350 por cama
Escuelas internados	150 por persona
Escuelas externas	50 por persona
Cuarteles	150 " "
Edificios públicos o comerciales	50 por persona
Escritorios	50 " "
Cines y teatros	2 por butaca
Restaurantes y similares	25 por comida servida
Garages	50 por automóvil
Lavandería	30 por kg de ropa seca
Mercados	5 por metro cuadrado
Mataderos (animales de gran porte)	300 por cabeza abatida
Mataderos (animales de pequeño porte)	150 " " "
Fábricas en general (uso personal)	70 por operario
Estaciones de servicio para automóviles	150 por vehículo servido
Caballerizas	100 por caballo
Jardines	1,5 por metro cuadrado

ANEXO 09

AGUAS RESIDUALES Y TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOACALES.

www.frbb.utn.edu.ar

4.- CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS

4.1.- Contribución per capita. Relación agua – agua residual

Tradicionalmente, los caudales de aguas residuales se estiman en función de los caudales de abastecimiento de agua. El consumo per capita mínimo adoptado para el abastecimiento de agua de pequeñas comunidades es de 80 litros por habitante por día, pudiendo alcanzar un máximo de 150 l/h/d.

Campos (1994) cita que los valores generalmente adoptados para el coeficiente de consumo de agua per capita varían de 150 a 350 l/h/d, pudiendo alcanzar los 500 l/h/d.

La relación agua residual / agua se denomina coeficiente de retorno "C". Este coeficiente indica la relación entre el volumen de las aguas residuales recibido en la red de alcantarillado y el volumen de agua efectivamente proporcionado a la población. De modo general, el coeficiente de retorno está en el rango de 0.5 a 0.9, dependiendo de las condiciones locales. El valor comúnmente utilizado en los diseños es de 0.8.

ANEXO 10

**CURSO – TALLER
SANEAMIENTO BÁSICO CON ÉNFASIS EN AGUAS RESIDUALES Y
DISPOSICIÓN DE EXCRETAS ORIENTADO A LA PROTECCIÓN DE LA
SALUD Y DEL AMBIENTE.**

TANQUE SEPTICO*

El tanque o fosa séptica es un tanque de sedimentación, cerrado, en una única fase, con escurrimiento continuo en el sentido horizontal, a través del cual las aguas residuales pasan lentamente de manera que permita que las materias suspendidas se depositen en el fondo, donde son retenidas y sometidas a una descomposición anaeróbica, resultando su transformación en sustancias líquidas y gases, con la consecuente reducción de cantidad de lodo a ser finalmente dispuesta.

* Definición propuesta por la American Public Health Association

TANQUE SEPTICO

- ◆ El tanque séptico es una unidad de escurrimiento horizontal y continuo que realiza la separación de sólidos livianos y pesados a través de su descomposición en un medio anaeróbico.
- ◆ No es una unidad aislada que dispensa otras instalaciones
- ◆ Produce continuamente su efluente líquido, que necesita un destino adecuado
- ◆ Es una unidad que realiza simultáneamente las siguientes funciones:
 - ❖ Sedimentación y retención de los sólidos suspendidos más pesados, formando el lodo que se acumula en la parte inferior
 - ❖ Flotación y retención de los materiales livianos, tales como aceites y grasas que se quedan flotando en la parte superior
 - ❖ Tratamiento anaeróbico de la fase líquida en escurrimiento (septización)
 - ❖ Digestión del lodo acumulado con producción de líquidos, gases y material estabilizado
 - ❖ Desagregación y digestión parcial del material flotante que constituye la costra o espuma

TANQUE SEPTICO

- ◆ La primera función de un tanque séptico es separar los sólidos de las aguas residuales que entran en el tanque, de manera que el líquido pueda ser descargado a un área de disposición que no se quede colmatada con sólidos sedimentables o sólidos flotantes.
- ◆ Los contenidos de un tanque séptico son estratificados.
- ◆ Grasas, aceite y otros sólidos flotantes se acumulan en la superficie y se quedan incorporados en la capa de espuma.
- ◆ Los sólidos sedimentables se acumulan en el fondo y se quedan incorporados en la capa sólida (lodo)
- ◆ Entre estas capas está la zona líquida, de la cual el efluente del tanque séptico es retirado para disposición.
- ◆ Desde que el tanque séptico sea mantenido apropiadamente y no esté hidráulicamente sobrecargado, la espuma y los sólidos son retenidos en el tanque hasta que sea hecha su limpieza.

