

**“DIMENSIONAMIENTO DE UN HUMEDAL CONSTRUIDO PILOTO”
CASO DE ESTUDIO CAMPUS CAJICÁ**

**DIANA PAOLA FORERO VELÁSQUEZ
ANGELICA MARIA GUAYACUNDO GOMEZ**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., FEBRERO DE 2011**

**“DIMENSIONAMIENTO DE UN HUMEDAL CONSTRUIDO PILOTO”
CASO DE ESTUDIO CAMPUS CAJICÁ**

**DIANA PAOLA FORERO VELÁZQUEZ
COD: 1100699
ANGELICA MARÍA GUAYACUNDO GOMEZ
COD: 1100704**

**Informe de la Opción de Grado presentada como requisito parcial para optar
al Título de Ingeniero Civil
Modalidad: Auxiliar de Investigación**

Tutor: Ing. JORGE LUIS CORREDOR

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., FEBRERO DE 2011**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

MAYOR GENERAL EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL

Rector

BRIGADIER GENERAL (r) ALBERTO BRAVO SILVA

Vicerrector General

MAYOR GENERAL EDGAR CEBALLOS MENDOZA

Vicerrector Administrativo

DRA. MARTHA LUCÍA BAHAMÓN JARA

Vicerrector Académico

DR. JOSE RICARDO CURE HAKIM

Vicerrector de Investigaciones

ING. ERNESTO VILLAREAL SILVA

Decano de la Facultad de Ingeniería

ING. GONZALO RÍOS

Director Ingeniería Civil

AGRADECIMIENTOS

Al terminar nuestra carrera universitaria, y darnos cuenta del extenso camino recorrido, nos embarga una inmensa gratificación hacia aquellas personas que estuvieron presentes apoyándonos en las dificultades; aquellas personas que con sus palabras de aliento y su colaboración directa fueron precursores de este proceso que ya termina.

Hoy solo nos resta decirles gracias, gracias a Dios porque nos ilumino en cada uno de nuestros pasos, nos permitió estar aquí durante todos estos años y nos guio durante esta época de la vida; gracias a nuestros padres por darnos la fortaleza para no caer en los momentos difíciles, por su amor y su gran entrega; gracias a nuestros profesores quienes con sus consejos fueron aquellos formadores incondicionales que nos hicieron crecer ética e intelectualmente.

Gracias a la Universidad Militar Nueva Granada y toda su estructura, pues lograron formar en nosotras ingenieras capaces, eficientes, preocupadas por la sociedad y con grandes valores morales para ejercer nuestra profesión.

Bogotá, D.C., Febrero 15 de 2011

Señores

COMITÉ DE OPCIÓN DE GRADO
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
Ciudad.-

Ref.: Presentación propuesta

En cumplimiento del reglamento de la Facultad para el desarrollo de la Opción de Grado, me permito presentar para los fines pertinentes la propuesta titulada: Dimensionamiento de un humedal construido; piloto. Caso de estudio campus Cajicá. El Tutor es el Ingeniero Jorge Luis corredor.

Atentamente,

Diana Paola Forero Velásquez
Código: 1100699
Estudiante de Ingeniería Civil

Angélica María Guayacundo Gomez
Código: 1100704
Estudiante de Ingeniería Civil

APROBACIÓN

El informe de grado titulada Dimensionamiento de un humedal construido; piloto. Caso de estudio campus Cajicá, con la modalidad de Auxiliar de Investigación, presentada por las estudiantes Diana Paola Forero y Angélica María Guayacundo cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por el tutor:

Ing. Jorge Luis Corredor
Tutor Universidad Militar Nueva Granada

Contenido

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	IX
INTRODUCCION.....	X
1. GENERALIDADES.....	XI
1.1. ANTECEDENTES	XI
1.2. HISTORIA DE LOS HUMEDALES DE COLOMBIA	XII
2. TIPO DE HUMEDAL	XIII
2.1. HUMEDAL ARTIFICIAL.....	XIII
3. ESPECIES VEGETALES MÁS UTILIZADAS.....	17
3.1. JACINTO DE AGUA.....	19
3.2. TYPHA	21
3.3. SCIRPUS	24
3.4. LIRIO AMARILLO	26
3.5. PAPIRO.....	28
3.6. COLA DE ZORRO.....	29
3.7. GUALOLA O ENVIDIA.....	31
3.8. BOTONCILLO	32
4. IMPERMEABILIZACIÓN	33
4.1. APLICACIÓN.....	34
5. MATERIAL GRANULAR	35
6. DISEÑO DEL HUMEDAL.....	35
6.1. GENERALIDADES DE DISEÑO:.....	38
6.2. IMPERMEABILIZACIÓN (DISEÑO):.....	38
6.3. MEDIO GRANULAR:.....	39
6.4. VEGETACIÓN:.....	40
6.5. DISEÑO DE LA UNIDAD HSS.....	41
6.6. PROFUNDIDAD Y PENDIENTE DEL HUMEDAL.....	46
6.7. ESCALONAMIENTO	46
6.8. SELECCIÓN DE PLANTAS.....	47
7. NORMAS Y LEYES PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	47
7.1. LEY 165- 1994:.....	48
7.2. LA LEY 99 DE 1993	49
7.3. CÓDIGO DE LOS RECURSOS NATURALES:.....	49
7.4. LEY 2811 DE 1974.....	49
7.5. LEY 9ª DE 1989	50
7.6. ACUERDO 19 DE 1994.....	50
7.7. ACUERDO 35 DE 1999.....	50
7.8. DECRETO 190 DE 2004:	50

8.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS REGISTRADOS DE LA PTAR	51
9.	PRESUPUESTO	56
10.	MANUAL DE MANTENIMIENTO	59
11.	RESULTADOS Y RECOMENDACIONES	59
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	60

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pagina
Figura 1	Historia de los Humedales.	10
Figura 2	Descripción y caracterización de vegetación en Humedales.	14
Figura 3	Buchón Cucharita.	19
Figura 4	Typha.	21
Figura 5	Scirpus.	24
Figura 6	Tecnología innovadora que permite tratar aguas grises y generar un jardín.	25
Figura 7	Papiro humedal Jaboque.	27
Figura 8	Biosystem.	28
Figura 9	Gualola o Envidia.	30
Figura 10	Botoncillo.	31
Figura 11	Esquema de humedales construidos de flujo superficial y sub-superficial con flujo horizontal y con flujo vertical.	35
Figura 12	Esquema de humedal de flujo horizontal bajo la superficie.	36

LISTA DE TABLAS

Tabla	Contenido	Pagina
Tabla 1	Vegetación Emergente.	16
Tabla 2	Características de las especies vegetales más utilizadas en humedales construidos.	17
Tabla 3	Parámetros de Plantas usada en humedales construidos.	18
Tabla 4	Jacinto de agua.	19
Tabla 5	Typha.	21
Tabla 6	Scirpus.	24
Tabla 7	Lirio Amarillo.	26
Tabla 8	Papiro.	28
Tabla 9.	Parámetros registrados de la PTAR.	
Tabla 10	Normas de Vertimiento.	53
Tabla 11	Parámetros que se deben cumplir para la destinación del recurso en uso agrícola.	54
Tabla 12.	Criterios de calidad organoléptica y física del agua segura.	55
Tabla 13	Parámetros Químicos del agua segura.	55
Tabla 14	Valores máximos aceptables, adecuados para no causar daños en la salud humana.	56

INTRODUCCION

Actualmente el tema de manejo de aguas es de gran importancia a nivel mundial, todos sabemos que el agua es un recurso natural y vital que influye en el desarrollo y en el nivel de vida de una población. Por ende el hecho de superar cualquier emergencia ante una crisis energética y crisis económica (por factores de desequilibrio monetario, guerras civiles, corrupción, estrategias geopolíticas, entre otros factores); se ve realizado en la necesidad de desarrollar opciones más baratas, ecológicas y que busquen un ahorro de energía.

De este modo lo que se busca por medio de este trabajo de grado es presentar el informe del dimensionamiento de un humedal construido de flujo sub-superficial; teniendo en cuenta los criterios básicos para satisfacer la necesidad del tratamiento de aguas residuales domesticas en un sector del campus Cajicá; este sistema debe ser de fácil operación en el tratamiento de aguas servidas según las tecnologías de depuración y teniendo en cuenta que va a ser manejado para una población pequeña. Por consiguiente se tendrá en cuenta la política ambiental y el ordenamiento territorial, del Municipio de Cajicá en base a la Ley 373, uso eficiente de agua; Decreto 3929, ley de vertimientos.

Esto se realizara de acuerdo a las investigaciones bibliográficas, y asesorías de expertos para dar criterios de dimensionamiento y aplicación del sistema de tratamiento de aguas servidas por medio de humedales construidos; buscando así mejorar la planeación y el diseño de un ambiente mas propicio para las generaciones actuales y venideras.

1. GENERALIDADES

En el actual contexto ecológico, la conservación de los humedales exige de éstos el sostenimiento de un intercambio de servicios con el ecosistema urbano del que hacen parte y su integración a la planeación, diseño y mantenimiento de la ciudad. El aprovechamiento sostenible de los humedales exige una fuerte intervención para restaurar su flora, fauna y funcionamiento ecológico y a su vez un mantenimiento periódico para controlar el proceso natural de colmatación y su transformación en potreros.

1.1. ANTECEDENTES

Las relaciones entre los humedales y los seres humanos son extensas y muy estrechas. Muchos de los humedales importantes de hoy día tienen gran antigüedad y pueden presentar señales claras de usos humanos, al tiempo que zonas hoy día secas pueden haber sido humedales en épocas remotas y conservar pruebas importantes del pasado humano.

Por otra parte, muchos humedales de zonas templadas y subárticas surgieron hace no sólo unos 12.000 años, cuando empezaron a derretirse los glaciares de la última Edad Glacial y subieron los niveles del mar. Otros humedales son todavía más recientes y puede que su presencia se deba a actividades humanas; en este caso se producen por la extracción de turba hace 500 a 700 años y en los últimos 200 años, la extracción de gravilla en llanuras aluviales ha ido seguida de la aparición de lagos y pantanos.

Estas estrechas relaciones entre las sociedades primogénitas y el agua se repite en todo el planeta: gente que vivió a orillas del río en Monte Verde, Chile; junto a un arroyo en Boxgrove, en Inglaterra; en las orillas del lago Mungo en Australia. Todos estos sitios son de épocas muy distintas, pero cada uno de ellos representa uno de los primeros testimonios de actividades humanas en su respectivo continente.

La utilización de humedales construidos para la recepción de aguas servidas es cada vez mayor. Las ciénagas, humedales y turberas se concibieron como los mejores receptores de aguas servidas, pero además jugaban un papel purificador importante. Las primeras nociones científicas relacionadas con el uso de humedales para tratamiento de aguas usadas remontan al año de 1946 con Sediell (Radoux, M. 1989). El procedimiento desarrollado por Sediell también llamado "Max Plank Instituto System (MPIS)" conlleva varias etapas sucesivas. Las plantas generalmente utilizadas son la fragmita (*Phragmites Australis*), la scirpe (*Scirpus sp.*), el Iris (*iris sp.*) y la quenuilla (*Typha sp.*)

1.2.HISTORIA DE LOS HUMEDALES DE COLOMBIA

El cambio planetario a un clima más cálido y seco a fines del Pleistoceno (diez mil años antes de que las fabricas y los automóviles se sumarán al efecto invernadero), la inclinación geológica de la Sabana hacia Tequendama, la profundización de la red de drenajes (cinco mil años antes de la invención de la agricultura) y la colmatación con los sedimentos que milenios de lluvias y glaciares arrancaron a los cerros vecinos (un millón y medio de años antes de la aparición de nuestra especie) fueron los factores que acabaron con la vasta laguna de Tumha, que cubrió la sabana por milenios, posteriormente reducida a una planicie salpicada de algunas someras, en su mayoría estacionales, mal drenada por una red de pequeños ríos en torno al Bogotá como curso principal.

Hace aproximadamente 60.000 años toda la Sabana de Bogotá (incluyendo la ciudad de Bogotá y los municipios cercanos como Soacha, Funza, Mosquera, Madrid, Cota, Chía, Cajicá), estuvo cubierta por el gran Lago de Humboldt y la vegetación que predominaba alrededor era típica de un páramo (Fjeldsa, 1.985; Van der Hammen, 1998). A medida que pasaban los años, el clima se hizo más cálido y el fondo del lago empezó a levantarse, hasta que hace 30.000 años las aguas del lago se canalizaron a través del Río Bogotá, hacia el Salto del Tequendama. De esta forma, el gran lago se secó parcialmente separándose en varios cuerpos de agua (humedales) más pequeños que se fueron rodeando de plantas propias de bosques andinos y fueron ocupados por una gran diversidad de fauna como ranas, salamandras, lagartijas, culebras, venados, curíes, conejos, nutrias, chuchas, zorros, comadrejas, y más de cien especies de aves.



