



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD MONTEÁVILA
COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN,
DESARROLLO Y GESTIÓN DE PROYECTOS



Bases funcionales para un modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia
utilizando fitorremediación

**Trabajo Especial de Grado, para optar al Título de Especialista en
Planificación, Desarrollo y Gestión de Proyectos, presentado por:**
Arriojas Caraballo, Claudio Dennis, CI V-18.493.331

Asesorado por:
Sarache Oliveros, Xarifa Margarita, asesora de Seminario de Trabajo Especial de
Grado III
Oviedo Prieto, María Teresa, Asesora Académica.

Caracas, marzo de 2017

**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD MONTEÁVILA
COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN, DESARROLLO Y GESTIÓN DE
PROYECTOS**

Bases funcionales para un modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia
utilizando fitorremediación

**Trabajo Especial de Grado, para optar al Título de Especialista en
Planificación, Desarrollo y Gestión de Proyectos, presentado por:**
Arriojas Caraballo, Claudio Dennis, CI V-18.493.331

Asesorado por:
Sarache Oliveros, Xarifa Margarita, asesora de Seminario de Trabajo Especial de
Grado III
Oviedo Prieto, María Teresa, Asesora Académica.

Caracas, marzo de 2017

Señores:

Universidad Monteávila
Comité de Estudios de Postgrado
Especialización en Planificación, Desarrollo y Gestión de Proyectos

Atención: Profesora Geraldine Cardozo

Referencia: **Aprobación de Asesoría**

Por medio de la presente le informo que hemos revisado el borrador final del Trabajo Especial de Grado de (los) Ciudadano (s): **Arriojas Caraballo, Claudio Dennis**, titular de la Cédula de Identidad N° **18.493.331**; cuyo título tentativo es: **“Bases funcionales para un modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación”**, la cual cumple con los requisitos vigentes de esta casa de estudio para asignarles jurado y su respectiva presentación.

A los 27 días del mes de marzo del 2017

Sarache Oliveros, Xarifa Margarita
Asesor de Seminario de Trabajo Especial de Grado III

Oviedo Prieto, María Teresa
Asesor académico



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD MONTEÁVILA
COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN,
DESARROLLO Y GESTIÓN DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Bases funcionales para un modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación

Autores: Arriojas Caraballo, Claudio Dennis

Asesores: Sarache Oliveros, Xarifa Margarita; Oviedo Prieto, María Teresa

Año: 2017

La fitorremediación es una tecnología limpia y económica que permite el tratamiento económico de aguas contaminadas producto de la actividad humana tanto doméstica como industrial; así, se presentó el trabajo “Bases funcionales para un modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación” como una propuesta académica de proyecto a través del desarrollo de un FEL, de tal manera que sea posible una posterior implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises domésticas a través de un humedal subsuperficial. El objetivo general de la investigación fue “Definir las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación, en Caracas durante el periodo Enero-mayo de 2017”, por lo que este trabajo abordó las fases de visualización, conceptualización, definición, implantación y operación de un manual de instalación de una planta de tratamiento de aguas con base a las características arria definidas; se realizó una breve investigación en cuanto a la fitorremediación como valor agregado de la propuesta, sin embargo el documento se centra en los métodos y metodologías definitivos de la gerencia de proyectos. De igual modo se abordó la factibilidad legal de forma sucinta, haciendo una revisión sistemática que recorrió la normativa legal venezolana, particularmente en lo referido a calidad de agua y acceso a la misma como derecho humano fundamental.

Línea de Trabajo: Definición y desarrollo de proyectos

Palabras clave: [Fitorremediación, agua, potabilización, PMI, Bases funcionales]

Nomenclatura UNESCO: 2417. Biología vegetal- 08 Fitobiología; 2508 Hidrología 11 Calidad de las aguas
13 Humedad del suelo

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A RAINVARE por ser mi norte, brújula, tómbola, cura, enfermedad y por ese increíble efluvio a futuro

A Armanllo José por las horas de supervisión, comentarios y compañía mientras se escribían las líneas que suceden.

A María Teresa Oviedo por la fe y las historias.

Al profesor Fernando Vizcaya, cuyas clases son un absoluto placer y quien, tal vez sin saberlo me mostró un *Camino*, lectura que me acompaña cuando el hilo está muy delgado.

A Alonso de Ercilla, cuya magnífica obra *La Araucana*, me acompaña desde hace casi un año los fines de semana, transportando a la realidad la historia del increíble toqui Lautaro.

A mi hermano Sebastián Francisco, cuyos pasos intento continuar.

A mi hermano Leonel, quien funge sin saberlo como mi referente moral.

"Los hombres, aunque han de morir, no nacieron para morir, sino para innovar"

Hannah Arendt

ÍNDICE GENERAL:

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.1 Planteamiento del problema: | 3 |
| 1.2 Interrogante y sistemización de la investigación | 4 |
| 1.3. Objetivos de la investigación..... | 5 |
| 1.3.1. Objetivo General | 5 |
| 1.3.2. Objetivos específicos: | 5 |
| 1.4 Justificación e Importancia de la Investigación | 5 |
| 1.5 Limitaciones y Alcance de la Investigación | 6 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 8 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 8 |
| 2.2. Bases Teóricas | 10 |
| 2.2.1. Fuentes de contaminación..... | 10 |
| 2.2.2. Tratamiento de aguas residuales..... | 14 |
| 2.2.3 Humedales artificiales..... | 16 |
| 2.2.4 Otros sistemas para el tratamiento de agua | 21 |
| 2.2.5 Gerencia de proyectos: | 22 |
| 2.2.5.1 Gestión de integración: | 23 |
| 2.2.5.2 Gestión de Alcance:..... | 25 |
| 2.2.5.3 Gestión del tiempo: | 26 |
| 2.2.5.4 Gestión del costo | 27 |
| 2.2.5.5 Gestión de la calidad: | 28 |
| 2.2.5.6 Gestión del recurso humano | 28 |
| 2.2.5.7 Gestión de las comunicaciones | 29 |
| 2.2.5.8 Gestión de riesgos | 29 |
| 2.2.5.9 Gestión de adquisiciones..... | 30 |
| 2.2.5.10 Gestión de los interesados: | 31 |
| 2.3 Definición de términos básicos..... | 32 |
| 2.4 Definición Operativa de las variables, dimensiones e indicadores..... | 32 |
| 2.5 Bases legales de la investigación | 33 |
| CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO..... | 42 |
| 3.1. Tipo o nivel de investigación | 42 |

| | |
|--|----|
| 3.2 Diseño de investigación. | 42 |
| 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 43 |
| 3.4 Técnicas de procesamiento de datos..... | 43 |
| 3.5 Recursos materiales | 43 |
| 3.6 Recursos financieros..... | 43 |
| 3.7 Operacionalización de variables | 44 |
| 3.7 Aspectos éticos..... | 45 |
| CAPÍTULO IV: MARCO REFERENCIAL..... | 50 |
| 4.1 La organización..... | 50 |
| 4.2. Objeto de la Organización..... | 50 |
| 4.3. Estructura organizativa: | 51 |
| 4.4 Misión de la organización..... | 51 |
| 4.5. Visión de la organización | 52 |
| 4.6. Financiamiento del proyecto | 52 |
| 4.7. Derechos de autor..... | 52 |
| CAPITULO V: VISUALIZACION DEL PROYECTO..... | 53 |
| 5.1. Propósito del Proyecto | 53 |
| 5.2. Objetivos del Proyecto | 53 |
| 5.2.1 Objetivo General del Proyecto | 53 |
| 5.2.2 Objetivos Específicos del Proyecto..... | 53 |
| 5.3 Alineación Estratégica del Proyecto..... | 53 |
| 5.4. Desarrollo Preliminar del Proyecto..... | 54 |
| 5.4.1 Alcance Preliminar del Proyecto | 54 |
| 5.4.2. Vista jerárquica de la Estructura Desagregada de Trabajo..... | 54 |
| 5.4.3 Estimado de Costos de Clase V..... | 56 |
| 5.4.4.PEP Preliminar..... | 56 |
| 5.5. Estudio de Factibilidad Preliminar del Proyecto..... | 57 |
| CAPITULO VI: CONCEPTUALIZACION DEL PROYECTO | 58 |
| 6.1 Organización para el Proyecto..... | 58 |
| 6.2. Conformación del Equipo de Proyecto..... | 58 |

| | |
|---|----|
| 6.3. Formalización del Equipo de Trabajo..... | 58 |
| 6.4. Preparación de Planes Restantes..... | 67 |
| 6.4.1. Plan de Conceptualización | 67 |
| 6.4.2. Plan de Definición | 67 |
| 6.4.3 Plan Preliminar de Implementación | 69 |
| 6.5. Selección de Alternativas..... | 70 |
| CAPITULO VII: DEFINICIÓN DEL PROYECTO | 73 |
| 7.1. Diagrama de Proceso de la Aplicación de la propuesta (planta)..... | 73 |
| 7.2. Diagrama del proceso de edición del producto final..... | 74 |
| 7.3. Gerencia de los Riesgos del Proyecto | 74 |
| 7.4. Diseño Básico del Proyecto | 76 |
| 7.5. Plan Definitivo de Implementación del Proyecto | 76 |
| 7.6. Diccionario de la Estructura Desagregada de Trabajo..... | 77 |
| 7.7. Estimado de costos clase II | 78 |
| CAPITULO VIII: IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO | 81 |
| 8.1. Contratación..... | 81 |
| 8.1.1 Modelo de contrato | 81 |
| 8.1.2. Proceso de contratación y pago | 83 |
| 8.1.4. Baremo de evaluación: | 83 |
| CAPITULO IX: OPERACIÓN DEL PROYECTO..... | 86 |
| 9.1 Inventario de productos..... | 86 |
| 9.2. Cierre financiero:..... | 88 |
| CAPITULO X: LECCIONES APRENDIDAS | 89 |
| CAPITULO XI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 92 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 95 |
| ANEXOS | 99 |
| ANEXO 1: ACTA DE CONSTITUCION DEL PROYECTO..... | 99 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|-------------------------------|
| Cuadro 2.1: Parámetros utilizados en los índices físico-químicos de calidad de aguas | 12 |
| Cuadro 2.2: Comparación entre aguas negras y grises de uso doméstico (mg/L-1 | 13 |
| Cuadro 2.3: Función de las plantas macrofitas en los sistemas de tratamiento | 16 |
| Cuadro 2. 4: Comparación entre humedales superficiales y subsuperficiales | 19 |
| Cuadro 2.5: Ejemplo de plantas acuáticas hiperacumuladoras de metales | 20 |
| Cuadro 2.6 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto..... | 24 |
| Cuadro 2.7 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto | 24 |
| Cuadro 2.8 Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto | 25 |
| Cuadro 2.9 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto | 25 |
| Cuadro 2.10: Bases legales generales para la gestión del agua..... | 34 |
| Cuadro 2.11: límites y rangos del agua Subtipo 1 ^a | 39 |
| Cuadro 2.12: límites y rangos del agua Subtipo 1B | 39 |
| Cuadro 2.13: Objetivos de la gestión nacional de agua | 41 |
| Cuadro 3.1. Cronograma de actividades..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Cuadro 3.2 Operacionalización de los objetivos..... | 44 |
| Cuadro 5.1 Estimado de Costos de Clase V | 56 |
| Cuadro 5.2 PEP Preliminar | 56 |
| Cuadro 6.1 Equipo de proyecto..... | 58 |
| Cuadro 6.1. Definición de cronograma..... | 68 |
| Cuadro 6.2: Distribución gráfica del tiempo..... | 69 |
| Cuadro 7.1 Principales riesgos previsibles..... | 74 |
| Cuadro 7.2 Diccionario Estructura Desagregada de Trabajo | 77 |
| Cuadro 7.3 Distribución de paquetes de trabajo por miembro del equipo de trabajo | 79 |
| Cuadro 7.4 Estimado de costos clase II | 79 |
| Cuadro 8.1 Baremo de evaluación de desempeño | 84 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Cuadro 9.1 Inventario de productos</i> | 86 |
|---|-----------|