- ◆ La segunda función del tanque séptico es la reducción de sólido, la cual ocurre de alguna manera a través de ello pero primariamente dentro de la capa de sólidos.
- ◆ La materia orgánica es descompuesta por proceso facultativo y anaeróbico y entonces, convertida a otros compuestos y gases.
- ◆ El proceso de conversión altera el carácter de todas las tres capas.
- ◆ La capa de sólidos se queda más estabilizada y de alguna manera su masa es reducida debido a los procesos de descomposición.
- ◆ El grado de descomposición depende del tiempo de retención de sólidos y de la concentración de los sólidos acumulados.
- ◆ En ambientes relativamente fríos son necesarios tiempos de retención más largos (temperatura del suelo cerca de la superficie)
- ◆ El tiempo de retención es proveído para que los tanques sean mantenidos adecuadamente con limpieza entre 1 a 5 años

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS A TRAVES DE TANQUES SEPTICOS

PARAMETRO	REDUCCION (%)
DBO ₅ (mg/l) ⁽¹⁾	35 a 60
SS (mg/l) ⁽¹⁾	80 a 85
Coliformes Fecales, NMP/100 ml ⁽²⁾	25 a 75

Se reducen sólidos sedimentables y coliformes

Fuente: (1) Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1991, p. 1242

(2) Ronald L. Droste, Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, John Wiley & Sons, 1997, p.173

MICROORGANISMOS PRESENTES EN LAS AGUA RESIDUALES DOMÉSTICAS CRUDAS

MICROORGA-NISMO	APORTE PER CAPITA (org/hab.día)	CONCENTRA-CIÓN (org/100ml)
Bacterias totales	$10^{12} - 10^{13}$	$10^9 - 10^{10}$
Coliformes totales	$10^9 - 10^{12}$	$10^6 - 10^9$
Coliformes fecales	$10^8 - 10^{11}$	$10^5 - 10^8$
Estreptococos fecales	$10^8 - 10^9$	$10^5 - 10^6$
Quistes de protozoarios	$<10^6$	$<10^3$
Huevos de helmintos	$<10^6$	$<10^3$
Virus	$10^5 - 10^7$	$10^2 - 10^4$

Norma brasileña para construcción e
instalación de tanques sépticos y
disposición de los efluentes finales –

NBR 7229/1993

◆ Se aplica a instalaciones para recolección de aguas residuales domésticas de una o más edificaciones, hasta *75.000 l/día*

◆ Forma

Cilíndricas o prismáticas
rectangulares

◆ Tipo

Tanques sépticos de cámara
única, cámaras sobrepuestas y
cámaras en serie

Tanques Sépticos de Cámara Unica

◆ Volumen útil, litros: $V = 1000 + N (CT + KL_f)^*$

* $K = 57$ para temperaturas mayores de 20°C ,
admitiéndose limpieza anual del tanque séptico

❖ Volumen mínimo = 1.250ℓ

❖ Volumen máximo = 75.000ℓ *20.000 L/día*

N = Población contribuyente, *hab*

❖ Número máximo: 300 hab *683 hab.*

C = Contribución de aguas residuales, *$\ell/\text{hab.día}$*

❖ Viviendas Urbanas: $80 \text{ a } 160 \ell/\text{hab.día}$

❖ Viviendas Rurales: $60 \text{ a } 80 \ell/\text{hab.día}$

❖ Viviendas Indígenas: $40 \ell/\text{hab.día}$ (estimación Ing.
Sérgio R. Mendonça)