Figura 1: Historia de los Humedales, Fuente: ANDRADE s.f.

Este panorama que perduró durante miles de años, empezó a ser transformado por los Muisca quienes además de construir sus viviendas, pescar, cazar animales y cultivar las tierras, consideraban sagrados los humedales, las quebradas y demás cuerpos de agua. Ellos construyeron camellones (terrazas) al interior de los humedales para hacer un manejo

adecuado del agua para sus cultivos y practicaban la cría de peces y cangrejos. Sin embargo, cuando llegaron los españoles, la relación armónica ser humano – naturaleza se perdió y comienzan los procesos degradativos. (Van der Hammen 2003).

Durante el Siglo XIX en sus alrededores, se construyeron grandes haciendas aprovechando estos lugares para pescar, cazar, cortar leña y hacer múltiples actividades recreativas con botes y caballos. Así mismo, se comienzan a construir canales de drenaje para desecar estos ecosistemas, ganando terreno para realizar sus prácticas de ganadería y agricultura. En el Siglo XX y a medida que la ciudad fue creciendo, los humedales fueron rellenados y desecados para construir barrios, calles y avenidas, hasta que las 50.000 hectáreas de humedales que existían en Bogotá en 1950 (Renjifo 1992), quedan reducidas hoy en día a unas 500 hectáreas. (Conservación Internacional 2000 op. cit. Calvachi 2003)

2. TIPO DE HUMEDAL

2.1.HUMEDAL CONSTRUIDO

Un humedal construido es una instalación hidráulica por la que circula el líquido a tratar y que se compone de un sustrato y de una vegetación ubicados en canales (normalmente de menos de 1 m) o lagunas. (Seoáñez Calvo 2000).

En los humedales construidos ocurren procesos de descontaminación, los cuales son ejecutados simultáneamente por componentes físicos, químicos y biológicos. El tratamiento de aguas residuales para depuración se realiza mediante sistemas que tiene tres parte principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de salida (Fernández, 2004).

Los humedales construidos se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales:

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

- Tratamiento de fangos de depuradoras convencionales, mediante deposición superficial en humedales de flujo sub-superficial donde se deshidratan y mineralizan. (García,2004).

a) COMPONENTES FÍSICOS

Los componentes físicos contribuyen a que los procesos biológicos que se desarrollan en el humedal obtengan la energía necesaria y los otros componentes integrantes del sistema degraden, metabolicen y puedan utilizar los nutrientes para desarrollarse. Dentro de los componentes físicos se encuentran el agua y el suelo. (Lasso,2004).

El agua. En los humedales el agua fluye naturalmente, por eso es probable que se formen humedales en donde se acumule una pequeña capa de agua sobre la superficie del terreno y donde exista una capa del subsuelo relativamente impermeable que prevenga la filtración del agua. Las anteriores condiciones pueden generarse para construir un humedal casi en cualquier lugar, modificando la superficie del terreno para que pueda recolectar y retener el agua. Es necesario tener en cuenta la calidad de agua para conformar un humedal y así garantizar el desarrollo de especies nativas de fauna y flora. Ya que:

- Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.
- Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración.
- La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, primero, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de tallos, hojas, raíces, y rizomas y, segundo, bloqueando la exposición al viento y al sol.

Suelo. El nivel del agua en el humedal es de gran importancia, guarda estrecha relación con el nivel freático de los terrenos que le circundan. En un suelo saturado, el agua reemplaza los gases atmosféricos que se encuentran en los poros y los microorganismos se encargan de consumir el oxígeno disponible.

La acumulación de restos de vegetación en el suelo aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica es una fuente de carbono, que genera energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas.

Substratos, Sedimentos y Restos de vegetación. Los substratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava, roca, y materiales orgánicos. Sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El substrato, sedimentos, y los restos de vegetación son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, fijación de microorganismos, y es una fuente de carbono, que es la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal.

b) VEGETACIÓN

El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema (los tallos, raíces, y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión. Lo más importante en los humedales FWS es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos se degradan y se convierten en lo que hemos llamado restos de vegetación, que sirven como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre.

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras:

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta. Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras sub-superficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.
- Cuando se mueren y se deterioran dan lugar a restos de vegetación.

Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en la mayoría de los humedales para aguas residuales incluyen espadañas, carrizos, juncos, y juncos de laguna. Cuando se diseñan sistemas que específicamente buscan un incremento en los valores del hábitat, además de conseguir el tratamiento del agua residual, usualmente incluyen una gran variedad de plantas, especialmente para proporcionar alimentación y nido a las aves y otras formas de vida acuática.

c) COMPONENTES BIOLÓGICOS

Los componentes biológicos que más se destacan en los humedales son la flora y los microorganismos. Estos componentes son el soporte y cumplen con las reacciones o procesos naturales que se llevan a cabo dentro del humedal.

Flora. El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz, los tallos, raíces, y rizomas permiten su penetración a la tierra o al medio de apoyo y transportan el oxígeno de manera más profunda.

La vegetación presente en un humedal tiene sus propias características que la hacen particular y especial, las plantas de los humedales comúnmente son llamadas macrófitas, estas tienen diferentes formas de manifestación de acuerdo con el hábitat o medio de vida en que se encuentren. En un humedal existe básicamente vegetación flotante, sumergida y emergente,, cuyos conceptos se amplían a continuación:

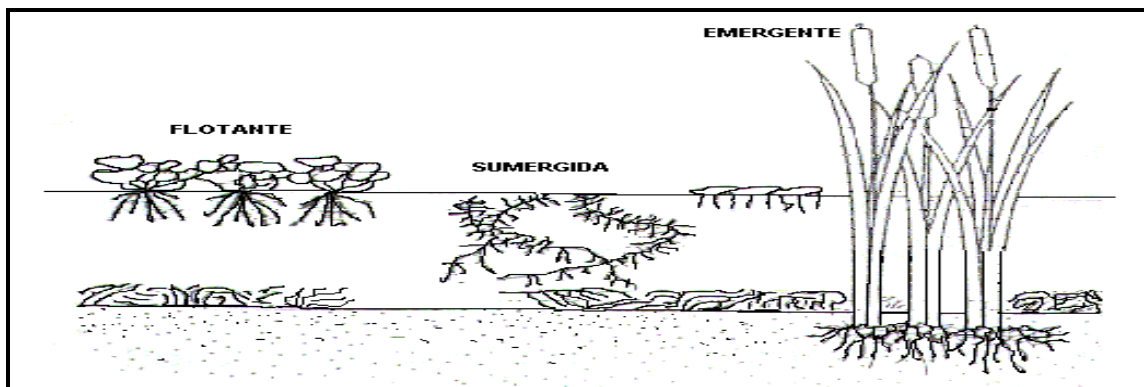


Figura 2. Descripción y caracterización de vegetación en Humedales, Fuente: Metcalf & Eddy. 1995.

Vegetación Flotante: se desarrolla sobre el agua y mantiene sus raíces sumergidas. También son conocidas como *Plantas anfibias*. La vegetación flotante tiende a desarrollarse en diferentes hábitats.

La eliminación de sólidos se realiza por decantación natural, produciéndose también una retención en la zona radicular de las plantas si ésta es lo suficientemente extensa. La sedimentación en estos sistemas resulta muy efectiva ya que la cobertura de la superficie por las plantas da lugar a menos turbulencias en el agua. Asimismo, al existir una limitación a la entrada de luz en la lámina de agua no se produce desarrollo de algas, lo que reduce también la concentración final de sólidos en suspensión del efluente. Sin embargo, esto provoca que no haya un aporte de oxígeno al agua directamente (como sería el caso de las plantas sumergidas), ya que el intercambio gaseoso se realiza fundamentalmente en el aire.

De esta forma las condiciones para la degradación de la materia orgánica no resultan especialmente favorables, por lo que en muchos casos los métodos

con plantas flotantes se han concebido como un tratamiento terciario de los efluentes.

La elevada capacidad de absorber nutrientes de las especies flotantes se ha reconocido desde muy antiguamente. La facilidad de recolección, la alta productividad de algunas de estas especies y el alto contenido en N y P de sus tejidos, hacen que estas plantas resulten muy adecuadas para reducir el nivel de nutrientes de los efluentes.

Sistemas con macrófitas sumergidas o limnòfitos: Las plantas acuáticas de este tipo crecen sumergidas en el agua, aunque la mayoría de las especies producen órganos reproductores aéreos o flotantes.

Este tipo de macrófitas solo desarrolla un crecimiento adecuado en aguas bastante oxigenadas y por tanto, no pueden usarse en tratamientos de aguas residuales que presentan un contenido elevado de materia orgánica en las que la degradación microbiana conduce a condiciones altamente anóxicas. El hecho de que sean poco productivas se puede relacionar principalmente con las bajas intensidades de luz de su hábitat. Además, en aguas con contaminación orgánica, la producción de estas plantas suele reducirse mucho, hasta el 90 % respecto a zonas no contaminadas. Un problema adicional al de la baja productividad es la dificultad de recolección de la biomasa, pareciendo el sistema más factible para la utilización de peces herbívoros.

Todo ello hace que las hidrófilas sumergidas resulten en principio poco adecuadas para el tratamiento de aguas residuales aunque es posible que puedan tener aplicaciones en casos concretos, como en zonas abiertas en humedales de flujo superficial.

Vegetación emergente: son las plantas con raíces en los sedimentos que se desarrollan sobre la superficie del agua. Lara, 1999, explica que las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras:

- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.

Entre las variedades más comunes de vegetación emergente se encuentran en el siguiente cuadro:




Tabla 1. Vegetación Emergente

Familia	Especie	Género	Nombre común
Typhaceae	Tifáceas	Typha	Espadañas
Poaceae	Gramíneas	Phragmites	Chuscal
Scirpoideae	Ciperáceas	Scirpus	Totora, junco
Juncaceae	Juncáceas	Juncos	Juncos

Fuente: SISTAR. 1999

3. ESPECIES VEGETALES MÁS UTILIZADAS.

Tabla 2. Características de las especies vegetales más utilizadas en humedales construidos.

Nombre Científico	Familia	Nombre (s) común (es)	Características sobresalientes	Distancia de siembra	Penetración de raíces en grava	Temperatura C		Salinidad	pH
						Deseable	Germinación de semillas	ppt	
<p><i>Thypha spp</i></p> 	Tifácea	Espadaña, Enea, Anea, Junco, Bayón, Bayunco, Bohordo, Henea, Junco de la pasión, Maza de agua	<p>Ubicua en distribución</p> <p>Capaz de crecer bajo diversas condiciones medio ambientales</p> <p>Se propaga fácilmente</p> <p>Capaz de producir una biomasa anual grande</p> <p>Tiene potencial pequeño de remoción de N y P por la vía de la poda y cosecha.</p>	60 cm	Relativamente pequeña (30 cm) por lo que no es recomendable para sistemas de flujo subsuperficial	10-30	12-24	30	4 – 10
<p><i>Scirpus spp</i></p> 	Ciperácea	Tatora	<p>Perennes</p> <p>Crecen en grupo</p> <p>Plantas ubicuas</p> <p>Crecen en aguas costeras, interiores salobres y humedales</p> <p>Crecen bien en agua desde 5 cm hasta 3 m de profundidad</p>	30 cm	60 cm por lo que es recomendable para sistemas de flujo subsuperficial	18 -27		20	4 – 9
<p><i>Phragmites spp australis más común</i></p> 	Gramínea	Carrizo	<p>Anuales</p> <p>Altos</p> <p>Rizoma perenne extenso</p> <p>Plantas acuáticas usadas más extensas</p> <p>Pueden ser más eficaces en la transferencia de oxígeno porque sus rizomas penetran verticalmente y más profundamente. Son muy usadas en humedales porque ofrecen un bajo valor alimenticio</p>	60 cm	40 cm por lo que es recomendable para sistemas de flujo subsuperficial	12-23	10-30	45	2 – 8

Fuente: CEPIS, 1991.

Tabla 3 Parámetros de Plantas usada en humedales construidos.