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1: Fuentes puntuales y difusas de contaminación del agua | 10 |
| Figura 2.2: Humedal de Flujo superficial. | 18 |
| Figura 2.3: Humedal de Flujo subsuperficial horizontal y vertical | 18 |
| Figura 4.1 Estructura organizativa VivaCcs..... | 51 |
| Figura 7.1 Diagrama del proceso de edición de libro | 74 |
| Figura 7.2 Diseño básico de proyecto | 76 |
| Figura 8.1 Diagrama del proceso de edición. | 83 |
| Figura 9.1 Partes del informe de cierre | 88 |
| Figura 9.1 Partes del informe de cierre. | 88 |

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales domésticas son el principal efluente que se descarga de las unidades habitacionales; el uso de agua en actividades cotidianas como la limpieza, servicios sanitarios, entre otros contamina con productos químicos y desechos orgánicos el vital líquido, mismo que será descargado en cuerpos de agua por medio de los sistemas de alcantarillado, para finalmente bioacumularse y biomagnificarse en el medio ambiente y a través de la cadena trófica al ser humano.

La fitorremediación ha demostrado ser una alternativa ideal para la remediación y reúso de agua con tratamiento descentralizado; su versatilidad y plasticidad, los bajos costos de implementación, mantenimiento y energía, toda vez que además es una tecnología amigable con el ambiente le otorga factibilidad técnica, financiera y ambiental. El tratamiento de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales resulta una tecnología limpia de bajo costo y que contribuye con el mejoramiento del agua y con su reutilización para actividades humanas no relacionadas con la ingesta.

Ante lo anterior se propone el uso de humedales artificiales como alternativa para mejorar la calidad del agua a bajo costo antes de ser vertida e incluso permitir su reutilización en actividades que no involucren riesgo sanitario; para ello se plantea elaborar un proyecto que defina y desarrolle las bases funcionales para una planta de tratamiento de aguas grises residuales domésticas. Así, en el Capítulo I de la presente investigación se abordará el problema de la investigación, donde puede leerse el planteamiento del problema, objetivos, justificación, alcance y delimitación de la investigación.

En el Capítulo II se hará una revisión de las bases teóricas y legales que sustentan la fitorremediación, así como un acercamiento a la teoría general de la gerencia de

proyectos con énfasis exclusivo en el FEL, en tanto será la herramienta de desarrollo a utilizar. El Capítulo III desarrollará el marco metodológico de la investigación, describiendo su tipo, diseño, técnicas de recolección de información, entre otras características; El Capítulo IV realizará una descripción de la organización, así como del mercado potencial de la propuesta.

El Capítulo V se dedicará a la fase de visualización del proyecto; el Capítulo VI a fase de la conceptualización, el Capítulo VII a la fase de definición; el capítulo VIII a la fase de implantación del proyecto y el capítulo IX a la fase de operación del proyecto. Por último, el Capítulo X desarrollará las lecciones aprendidas y el Capítulo XI las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema:

Gaviria y Silva (2014) definen la fitorremediación como el “conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, compuestos orgánicos, radioactivos y petroderivados por medio de la utilización de plantas que tengan la capacidad fisiológica y bioquímica para absorber, retener, degradar o transformar dichas sustancias a formas menos tóxicas”. (Pp.9) Según Ferrera *et al*, (2006) el principio de la fitorremediación es establecer especies vegetales tolerantes y estimular la actividad microbiana de la rizósfera, con el fin de favorecer la oxidación y degradación de los contaminantes orgánicos en el suelo.

Mentaberry (2011), afirma que las plantas más utilizadas dentro de un proceso fitorremediador son las freatóficas (plantas de raíces profundas), como el álamo, sauce y el algodónero; las pasturas que por su tipo de raíz retienen el sustrato; las leguminosas que enriquecen el suelo con N₂ y las acuáticas que degradan contaminantes en humedales y cuerpos de agua. La fitorremediación presenta grandes ventajas en comparación con otros mecanismos físicos y químicos porque puede realizarse en el sitio contaminado, utilizando la energía solar y a costos considerablemente bajos.

Según Mentaberry (2011) en los EEUU los procesos comerciales de fitorremediación generaron USD 150 millones, es decir 0,5% del total de remediación; dato que nos permiten dilucidar el impacto económico con poca inversión, así como la prospectiva económica una vez se globalice la alternativa, se mercadeen los beneficios y el bajo impacto ambiental.

Los procesos de fitorremediación permiten la descontaminación de diversos tipos de suelos, lodos y agua, siendo esta última de interés particular para el investigador; Según Gaviria y *Silva* (2014), aunque más del 70% de la tierra está cubierta de agua, el 97.5% es agua salada, del 2,5% restante 1,5% corresponde a

los cascos polares, agua atmosférica y subterránea inaccesible, por lo que solo queda disponible para el consumo del hombre un 0,007% de agua potable. Los datos anteriores no toman en cuenta porcentajes producto de procesos como la desalinización.

“Desde 1975, la demanda de agua se ha duplicado con respecto a la tasa de incremento de la población y, aunque no se puede generalizar la escasez hídrica a nivel global, casi 1200 millones de personas (una quinta parte de la población mundial) vive en áreas de escasez física de agua, y 500 millones se aproximan a ella, alrededor de 1600 millones (un cuarto de la población mundial presentan escasez económica de agua debido a que carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde los acuíferos y los ríos.”(Ibíd, Pp.. 11)

Es por esto que se plantea realizar una propuesta de las bases funcionales de una planta potabilizadora de agua utilizando fitorremediación a través de humedales.

1.2 Interrogante y sistemización de la investigación

Con base en lo descrito anteriormente se hace necesario preguntarnos ¿Cómo se desarrollaría un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación, en Caracas a partir de un FEL? Para desarrollar este manual se debe conocer la tecnología disponible para el tratamiento, al menos a nivel teórico, por lo que debe responderse ¿Qué similitudes y diferencias de encuentran entre las principales tecnologías para el tratamiento de agua?

En segundo lugar y concatenados con los objetivos específicos deben responderse ¿Cómo se visualizaría el proyecto de bases funcionales de acuerdo a los manuales de GGPIIC? ¿Cómo se conceptualizaría el proyecto? ¿Cuáles productos y qué planificación arrojaría la fase de definición del proyecto? ¿en qué consisten las bases para la implantación de este proyecto? Y finalmente, ¿cuáles serían las bases para la operación del proyecto?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Definir las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación, en Caracas durante el periodo Enero-mayo de 2017

1.3.2. Objetivos específicos:

- Comparar las principales tecnologías verdes para el tratamiento de aguas grises y de lluvia.
- Visualizar las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación,
- Conceptualizar las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación,
- Definir las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación,
- Definir las bases para la implantación de las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación,
- Esquematizar las bases para la operación del proyecto de manual.

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

Las Naciones Unidas, así como diversos organismos locales, nacionales e internacionales han llevado a cabo diversas campañas para concienciar sobre el uso adecuado del agua y así, evitar su desperdicio o que se descarte el agua limpia como residual; las campañas no se centran en responder a los datos

mostrados por Gaviria, sino en el rol del agua como bien escaso. Sin embargo, existen programas nacionales y de las Naciones Unidas que buscan responder directamente a los problemas de escasez económica de agua y aprovechamiento de la residual a través de procesos de purificación donde un eslabón es la fitorremediación.

Según Palta y Morales (2013) el promedio de generación de agua residual por habitante a nivel global fluctúa entre 131 y 486 L/hab/día, estadística desviada por aquellas naciones donde ya se vive escasez crónica; esta agua se descarga fundamentalmente en ríos y el mar, lo que deriva en la aportación de nutrientes, materia orgánica y sólidos suspendidos que generan turbidez, eutrofización, disminución de la diversidad biológica, proliferación de algas y mortandad de peces por agotamiento de oxígeno.

Así, se propone un sistema de tratamiento que mejore la calidad del agua gris y de lluvia por encima de la media y que sea competitivo en cuanto a poco requerimiento de espacio físico, mantenimiento e inversión. No se puede dejar de mencionar la función social de la propuesta, ya que pretende dar una respuesta sistematizada a la escasez de agua en zonas de difícil acceso, así como a su mejora en cuanto a calidad, hecho que impacta positivamente en la salud de los individuos y comunidades que decidan implementar en modelo planteado en la investigación.

Por principio, se apuntará a dar respuesta a las necesidades de organizaciones y asociaciones de carácter sub-local, sin embargo los beneficios de la propuesta son extrapolables a las estadísticas sanitarias y de derechos de carácter nacional, así como posibilita el diseño y desarrollo de políticas en torno a la fitorremediación como tecnología limpia.

1.5 Limitaciones y Alcance de la Investigación

Entre las principales limitaciones se encuentra el acceso a las fuentes documentales que en la mayoría de las ocasiones no se encuentra dentro de

buscadores académicos, razón por la cual se ralentiza la revisión sistemática al tener que acudir a repositorios institucionales universitarios sin ninguna certeza sobre la obtención de resultados.