T = Tiempo de retención, días

❖ Varia de 1 a 0,5 días

* Para contribuciones diarias hasta $1500 \ell/\text{día}$, $T = 1 \text{ día}$

L_f = Contribución de lodos frescos, $\ell/\text{hab.día}$

❖ $L_f = 1 \ell/\text{hab.día}$ para ocupantes permanentes

❖ $0,02 \leq L_f \leq 0,30$ para ocupantes temporeros

◆ Período de limpieza: a cada 24 meses

◆ Los tanques sépticos de cámaras en serie son usados cuando es necesario un efluente de bajo contenido de sólidos suspendidos

Tanques sépticos de cámara cilíndrica

❖ Diámetro interno mínimo: $D \geq 1,10 \text{ m}$

❖ Profundidad útil mínima: $h \geq 1,10 \text{ m}$

❖ El diámetro no deberá ser superior a dos veces la profundidad útil: $D \leq 2h$

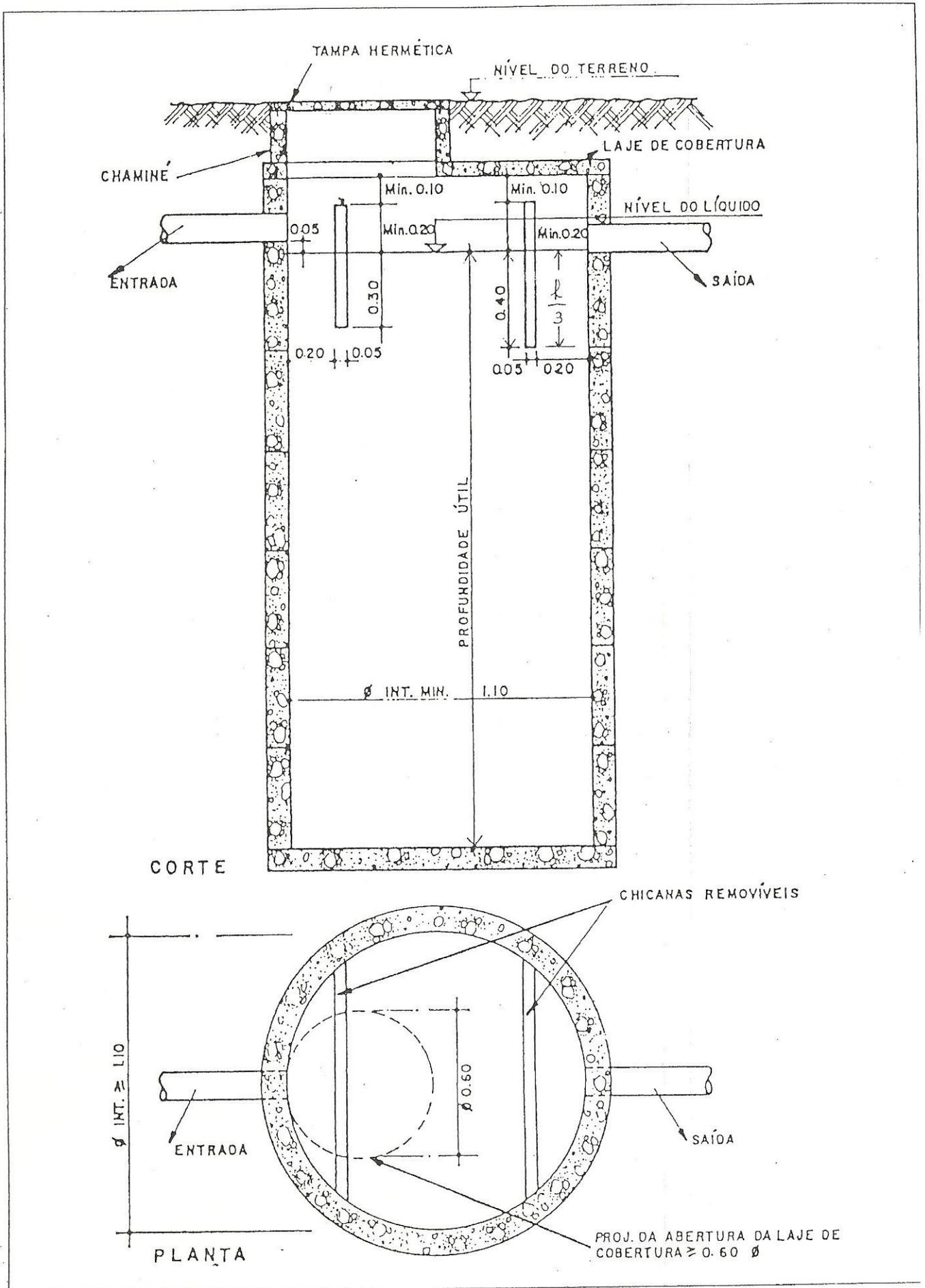


Fig. 11.2 — Fossa séptica cilíndrica de câmara única
(Obs.: Todas as medidas estão em metros)

Tanques sépticos de cámara prismática rectangular

- ❖ Ancho interno: $0,70\text{ m} \leq b \leq 2\text{ h}$
- ❖ Relación longitud / ancho: $2,00 \leq \frac{L}{b} \leq 4,00$
- ❖ Profundidad útil: $h \geq 1,10\text{ m}$
- ❖ Relación área superficial maximizada y profundidad útil: $\frac{bL}{h} > 2\text{ m}$
- ❖ Configuración de salida con deflector (mampara) para evitar escape de gases*

* Laak, R. (1980), "Multichamber Septic Tanks", ASCE, J.EED, 539-46

MS (1981), "Manual de Saneamiento", 2ª. Ed., FSSP, Rio de Janeiro

US PHS (1957), "Manual of Septic-Tank Practice", Dept. of Health, Education, and Welfare, Public Health Service Pub. No. 526, Reprinted May 1963, Washington, D.C.