Familia	Nombre Científico	Nombre Usual	Temperatura		Máxima Salinidad (ppt)	Rango de pH
			Deseable	Germinación		
Ciperáceas	Carex sp.		14-32			5 - 7.5
	Eleocharis sp.					
	Scirpus lacustris L.	Junco de laguna	18-27		20	4 - 9
Gramineas	Glyceria fluitans (L.) R Br	Hierba del maná				
	Phragmites australis (Cav) Trin. Ex Steudel	Carrizo	12 - 23	10 - 30	45	2 - 8
Iridáceas	Iris pseudacorus L.	Lirio amarillo				
Juncáceas	Juncus sp.	Junco de laguna	16-26		20	5-7.5
Tifáceas	thypha sp.	Eneas	10-30	12-24	30	4-10

Fuente: IDEM

A continuación se mostrara la investigación de ocho tipos de plantas presentando: generalidades, características de desarrollo, origen, requisitos de mantenimiento de las especies vegetativas

3.1. JACINTO DE AGUA

Tabla 4. Jacinto De Agua

<u>GENERAL</u>	
Numero de Catálogo	229546
Numero de Colector	2027
Colector (es)	Sareavia T. C. Herbario Nacional Colombiano
Fecha Colección	1962-02-13
Observaciones	Observ. Campo: Observ Genrales
Fecha actualizacion del registro	2007-02-13
<u>TAXONOMÍA</u>	
Nombre Científico	Eichhornia crassipes
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliales
Orden	Pontederiaceae
Familia	Eichhornia crassipes
Género	crassipes
Epítelo Específico	(Mart) Solms
Autor Epiteto Especifico	
<u>GEOESPACIAL</u>	
Pais	COLOMBIA
Departamento	CUNDINAMARCA
Municipio	GIRARDOT
Localidad	Alt 289 m.
Altitud Mínima	289 m.
Altitud Máxima	289m

Disponible: Herbario de la Universidad Nacional



Figura 3: Buchón Cucharita (*Limnobium laevigatum*), Fuente Molina 1999

Generalidades

- a) **Nombre científico o latino:** Eichhornia crassipes.
- b) **Nombre común:** Jacinto de agua, Camalote, Camalotes, Lampazo, Violeta de agua, Buchón, Taruya.
- c) **Familia:** Pontederiaceae (Pontederiáceas).
- d) **Origen:** cursos de agua de la cuenca del Amazonas, en América de Sur.
- e) **Aspecto:** ornamental, que genera su utilidad en estanques y láminas acuáticas de jardines en climas templados y cálidos; en ocasiones se asimilan, como malas hierbas, que pueden obstruir una vía fluvial.
- f) **Características:** son especies flotantes de raíces sumergidas, que no poseen de tallo aparente, dotada de un rizoma, muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa en forma de globo que forma una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática. Las raíces son negras con las extremidades blancas cuando son jóvenes, negro violáceo cuando son adultas. Especie alóctona.
- g) **Usos:** adornar pequeños lagos, embalses, pero sobre todo para estanques y también acuarios; ofrecer refugio para los peces protegiéndolos del sol excesivo y de las heladas; constituir a través de las raíces un excelente soporte para el desove de las especies ovíparas (carasisus, carpas, etc.).

Requisitos de mantenimiento.

- a) **Temperaturas:** en invierno la planta debe ser protegida en invernadero frío en climas con heladas, manteniéndola siempre en agua, en sol o semi-sombra requiere iluminación intensa, que, si es construido, deberá ser proporcionada por una rampa luminosa completa.
- b) **Cultivo:** a una temperatura entre 20-30°C; no resiste los inviernos fríos (hay que mantenerla entre 15-18°C); necesita aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación. Durante el verano se reproduce fácilmente por medio de estolones que produce la planta madre, llegan formarse verdaderas "islas" de gran porte.
- c) **Advertencias:** Esta especie está considerada entre las 100 especies más invasoras del mundo por la UICN. Como consecuencia de su proliferación está creando en ríos y lagos importantes problemas en canales de riego agrícolas y afecciones a los ecosistemas ribereños, ya que cubre como una manta toda la superficie del río, por su fácil reproducción vegetativa y sexual.

Aunque es una planta de gran uso en la elaboración de humedales construidos, el costo del manejo del Jacinto de agua es muy alto, tanto para la economía como para la ecología; para evitar su fuerte impacto, es necesario generar un plan de control, el cual maneje técnicas adecuadas aplicadas en el momento oportuno; este debe ser estructurado de acuerdo a las características de cada lugar. El plan debe manejar programas de mantenimiento anual y control biológico con patógenos. Las ventajas que ofrece el Jacinto de agua, no son suficiente para contrarrestar las desventajas que presenta en los acuíferos donde está presente. Se le atribuyen muchas negatividades, entre ellas se tienen: Dificulta la navegación de pequeñas y grandes embarcaciones, favorece la multiplicación del mosquito que produce la malaria, triplica la evaporación del agua a través de la transpiración por lo tanto reduce el caudal del acuífero, obstruye los canales de riego, lagunas, lagos, ríos, etc. Con la facilidad que tiene ésta planta de reproducirse, en poco tiempo cubre toda la superficie del acuífero que invade.

3.2. TYPHA

Tabla 5. *Typha*

	<u>GENERAL</u>
Numero de Catálogo	89739
Numero de Colector	680
Colector (es)	Pinto E., P., Herbario Nacional Colombiano
Fecha Colección	
Observaciones	Observ. Campo.: Observ. Generales
Fecha actualizacion del registro	2007-0213
	<u>TAXONOMÍA</u>
Nombre Científico	<i>Typha</i> sp.
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Typhales
Familia	Typhaceae
Género	<i>Typha</i>
Epítelo Específico	Sp.
Autor Epiteto Específico	
	<u>GEOESPACIAL</u>
Pais	COLOMBIA
Departamento	CUNDINAMARCA
Municipio	LA PALMA
Localidad	Inspeccion Minipi Quijano
Altitud Mínima	1462 m
Altitud Máxima	1462 m
Latitud (Georreferenciada)	5° 20' 13" N
Longitud (Georreferenciada)	74 ° 25' 40" W
	WGS84
	500 m
	dead reckoning
	<u>ATRIBUTOS</u>
Fenología	flowwring

Disponible: Herbario de la Universidad Nacional



Figura 4: Typha, Fuente Lara J. 1999

Generalidades

- a) **Nombre científico o latino:** Typha
- b) **Nombre común:** Tatora, gladio, espadaña, anea o enea
- c) **Familia:** Typhaceae sensu lato
- d) **Origen:** cursos de agua de todas las regiones templadas del Hemisferio Norte; nativa del sur de los Estados Unidos y Centroamérica.
- e) **Aspecto:** Hierbas robustas, perennes, de 1 a 3 m de altura, salvo en Typha mínima, que no supera el metro. Acuáticas emergentes, monoicas (flores masculinas y femeninas en la misma planta), de tallo rizomatoso; posee hojas muy erectas, bifaciales, mayormente basales, dísticas, envainadoras, simples, sin dividir, planas, alargadas y delgadas, de venación paralela, con parénquima esponjoso.
- f) **Características:** Una de las características de las Tifáceas es el gran rizoma que forman bajo el agua con el fin de introducir oxígeno en los alrededores de las raíces pues, al no ser en sí plantas acuáticas, éstas no pueden vivir dentro del agua por sí mismas. Esta característica las transforma en unas muy buenas oxigenadoras para depuración. Viven formando comunidades muy densas que pueden ser exclusivas o mezcladas con otras plantas afines (cañas, juncos, etc.).
- g) **Usos:** como planta depuradora, cabe destacar su capacidad de romper diversos fenoles (especialmente los tóxicos pentaclorofenoles), por lo que se pueden utilizar para depuración de aguas que contengan contaminantes duros de este tipo. Se ha comprobado que pueden fijar bacterias como Escherichia coli (bacterias coliformes como la Salmonella y los Enterococcus), llegando a bajar a cero las poblaciones de éstas. También se ha comprobado su eficacia en eliminar diversos virus y huevos de lombrices, controlando estas poblaciones. Es una gran oxigenadora, lo que incrementa su importancia para depuración. Puede absorber metales, biocidas, etc. Destruye patógenos y flocula coloides.

Requisitos de mantenimiento

- a) **Temperaturas:** Son plantas que soportan temperaturas templadas; pero en presencia de climas demasiado fríos, actúan de manera negativa, evitando su crecimiento hasta esta región y en ocasiones hasta la pérdida total de la planta.
- b) **Cultivo:** El denso sistema rizomático favorece la fijación del suelo, previniendo la erosión. En su interior se alojan numerosos insectos, y proporciona cobijo a

batracios y aves lacustres. Es capaz de producir una biomasa anual grande y tiene un potencial pequeño de remoción de N y P por la vida de poda y cosecha. Los rizomas son plantados a intervalos aproximadamente de 0.6 m pueden producir una cubierta densa en menos de un año. Tiene una relativa baja penetración en grava de aproximadamente de 0.3 m por lo que es recomendable en sistemas SFS.

- c) **Advertencias:** crecen como plantas emergentes en estanques, acequias, y pantanos. Suelen ser de las primeras especies en colonizarlos. Las colonias de totoras son muchas veces un paso importante en la desecación de lagunas y pantanos, formando una capa de denso tejido orgánico sobre la cual se deposita la tierra.

Es una planta común en los ambientes saturados de agua, estas dominan en el paisaje del humedal. Son plantas con una vida útil de más de dos años; por lo que sería de gran utilidad para la remoción de sólidos en humedales; además tiene la capacidad de romper diversos fenoles, por lo que se pueden utilizar para depuración de aguas que contengan contaminantes duros de este tipo. Se ha comprobado que pueden fijar bacterias como *Escherichia coli* (bacterias coliformes como la *Salmonella* y los *Enterococcus*), llegando a bajar a cero las poblaciones de éstas. Tienen un rizoma o tallo subterráneo muy robusto con el que se anclan firmemente al suelo blando del pantano y desarrollan allí una red de la que brotan los largos tallos aéreos cilíndricos y erguidos de verde intenso que se arquean. En el extremo de los tallos producen una pequeña espiga de color café con granos que sirven de alimento a varias especies de pájaros, entre ellos el toche de laguna o monjita.

3.3. SCIRPUS

Tabla 6. *Scirpus*

GENERAL

Numero de Catálogo	333987
Numero de Colector	6413
Colector (es)	Fernandez A., L., Herbario Nacional Colombia
Fecha Colección	1986-04-28
Observaciones	Observ. Campo.: Observ. Generales
Fecha actualizacion del registro	13/02/2007

TAXONOMÍA

Nombre Científico	<i>Scirpus</i> sp.
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Cyperaceae
Género	<i>Scirpus</i>
Epítelo Específico	Sp.
Autor Epítelo Especifico	

GEOESPACIAL

Pais	COLOMBIA
Departamento	BOGOTA D.C.
Municipio	Cundinamarca. Bogota. Predios de la Universidad Nacional
Localidad	
Altitud Mínima	2600 m
Altitud Máxima	2600 m

ATRIBUTOS

Fenología	flowering
-----------	-----------

Disponible: Herbario de la Universidad Nacional



Figura 5: *Scirpus*, Fuente Lara J. 1999

Generalidades

- a) **Nombre científico o latino:** *Scirpus*
- b) **Nombre común:** Cyperaceae
- c) **Aspecto:** No es propiamente un junco. Son plantas perennes. Tienen un rizoma o tallo subterráneo muy robusto con el que se anclan firmemente al suelo blando del pantano y desarrollan allí una red de la que brotan los largos tallos aéreos cilíndricos y erguidos de verde intenso que se arquean. En el extremo de los tallos producen una pequeña espiga de color café con granos que sirven de alimento a varias especies de pájaros, entre ellos el toche de laguna o monjita.
- d) **Características:** común en los ambientes saturados de agua. Dominan en el paisaje del humedal de la conejera, de otros humedales y de las riberas fangosas del río Bogotá.
- e) **Usos:** en los humedales construidos, independientemente de la especie heliófita como la typha o la scirpus utilizada, tienen en general baja eficiencia en la remoción de nutrientes (sobre todo en humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal), pero una alta eficiencia de remoción de DBO y DQO, así como en la fijación de metales pesados y moderada a alta eficiencia en la eliminación de coliformes fecales.
- f) **Adaptación de la totora** Las especies halófitas tienen un gran rango de adaptación; por ello es que constituyen las especies dominantes en lugares donde las condiciones restringen las posibilidades de desarrollo de otras especies. Son plantas de climas templados que prosperan en posiciones soleadas, tolerando un amplio rango de pH (4 - 9). La temperatura media óptima para su desarrollo está dentro del intervalo de 16 °C a 27 °C. Se utilizan principalmente en humedales construidos de flujo sub superficial (lecho de grava/arena), ya que su tolerancia a la inundación permanente es poca cuando la capa de agua es profunda (Málvarez, 1999). Prospera muy bien en medios acuáticos de profundidad somera como lagunas o zonas de inundación. Se implantan individualmente en el sustrato o fango del humedal en primavera o épocas calurosas, porque el frío puede matarlas (Hazelip, 2004).