Por otro lado y si bien la temática ha sido estudiada, no se encontraron suficientes datos para la realización de un metaanálisis que permita sintetizar las buenas prácticas y propuestas de acuerdo a variables estadísticas.

Por lo anterior se pretende hacer un diseño con base a manuales y documentos publicados por empresas del ramo, organismos multilaterales y manuales de los equipos preexistentes hasta llegar a una maqueta digital del producto final.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Antecedentes de la investigación.

Gaviria, N. y Silva, S., (2014) presentaron el trabajo *Viabilidad técnica y financiera del reúso del agua por medio de la fitorremediación basados en la metodología PMI*; en el definieron la viabilidad técnica y financiera del reúso del agua por medio de la fitorremediación basados en la metodología PMI y desarrolló tres objetivos específicos, a saber: a) Identificar los elementos que pueden afectar las condiciones técnicas, financieras y ambientales del reúso del agua por medio de la fitorremediación.; b) Analizar la viabilidad financiera del reúso del agua por medio de la fitorremediación en comparación con la(s) alternativa(s) más usada(s) en la actualidad y c) Realizar una documentación a partir de información secundaria basada en proyectos e investigaciones en los que se haya usado fitorremediación previamente.

Parra -citado por Arroyave (2004)- utilizó el carácter invasor de la *Lemna minor* para el control de algas (*Cladophora glomerata*) y posterior eutrofización del cuerpo de agua; la lemna recubrió la superficie acuática y redujo la eficiencia fotosintética de la cladophora en un 42%, así como el oxígeno disuelto, hecho que se explica en la menor intensidad lumínica disponible para la fotosíntesis del alga.

Chará (1998) plantea el uso productivo de biomasa y nivel proteico que algunas especies de macrofitas pueden aportar a la alimentación de animales de granjas, en su estudio demostró el carácter proteico de *Lemna minor* en hasta un 38% de su biomasa, recomendando su uso industrial en la fabricación de alimento para cerdos, aves o ganado (mezclado con harina de pescado).

Bui -citado por Arroyave (2004)- demuestra que la alimentación de patos con *Lemna minor* resultó en aumento de peso y producción de huevos similares al suplemento proteico usual y disminuyó el 25% de los costos de alimentación.

Olgún y Hernández -citado por Arroyave (2004)- afirman que los cultivos de lezna pueden realizarse en aguas residuales siempre que estas no contengan sustancias tóxicas, en cuyo caso puede utilizarse la biomasa para la producción de metano a través de digestión anaeróbica –explotable como fuente de energía-.

Ferrera *et al* (2014) plantea la viabilidad económica de la remediación con microalgas debido a su capacidad para convertir energía solar en biomasa (uno de los principales costes de la remediación por procesos físicos y químicos es el consumo de energía), aportando además la incorporación de nutrientes como nitrógeno y fósforo (cuyo exceso eutrofiza); “Los procesos que utilizan microalgas y cianobacterias, están enfocados... a la remoción de nutrientes y de metales pesados presentes en las aguas residuales. No obstante, también se encuentra bien documentada su capacidad para remover elementos radioactivos a partir de efluentes.” (Pp. 180)

Ramos, Prieto, Cárdenas y Bernal (2016) presentaron el artículo *implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora El Malmo, Boyacá, Colombia*, donde probaron la eficiencia de un humedal artificial subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando *Cyperus papyrus* y *Schoenoplectus californicus*. El tratamiento resultó en la disminución en 98, 5 de coliformes totales y de 88% en cuanto a coliformes fecales, se presentó una remoción en la Demanda Bioquímica de Oxígeno y de la Demanda Química de Oxígeno, así como de oxígeno disuelto.

Ferniza, Roa, Amaya y Barrera-Díaz (2016), presentaron *Eficiencia de un sistema acoplado Electrocoagulación-Fitoremediación para la remoción de Pb, Cu, Cb y Zn presentes en efluentes mineros*, aquí se trataron efluentes mineros a través de una fase de electrocoagulación y otra de fitorremediación utilizando *Typha latifolia*, así se probó al absorción de metales pesados en diluciones de hasta 50%, a partir de allí se evidenciaron procesos de fitotoxicidad.

Por otro lado Bayona (2016) presentó *Evaluación de la capacidad remediadora de la especie Eichhornia crassipes del río Chira para el tratamiento de aguas servidas en la planta de tratamiento de aguas residuales El Indio*; cuyo objetivo fue evaluar la capacidad remediadora de la especie *Eichhornia crassipes* del río Chira para el tratamiento de aguas residuales en la PTAR El Indio. Los resultados evidenciaron la eficiencia del proceso al disminuir la concentración de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno, así como la disminución de sólidos suspendidos totales.

González, Pérez, Martínez y Díaz (2016), publicaron *Humedales subsuperficiales horizontales en la depuración de aguas oleosas. Cinética de remoción de DQO*, aquí lograron demostrar la eficiencia de un humedal subsuperficial horizontal en el tratamiento de aguas oleosas, teniendo una efectividad de remoción de 77% de la demanda química de oxígeno y de 87% para otras las sustancias oleosas.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Fuentes de contaminación

Rodríguez -citado por Jaramillo, 2012- propone la siguiente figura ilustrativa:

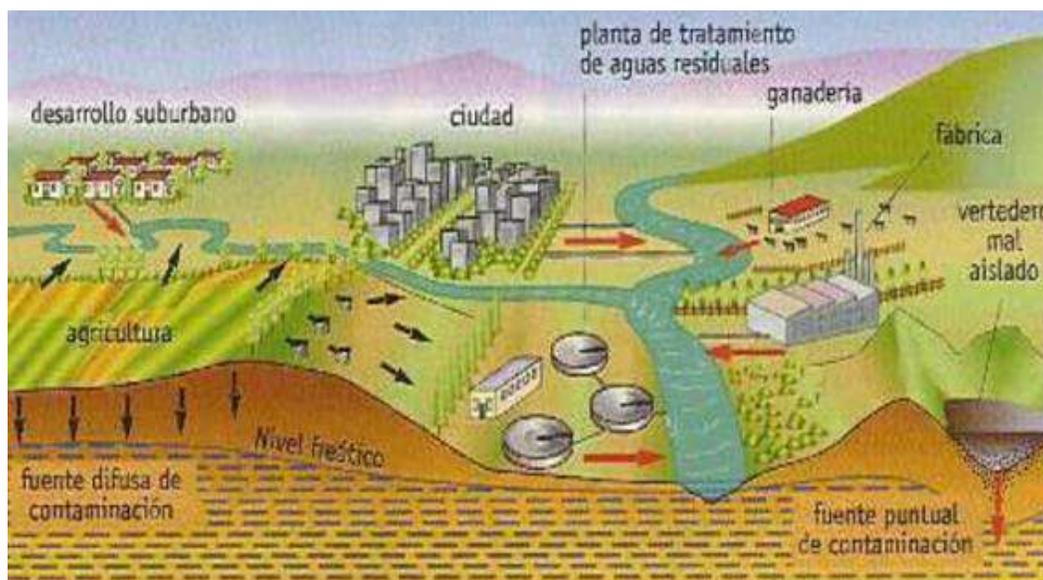


Figura 2.1: Fuentes puntuales y difusas de contaminación del agua
Fuente: (Jaramillo & Flores, 2012, Pp.. 7)

Para Jaramillo *et al* (2015) las aguas residuales se clasifican inicialmente en industriales y domésticas, en el primer caso la fitorremediación tiene efectos importantes a nivel industrial, Jaramillo demostró que utilizando *elodea sp.* (un alga que se comercializa para acuarios) se remedió el 100% del mercurio en solución, lo que devenga casi por silogismo en la experimentación sobre la aplicación controlada en aguas con desechos de extracción aurífera;

Poma y Valderrama (2014) hará lo propio utilizando Jacinto de Agua donde demostraron la extracción de Cadmio (16,56%) y mercurio (15,60%) por cosecha y en siete días; así mismo Aimar (2012) demostró la reducción en un 99% de la contaminación del agua con nitratos (NO₃⁻) -puede causar metahemoglobinemia, cáncer y eutrofización sobre las aguas superficiales- utilizando *Limnobium laevigatum*.

Por otro lado, Tchobanoglous -citado por Lezama (2013) define las aguas residuales domésticas como aquellas que provienen del sistema de abastecimiento después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades como baños, cocinas, lavanderías, entre otros.

Dentro de las aguas residuales domésticas se tienen las negras y grises, donde las primeras contienen excrementos y orina y la segunda corresponde al resto de las deposiciones -cocinas, duchas, lavamanos, etc.-; la materia orgánica y compuestos químicos que acompañan dichas aguas son diversos y requieren tratamientos especializados para mejorar la calidad del agua, que responde a criterios estandarizados con base sus parámetros físico-químicos, a saber:

| Cuadro 2.1: Parámetros utilizados en los índices físico-químicos de calidad de aguas | | | |
|--|---|--|--|
| Parámetros organolépticos | Color | | |
| | Turbidez | | |
| | Sabor | | |
| | Olor | | |
| Parámetros físicos | Sólidos totales (residuo seco) | Sólidos suspendidos (sedimentables y no sedimentables) | |
| | | Sólidos filtrables (coloidales y disueltos) | |
| | Temperatura | | |
| | Conductividad | | |
| | Radiactividad | | |
| Parámetros químicos | Salinidad | | |
| | Dureza | | |
| | PH | | |
| | Alcalinidad | | |
| | Acidez | | |
| | Oxígeno disuelto | | |
| | Materia orgánica | | |
| | SBO (demanda Biológica de Oxígeno) | | |
| | DQO (Demanda Química de Oxígeno) | | |
| | COT (Carbono orgánico Total) | | |
| | Bionutrientes (N.O) | | |
| | Otros compuestos | Metales pesados | |
| | | Aniones y cationes | |
| | | Sustancias indeseables | |
| Sustancias tóxicas | | | |
| Parámetros microbiológicos | Indicadores | Coliformes (totales y fecales) | |
| | | Estreptococos fecales | |
| | | Enterococo fecales | |
| | Ensayos específicos (salmonella, entre otros) | | |
| Fuente: Agencia Catalana de Agua, Revista Ecosistemas. Citado por (Jaramillo & Flores, 2012, Pp.. 9) | | | |