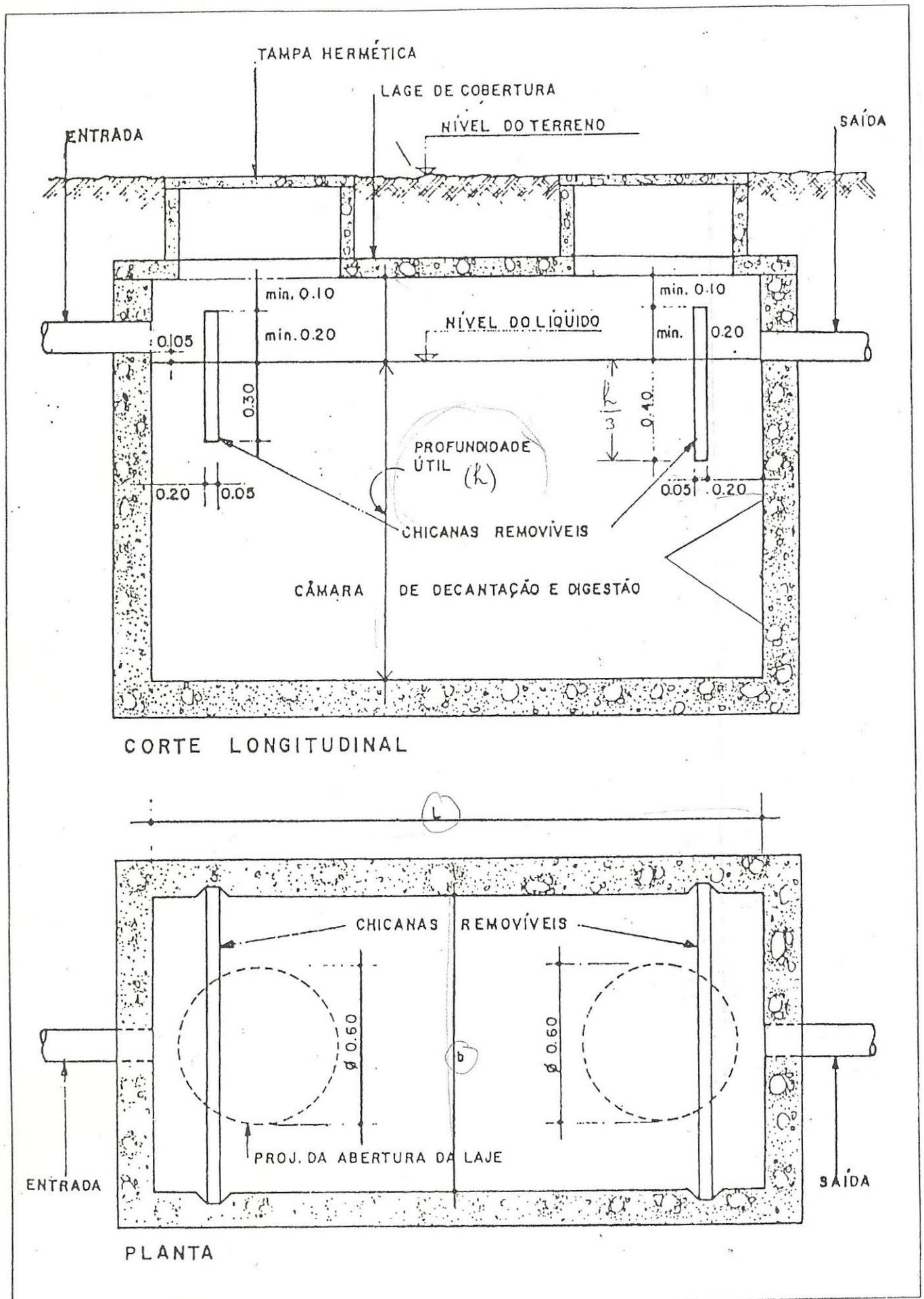
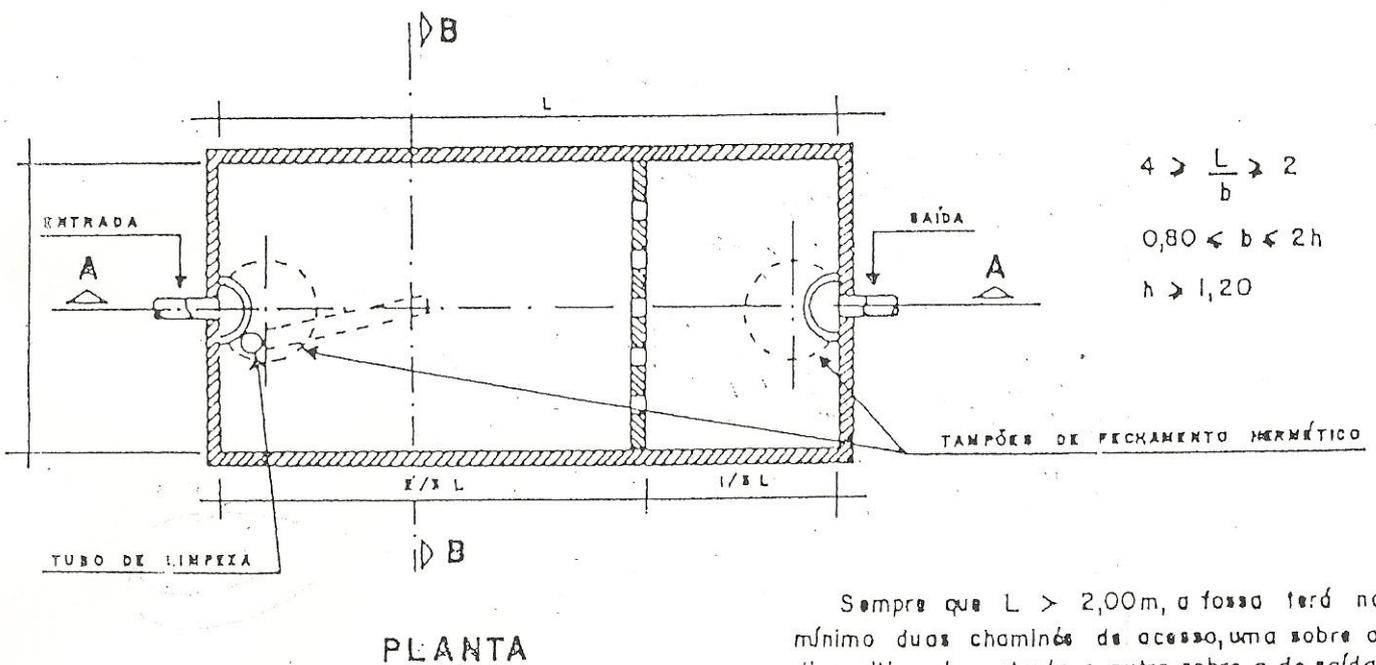
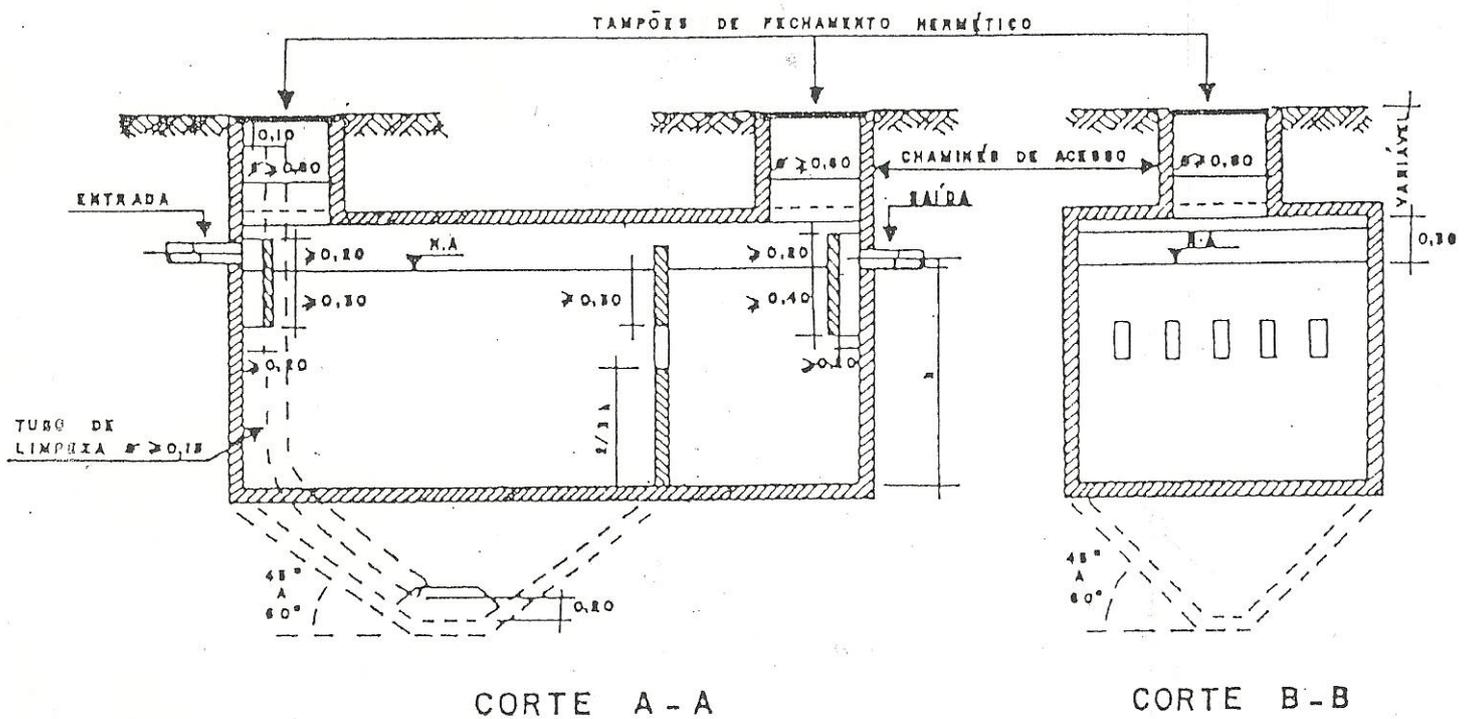


Fig. 11.1 — Fossa séptica prismática retangular de câmara única



Sempre que $L > 2,00\text{m}$, a fossa terá no mínimo duas chaminés de acesso, uma sobre o dispositivo de entrada e outra sobre o de saída

Fig. 11.4 — Fossa séptica de forma prismática retangular de câmaras em série