3.4. LIRIO AMARILLO

Tabla 7. Lirio Amarillo

*Iris Pseudacorus**

FORMA BIOLÓGICA	AMBIENTE PREFERENCIALES
Herbácea	DE INAVASIÓN
	Humedales, zona litoral de cursos de agua
AMBIENTE Natural	lagos y laguna, humedales y bañados
Humedales, riberas	
Reproduccion	IMPACTO (ECOLOGICO, ECONÓMICOS,
Ruta: Autopropagación	DE SALUD)
Vector: Agua	Sin información
INTRODUCCIÓN	CONTROL (FÍSICO, QUÍMICO, BIOLOGO)
Causa: Para fines ornamentales	Sin infmacion
Forma Vountaria	
Sitio: Sin información	PREVENCIÓN
Fecha: Sin información	No utilizarlo como especie ornamental
USO ECONÓMICO	
Ornamental	

Fuente: *Iris Pseudacorus* (Abril 2011)



Figura 6: Tecnología innovadora que permite tratar aguas grises y generar un jardín o producir flores de ornato, Vargas (2007)

Generalidades

- a) **Nombre científico o latino:** Iris pseudoacoo
- b) **Nombre común:** Lirio amarillo, Acoro bastardo, Acoro palustre, Acoro falso, Lirio español, Espadaña fina, Lirio espadaña, Espadaña amarilla, Ácoro amarillo, Azucena amarilla
- c) **Familia:** Iridaceae (Iridáceas).
- d) **Origen:** vive fundamentalmente alrededor de la cuenca del Mediterráneo, aunque se extiende por el Oeste hasta las islas de la Macaronesia (Azores, Madeira y Canarias) y por el Norte hasta la mayoría de países europeos.
- e) **Aspecto:** Planta herbácea perenne con rizoma carnoso. Altura: hasta 1,2 m. Las hojas son planas y estrechamente triangulares, partiendo del mismo rizoma, en el que dejan marcas a modo de escamas. Flores grandes y amarillas, de 8-10 cm. de diámetro, en ramilletes terminales y laterales de 2-3, con verdes espatas provistas de ancho margen escarioso.
- f) **Características:** Las hojas y las raíces son venenosas para el ganado.
- g) **Usos:** Usos: ideal para los bordes del estanque, en la llamada zona palustre. Planta de fácil conservación. y utilizada para tratamiento de aguas residuales. : En depuración de aguas se ha comprobado que elimina ciertos grupos de patógenos activos y son buenas depuradoras. También es importante como medio casi exclusivo para la nidificación y alimentación de diferentes aves acuáticas.

Requisitos de mantenimiento

- d) **Temperaturas:** en invierno, y si bien el Lirio amarillo no es caduco, se pone muy mustio con el frío, pero es normal, de hecho debe ser así, y a la primavera rebrota.

3.5. PAPIRO

Tabla 8. Papiro

<u>GENERAL</u>	
Numero de Catálogo	143016
Numero de Colector	8
Colector (es)	Ballesteros G., J., Herbario Nacional Colombiano
Fecha Colección	1973-07-05
Observaciones	Observ. Campo.: Observ. Generales
Fecha actualizacion del registro	2007-02-13

<u>TAXONOMÍA</u>	
Nombre Científico	Cyperus papyrus
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Cyperaceae
Género	Cyperus
Epítelo Específico	papyrus
Autor Epiteto Especifico	L

<u>GEOESPACIAL</u>	
Pais	COLOMBIA
Departamento	BOYACA
Municipio	TUNJA
Localidad	Jardines
Altitud Mínima	2820 m
Altitud Máxima	2820 m

<u>ATRIBUTOS</u>	
Fenología	flowwring

Disponible: Herbario de la Universidad Nacional



Figura 7: Papiro, Humedal Jaboque (2011)

Generalidades.

- a) **Nombre científico o latino:** *Cyperus papyrus*.
- b) **Nombre común:** Papiro, Papiro de Egipto.
- c) **Familia:** Cyperaceae (Ciperáceas).
- d) **Origen:** Cuenca del Nilo, África tropical hasta Egipto.
- e) **Aspecto:** _Planta acuática o palustre, arraigante por lo general con rizomas.
- f) **Características:** Rápido crecimiento hojas basales pequeñas flores agrupadas en inflorescencias.
- g) **Usos:** para estanques, embalses, pequeños lagos, o bien como planta de interior en maceta. Es muy apreciada para depuración de aguas. Solución de un gran número de problemas, entre los que cabe destacar el económico y medioambiental que presenta la depuración total de las aguas residuales, Evita la evaporación del agua aplicada y consigue que el sistema de depuración sea el más eficiente de todos los conocidos. Protege a operarios de la depuradora y usuarios de la zona verde del contacto directo con las aguas residuales, garantizando la ausencia total de aerosoles.

Requisitos de mantenimiento.

- a) **Temperaturas:** crecen mejor en lugares donde la temperatura oscila entre los 10° C de mínima en invierno y sin problemas de máximas si se asegura un ambiente húmedo. En invierno, si no se ha protegido convenientemente de las inclemencias del tiempo, la planta amarilleará y se marchitará.
- b) **Cultivo:** Suelo: necesita un suelo rico, compuesto de 2 partes de turba húmeda por 1 parte de tierra de jardín y una parte de arena. : requieren una tierra muy húmeda y por tanto un riego abundante. Si es posible, se aconseja colocarla en estanques o instalaciones que contengan agua.

3.6. COLA DE ZORRO



Figura 8: Biosystem (S.F.)

Generalidades.

- a) **Nombre científico o latino:** Ceratophyllum demersum.
- b) **Nombre común:** mil hojas de agua, bejuquillo, cola de zorro o pinito de agua.
- c) **Familia:** Ceratophyllaceae
- d) **Origen:** Es una especie de, con una distribución cosmopolita en regiones templadas y tropicales.
- e) **Aspecto:** Carece de raíces; se desarrolla flotando en su ambiente, creciendo por un extremo conforme el otro, la base, se va descomponiendo. Vive con las hojas y los tallos totalmente sumergidos, estos últimos se caracterizan por ser quebradizos.
- f) **Características:** Crece en lagos y ríos de corriente lenta a moderada alrededor del mundo. Es una planta perenne y resistente, considerada como de fácil mantenimiento en acuarios y estanques. Crece ramificada, lo cual hace sencillo separar gajos para que estos se conviertan en una nueva planta. Además de reproducirse por propagación vegetativa, también poseen flores, masculinas y femeninas, encontradas en diferentes nodos. Aguas blandas, de pH neutro o ligeramente ácido. Deben poseer iluminación intensa; además, los abonos a aplicarse deben ser aquellos que se disuelven en el agua, ya que, como se dijo anteriormente, carecen de raíces.
- g) **Usos:** Resulta útil en acuarios y estanques no solo por su valor estético, sino también porque ayudan a controlar las algas y mantener el acuario oxigenado. Si se les proporciona suficiente luz y filtración, pueden desarrollarse perfectamente; no obstante, debe ir podándose conforme crece, ya que pueden alcanzar una altura promedio de 1,50 m.

Requisitos de mantenimiento.

- a) **Temperaturas:** La temperatura ideal para estas plantas varía según el hábitat de las variedades. Las que provienen de Sudamérica prefieren aguas frías y con mayor circulación; por otro lado, variedades europeas como Ceratophyllum Submersum prefieren aguas templadas y con menor flujo, pudiendo vivir incluso en aguas estancadas.

3.7. GUALOLA O ENVIDIA



Figura 9 Gualola o Envidia, Fuente Molina 1999.

Generalidades.

- h) **Nombre científico o latino:** polygonum segeta.
- i) **Nombre común:** Gualola o envidia.
- j) **Familia:** poligonáceas
- k) **Origen:** es una hierba que se ha hecho muy común en el Altiplano Cundiboyacence.
- l) **Aspecto:** Varían en el porte: unas son herbáceas en las plantas anuales de unos 5 centímetros de altura; otras plantas perennes de porte herbáceo alcanzan de 3 a 4 m de altura; otros son parras leñosas perennes que alcanzan los 20 o 30 m de altura, utilizando como soporte a árboles. Algunas son acuáticas, creciendo como plantas flotantes dentro de los estanques. Con hojas de bordes lisos afilados, varían grandemente sus formas según la especie, y pueden ser lanceoladas estrechas, ovaladas, triangulares amplias, con forma de corazón o de punta de flecha. Tienen una longitud de 1 a 30 centímetros. Los vástagos son a menudo rojizos o manchados de rojo. Las flores son pequeñas, rosadas, blancas, ó verdosas, formando en verano racimos densos de los empalmes de la hoja o en los ápices del vástago.
- m) **Características:** Una cierta especie puede desarrollar rápidamente una extensa red de rizomas (raíces que pueden brotar) que se extienden a partir de la planta del padre de 7 a 20 m y por lo menos 2 m de profundidad. Los fragmentos de la raíz y del vástago de un tamaño tan reducido como un centímetro pueden dar lugar a nuevas colonias de la planta.
- n) **Usos:** Por la belleza de sus flores rosadas es planta ornamental, El *Polygonum cuspidatum* se está utilizando en tratamientos contra el cáncer. Humanos: Narcótico, vermífugo, retención urinaria, cálculos renales.

Requisitos de mantenimiento.

- b) **Temperaturas:** Son plantas que soportan temperaturas templadas; y actúan bien en presencia de climas demasiado fríos.
- c) **Cultivo:** Crece bien en terrenos muy húmedos y encharcados por eso es común en los bordes de los pantanos y de las chambas de la Sabana de Bogotá. Algunos *Poligonum* crecen extremadamente rápido durante el verano; El *Poligonum gigante* puede alcanzar 4.5 m cada verano, el *Poligonum japonés* 3 m, y el "enano" (*Poligonum himalaya*) 1.5-2 m.
- d) **Advertencias:** responde bien a los cuidados pero requiere riegos continuos. Se le acusa como huésped intermediario del gusano de la papa.

Las inundaciones y los desbordamientos del agua lavan las plantas enteras o parcialmente que se encuentran en las cercanías de los ríos y los arrastra, los pedazos de dispersión del *Poligonum* a través del área y de los bancos inundados, dan lugar a nuevas plantas. Se considera como especie de planta invasora, aunque se arranque del suelo, sus restos de rizomas, permiten rápidamente el crecimiento de nuevos *Poligonum* para dar lugar a nuevas plantas para pasar a asumir el control el área, suprimiendo a otras especies. El cortarlo, la siega, el cavarlo y algo de herbicida son los tratamientos utilizados para erradicar a esta planta, especialmente durante el inicio de la estación de crecimiento. A mediados del otoño se produce el crecimiento encintado del *Poligonum* y de hecho se estimula la producción de lanzamientos de los brotes latentes dispersados a su alrededor o por los rizomas de la raíz.

3.8. BOTONCILLO

Figura 10 Botoncillo , Fuente Molina 1999



Generalidades

- a) **Nombre científico o latino:** *Biden leavis*.
- b) **Nombre común:** botoncillo, chipaca, misiquia, duarte.
- c) **Familia:** Pertenece a la familia de las compuestas, subfamilia Asteráceas.
- d) **Origen:** El botoncillo es una planta común en los pantanos fríos de Sur y Centroamérica.

- e) **Aspecto:** Crece en charcas y todo tipo de cuerpos de agua de poca profundidad. Clava sus raíces en el suelo lodoso y sus tallos y hojas emergen a la superficie. Sus flores amarillas como pequeños girasoles acuáticos le dan a los humedales incomparable belleza.
- f) **Características:** Una erecta, ramificada, pubescente anual, las ramas más o menos espesa y púrpura a menudo en los nodos · Hojas: opuestas, pecioladas, oblongas agudos u obtusos, de 7 a 11 cm de largo. · Flores: numerosas, densamente lleno de gente en cabeza globosa, las cabezas son de color blanco, rosa o púrpura, solitarias, pedúnculos, de 1,5 a 2 cm de longitud de diámetro, protegidas por dos brácteas. Bractéolas 8 a 10 mm de largo, encerrando las flores, las laterales, se desplomó. Sépalos, pubescente, 5, lanceoladas, hendidura en la punta, por lo general sin estaminodios.
- g) **Usos:** Por la belleza de sus flores rosadas es planta ornamental.

Requisitos de mantenimiento

- a) **Temperaturas:** Son plantas que soportan temperaturas templadas.
- b) **Cultivo:** Crece bien en sabanas.
- c) **Advertencias:** responde bien a los cuidados pero requiere riegos continuos. Se le acusa como invasor del humedal.

Aunque los humedales son principalmente sistemas de tratamiento, proporcionan beneficios intangibles aumentando la estética del sitio y reforzando el paisaje. Visualmente, los humedales son ambientes extraordinariamente ricos. Introduciendo el elemento agua al paisaje, el humedal construido, tanto como el natural, agrega diversidad al paisaje. Pueden construirse humedales construidos siguiendo las formas que tienen los contornos naturales del sitio, hasta el punto de que algunos humedales para el tratamiento de agua son indistinguibles, a simple vista, de los humedales naturales.

4. IMPERMEABILIZACIÓN

Este es un aspecto sumamente importante ya que impide la contaminación del subsuelo por infiltración. Las partes necesarias de impermeabilización son los taludes de entrada, salida, laterales y el fondo de los lechos.

El impermeabilizante que se menciona anterior como recomendable para el humedal es de acuerdo a consultas faltaría hacersele pruebas si es el adecuado para el área y no valla permitir la colmatación ni la filtración de agua externa a la proyectada que entre al humedal, sobre el impermeabilizante del cual se investigo fue:

➤ **Impermeabilizante EDL ANDINA LTDA.**

Súper Manto EDIL Poliéster 180 gr – 4mm.