Con respecto al agua residual doméstica se tiene que según Henry & Heinke - citado por Lezama (2013)- se caracteriza de la siguiente forma: a) contaminantes orgánicos (básicamente carbohidratos, proteínas y lípidos); b) contaminantes inorgánicos: (sales, químicos e inertes como residuos de materiales, tierra, papel,

entre otros) y c) microorganismos -virus, algas, protozoos, bacterias, hongos e insectos diluidos-.

| Cuadro 2.2: Comparación entre aguas negras y grises de uso doméstico (mg/L-1) | | |
|--|---------------------|---------------------|
| Parámetro | Aguas grises | Aguas negras |
| Demanda biológica de oxígeno | 100-300 | 2000-3000 |
| Demanda química de oxígeno | 300-600 | 400-4000 |
| Fósforo total | 4-35 | 5,7 -54.2 |
| Nitrógeno total | 5-25 | 110-370 |
| Sólidos totales | 355-2656 | 726-2754 |
| PH | 5.7-6.6 | 6.7-8.9 |
| Patógenos | Bajo | Muy alto |
| Fuente: Carpio-Vallejo, 2013, Pp.. 19 | | |

De igual modo se presenta se definen las macrofitas como:

...aquellas plantas adaptadas a la vida en el medio acuático y que gracias a esta capacidad pueden presentar varios beneficios como: puede utilizarse para alimentación humana, del ganado, de peces y otros animales acuáticos; pueden ser utilizadas como fertilizantes; pueden usarse para purificación del agua; para uso medicinal y en cosmetología; para producción de celulosa; como fuente de producción de biogás. (Jaramillo *et al*, 2015, Pp.. 42)

Según Palacios y Martínez (2011) otros elementos positivos de las macrofitas son su capacidad de remediar en suelos saturados de agua y sin oxígeno libre - algunas plantas como el Jacinto de agua lo aportan-, toman iones de forma selectiva, rápido crecimiento, alta plasticidad, naturaleza invasora y la biodiversidad (se conocen más de 400) con potencial efecto fitorremediador.

Los usos comerciales de la fitorremediación con macrofitas se pierden de vista, más allá del negocio de la descontaminación -a priori rentables-, se puede encontrar funcionalidades múltiples que de acuerdo con la naturaleza específica de cada especie aporten a la sostenibilidad económica y ecológica de la descontaminación.

2.2.2. Tratamiento de aguas residuales

Para Villegas y Vidal, (2009) los sistemas de tratamiento para aguas residuales pueden brindar un servicio *primario*, consiste en la mejoría de las características físicas a través de la remoción de compuestos suspendidos y materia orgánica residual –poca-, y a través de procesos como la sedimentación. Para Palta y Morales los sistemas *secundarios* son aquellos que remueven en gran parte los compuestos orgánicos y *terciarios*, “que permiten el reúso del agua en diferentes actividades del hombre”. (Pp.. 59).

Existen otros niveles de tratamiento como la *cloración*, que consiste en el suministro de cloro para reducir la presencia de bacterias y microorganismos.

La fitorremediación se utiliza principalmente para el tratamiento terciario, sin embargo ha demostrado su utilidad como mecanismo complementario e incluso principal para el procesamiento de agua por los sistemas públicos de gestión.

Para la WWAP -citada por Melo (2014)-

El tratamiento de aguas residuales puede realizarse en sistemas centralizados a nivel municipal (sistemas de gran capacidad que tratan aguas residuales de muchos usuarios en un mismo sitio) o en sistemas descentralizados (aquellos sistemas que tratan el agua residual de hogares o negocios individuales, o pequeños grupos de usuarios individuales). Los sistemas centralizados usualmente descargan en cuerpos de agua superficiales, mientras que en los sistemas descentralizados la descarga puede ser para su reutilización local. (Pp.. 15)

Si bien existen experiencias sobre sistemas de tratamiento verde –con fitorremediación- a través de servicios centralizados que reutilicen el recurso hídrico como es el caso coreano del Distrito Internacional de Negocios de Sondgo, normalmente estos procesos de tratamiento culminan con la deposición del recurso en cuerpos hídricos naturales que, si bien genera menos contaminación al ambiente, no da respuesta a problemáticas como la carestía de agua o su escasez económica.

Villegas y Vidal (2009) plantean que los tratamientos químicos imposibilitan su aplicación en pequeñas localidades o edificios sostenibles -escuelas o universidades, dispensarios, infraestructuras locales de turismo ecológico, etc.- esto se debe a los altos costos de instalación, la imposibilidad de costear el consumo energético, así como la dependencia de insumos externos no siempre disponibles en el mercado; ante esto diferentes estudios postulan la viabilidad de depuración a través de sistemas naturales, como es el caso de las lagunas de aireación, de maduración, los humedales de flujo libre y los humedales de flujo superficial.

Por otra parte Núñez *et al.* (2004) proponen cuatro sistemas para la fitorremediación acuática: los humedales construidos o artificiales, los sistemas de tratamiento con plantas acuáticas flotantes, los sistemas de tratamiento integral – combinan los dos primeros- y por último los sistemas de rizo filtración. Estos sistemas remueven eficientemente fosfatos, nitratos, fenoles, pesticidas, metales pesados, elementos radiactivos, fluoruros, bacterias y virus, de aguas residuales municipales, agrícolas e industriales, incluyendo las industrias: lechera, de pulpa y papel, textil, azucarera, de curtiduría, de destilería, aceitera, de galvanizado y metalurgia.

A continuación presentaremos el Cuadro 2.3 sobre la función de la planta macrofita dentro de un sistema de tratamiento, intención que persigue vindicar el rol fundamental de la planta dentro del proceso más allá de la autogeneración de energía, mantenimiento natural, rol indicador y perspectiva económica.

| Cuadro 2.3: Función de las plantas macrofitas en los sistemas de tratamiento | |
|---|---|
| Parte de la planta | Función |
| Raíces o tallas sumergidas | Sustrato para el crecimiento bacteriano. Medio para la filtración y adsorción de sólidos. Bioabsorción y acumulación de contaminantes. |
| Tallos y hojas emergentes | Atenúan la luz del sol y así pueden evitar el crecimiento de algas suspendidas. Reducen los efectos del viento sobre el agua. Reducen la transferencia de gases y calor entre la atmosfera y el agua Transfieren oxígeno desde las hojas a la raíz. Transfieren y acumulan contaminantes. |
| Tomado de: Reddy y Smith, 1987; Polprasert, 1996. Citado por (Nuñez, Meas, Ortega, & Olguín, 2004, Pp.. 74) | |

De los sistemas de tratamiento mencionados hasta ahora y, a efectos de la investigación solo se desarrollarán los sistemas de humedales artificiales o wetlands.

2.2.3 Humedales artificiales

La Comisión Nacional de Áreas Protegidas de México (s/f) define un humedal como:

los humedales como zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos. Por otra parte, la Convención Ramsar hace uso de una definición más amplia ya que además de considerar a pantanos, marismas, lagos, ríos, turberas, oasis, estuarios y deltas, también considera sitios artificiales como embalses y salinas y zonas marinas próximas a las costas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros, los cuales pueden

incluir a manglares y arrecifes de coral. (Comisión Nacional de Áreas Protegidas de México, Pp.. Online)

En nuestro caso se definirán como humedales artificiales a los sistemas de tratamiento de agua que utilizan fitorremediación como base de su tratamiento; los principales mecanismos de remoción de los mismos son, según Aguirre, Crites y Tchobanoglous –citado por García y Giraldo (2014):

Remoción de materia orgánica: a) la materia orgánica en suspensión se decantará progresivamente en el humedal para luego degradarse biológicamente; b) la materia orgánica particulada se retendrá por filtración durante el transito agua-sustrato-raíces-tallo; c) la eliminación de aerobia o anaerobia de materia orgánica transcurre rápidamente; d) sobre la materia orgánica actúan microorganismos – principalmente bacterias- que utilizarán a la misma como sustrato.

Remoción de nitrógeno: “En los sistemas de... flujo subsuperficial, la remoción de nitrógeno (resulta) de la incorporación del nitrógeno a los tejidos vegetales... por nitrificación/denitrificación, y en menor proporción por volatilización de amonio e incorporación de este en el suelo”.

Sólidos en suspensión: se elimina por sedimentación, floculación¹ y filtración.

Procesos biológicos: Remoción biológica de nutrientes, nitrificación y desnitrificación biológica.

Por otro lado, los teóricos coinciden en clasificarlos en dos categorías, aquellos que exponen el agua a la atmosfera (humedal de flujo superficial) y los que no (humedal de flujo subsuperficial vertical y horizontal).

Humedal de flujo superficial:

¹ “Permite la sedimentación de partículas de pequeño tamaño, o de menor densidad que el agua, al producirse agregados de las mismas con capacidad para decantar” (García-Maya & Giraldo, 2014, Pp.. 24)

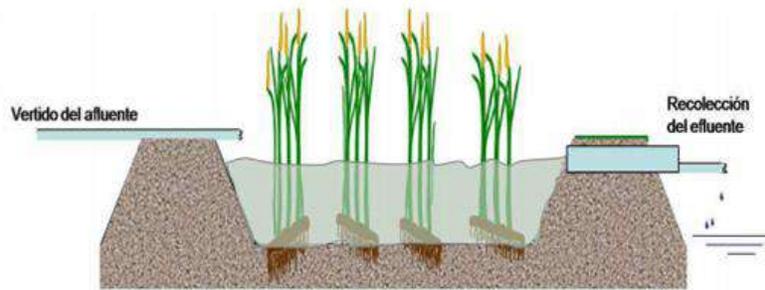


Figura 2.2: Humedal de Flujo superficial.

Fuente: Estrada Islena, Citado por: (Jaramillo & Flores, 2012, Pp..30)

Como puede verse en la figura 2.2, el humedal de flujo superficial mantiene el agua expuesta a la atmosfera y las plantas enraizadas en el fondo del humedal; para obtener un proceso fitorremediador de más impacto acostumbran a requerir mayor espacio sumergido y por su propia naturaleza puede tender a la emanación de olores desagradables (depende del origen del agua) e incluso a la proliferación de vectores en áreas tropicales y subtropicales.

Por lo anterior y con base a la optimización del proceso remedidor se ha combinado el humedal de flujo superficial con el subsuperficial.

Humedal de flujo subsuperficial:

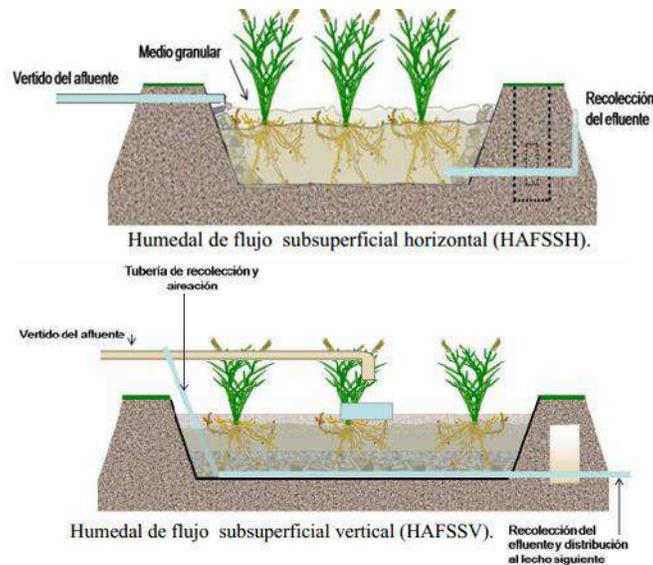


Figura 2.3: Humedal de Flujo subsuperficial horizontal y vertical

Fuente: Estrada Islena, Citado por: (Jaramillo & Flores, 2012, Pp..30-31)

Los humedales de flujo subsuperficial ofrecen mayores virtudes con relación al superficial; más allá de lo descrito en el ítem anterior, requieren menor inversión en terreno, lo que lo hace práctico para su implementación en zonas urbanas y conurbaciones con poco acceso a fuentes de agua limpia.

El sustrato donde descansan las plantas se rellena con arena y grava, compuestos que aportan también un carácter de filtro (tratamiento primario-secundario) al proceso fitorremediador.

A continuación se presenta el cuadro 2.4, donde con fines didácticos se comparan las humedades superficiales y subsuperficiales.

| Cuadro 2. 4: Comparación entre humedales superficiales y subsuperficiales | | |
|--|---|--|
| | Flujo superficial | Flujo subsuperficial |
| Tratamiento | Tratamiento de flujo secundario. Ej. Lagunas, biodiscos, fangos, etc. | Para tratar flujos primarios (aguas pretratadas, ej. Tanques IMHOFF, pozos sépticos) |
| Operación | Operan con baja carga de agua | Altas tasas de carga orgánica. |
| Olor | Puede ser controlado | No existe |
| Insectos | Control es caro | No existe |
| Protección térmica | Mala, las bajas temperaturas afectan el proceso de remoción | Buena, por acumulación de restos vegetales y el flujo subterráneo el agua mantiene una temperatura constante |
| Área | Requieren superficie de mayor tamaño | Requieren superficie de menor tamaño |
| Costo | Menor costo en relación al subsuperficial. | Mayor costo debido al material granular que puede llegar a incrementar el costo 30% |
| Valor ecosistema | Mayor valor como ecosistema para la vida salvaje, el agua es accesible a la fauna | Menor valor como ecosistema para la vida, el agua es difícilmente accesible a la fauna |
| Usos generales | Son de restauración y creación de nuevos ecosistemas | Tratamiento de aguas residuales principalmente en casas aisladas y núcleos menores a 200 habitantes |
| Operación | Son tratamientos adicionales a los sistemas convencionales | Puede usarse como tratamiento secundario. |
| Fuente: (García-Maya & Giraldo, 2014, Pp.. 22) | | |

Para Palta y Morales (2013) las especies vegetales más utilizadas en los humedales son *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), *Lemna minor* (lenteja de

agua) y Pistia Stratiotes (Lechuga de agua), Elodea canadensis, Ceratophyllum demersum, Alternanthera philoxeroides y las especies emergentes Scirpus l., Juncos, Sagittaria sp., y Phragmites australis.

A continuación se presenta el Cuadro 2.5: *Ejemplo de plantas acuáticas hiperacumuladoras de metales*, con esto y de manera ilustrativa se pretende cimentar la capacidad de a fitorremediación con macrofitas en el tratamiento de aguas residuales urbanas, agrícolas e incluso de origen industrial.

| Cuadro 2.5: Ejemplo de plantas acuáticas hiperacumuladoras de metales | | | |
|--|---------------------|----------------------------|------------------------|
| Nombre científico | Nombre común | Número de elementos | Elementos |
| Azolla filiculoides | Helecho acuático | 4 | Cu, Ni, Mn, Pb |
| Bacopa monnieri | Bacopa | 5 | Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn |
| Eichornia crassipes | Jacinto de agua | 6 | Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn |
| Hydrilla verticillata | Maleza acuática | 4 | Cd, Cr, Hg, Pb |
| Lemna minor | Lenteja de agua | 4 | Cd, Cu, Pb, Zn, Hg |
| Pistia Stratiotes | Lechuga de agua | 4 | Cd, Cr, Cu, Hg |
| Salvinia molesta | Salvinia | 4 | Cd, Ni, Pb, Zn |
| Spirodela polyrrhiza | Flores de agua | 5 | Cd, Cr, Ni, Pb, Zn |
| Valisneria americana | Valisneria lisa | 4 | Cd, Cr, Cu, Pb |
| Fuente: McIntyre adaptado por (Jaramillo & Flores, 2012, Pp.. 34) | | | |

Gaviria y Silva (2014), han propuesto la utilización de esta fitotecnología –los humedales artificiales- para el tratamiento de aguas grises en unidades habitacionales, reutilizando el agua dentro de un circuito semicerrado.

Gaviria no sólo argumentará la posibilidad, sino que también demostrará la factibilidad económica de estos proyectos, haciendo un análisis de factibilidad con base al precio del agua en Colombia, el otorgamiento de créditos bancarios para su compra e instalación en contra del ahorro en el consumo.

2.2.4 Otros sistemas para el tratamiento de agua

Aguas de escorrentía urbana AEU

Para Ortiz *et al* (2013) los sistemas de biorretención –jardines de lluvia- se han generalizado como herramienta para el tratamiento de AEU, esencialmente se trata de una capa de drenaje en la base –grava-, una capa de transición -arena gruesa y luego arena fina-, una capa de medio filtrante y cobertura vegetal que opera por infiltración del AEU.

Como puede verse la estructura básica de un sistema de biorretención no dista mucho del sistema de humedales, en algunos casos el agua de lluvia es recibida e incorporada por humedales superficiales y hasta ahora, la mayor limitación es que la cantidad de agua supere al sistema instalado.

Sistemas de captación de agua en techos

A diferencia de las AEU los sistemas de captación de agua en techos incorporan cuerpos de agua menos contaminados –por ej. No limpian la vía pública ni tienen contacto con asfalto- Uno de los principales contaminantes para las AEU-; igualmente aventajan a los primeros en tanto el solo sistema de recolección resulta muy barato (instalación de canaletas) con relación a las obras de ingeniería necesarias para un proyecto de AEU.

Para MIDUVI, ONU-Hábitat y CEPIS, -citado por Cambindo (2014)- los sistemas de captación de agua de lluvia en techos pueden ser de diversos tipos, pero todos tienen cuatro componentes fundamentales a) Superficie de captación –techo de la edificación- b) Elementos de canalización –canaletas (de bambú, madera o PVC) con mallas que evitan la obstrucción de la tubería- c) Filtro y tratamiento (pH, desinfección, etc.) –filtros naturales, de carbón activado e incluso cloración- y d) Almacenamiento –Tanques de agua subterráneo o superficial cuyo volumen debe calcularse con base a la proyección horizontal del techo.

La fitorremediación ha demostrado ser una alternativa ideal para la remediación y reúso de agua con tratamiento descentralizado; su versatilidad y plasticidad, los bajos costos de implementación, mantenimiento y energía, toda vez que además

es una tecnología amigable con el ambiente le otorga factibilidad técnica, financiera y ambiental.

A pesar de las diferencias en el tratamiento así como de composición, la utilización de humedales para el tratamiento de aguas grises e incluso negras, los jardines de lluvia y los sistemas de captación de agua en techos pueden y deben combinarse como mecanismo para garantizar el acceso y buen uso del recurso escaso agua.

2.2.5 Gerencia de proyectos:

El PMI (2013) define un proyecto como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (Pp. 2) se esta manera se define la temporalidad de la iniciativa de tal modo que pueda hacerse una gestión efectiva del tiempo y sea posible darle termino.

Por otro lado es importante recalcar que debe crearse un producto o servicio único, en este caso el humedal artificial, sin embargo se hace necesario discutir lo que se entiende por “único”; contrario a una lógica generalista el carácter único no se aplica al producto o servicio de forma exclusiva sino, fundamentalmente al proyecto que por su propia definición deberá agregar valor.

Entre las principales líneas de generación de un proyecto define el PMI /2013), las siguientes:

Un proyecto puede generar:

- Un producto, que puede ser un componente de otro elemento, una mejora de un elemento o un elemento final en sí mismo;
- Un servicio o la capacidad de realizar un servicio (p.ej., una función de negocio que brinda apoyo a la producción o distribución);
- Una mejora de las líneas de productos o servicios existentes (p.ej., Un proyecto Seis Sigma cuyo objetivo es reducir defectos); o
- Un resultado, tal como una conclusión o un documento (p.ej., un proyecto de investigación que desarrolla conocimientos que se pueden

emplear para determinar si existe una tendencia o si un nuevo proceso beneficiará a la sociedad). (Pp. 3)

En este caso se desarrollará un proyecto cuyo producto final puede entenderse como un producto (la planta de tratamiento) que brinda apoyo al servicio de agua, sin embargo su naturaleza académica implicará la no ejecución del mismo, por ende nuestro producto final será un documento.

De igual modo y al ser una especialización en gerencia de proyectos se hará necesario definir qué se entiende por dirección de proyectos, según el PMI (2013) la dirección de proyectos es:

La aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 47 procesos de la dirección de proyectos, agrupados de manera lógica, categorizados en cinco Grupos de Procesos. Estos cinco Grupos de Procesos son: Inicio; Planificación; Ejecución; Monitoreo y Control, y Cierre. (Pp. 5)

A su vez, el PMI define diez áreas de conocimiento que son específicas a la gerencia de proyecto; desarrolladas de manera próxima.