Impermeabilizante desde 3 mm constituido por mezcla asfáltica modificada por polímeros APP que le confieren impermeabilidad, elasticidad y plasticidad, un refuerzo de poliéster que permite realizar los movimientos típicos de la superficie de concreto, malla de fijación y acabo de mortero de protección contra impactos y raíces.

USOS: Como sistema Impermeabilizante de jardines grandes donde haya matas de raíces gruesas que tienden a dañar la impermeabilización.

V ENTAJAS.

- Sistema Sencillo de instalar.
- Proteger la vegetación de los daños que puede ocasionar las raíces de las matas.

COMPOSICION.

Primero asfálticos para sellar la superficie y acondicionarla para la impermeabilización. Membrana de asfalto modificado APP con refuerzo de fibra de poliéster de 120 g/m² como manto de impermeabilización de poros y paredes la cual va sellada en los perímetros. Hay que realizar tratamiento de drenaje y juntas de dilatación si las hay.

Geotextil de poliéster que se apoya sin adherencia a la membrana la cual funciona como elemento de separación entre dos materiales como es el manto asfáltico y la del substrato granulométrico de gravilla que sirve de filtración. La malla permite la adhesión de mortero a la membrana de las paredes mortero.

4.1. APLICACIÓN

Aplicar primero asfáltico Edil a razón de 0,25 litros por metro cuadrado y se deja secar, Cuando el imprimante está seco se aplica con la acción de un soplete el manto asfáltico de refuerzo de poliéster, se sellan los solapes y los polímeros con espátula caliente y llama, se hacen los tratamientos de drenaje y de otra índole si son necesarios. La segunda capa es de geo-textil la cual va apoyada sobre la membrana del fondo y no adherido de ella; Se aplica la malla a las paredes ya impermeabilizadas fijándola a la membrana mediante tiras de la misma membrana con la ayuda de la llama del soplete. Se carga sobre el geo textil en el fondo una capa de 5 cm de espesor con piedras picadas de distinto tamaño las cuales no permiten que las raíces de las matas penetren en el drenaje sobre las paredes se aplican 5 cm de arena.

En la pared se salpica la malla con mortero el cual se adhiere bien a la malla cuando el mortero está seco las paredes se fresan para hacerlas menos rusticas, luego se llena el humedal de acuerdo al orden de sus componentes.

5. MATERIAL GRANULAR

El material del lecho filtrante juega un papel determinante en la eficiencia del tratamiento. Materiales porosos y resistentes al desgaste mecánico y químico ocasionado por el flujo continuo de aguas residuales tienen una mayor conductividad hidráulica y han demostrado proporcionar una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes.

Es importante disponer de un material suficientemente homogéneo en forma y tamaño, duro durable, capaz de mantener su forma a largo plazo y limpio (sin presencia de finos). La procedencia del material puede ser tanto de cantera como de canto rodado, de origen fluvial. En el primer caso es de canto fino debido a la trituración de la roca y debe lavarse en el caso de presencia de finos.

La característica fundamental requerida para el lecho filtrante es su resistencia al desgaste provocado por las aguas residuales, que debe garantizar que el lecho no se deteriore en el transcurso del tiempo.

En la elección del tipo de grava es importante tener en cuenta la porosidad y la granulometría. De la porosidad depende la superficie disponible para la formación de la capa bacteriana, ya que a más porosidad se reduce el área disponible. En cuanto a la granulometría, a mayor tamaño de la partícula, la capacidad hidráulica del biofiltro aumenta, pero disminuye la eficiencia en la remoción de contaminantes no únicamente al tener menos área para el crecimiento bacteriano, sino que se ven afectados los mecanismos como la adsorción, filtración, sedimentación e intercambio iónico. Por tal razón, la elección del tamaño de la grava debe conseguir el equilibrio entre los aspectos hidráulicos y la eficiencia de remoción.

El relleno de grava se realiza con precaución y, dado la poca anchura de las celdas, se prevendrá que las máquinas circulen por el lecho de grava evitando así tanto la compactación del material granular como el deterioro de la lámina impermeable.

6. DISEÑO DEL HUMEDAL

Es importante tener en cuenta las principales variables de diseño y operación:

a. Tipo de aguas servidas:

Se desea diseñar para un sector de la universidad Militar Nueva Granada, es decir para tratar aguas servidas domésticas para una población de 1000 habitantes.

b. Concentración en DBO de las aguas domésticas

Para las características típicas de un humedal se manejan valores de concentración de DBO para temperatura de 20°C entre 2000 y 30000 mg/l; estipulados en tablas anteriores.

c. Variación de caudal

Se maneja un caudal de: sin embargo es importante manejar un caudal superior pues se deben tener en cuenta las variaciones estacionarias y diarias del caudal.

d. Condiciones climáticas

Se manejan temperaturas bases, s_j con valores típicos de la región; sin embargo se debe tener en cuenta un acondicionamiento previo para evitar problemas de congelación en periodo invernal.

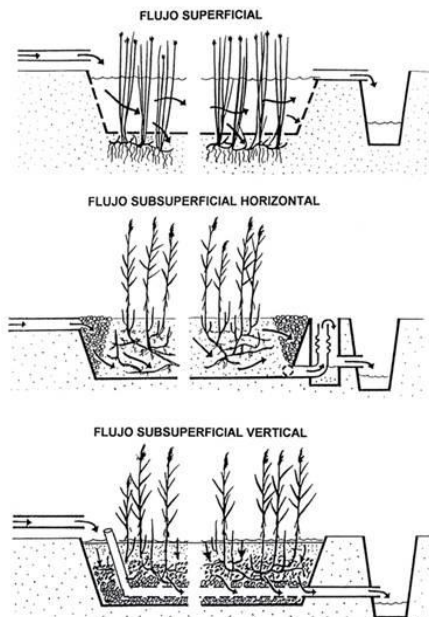


Figura 11. Esquema de humedales construidos de flujo superficial y sub-superficial con flujo horizontal y con flujo vertical. Cedido por Hans Brix (Universidad de Aarhus, Dinamarca).

PREDIMENSIONAMIENTO DE UNIDAD DE FLUJO HORIZONTAL BAJO LA SUPERFICIE (HSS)

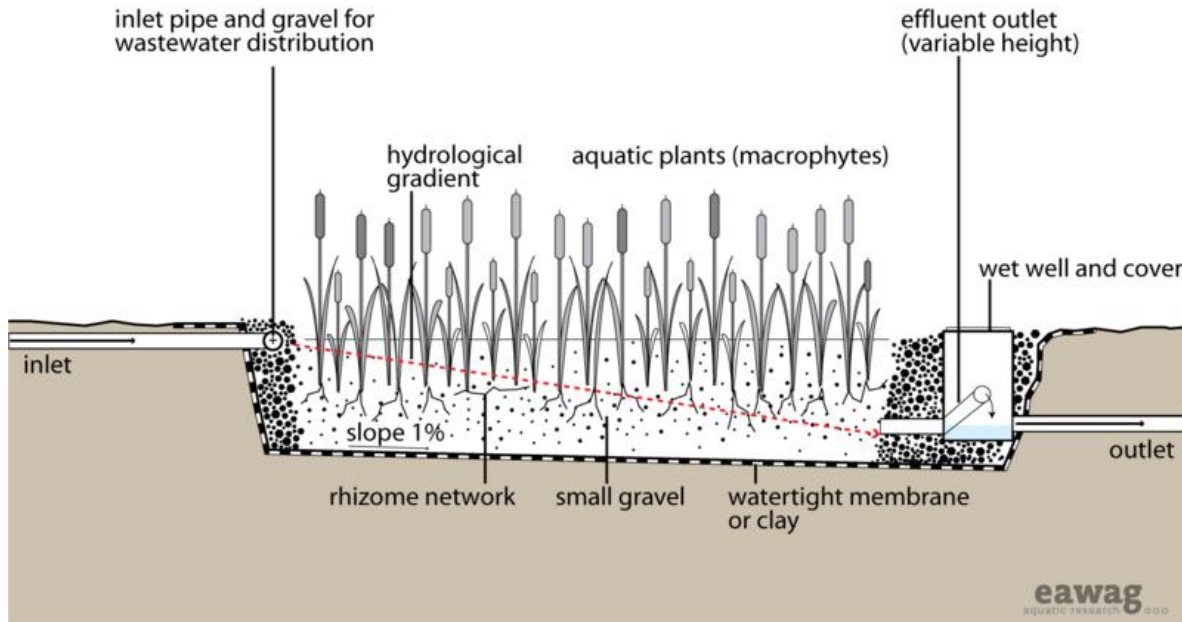


Figura 12. Esquema de humedal de flujo horizontal bajo la superficie. Extraído de la publicación comercial "Sandec/Eawag".

Los humedales de flujo horizontal permiten que el agua circule de manera totalmente horizontal a través de un medio filtrante granular y las raíces de las plantas. La profundidad del agua dentro de este varía entre 0,3 y 0,9 m.

Su característica principal es que su funcionamiento se basa en permanecer constantemente inundado; es decir el agua que posee se encuentra entre 0,05 y 0,1 m por debajo de la superficie y con cargas de alrededor de 6 g DBO/m²x día.

Los humedales horizontales están compuestos por:

- Estructuras de entrada del afluente.
- Impermeabilización del fondo y laterales.
- Medio granular.
- Vegetación emergente.
- Estructura de salida regulable.

6.1. GENERALIDADES DE DISEÑO:

Se procede a diseñar; iniciando con una unidad alimentadora, la cual será un ducto perforado instalado en piedra lisa, es fundamental tener en cuenta un pre-tratamiento del agua residual bruta, el cual remueva partículas sedimentables, aceites y grasa; para evitar la colmatación del ducto.

En este caso se realizara un pozo séptico para el pre-tratamiento, pues este es el método más efectivo y económico posible. El ducto debe mantenerse en condiciones de inmersión, con el fin de que la alimentación sea de manera continua y la repartición del flujo sea uniforme a lo largo de la estructura.

Las características mínimas en superficie del sistema se determinan teniendo en cuenta el tiempo de permanencia hidráulica necesario para obtener los rendimientos deseados. La carga hidráulica a diferentes condiciones establece la longitud máxima del flujo evitando una sobrecarga hidráulica del sistema, según la permeabilidad del medio filtrante. La longitud del sistema es la distancia entre la zanja de alimentación y la zanja de evacuación.

6.2. IMPERMEABILIZACIÓN (DISEÑO):

Es necesario disponer de una barrera impermeable para confinar al sistema y prevenir la contaminación de las aguas subterráneas.

Para este diseño se utilizara primero una compactación del terreno y algunas aportaciones de láminas sintéticas.

➤ Estructuras de entrada y salida

Es necesario mantener una buena repartición y recogida de las aguas para alcanzar los rendimientos necesarios; por lo cual el diseño de zonas de entrada y salida son fundamentales para su funcionamiento ideal. El agua residual que procedente de los tratamientos previos se distribuye, en su llegada a un canal con vertedero que la distribuye de forma homogénea en todo el ancho del sistema.

La recogida del agua efluente se realiza con una tubería perforada asentada sobre el fondo del humedal, esta tubería esta conectada con otra en forma de "L" invertida y cuya altura es regulable. Dicha estructura permite modificar el nivel de agua y a su vez drenar el humedal durante operaciones de mantenimiento.

El tiempo de permanencia hidráulica en la unidad y las condiciones de aireación del medio filtrante se controlan a través de una cámara de control de nivel ubicada en la zona de salida y controlada por un piezómetro.

6.3. MEDIO GRANULAR:

En las zonas de entrada y salida se colocan piedras que permiten diferenciar estas zonas de lo que es el medio granular principal.

En el medio granular ocurren múltiples procesos como la retención y sedimentación de la materia en suspensión, la degradación de la materia orgánica, la transformación y asimilación de los nutrientes, y la inactivación de los microorganismos patógenos.

El medio granular debe ser limpio, homogéneo, duro, durable y capaz de mantener su forma a largo plazo. Además, debe permitir un buen desarrollo de las plantas. Diámetros medios de alrededor de 5-8 mm ofrecen muy buenos resultados.

Este tipo de unidades se ha realizado con granulometría a partir de medios que tengan un fuerte porcentaje de arcilla (hasta 50%), hasta la piedra pulida.

Factor	Unidad	Intervalo	Valor usual
Medio Filtrante			
Arena fina lavada (secundario)	mm	0.25 – 0.75	0.35
Grava fina (primario)	mm	2.00 - 8.00	2 – 5 mm
Profundidad	cm	45 – 90	60
Coefficiente uniformidad	%	3 – 6	<4
Porcentaje finos	%	2-5	<4
		<4	<4
Drenaje			
Clase (tubería perforada)			
Tamaño	pulg.	3 – 4	4
Pendiente	%	0,1 – 1	0,5
Grava de drenaje	mm	20 - 40	40
Distribución agua			
Diámetro tubería	pulg	1-2	1.5
Distancia entre tuberías	m	0,5 -1,2	0,6
Orificio distribución	mm	3 – 8	6
Distancia entre orificios	m	0,5 - 1,2	0,6

	Tratamiento primario	Secundario
Capa superficial	h>30 cm grava fina, diametro efectivo de 2-10 mm	h> 30 cm de arena fina, diametro efectivo de 25 a 40 mm
Intermedia	h de 10 a 15 cm grava fina diametro efectivo 5 a 20 mm	h 10 a 20 cm de grava fina , diametro efectivo de 3 a 10 mm
Drenaje	h de 10 cm grava de diametro efectivo de 20 a 40 mm	h de 10 cm de grava de diametro efectivo de 20 a 40 mm

h= altura del humedal

Fuente: Elaboración propia.

Fuente:http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10034/3/ANEXOS%20D_E_F_G.pdf

6.4. VEGETACIÓN:

A continuación se definirá las plantas más factibles para el humedal, dando razones de cuales son las más eficientes y adecuadas en el proceso de remoción, del mismo modo se descartan las que no corresponderían al tratamiento del humedal

- El Jacinto de agua es una planta que se descarta totalmente para nuestro humedal debido a que es una especie que se asimila, como mala hierba. Está considerada entre las 100 especies más invasoras del mundo por la UICN. Además se desarrolla a temperaturas entre 20-30°C; siendo esto un gran problema puesto que la temperatura promedio de Cajicá es 14°C; necesita de aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación. Todo esto causa altos costo de manejo, tanto para la economía como para la ecología; por ende las ventajas que ofrece el Jacinto de agua, no son suficiente para contrarrestar las desventajas que presenta en los acuíferos donde está presente. Se le atribuyen muchas negatividades, entre ellas se tienen: favorece la multiplicación del mosquito que produce la malaria, triplica la evaporación del agua a través de la transpiración por lo tanto reduce el caudal del acuífero, obstruye los canales. Con la facilidad que tiene ésta planta de reproducirse, en poco tiempo cubre toda la superficie del acuífero que invade.
- **La Typha** es otra especie que se descarta principalmente porque se desarrolla mejor en regiones templadas, mientras que en presencia de climas demasiados fríos, actúan de manera negativa, evitando su crecimiento y en ocasiones hasta la pérdida total de la planta.
- **Scirpus** es una planta apropiada y seleccionada para ser usada en el humedal además de que tiene buenos antecedentes y muy usada en el paisaje del humedal de la conejera, de otros humedales y de las riberas fangosas del río Bogotá. Aunque tienen en general baja eficiencia en la remoción de nutrientes (en humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal), posee una alta eficiencia de remoción de DBO y DQO, así como en la fijación de metales pesados y moderada a alta eficiencia en la eliminación de coliformes fecales. Es una planta que se adapta muy bien a los parámetros arrojados por la parametrización del agua que proviene de la planta que se trata ya, toleran un amplio rango de pH (4 - 9). La temperatura media óptima para su desarrollo se encuentra a los 17° C Se utilizan principalmente en humedales construidos de flujo sub-superficial (lecho de grava/arena), ya que su tolerancia a la inundación permanente es poca cuando la capa de agua es profunda (Málvarez, 1999).
- **Papiro** es otra planta como solución al tratamiento de agua en el humedal consigue que el sistema de depuración sea el más eficiente de todos los conocidos. Debido a que la temperatura para su desarrollo es mínima de 10° c y tiene un gran historial como depuradora.

- **Botoncillo** Sus flores amarillas como pequeños girasoles acuáticos le dan a los humedales incomparable belleza. Temperaturas: Son plantas que soportan temperaturas templadas. Cultivo: Crece bien en sabanas. Advertencias: responde bien a los cuidados pero requiere riegos continuos. Se le acusa como invasor del humedal.

6.5. DISEÑO DE LA UNIDAD HSS

- *Determinación de la superficie mínima necesaria para obtención de los rendimientos*

Para esta etapa esta previsto el ajuste de equipos de control de nivel a una altura elevada En efecto mientras mas elevado sea el nivel de salida, mejor será el rendimiento obtenido para una misma superficie. El valor máximo retenido de Hs es de 0,8 m con el fin de permitir un margen de maniobra bajo la superficie de 100mm.

Se tiene en cuenta una temperatura promedio en CAJICÁ de 13°C.

Ecuación de determinación de superficie:

$$S = L \times b = \frac{3Q (He^2 - Hs^2)(\ln Ce - \ln cs) \times 86400}{2 K_t \rho (He^3 - Hs^3)}$$

Donde:

S = Superficie total de la unidad HSS

Hs = Altura del agua en el efluente en m = 0,8 m

He = Espesor total del lecho = desde 0,7 m hasa 0,9 m

Q = Caudal medio diario de aguas servidad en m³/s

Ce = Concentración de DBO₅ a l entrada en mg/l

Ce = Concentración de DBO₅ a l salida en mg/l

Kt = constante de primer orden dependiendo de la temperatura en d⁻¹

Kt = K²⁰ × 1,06^(T-20) = para K²⁰ = 0,805

K13 = 0,805 × 1,06⁽¹³⁻²⁰⁾ = 0,535

ρ = porosidad del medio filtrante = 0,26

$$S = L \times b = \frac{3Q (0,9m^2 - 0,8^2)(\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{2 (0,535) 0,26 (0,9^3 - 0,8^3)}$$

$$S = L \times b = \frac{48409,25 Q}{0,0604}$$

$$S = L \times b = 801477,65 \left(0,000031 \frac{m^3}{s} \right)$$

$$S = L \times b = 24,77 m$$

Ensayando con Hs= 0,5m

$$S = L \times b = \frac{3Q (0,9m^2 - 0,5^2)(\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{2 (0,535) 0,26 (0,9^3 - 0,5^3)}$$

$$S = L \times b = \frac{159465,77 Q}{0,1680}$$

$$S = L \times b = 949015,727 \left(0,000031 \frac{m^3}{s} \right)$$

$$S = L \times b = 29,33m$$

Ensayando con Hs= 0,2m

$$S = L \times b = \frac{3Q (0,9m^2 - 0,2^2)(\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{2 (0,535) 0,26 (0,9^3 - 0,2^3)}$$

$$S = L \times b = \frac{219265,44 Q}{0,201}$$

$$S = L \times b = 1093145,055 Q$$

Ensayando con Hs= 0,0m

$$S = L \times b = \frac{3Q (0,9m^2 - 0,0^2)(\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{2 (0,535) 0,26 (0,9^3 - 0,0^3)}$$

$$S = L \times b = \frac{230655,85 Q}{0,203}$$

$$S = L \times b = 1137312,52 \left(0,000031 \frac{m^3}{s} \right)$$

$$S = L \times b = 33,89 m$$

- Rendimiento buscado

$$R = \frac{(C_e - C_s) \times 100}{C_e}$$

$$R = \frac{(6000 - 2000) \times 100}{6000}$$

$$R = 66,7\%$$

- Rendimiento real

$$Rr = (1 - e^{-kt Tr} \times 100)$$

Donde:

$$Tr = \frac{2S \rho (He^3 - Hs^3)}{3Q (He^3 - Hs^3) \times 86400}$$

$$Tr = \frac{2S \times 0,26(0,9^3 - 0,0^3)}{3Q (0,9^3 - 0,0^3) \times 86400}$$

$$Tr = \frac{3,791 S}{188956,8 Q}$$

$$Tr = \frac{3,791 (24,77m)}{188956,8 \left(0,000031 \frac{m^3}{s} \right)}$$

$$Tr = 16,03$$

$$Rr = (1 - e^{-0,535 Tr} \times 100)$$

$$Rr = (1 - e^{-0,535 (16,03)} \times 100)$$

$$Rr = (1 - 0,0002 \times 100)$$

$$Rr = 98\%$$

- Determinación de la longitud de flujo del lecho

$$L = \sqrt{\frac{K (He^2 - Hs^2) S}{200 Q}}$$

Donde:

$K =$ Coeficiente de permeabilidad en cm/s

$$L = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-2} \text{ cm/s } (0,9m^2 - 0,8m^2) S}{200 Q}}$$

$$L = \sqrt{\frac{0,0017 S}{200 Q}}$$

$$L = \sqrt{\frac{0,0017 (24,77m)}{200 (0,000031 \text{ m}^3/s)}}$$

$$L = 2,61m$$

- Revisión de la superficie necesaria si se establece la longitud de flujo en 3m

$$L = \sqrt{\frac{3 K (He^2 - Hs^2)^2 (\ln Ce - \ln Cs) \times 86400}{400 K t \rho (He^3 - Hs^3)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{3 \left(1 \times 10^{-2} \frac{cm}{s}\right) (0,9m^2 - 0,8m^2)^2 (\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{400 (0,535) 0,26 (0,9m^3 - 0,8m^3)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{82,29}{12,07}}$$

$$L = 2,61 m$$

$L = 2,61 m < 3m$, se debe aumentar el valor de Hs

$$L = \sqrt{\frac{3 \left(1 \times 10^{-2} \frac{cm}{s}\right) (0,9m^2 - 0,79m^2)^2 (\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{400 (0,535) 0,26 (0,9m^3 - 0,79m^3)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{98,41}{13,13}}$$

$$L = 2,74 \text{ m}$$

$L = 2,74 \text{ m} < 3\text{m}$, se debe aumentar el valor de H_s

$$L = \sqrt{\frac{3 \left(1 \times 10^{-2} \frac{cm}{s}\right) (0,9m^2 - 0,78m^2)^2 (\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{400 (0,535) 0,26 (0,9m^3 - 0,78m^3)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{115,73}{14,16}}$$

$$L = 2,85 \text{ m}$$

$L = 2,85 \text{ m} < 3\text{m}$, se debe aumentar el valor de H_s

$$L = \sqrt{\frac{3 \left(1 \times 10^{-2} \frac{cm}{s}\right) (0,9m^2 - 0,77m^2)^2 (\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{400 (0,535) 0,26 (0,9m^3 - 0,77m^3)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{134,21}{15,16}}$$

$$L = 2,98 \text{ m}$$

$L = 2,85 \text{ m} < 3\text{m}$, se debe aumentar el valor de H_s

$$L = \sqrt{\frac{3 \left(1 \times 10^{-2} \frac{cm}{s}\right) (0,9m^2 - 0,765m^2)^2 (\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{400 (0,535) 0,26 (0,9m^3 - 0,765m^3)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{143,87}{15,65}}$$

$$L = 3,03 \text{ m}$$

$L = 2,85 \text{ m} > 3\text{m}$, se debe disminuir el valor de H_s

$$L = \sqrt{\frac{3 \left(1 \times 10^{-2} \frac{cm}{s}\right) (0,9m^2 - 0,767m^2)^2 (\ln 6000 - \ln 2000) \times 86400}{400 (0,535) 0,26 (0,9m^3 - 0,767m^3)}}$$

$$L = \sqrt{\frac{139,98}{15,46}}$$

$$L = 3,00 \text{ m}$$

$L = 3,00 = 3\text{m}$, se debe asumir el valor de $H_s = 0,767\text{m}$

$$S = \frac{2Q L^2}{K (H_e^2 - H_s^2)}$$

$$S = \frac{200 Q (3^2)}{1 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{s}} (0,9^2 - 0,767^2)}$$

$$(0,000031 \text{ m}^3/\text{s}) \times 1800$$

$$S = \frac{\quad}{0,0022}$$

$$S = \frac{0,0558}{0,0022}$$

$$S = 27,9 \text{ m}$$

Área general= 27,9 m de superficie y longitud de 3m

6.6. PROFUNDIDAD Y PENDIENTE DEL HUMEDAL

La profundidad del humedal suele ser de unos 60 a 80 cm. En este caso se adopto 80 cm de profundidad. La pendiente de la superficie del humedal es plana (0%), este debe ser realizado con mucho cuidado para evitar que se formen charcos de agua sobre la superficie. La pendiente del fondo o lecho del humedal varía de 0.5 a 2% pero generalmente se utiliza una pendiente ligera del 1%.

6.7. ESCALONAMIENTO

Se realizo un levantamiento topográfico mostrado en el anexo 1 en el cual se observan las curvas del nivel del terreno; teniendo en cuenta las elevaciones del mismo se procede a determinar 3 escalones de 0.80 cm

6.8. SELECCIÓN DE PLANTAS

A continuación se definirán las plantas más factibles para el humedal, dando razones de cuáles son el más eficiente y adecuado en el proceso de remoción, del mismo modo se descartan las que no corresponderían al tratamiento del humedal.