2.2.5.1 Gestión de integración:

Según el PMI (2013)

“La Gestión de la Integración del Proyecto describe todos los procesos necesarios para asegurar que todos los factores y elementos del proyecto son abordados y coordinados adecuadamente a lo largo del desarrollo del proyecto... La gestión de la integración del proyecto implica tomar decisiones en cuanto a la asignación de recursos, balancear objetivos y alternativas contrapuestas, y manejar las interdependencias entre las áreas de conocimiento de la dirección de proyectos”. (Pág 63)

Es el proceso mediante de coordinación de todos los procesos que desarrolla la gerencia de proyecto; será el único donde se mencionarán los procesos por separado, en tanto da por salida el acta de constitución del proyecto, -en este proyecto en el anexo 1- sus fases son las siguientes:

| Cuadro 2.6 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto | | |
|---|-------------------------|-----------------------------------|
| Entradas | Herramientas y Técnicas | Salidas |
| Enunciado del Trabajo del Proyecto Caso de Negocio Contrato Factores Ambientales de la Empresa | Juicio de Expertos | Acta de Constitución del Proyecto |
| Con base al PMI (2013) | | |

| Cuadro 2.7 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto | | |
|---|-------------------------|-------------------------------------|
| Entradas | Herramientas y Técnicas | Salidas |
| Acta de Constitución del Proyecto Salidas de los Procesos de Planificación Factores Ambientales de la Empresa Activos de los Procesos de la Organización | Juicio de Expertos | Plan para la Dirección del Proyecto |
| Con base al PMI (2013) | | |

| Cuadro 2.8 Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto | | |
|--|---|---|
| Entradas | Herramientas y Técnicas | Salidas |
| Plan para la Dirección del Proyecto Solicitudes de Cambio Aprobadas Factores Ambientales de la Empresa Activos de los Procesos de la Organización | Juicio de Expertos Sistema de Información para la Dirección de Proyectos | Entregables Información sobre el Desempeño del Trabajo Solicitudes de Cambio Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto Actualizaciones a los Documentos del Proyecto |
| Con base al PMI (2013) | | |

| Cuadro 2.9 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto | | |
|--|-------------------------|--|
| Entradas | Herramientas y Técnicas | Salidas |
| Plan para la Dirección del Proyecto Informes de Desempeño Factores Ambientales de la Empresa Activos de los Procesos de la Organización | Juicio de Expertos | Solicitudes de Cambio Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto Actualizaciones a los Documentos del Proyecto |
| Con base al PMI (2013) | | |

2.2.5.2 Gestión de Alcance:

Gestionar el alcance es el conjunto de procesos que deben llevarse a cabo dentro de un proyecto, se entiende como el proceso mediante el cual se fijan los límites

del proyecto y se toma en cuenta los procedimientos y paquetes de trabajo que son exclusivamente necesarios para la definición del proyecto.

La Gestión del Alcance del Proyecto incluye de acuerdo al PMI (2013) los siguientes procesos:

Planificar la Gestión del Alcance: Es el proceso de crear un plan de gestión del alcance que documente cómo se va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto.

Recopilar Requisitos: Es el proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y los requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto.

Definir el Alcance: Es el proceso de desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.

Crear la EDT/WBS: Es el proceso de subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.

Validar el Alcance: Es el proceso de formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se hayan completado.

Controlar el Alcance: Es el proceso de monitorear el estado del proyecto y de la línea base del alcance del producto, y de gestionar cambios a la línea base del alcance. (Pp. 105)

2.2.5.3 Gestión del tiempo:

Es el conjunto de procesos y herramientas que se utiliza para controlar el tiempo de ejecución del proyecto y ceñirlo a un cronograma de entregas realista y funcional; la gestión del tiempo es de extrema relevancia porque definirá los tiempos de entrega y hará posible una adecuación real de los costos del proyecto.

Entre los procesos que define el PMI (2013) se encuentran:

Planificar la Gestión del Cronograma: Proceso por medio del cual se establecen las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto.

Definir las Actividades: Proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para generar los entregables del proyecto.

Secuenciar las Actividades: Proceso de identificar y documentar las relaciones existentes entre las actividades del proyecto.

Estimar los Recursos de las Actividades: Proceso de estimar el tipo y las cantidades de materiales, recursos humanos, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada una de las actividades.

Estimar la Duración de las Actividades: Proceso de estimar la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados.

Desarrollar el Cronograma: Proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto.

Controlar el Cronograma: Proceso de monitorear el estado de las actividades del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar los cambios a la línea base del cronograma a fin de cumplir con el plan. (Pp. 141)

2.2.5.4 Gestión del costo

La gestión del costo es el conjunto de procesos relacionados con la estimación de presupuestos con base a la planificación, así como al apartado de gestión y obtención de financiamientos y reducción de costos.

La Gestión de los Costos del Proyecto incluye de acuerdo al PMI (2013) los siguientes procesos:

Planificar la Gestión de los Costos: Es el proceso que establece las políticas, los procedimientos y la documentación necesarios para planificar, gestionar, ejecutar el gasto y controlar los costos del proyecto.

Estimar los Costos: Es el proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades del proyecto.

Determinar el Presupuesto: Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o de los paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada.

Controlar los Costos: Es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del mismo y gestionar posibles cambios a la línea base de costos (Pp. 193)

2.2.5.5 Gestión de la calidad:

Es uno de los procesos fundamentales de la gerencia de proyectos, a través de la gestión de calidad se persigue el diseño y ejecución de unas políticas de calidad definidas, así como la satisfacción efectiva de las necesidades a las que responden los objetivos del proyecto; entre sus principales procesos y de acuerdo al PMI (2013) se encuentra:

Planificar la Gestión de la Calidad: Es el proceso de identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, así como de documentar cómo el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos.

Realizar el Aseguramiento de Calidad: Es el proceso que consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad y las definiciones operacionales adecuadas.

Controlar la Calidad: Es el proceso por el que se monitorea y se registran los resultados de la ejecución de las actividades de control de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios. (Pp. 227)

2.2.5.6 Gestión del recurso humano

Es el proceso de selección, construcción, gestión y gerencia del talento humano necesario para llevar a cabo un determinado proyecto, aquí se incluye la construcción de perfiles y definición de roles, así como la asignación efectiva de responsabilidades. Los procesos fundamentales de la gestión del recurso humano son de acuerdo al PMI (2013), los siguientes:

Planificar la Gestión de los Recursos Humanos: El proceso de identificar y documentar los roles dentro de un proyecto, las responsabilidades, las habilidades requeridas y las relaciones de comunicación, así como de crear un plan para la gestión de personal.

Adquirir el Equipo del Proyecto: El proceso de confirmar la disponibilidad de los recursos humanos y conseguir el equipo necesario para completar las actividades del proyecto.

Desarrollar el Equipo del Proyecto: El proceso de mejorar las competencias, la interacción entre los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño del proyecto.

Dirigir el Equipo del Proyecto: El proceso de realizar el seguimiento del desempeño de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño del proyecto. (Pp. 255)

2.2.5.7 Gestión de las comunicaciones

La gestión de comunicaciones incluye todos los procesos que se relacionan con la gestión, creación, distribución y seguimiento de la información necesaria para la gerencia de un proyecto; estos procesos pretenden garantizar el logro del proyecto a través de documentación que permita registrar progresivamente los porcentajes de avance, buenas prácticas y experiencias, de tal modo que se transformen en insumos para la gerencia de próximos proyectos.

Dentro de la descripción general de procesos que define el PMI (2013) se tiene:

Planificar la Gestión de las Comunicaciones: El proceso de desarrollar un enfoque y un plan adecuados para las comunicaciones del proyecto sobre la base de las necesidades y requisitos de información de los interesados y de los activos de la organización disponibles.

Gestionar las Comunicaciones: El proceso de crear, recopilar, distribuir, almacenar, recuperar y realizar la disposición final de la información del proyecto de acuerdo con el plan de gestión de las comunicaciones.

Controlar las Comunicaciones: El proceso de monitorear y controlar las comunicaciones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto para asegurar que se satisfagan las necesidades de información de los interesados del proyecto. (Pp. 287)

2.2.5.8 Gestión de riesgos

Es el conjunto de procesos que permite identificar, planificar respuestas y alternativas a los riesgos que se prevén o se encuentren dentro de un proyecto; por su propia naturaleza persigue mejorar el porcentaje de llevar a cabo el proyecto de acuerdo a lo planificado.

Entre los principales procesos que define el PMI (2013) se encuentra:

Planificar la Gestión de los Riesgos: El proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.

Identificar los Riesgos: El proceso de determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y documentar sus características.

Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos: El proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos.

Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos: El proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.

Planificar la Respuesta a los Riesgos: El proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

Controlar los Riesgos: El proceso de implementar los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto. (Pp.. 309)

2.2.5.9 Gestión de adquisiciones

La gestión de adquisiciones es el conjunto de procesos relacionados con la gestión de las compras de bienes o servicios relacionados con el desarrollo del proyecto, estos procesos se adecuan al cronograma de tal manera que cada implemento se adquiera en el momento adecuado, al precio proyectado y con la calidad indicada; de igual modo incluye todos los contratos relacionados con el área.

Entre los procesos fundamentales que sobre gestión de adquisiciones desarrolla el PMI (2013) se tiene:

Planificar la Gestión de las Adquisiciones: El proceso de documentar las decisiones de adquisiciones del proyecto, especificar el enfoque e identificar a los proveedores potenciales.

Efectuar las Adquisiciones: El proceso de obtener respuestas de los proveedores, seleccionarlos y adjudicarles un contrato.

Controlar las Adquisiciones: El proceso de gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos y efectuar cambios y correcciones según corresponda.

Cerrar las Adquisiciones: El proceso de finalizar cada adquisición para el proyecto. (Pp. 355)

2.2.5.10 Gestión de los interesados:

La Gestión de los Interesados del Proyecto incluye los procesos que permite identificar a las personas u organizaciones que puedan perturbar el desarrollo del proyecto o que, por el contrario, sean impactados por este.

La gestión de involucrados permite conocer el panorama social en torno al proyecto y el impacto que este tendrá en el mismo. Entre los procesos fundamentales que describe el PMI (2013) se tiene:

Identificar a los Interesados: El proceso de identificar las personas, grupos u organizaciones que podrían afectar o ser afectados por una decisión, actividad o resultado del proyecto, así como de analizar y documentar información relevante relativa a sus intereses, participación, interdependencias, influencia y posible impacto en el éxito del proyecto.

Planificar la Gestión de los Interesados: El proceso de desarrollar estrategias de gestión adecuadas para lograr la participación eficaz de los interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto, con base en el análisis de sus necesidades, intereses y el posible impacto en el éxito del proyecto.

Gestionar la Participación de los Interesados: El proceso de comunicarse y trabajar con los interesados para satisfacer sus necesidades/expectativas, abordar los incidentes en el momento en que ocurren y fomentar la participación adecuada de los interesados en las actividades del proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo.