- **Scirpus** es una planta apropiada y seleccionada para ser usada en el humedal, ya que tiene buenos antecedentes y es muy usada en el humedal de la conejera, en otros humedales y en las riberas fangosas del río Bogotá. Aunque tienen en general baja eficiencia en la remoción de nutrientes (en humedales consruídos de flujo sub-superficial horizontal), posee una alta eficiencia de remoción de DBO y DQO, así como en la fijación de metales pesados y moderada a alta eficiencia en la eliminación de coliformes fecales. Es una planta que se adapta muy bien a los parámetros arrojados en la planta de tratamiento ya que, toleran un amplio rango de pH (4 - 9). La temperatura media óptima para su desarrollo se encuentra a los 17° C Se utilizan principalmente en humedales construidos de flujo sub superficial (lecho de grava/arena), tiene una tolerancia a la inundación permanente, poca cuando la capa de agua es profunda (Málvarez, 1999).
- **Papiro es** otra planta óptima al tratamiento de agua en el humedal consigue que el sistema de depuración sea el más eficiente de todos los conocidos. Debido a que la temperatura para su desarrollo es mínima de 10°C y tiene un gran historial como depuradora. Uno de sus principales problemas es que crecen hasta 3m de altura, con lo cual tiende a formar una capa de materia orgánica en la superficie, y las plantas crecen solo por esquejes de la raíz de la planta madre; son plantas muy resistentes y tienen excelentes resultados en cuanto al manejo de aguas residuales con alta concentración o contenido de sal y cuando es el único cultivo, no sobrevive a la sombra de plantas más grandes.
- **Botoncillo** sus flores amarillas como pequeños girasoles acuáticos le dan a los humedales incomparable belleza. Maneja *temperaturas* templadas aproximadas de 14- 17 °C, su cultivo se da básicamente alrededor de toda la sabana y responde bien en la remoción, cuando se le realizan riegos continuos.

7. NORMAS Y LEYES PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

- En la actualidad 55 países han adoptado Políticas Nacionales de Humedales o instrumentos similares, y 82 han creado comités nacionales de Ramsar o de humedales, con el objeto de adoptar planteamientos intersectoriales. Colombia se adhirió a la Convención de Ramsar. A través de la Ley 357 del 21 de enero 1997, incorporó a la legislación nacional este tratado con origen en el derecho público internacional. Esta ley fue declarada exequible mediante sentencia de la Corte Constitucional C-582 de 1997.

- El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, aplicó lo previsto en dicha ley, con fundamento en el numeral 24 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993 y, mediante la Resolución 157 de febrero 12 de 2004, se reglamentan el uso sostenible, la conservación y el manejo de los humedales, y se desarrollan aspectos relativos a la aplicación de la Convención Ramsar.

LEYES PARA SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL HUMEDAL

Políticas Distritales que infieran en los humedales para la condición de “áreas de especial importancia ecológica”, que obliga al Estado y a sus entes territoriales a adoptar medidas legales y de gestión, orientadas a garantizar su conservación y manejo sostenible.

- El Estado colombiano como firmante del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), ratificado mediante la Ley 165 de 1994, se compromete a elaborar estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, así como a integrar estos criterios en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales.

7.1. LEY 165- 1994:

El artículo 8, literal b) obliga a los Estados a elaborar directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas, o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica; en el literal d) se insta a Colombia para promover la protección y rehabilitación de ecosistemas y hábitat naturales, y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales.

El artículo 13 trata sobre la necesidad de sensibilizar, educar y concientizar a la población sobre la importancia de conservar la diversidad biológica.

El artículo 14 consagra la necesidad de evaluar y reducir al mínimo los impactos adversos sobre la biodiversidad, fundamentalmente en los proyectos de desarrollo.

- La Constitución Política colombiana de 1991 contiene un detallado articulado en materia ambiental, por el cual ha sido denominada la “Constitución Ecológica”. De manera relevante, este novedoso componente de dispositivos normativos de orden ambiental y armónico.

El artículo 4º: consagra la obligación preferente de cumplir con los fines garantistas del Estado Social y Democrático de Derecho, cuando se trata de actuar en razón de la protección del patrimonio natural de la Nación, que goza de especial tutela jurídica, del paradigma del derecho pleno a un ambiente sano, encaminado al cumplimiento del principio del desarrollo humano integral y sustentable en función de la territorialidad.

El artículo 8º_a) Es obligación del Estado y de los particulares proteger las riquezas naturales y culturales de la Nación b) que los bienes de uso

público, entre estos los parques naturales, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.

El artículo 63: Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar ciertas áreas de especial importancia ecológica, y fomentar la educación para el logro de estos fines.

El artículo 79: Es responsabilidad estatal planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. En el mismo sentido, impone a las autoridades municipales dictar las normas necesarias para la preservación y defensa del patrimonio ecológico local.

7.2. LA LEY 99 DE 1993

Fue la normativa posterior a la Constitución de 1991, que establece la necesidad de protección y uso sostenible de la biodiversidad, puede referirse de manera concreta en los humedales continentales.

El artículo 1: Establece ejemplos como los Principios Generales Ambientales recogidos, relacionados con: la protección y el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica del país, por ser patrimonio de la Nación y de la humanidad; la protección especial de las zonas de páramo, sub-páramo, nacimientos de agua y recarga de acuíferos; el aprovechamiento del recurso hídrico para uso humano como prioridad; el principio de precaución y el de participación comunitaria en la adopción de medidas que impidan la degradación ambiental; entre otros.

7.3. CÓDIGO DE LOS RECURSOS NATURALES:

Determina la armonización de las disposiciones constitucionales con los Principios Generales Ambientales referidos. El Decreto-Ley 2811 de 1974 y sus Decretos Reglamentarios 1449 de 1977, 1541 de 1978 y 1594 de 1984, relativos, en su orden, a la protección de la biodiversidad y el dominio público de las aguas y de las rondas de protección; así como con la Ley 357 de 1997 y la Resolución 157 de 2004, referidas a la aplicación de la Convención Ramsar; genera un muy completo marco jurídico que encuadra y orienta el régimen aplicable a los ecosistemas de humedal, con el claro énfasis hacia su conservación, manejo y uso sostenible.

7.4. LEY 2811 DE 1974

Establece lo concerniente al manejo y la administración del sistema hídrico, incluyendo las rondas de los ríos como zonas de reserva natural con fines de protección. Adicionalmente, obligó a la E.A.A.B. a realizar el acotamiento y la demarcación de las rondas de los ríos, embalses, lagunas, quebradas y canales.

7.5. LEY 9ª DE 1989

Denominado Estatuto para el Ordenamiento Físico del Distrito Especial de Bogotá: avanza en cuanto a la incorporación de normas encaminadas a proteger los elementos naturales y del ambiente que conforman los sistemas hídrico y orográfico del Distrito Especial, como las rondas de los ríos, embalses, lagunas, quebradas y canales, y el sistema montañoso, localizados en suelo urbano y rural.

7.6. ACUERDO 19 DE 1994

Por el cual se reconocen los humedales localizados en el Distrito Capital y sus alrededores adquieren el carácter de áreas protegidas al ser declarados como reservas ambientales naturales, de interés público y patrimonio ecológico. Este Acuerdo, así mismo, declara como área forestal protectora y como ecosistema de importancia ambiental, el sistema de sustentación hidrográfica de los humedales.

7.7. ACUERDO 35 DE 1999

Por el cual se reitera la función asignada a la E.A.A.B. para realizar los estudios y las obras necesarias encaminadas a mantener, recuperar y conservar los humedales, tanto en su parte hídrica como biótica. La inclusión del sistema hídrico y sus elementos constitutivos dentro de la Estructura Ecológica Principal (E.E.P.) del Distrito. Estos elementos constitutivos comprenden: áreas de recarga de acuíferos; cauces y rondas de nacimientos y quebradas; cauces y rondas de ríos y canales; humedales y sus rondas; lagos, lagunas y embalses.

7.8. DECRETO 190 DE 2004:

Conduce a la articulación de la gestión ambiental urbano-regional, como una Política ambiental del ordenamiento territorial del Distrito, orientada a la construcción del eje ciudad región como un sistema.

Artículo 7, numeral 6: La articulación socioeconómica y espacial del territorio urbano-rural del Distrito, como uno de los principios de la estrategia de ordenamiento territorial.

Artículo 16: La interrelación adecuada de las formas socioculturales de apropiación territorial y asentamiento de la población, con el componente biofísico de este, con objeto de construir un hábitat sostenible.

Artículo 1: La finalidad de conservación y recuperación de la biodiversidad, el agua y demás recursos constitutivos de un ambiente deseable para los seres humanos, la fauna y la flora.

Artículo 72: La definición del régimen de usos de los humedales, que prioriza: Uso principales de preservación y restauración de flora y fauna nativos y la educación ambiental; y Uso compatible de recreación pasiva.

8. ANALISIS DE LOS PARÁMETROS REGISTRADOS DE LA PTAR

Tabla 9. Parámetros registrados de la PTAR

CAMPUS NUEVA GRANADA								
Fecha: 01/09/2010								
Datos en campo								
	pH	Conductividad	Temperatura					
		μS/cm	°C					
	6.78	0.32	17.5					
	7.06	0.32	17					
Promedio	6.92	0.32	17.25					
Datos en laboratorio								
	pH	Conductividad	Turbiedad	Color real	Dureza T.	Nitratos	Nitritos	DQO
		μS/cm	UNT	Hazen	mg CaCO ₃ /L	mg NO ₃ ⁻ -N/L	mg NO ₂ ⁻ -N/L	mg O ₂ /L
	7.24	588	17	40	161.8	5.26	0.52	327.63
	7.09	542	31		132	5.73	0.53	305.76
		554.04	37					
Promedio	7.165	561.35	34	40	146.9	5.49	0.53	316.70

Fuente: datos registrados experimentalmente; Campus Cajicá

Teniendo en cuenta que el objetivo principal del tratamiento con humedal, es que el agua se pueda reutilizar para riego y baños, lo que se requiere es que remueva los patógenos y residuos lo más oportunamente posible, cumpliendo con ciertos parámetros para su eficiencia, que de acuerdo a esta información se pueden analizar.

Tabla 10. Normas de Vertimiento

DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO

ARTICULO 72. Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40° C.	<40° C.
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >80% en carga	Remoción >80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción >50% en carga	Remoción >80% en carga

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

Para desechos domésticos	Remoción >30% en carga	Remoción >80% en carga
Para desechos industriales	Remoción >20% en carga	Remoción >80% en carga

Carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con lo establecido en los artículo 74 y 75 del presente Decreto.

Fuente: Decreto No. 1594 del 26 de Junio de 1984

En cuanto al vertimiento del agua a la entrada de la PTAR cumple con los parámetros mínimos propuestos por este decreto, el PH presento un valor promedio de 6.92 unidades y 7.2 unidades, la temperatura es <40° C con un valor de 17.5 ° C.

Análisis para uso del agua en la actividad del riego según Decreto No. 1594 del 26 de Junio de 1984

De acuerdo al Decreto No. 1594 el Artículo 32. Se entiende por uso agrícola del agua, su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias, que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan.

Por consiguiente los parámetros que se deben cumplir para la destinación del recurso en uso agrícola, según el artículo 40 son:

Tabla 11. Parámetros que se deben cumplir para la destinación del recurso en uso agrícola

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.1
Berilio	Be	0.1
Cadmio	Cd	0.01
Cinc	Zn	2.0
Cobalto	Co	0.05
Cobre	Cu	2.0
Cromo	Cr + 6	0.1
Flúor	F	1.0
Hierro	Fe	5.0
Litio	Li	2.5
Manganeso	Mn	0.2
Molibdeno	Mo	0.01
Níquel	Ni	0.2
pH	Unidades	4.0 - 9.0 unidades
Plomo	Pb	5.0
Selenio	Se	0.02
Vanadio	V	0.1

Fuente: Decreto No. 1594 del 26 de Junio de 1984

El pH del agua estudiada tiende a tener una baja acides, lo que permite que las plantas se desarrollen mejor. Teniendo en cuenta que para riego el agua debe tener un rango entre 6 y 7; es necesario impulsar el agua a pasar por el humedal para lograr un pH que se encuentre dentro del rango, al realizar este proceso de manera eficiente dentro del humedal, se podría establecer este recurso como reutilizable para riego.

De acuerdo al Decreto 475 – 1998 en el artículo 36 se presenta las normas de calidad para suministrar un agua segura, estas son:

Tabla 12. Criterios de calidad organoléptica y física del agua segura

Características	Unidad	Valor Admisible
Color Verdadero	Platino Cobalto (UPC)	< 25
Olor y Sabor		Aceptable
	Unidad Nefelométricas de	
Turbiedad	Turbiedad (UNT)	< -5
Sólidos Totales	mg/L	< 1000
Conductividad	microsiemens/cm	< -1500
Sustancias Flotantes	-	Aceptable

Fuente: Decreto 475 – 1998

De acuerdo a esta información suministrada por este decreto el agua al entrar a la PTAR aun no podría ser usada por no cumplir los valores admisibles, sin embargo al pasar el efluente de la planta por el humedal mejoraría las condiciones del agua Por ende las deficiencias que tendría que suplir el humedal para usar el recurso como agua segura seria: reducir la turbiedad 30 UNT, la conductividad es un parámetro alto al estar en 500 microsiemens/cm y debe pasar a <-15000 microsiemens/cm

Al analizar los parámetros químicos con el artículo 37 para un agua segura

Tabla 12. Parámetros Químicos del agua Segura

Características	Unidad	Valor Admisible
Nitritos	mgNO ⁽²⁾ /L	-1
Nitratos	mgNO ⁽³⁾ /L	-10
Dureza Total	mg CaCO ⁽³⁾ /L	180

Fuente: Decreto 475 – 1998

Los nitritos de las muestras tiene un valor de 0.53 mgNO⁽²⁾/L el humedal tendrá que reducirlo al menos hasta -1 mgNO⁽²⁾/L, en cuanto a los nitratos el valor de remoción es mayor de 5.49 mgNO⁽³⁾/L y su reduccion se debe precisar en -10 mgNO⁽³⁾/L, y por ultimo en cuanto a la dureza total el valor admisible esta en 180 mg CaCO⁽³⁾/L y en la muestras presentan un valor de 146.9 mg CaCO⁽³⁾/L.

Sin embargo si la cantidad de nitratos y nitritos no alcanza a cumplir con lo establecido en el artículo 37 del Decreto 475 – 1998 después de pasar por el proceso de remoción dentro del humedal, la resolución 2115 del 22 de Junio 2007 establece otros valores máximos aceptables, que son los adecuados para no causar daños en la salud humana, si al menos se obtiene un valor cercano al siguiente, se determinara como bueno el humedal.

Tabla 13. Valores máximos aceptables, adecuados para no causar daños en la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO_2^-	0,1
Nitratos	NO_3^-	10
Fluoruros	F^-	1,0

Fuente: Resolución 2115 del 22 de Junio 2007

De acuerdo a los decretos básicos para uso del agua, se confirma la necesidad de tratar el agua con el humedal para obtener un agua más limpia, disminuyendo el impacto ambiental y generando mayores ahorros al ser reutilizada en baños, riego de plantas y sin que perjudique la salud Humana que es la razón más importante a la hora de analizar.

9. PRESUPUESTO

A continuación se presenta el presupuesto general del humedal, teniendo en cuenta sus características básicas y su funcionamiento, su desarrollo se genero en el programa The Referenced Budgets Systems, visto en la universidad Militar Nueva Granada, y desarrollado a partir de proveedores y de valores obtenidos de la Revista Construdata Ed. 136 del 2010.

LISTADO DETALLADO DE APUS

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA INGENIERIA CIVIL 7

CAJA HUMEDAL

CAJA GENERAL DEL PRIMER ESCALON

MATERIALES

NOMBRE FACTOR

UNI CONT DESP1 DESP2 APU DESP CONT TOTAL V/R UNI V/R TOTAL

Cypereceae tipico de Bogota//Bogota//EDIL ANDINA	und	87	0	3	3	92,22	7000	645540
Scirpus tipico de la sabana//Bogota//Vivero San Jose	un	87	0	3	3	92,22	5000	461100
Botoncillo, Chipaca de Sur America//Bogota//Vivero San	un	87	0	3	3	92,22	2500	230550
Arena lavada Meissen //Bogota//Agregados petros de la	m3	3,6	2	2	3	3,852	35000	134820
Grava fina diametro 3-10mm//Bogota//Murcia Murcia	m3	3,6	2	2	3	3,852	52180	200997,36
Grava fina diametro 20-40mm//Bogota//Murcia Murcia	m3	3,6	2	2	3	3,852	69500	267714
Súper Manto EDIL Poliéster 180 gr –	rollo	18	2	0	3	18,90	121000	2286900
Vidrio incoloro peldar 5mm//Bogota//Vidrios y Espejos el	m2	5,4	1	1	3	5,670	35000	198450
Tubo PVC SANITARIO 1 1/2" //Bogota//Aquaequipos	m	5	1	1	3	5,25	7106	37306,5
Codo 90° 1/4 CXC SANITARIO 1 1/2"	UN	2	1	0	3	2,08	1921	3995,68

Total : **\$4,467,373.54**

Total APU: **\$4,467,373.54**

MATERIALES**NOMBRE FACTOR****UNI CONT DESP1 DESP2 APU DESP CONT TOTAL V/R UNI V/R TOTAL**

TEE PVC SANITARIA 1/2"//Bogota//Aquaequipos Ltda.	UN	1	1	0	0	1,01	4013	4053,13
UNION SANITARIA 1 1/2"//Bogota//Aquaequipos Ltda.	UN	2	1	0	0	2,02	1602	3236,04
SIFON PVC 135 3"//Bogota//Aquaequipos Ltda.	UN	1	0	0	0	1	7272	7272
Cemento gris//Bogota//Deposito Fontibon	kg	4	2	1	0	4,12	170	700,4
Arena Lavada de peña//Bogota//Murcia Murcia S.A.	m3	4	2	2	0	4,16	25000	104000

Total :**\$119,261.57****MANO DE OBRA****NOMBRE FACTOR****UNI CONT DESP1 DESP2 APU DESP CONT TOTAL V/R UNI V/R TOTAL**

ingeniero civil director//Bogota//EDIL ANDINA LTDA	MES	6	0	0	0	6	2500000	15000000
Maestro general//Bogota//CONTRATO DE PERSONAL	mes	6	0	0	0	6	1000000	6000000
ayudante tipo 1//Bogota//CONTRATO DE PERSONAL	mes	6	0	0	0	6	700000	4200000

Total :**\$25,200,000.00****EQUIPOS Y HERRAMIENTAS****NOMBRE FACTOR****UNI CONT DESP1 DESP2 APU DESP CONT TOTAL V/R UNI V/R TOTAL**

Retroexcavadora J.D. 510//Bogota//Constructores	h	7	1	1	0	7,14	46400	331296
Vibrocompactador tipo rana//Bogota//Constructores	d	1	0	0	0	1	40600	40600

Total :**\$371,896.00**

El valor total del presupuesto fue de \$ 30.663.775,1; se debe tener en cuenta que son valores reales, y cantidades reales, sin embargo se pueden encontrar proveedores con mejores descuentos.

10. MANUAL DE MANTENIMIENTO

Es importante establecer análisis mensuales en la producción del agua reutilizable del humedal, ya que se necesita establecer su efectividad y sus posibles cambios dentro del sistema, si los resultados son bajos o poco favorables sería necesario realizar un sistema consecutivo, es decir un ciclo doble dentro del humedal, para esto se tendría que introducir una bomba centrífuga, y nuevas tuberías alternas por cada escalón.

Es necesario hacer un mantenimiento constante sobre el humedal especialmente en las plantas, ya que se debe mantener un riego semanal determinado, realizar podas anuales, evitar la aparición de plagas y limpiar la superficie frecuentemente; además es fundamental revisar el funcionamiento de la bomba, la obstrucción en las tuberías y el desgaste del material granulométrico.

11. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

El humedal de la Universidad Militar Nueva Granada, ubicado en Cajicá será un humedal de flujo horizontal sub-superficial tendrá un área de veintisiete metros cuadrados; nueve metros de ancho y cuatro metros de largo, tendrá dos escalones, con profundidades de 80 cm maneja Scirpus, Papiro y Botoncillo, plantas para clima templado y tres tipos de material granular (arena lavada, grava con diámetro de 3-10mm y grava con diámetro de 20-40mm).

Al aprobar la efectividad del humedal dentro del Campus Cajicá se podría establecer este como un método sencillo, eficaz y económico para el tratamiento de pequeñas cantidades de agua; implementándolo como un proceso seguro en la remoción de agua residual para pequeñas familias de la zona.

El presupuesto general del humedal puede variar, dependiendo de las ofertas que se den a la hora de comprar, ya que al manejar cantidades tan altas en las plantas el vivero hará un descuento importante; además se deben evaluar diversos proveedores hasta encontrar el adecuado.

La ubicación en el terreno dada en los planos, podría variar según la excavación y los cortes necesarios, los planos presentados son un modelo básico y posible, pero podrían encontrarse mejores posiciones a la hora de excavar y determinar el tipo de terreno del subsuelo.

12. BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE L., Martha Esperanza y CASTAÑEDA, Henry benitez los humedales de la sabana de Bogotá: área importante para la conservación de las aves de Colombia y el mundo, documentación: en línea http://www.humboldt.org.co/aicas/downloads/AICAS_Sabana_de_Bogota.pdf

BIO-SYSTEMS INTERNATIONAL, Humedales, (en línea), <http://www.biosystems.com.uy/humedales.html>, 1999

Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias ambientales, organización panamericana de la salud, manual de disposición de aguas residuales, Lima: CEPIS, 1991.

Curt Fernández de la Mora, María Dolores, Fitodepuración en humedales, (en línea) <http://es.scribd.com/doc/54475475/Manual-de-Fito-Depuracion-Filtros-de-Nacofitas-en-Flotacion-Capitulos-5> Cap 5, pag 65-77.

ENRIQUE ÁLVAREZ CONDE, Revista Europea de Derechos Fundamentales, N° 10/2º semestre 2007, Creada el 20 de mayo del 2008 (en línea) http://www.idp-urjc.com/pdf/drchfundm/revista_10.pdf

Feliciano, plantas acuáticas, proyecto- participación: unión europea, creado: 18 de diciembre 2066 <http://fichas.infojardin.com/acuaticas/iris-pseudoacorus-lirio-amarillo-acoro-bastardo-acoro-falso.htm> (s.f)

FERNÁNDEZ, *Manual de fitodepuración*, Ayuntamiento de Lorca, Universidad Politécnica de Madrid. 2004

Gallego, C. Estudio experimental: tratamiento de aguas residuales domésticas. Caso de estudio: humedales construidos con papiros (*Cyperus papyrus*). Revista cátedra del agua. Medellín, Colombia. P. 2005.

GARCÍA, E, Tratamiento de aguas industriales: Análisis microbiológico de aguas residuales, Fundación Universitaria Iberoamericana. Barcelona. 2004.

HUMEDALES, Ecosistemas productivos, desarrollo ecológico, Creado el 06 de febrero del 2011 (en línea) <http://www.memo.com.co/ecologia/humedal.html>

KADLEC Robert H. y Knight Robert L, (1996) Treatment wetlands, boca raton: Lewis Publisher.

L. AVILAN R., F. GRANADOS M. y D. ORTEGA, Estudio del sistema radicular de tres variedades de caña de azúcar (*saccharum* spp.) en un mollisol de los valles de Aragua, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Venezuela., Creado 06 de febrero del 2011 (online) http://avepagro.org.ve/agrotrop/v27_1/v271a006.html

LARA BORRERO, Jaime Andrés, Depuración de aguas residuales municipales con humedales construidos . Tutor: Dr. Miguel Sargot. Universidad Politécnica de Cataluña, Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental, Barcelona mayo de 1999.

LLAGAS CHAFLOQUE Wilmer Alberto, GUADALUPE GÓMEZ Enrique, Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM, creado el 31 de mayo del 2007, (en línea)
<http://www.scielo.org.pe/pdf/iigeo/v9n17/a11v9n17.pdf>

MAXIMILIANO MAZZA – BARELLO, Junco (*Scirpus Calefornicus*), (en línea),
<http://www.galeon.com/tigre/textos/flora/junco.htm>

MENDOZA-CIFUENTES Humberto & ALONSO José Luis Fernández, Evaluación de caracteres del cáliz y de los estambres en la tribu merianieae (melastomataceae) y definición de homologías, creado el 20 de septiembre del 2010, (en línea) http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_34/131/143-172.pdf

METCALF and EDDY, Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, evacuación y ventilación de aguas residuales 2ª ed, Barcelona: Labor 1995

SEOÁNEZ CALVO, Mariano, Tratado de gestión le medio ambiental urbano, ediciones mundi-prensa 2000

SOTAMAYOR, Cristian, Variaciones estacionales del desarrollo de las especies Typha Y Scirpus Determinando su influencia sobre el tratamiento de aguas, creado 13 de Diciembre 2006 (online),
http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20061215/asocfile/20061215115154/sotomayor_cristian.pdf

Taxonomía y clasificación botánica, (en línea)
<http://es.scribd.com/doc/20274/Taxonomia-y-clasificacion-botanicas>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Instituto de Ciencias Naturales, Herbario, (en línea), <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>.

VAN DER HAMMEN, Thomas. 2003. Los humedales de la sabana. –Origen, evolución, degradación y restauración. Los humedales de Bogotá y la Sabana. EAAB – CI. Pag.19 – 52

VILLEGAS GALLÓN, Margarita María y VIDAL TORDECILLA, Elda Esther Gestión De Los Procesos De Descontaminación De Aguas Residuales Domésticas De Tipo Rural En Colombia. 1983-2009 (Trabajo de Monografía), Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Documentación en línea
<http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/55/1/GestionProcesosDescontaminacion.pdf>

VON MUNCH, Elisabeth, Humedales Artificiales para el tratamiento de aguas grises y aguas residuales domésticas en países en desarrollo, *Agencia de la Cooperación Técnica Alemana(GTZ) GmbH*, 2006-2011.