Controlar la Participación de los Interesados: El proceso de monitorear globalmente las relaciones de los interesados del proyecto y ajustar las estrategias y los planes para involucrar a los interesados. (Pp.. 391)

Las áreas de conocimiento que se enunciaron con anterioridad posibilitan la correcta gerencia de un proyecto y por su propia naturaleza serán incluidas en los

capítulos de esta investigación que se relacionan con la planificación general del proyecto.

2.3 Definición de términos básicos

Para unificar las categorías y lenguajes utilizados por la bibliografía se definirán a continuación los conceptos basados en el trabajo de Villegas y Vidal, (2009).

Agua servida, sinónimo de aguas grises o residuales no cloacales.

Aguas crudas o aguas residuales no tratadas.

Alcantarillado de aguas residuales, todas las instalaciones de recolección y transporte de aguas residuales, uno de los principales problemas es que dicho sistema diluye las aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentías en un mismo sistema.

Saneamiento básico, son las actividades del conjunto de servicios de aseo - sistema de recolección, tratamiento y disposición final del agua residual-.

Tratamiento, procedimientos que se aplican sobre el agua cruda para modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas y potabilizarla de acuerdo con la normativa.

Tratamiento de aguas residuales, no busca la modificación y mejora de la calidad, sino su utilización final para fines agrícolas, recreativos o industriales o verterse a un cuerpo de agua con mínimo impacto para éste.

Vertimiento líquido, cualquier descarga líquida que se realice sobre un cuerpo de agua.

2.4 Definición Operativa de las variables, dimensiones e indicadores

Las variables de estudio que fundamentarán la presente investigación son:

Variable dependiente:

- a) Tratamiento de aguas grises y de lluvia, métodos y metodologías;
 - a. Indicadores: Calidad de agua gris, calidad de agua de lluvia, métodos de tratamiento, costo de los mecanismos de tratamiento, tratamiento de aguas grises y de lluvia en zonas rurales.

Variables independientes:

- a) Fitorremediación;
 - a. Indicadores: Tecnología limpia, costos asociados, estrés ambiental, potencial remediador.
- b) Humedal;
 - a. Humedal superficial y sub superficial, beneficios y perjuicios del uso de humedales, capacidad de tratamiento, inversión y mantenimiento.
- c) Reutilización de agua.

Indicadores: Calidad de agua, tipo de consumo humano

2.5 Bases legales de la investigación

En líneas generales la temática ambiental goza de una extensa base legal; a la luz del concepto de política pública resulta interesante entender esta robustez legal; a continuación se presentarán las bases legales generales para la gestión de agua

| Cuadro 2.10: Bases legales generales para la gestión del agua. | | | |
|---|---|-------------|--|
| Temática | Instrumento | Art. | Contenido |
| Sostenibilidad | Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (Asamblea Nacional Constituyente, 1999) | Preámbulo | ...un Estado de justicia, federal y descentralizado, que consolide los valores de la libertad, la independencia, la paz, la solidaridad, el bien común, la integridad territorial, la convivencia y el imperio de la ley para esta y las futuras generaciones (negritas del autor); asegure el derecho a la vida, al trabajo, a la cultura, a la educación, a la justicia social... el equilibrio ecológico y los bienes jurídicos ambientales como patrimonio común e irrenunciable de la humanidad (negritas del autor) |
| | | 127 | Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los |

| | | | |
|---|---|-----|---|
| | | | principios bioéticos regulará la materia. |
| Competencia de la gestión de agua | | 178 | Numeral 6 el “Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico, alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios”. |
| Agua como bien público | | 304 | Se declararán todas las aguas como bienes de dominio público y se ordena el establecimiento de disposiciones para u protección, aprovechamiento y recuperación. |
| Derecho a gozar e servicios ambientales | Declaración Universal de los Derechos Humanos (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1948) | 25 | Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, viudez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad. |
| Definiciones básicas | Ley de aguas (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (a), 2007) | 2 | Contaminación de las aguas: Acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos |

| | | |
|---|----------|--|
| | | <p>posteriores o con su función ecológica. El Concepto de degradación de las aguas, a los efectos de esta Ley, incluyen las alteraciones perjudiciales de su entorno...</p> <p>...Descargas másicas: Volumen de efluentes líquidos contaminantes que se incorporan a un cuerpo de agua. Tales volúmenes pueden ser referidos según la fuente contaminante y el tipo de contaminante del cual se trate...</p> <p>..Vertido liquido: Toda descarga de agua que se realice directa o indirectamente a los cuerpos de agua mediante canales, desagües o drenajes de agua, descarga directa sobre el suelo o inyección en el subsuelo, descarga a redes cloacales, descarga al medio marino costero y descargas submarinas.</p> |
| <p>Definición de gestión integral de agua</p> | <p>3</p> | <p>..el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los, ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e</p> |

| | | | |
|---|---|----|---|
| | | | intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país. |
| Objeto del modelo de aprovechamiento de agua | | 10 | garantizar su protección, uso y recuperación, respetando el ciclo hidrológico de conformidad con lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela... |
| Criterios para la protección del agua | | 11 | La realización de extracciones ajustadas al balance de disponibilidades y demandas de la fuente correspondiente; 2. El uso eficiente del recurso; 3. La reutilización de aguas residuales; 4. La conservación de las cuencas hidrográficas (y) 5. El manejo integral de las fuentes de, aguas superficiales y subterráneas... |
| Principios rectores de la prestación de servicio de agua | Ley Orgánica Para La Prestación De Los Servicios De Agua Potable y de Saneamiento | 3 | "...La preservación de la salud pública, el recurso hídrico y el ambiente... (y)... el acceso de todos los ciudadanos a la provisión de los servicios de agua potable y de saneamiento |
| Responsabilidades de los municipios en la gestión de agua | (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (b), 2001) | 11 | a. Prestar directamente o a través de terceros, de manera eficiente los servicios de agua potable y de saneamiento, de acuerdo con las políticas, estrategias y normas fijadas por el Poder Ejecutivo |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <p>Nacional;</p> <p>f. Reglamentar la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento mediante la respectiva ordenanza, con base en la presente Ley y en las directrices que al efecto establezca la Superintendencia Nacional de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento;</p> <p>k. Promover y apoyar programas educativos y de inducción acerca de la necesidad del uso eficiente del agua y del pago oportuno de la tarifa que se establezca para la prestación de los servicios.</p> |
|--|--|--|--|

Así se tienen las normativas de carácter operativo, entre ellas las Normas Para La Clasificación Y El Control De La Calidad De Los Cuerpos De Agua Y Vertidos O Efluentes Líquidos donde se harán las siguientes definiciones:

Artículo 2º: A los fines de este Decreto se entiende por:

Aguas servidas: Aguas utilizadas o residuales provenientes de una comunidad, industria, granja u otro establecimiento, con contenido de materiales disueltos y suspendidos.

...

Tipo 1 Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas del tipo I se desagregan en los siguientes sub-tipos:

Sub-Tipo 1A: Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser condicionadas con la sola adición de desinfectantes.

Sub-Tipo 1B: Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.

Sub-Tipo 1C: Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de potabilización no convencional. (Ministerio de Ambiente de los Recursos Naturales Renovables, 1995)

En el artículo 4 se establecen las características y rangos que deben tener este tipo de rangos, entre ellos:

| Cuadro 2.11: límites y rangos del agua Subtipo 1^a | |
|---|--|
| Parámetro | Límite o Rango máximo |
| Oxígeno disuelto (O.D) | mayor de 4,0 mg/l. (*) |
| pH | mínimo 6,0 y máximo 8,5 |
| Color real | menor de 50, U Pt-Co |
| Turbiedad | menor de 25, UNT. |
| Fluoruros | menor de 1,7 mg/l. |
| Organismos coliformes totales | promedio mensual menor a 2000 NMP por cada 100 ml. |
| Tomado de: Artículo 4, Normas Para La Clasificación Y El Control De La Calidad De Los Cuerpos De Agua Y Vertidos O Efluentes Líquidos (Ministerio de Ambiente de los Recursos Naturales Renovables, 1995) | |

Sobre el Subtipo 1B:

| Cuadro 2.12: límites y rangos del agua Subtipo 1B | |
|---|---|
| Parámetro | Límite o Rango máximo |
| Oxígeno disuelto (O.D) | mayor de 4,0 mg/l. (*) |
| pH | mínimo 6,0 y máximo 8,5 |
| Color real | menor de 150, U Pt-Co. |
| Turbiedad | menor de 250, UNT. |
| Fluoruros | menor de 1,7 mg/l. |
| Organismos coliformes totales | promedio mensual menor a 10000 NMP por cada 100 ml. |
| Tomado de: Artículo 4, Normas Para La Clasificación Y El Control De La Calidad De Los Cuerpos De Agua Y Vertidos O Efluentes Líquidos (Ministerio de Ambiente de los Recursos Naturales Renovables, 1995) | |

Además, las aguas tipo 1^a y 1B no deben exceder las siguientes concentraciones elementales: Aceites minerales 0,3 mg/l; Aluminio 0,2 mg/l; Arsénico total 0,05 mg/l; Bario total 1,0 mg/l; Cadmio total 0,01 mg/l; Cianuro total 0,1 mg/l; Cloruros 600 mg/l; Cobre total 1,0 mg/l; Cromo total 0,05 mg/l; Detergentes 1,0 mg/l; Dispersantes 1,0 mg/l; Dureza (expresada como CaCO₃) 500 mg/l; Extracto de carbono al cloroformo 0,15 mg/l; Fenoles 0,002 mg/l; Hierro total 1,0 mg/l; Manganeso total 0,1 mg/l; Mercurio total 0,01 mg/l, Nitritos + Nitratos (N) 10,0 mg/l; Plata total 0,05 mg/l; Plomo total 0,05 mg/l; Selenio 0,01 mg/l; Sodio 200 mg/l; Sólidos disueltos totales 1500 mg/l; Sulfatos 400 mg/l; zinc 5,0 mg/l; Organofosforados y carbamatos 0,1 mg/l; Organoclorados 0,2 mg/l; Radiactividad Actividad a máximo 0,1 Becquerelio por litro (Bq/l) y Actividad b máximo 1,0 Becquerelio por litro (Bq/l).

Finalmente se describen las aguas 1C como “aquellas en las cuales el pH debe estar comprendido entre 3,8 y 10,5” (Ministerio de Ambiente de los Recursos Naturales Renovables, 1995).

Lo anterior representa los estándares legales de potabilidad del agua en Venezuela, esto resultará de especial cuidado para el proyecto fitorremediador que si bien no persigue potabilidad de uso, requiere acercarse a los estándares para reúso en actividades que no implican consumo directo.

En el plano estrictamente sanitario el para entonces Ministerio de Sanidad y Asistencia Social promulgó en 1998 las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, en ella se definirán los siguientes términos:

Artículo 3.- A los efectos de interpretación y aplicación de estas Normas, se establecen los siguientes criterios:

Valor máximo aceptable: Es el establecido para la concentración de un componente que no presenta un riesgo significativo para la salud o rechazo del consumidor, teniendo en cuenta el consumo de agua durante toda su vida (OPS/OMS).

Bacterias Coliformes Termo resistentes: Grupo de organismos coliformes que pueden fomentar la lactosa a 44-45°C; comprenden el

género Escherichia y en menor grado, especies de Klebsiella, enterobacter y citrobacter.

Componentes Organolépticos: Sustancias y/o elementos que proporcionan al agua características físicas percibibles por el consumidor (color, olor, sabor, temperatura).

Sitios representativos del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable: Se consideran así al efluente de la planta de tratamiento, alimentadores principales y secundarios, ramales abiertos y cerrados, estaciones de bombeo y estanques de almacenamiento.

USA/ml. Unidad de Área equivalente a 400 m m2. (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, 1998)

La normativa define también los valores máximos de coliformes fecales -Art. 9-, la prohibición de agentes patógenos - virus, bacterias, hongos, protozoarios, ni helmintos -Art. 10-, valores máximos de heterótrofos aerobios -art.11- y plancton - Art. 12-.

Otra normativa que puede resultar de interés no tiene carácter legal aunque si estatuido, como lo son la norma CONVENIN, entre ellas la 2614:1994 agua potable: Toma de muestra y la 2709:2002 Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo.

Finalmente y volviendo al marco país se tiene el Plan Nacional de Gestión Integral de las Aguas donde se plantea el objetivo de “Conservar la fuente de abastecimiento” a través de:

| Cuadro 2.13: Objetivos de la gestión nacional de agua | | |
|--|--|---|
| Objetivo | Estrategias | Política |
| Conservar la fuente de abastecimiento | 1. Ampliar las capacidades Institucionales de supervisión de las cuencas. | 1. Mejorar las capacidades logísticas para la supervisión. |
| | 2. Activar mecanismos de supervisión comunitaria y corresponsabilidad para la conservación de las cuencas. | 2.1. Incrementar el número de Comités Conservacionistas. 2.2. Establecer convenios con otros organismos del Estado y los productores para la utilización de las tierras. |
| | 3. Construir la infraestructura hidráulica para el saneamiento. | 3. Incorporar a los productores en el diseño de los planes de saneamiento de las fuentes de agua |
| Tomado de: Plan Nacional de Gestión Integral de Aguas (s/f) | | |

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

A continuación se desarrollan los aspectos metodológicos que hacen posible la presente investigación.

3.1. Tipo o nivel de investigación

La presente investigación fue de tipo descriptiva, esto en vista de la gran cantidad de estudios que a través de una revisión sistemática se encontraron en la temática a investigar; sin embargo pretendió proponer describir una aplicación con funcionalidad práctica de los conocimientos reconocidos y explicar si estos son aplicables en la realidad socioeconómica, ambiental y climática del valle de Caracas.

3.2 Diseño de investigación.

El diseño de la investigación es fundamentalmente bibliográfico/documental, la concatenación del marco teórico, así como la revisión de investigaciones, propuestas y modelos de fitorremediación, así como datos en torno a clima y ambiente en Caracas serán recuperados a partir de fuentes documentales. Fue no experimental por que no se manipulan en forma deliberada ninguna variable, se observan los hechos tal y como se presentan, en su contexto real, las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas. Fue transversal, porque se recolectan los datos en un solo momento y en un tiempo único, teniendo como finalidad describir las variables y analizar su incidencia e interacción en un momento dado, sin manipularlas.

Para garantizar la pertinencia de estos materiales se utilizararo bases de datos científicas como Reserch Gate, EBSCOhost, REDIB, Scielo, Latindex y Dialnet; procurando que al menos el 85% del material científico citado se haya publicado en los últimos ocho años.

Finalmente se buscó en diversos repositorios institucionales universitarios con el objeto de detallar trabajos de grado aprobados por un jurado calificador, dándole mayor fortaleza al marco teórico.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Por ser una investigación de carácter documental se utilizó como técnica fundamental de recolección de datos la revisión sistemática, una vez procesado el corpus teórico obtenido por diversos repositorios institucionales se realizó el análisis documental y de contenido con el objeto de recoger las buenas prácticas acopiadas por otros investigadores.

La presente investigación se fundamentó en fuentes primarias de investigación científica, como lo son los papers y resultados de investigación, estado de la cuestión y resultados experimentales, así como materiales emanados de organismos multilaterales; luego se tendrán las fuentes secundarias, como los proyectos de grado de tercer y cuarto nivel.

3.4 Técnicas de procesamiento de datos.

Los datos fueron procesados a través de la técnica de revisión sistemática, por este medio se llevó a cabo una revisión empírica y teórica de las variables de estudio, que fueron objeto de triangulación correlacional a fin de establecer aquellas prácticas cuyas relaciones responden a los objetivos de la presente investigación.

3.5 Recursos materiales

Los recursos materiales corresponden con los equipos tecnologías del investigador cuyo uso se invierte en el desarrollo del proyecto, así como el material de oficina necesario para el arqueo bibliográfico.

3.6 Recursos financieros

El investigador cubrió aquellos recursos financieros que fueron necesarios para la planificación del proyecto y presentación del TEG, de acuerdo a la lógica básica de la actividad académica planteada.

3.7 Operacionalización variables

| Cuadro 3.2 Operacionalización de variables | | | | |
|---|--|--|---|---|
| Objetivo general: Identificar las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación, en Caracas durante el periodo Enero-mayo de 2017 | | | | |
| Sinergia | Variables | Indicadores | Instrumentos | Fuente |
| Comparar teóricamente diferentes tecnologías de tratamiento de agua | Limitaciones teóricas Experimentos reportados | Identificación del marco legal venezolano. Identificación de los principios y propuestas en el área de las plantas de tratamiento | Investigación aplicada y de desarrollo, no experimental y transversal | Repositorios institucionales, material bibliográfico, bases de datos de investigación científica. |
| Visualizar el proyecto | Definición de alcance y objetivo | De acuerdo al manual GGPIC | Investigación aplicada y de desarrollo, no experimental y transversal | Manual GGPIC. Guías FEL Universidad Monteávila |
| Conceptualizar el proyecto | Definición de alcance conceptual | De acuerdo al manual GGPIC | Investigación aplicada y de desarrollo, no experimental y transversal | Manual GGPIC. Guías FEL Universidad Monteávila |

| | | | | |
|---|---|----------------------------|---|--|
| Definir el proyecto | Definición de alcance final | De acuerdo al manual GGPIC | Investigación aplicada y de desarrollo, no experimental y transversal | Manual GGPIC. Guías FEL Universidad Monteávila |
| Definir las bases para la implantación del proyecto | Definición del tipo de contratación y ejecución | De acuerdo al manual GGPIC | Investigación aplicada y de desarrollo, no experimental y transversal | Manual GGPIC. Guías FEL Universidad Monteávila |
| Definir las bases para la operación del proyecto | Definición de las operaciones iniciales | De acuerdo al manual GGPIC | Investigación aplicada y de desarrollo, no experimental y transversal | Manual GGPIC. Guías FEL Universidad Monteávila |

3.7 Aspectos éticos

El enfoque ético de esta investigación partió de su carácter de ser obra ideológicamente derivada de los contenidos de la publicación Nuestro Futuro Común.

En abril de 1987, se publicó el informe denominado "Nuestro Futuro Común" (Our Common Future) por la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, presidida por la ex-primer ministro de Noruega Gro Harlem Brundtland, donde se plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales, ya que el actual avance socioeconómico global, se está llevando a cabo a un costo ambiental elevado. Dicho documento, postuló principalmente que la protección ambiental había dejado de ser una tarea nacional o regional para

convertirse en un problema global, teniendo que trabajar todos en manera conjunta para revertir la degradación actual de nuestros ecosistemas, también señaló que debíamos de ver al desarrollo y al ambiente de forma unida, porque ambos son inseparables.

Sin embargo, un futuro mejor para la humanidad, depende de acciones políticas decididas que permitan el adecuado manejo de los recursos ambientales para garantizar el progreso humano sostenible y la supervivencia del hombre en el planeta, es por esto que la comisión tiene como misión aumentar el nivel de compromiso de las naciones con su entorno desde el punto de vista social, económico, cultural y ambiental de forma sostenible, creando conciencia del estado de desigualdad y deterioro existente en todo el planeta, por lo cual se proponen los siguientes tres objetivos por la comisión:

1. Analizar los puntos críticos en referencia al desarrollo y medio ambiente, para la elaboración de propuestas que se adapten a la realidad mundial.
2. Plantear nuevas alternativas para la cooperación internacional, que contribuya en la enunciación de políticas sobre desarrollo y medio ambiente con la finalidad de alcanzar los cambios necesarios y esperados.
3. Impulsar los niveles de compromiso y entendimiento de todos los individuos, organizaciones sin fines de lucro, sector productivo, institutos y gobiernos locales, nacionales e internacionales.

En síntesis, ésta comisión persiguió constatar la necesidad de implantar una nueva alternativa de desarrollo mundial, que tenga como finalidad garantizar el bienestar económico de población actual y en el futuro, sin comprometer los recursos ambientales disponibles para lograr ese fin.

Margalef (1996) afirma que el problema de la conservación de la naturaleza es fundamentalmente un asunto de educación y este problema perjudica a la organización general de todo territorio.

Estos objetivos propuestos, llevan a definir en el informe el concepto de “desarrollo sostenible”, como solución para combatir los males que aquejan al planeta y sus habitantes, siendo el desarrollo sostenible “aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, centrando la atención para lograr un futuro mejor en los siguientes temas:

- Población y recursos humanos: tomar en cuenta el crecimiento poblacional desmesurado y desproporcional con los recursos disponibles en materia de vivienda, alimentación, energía y salud, formulándose como propuesta reducir los niveles de pobreza y mejorar el nivel de la educación.
- Alimentación: fundar equidad en la distribución y generación de los alimentos, garantizando la seguridad alimentaria de todos los pueblos y de futuras generaciones.
- Especies y ecosistemas: siendo este tema prioritario, debido al deterioro y extinción masiva de diferentes especies animales y vegetales, por las diferentes actividades humanas. Por lo que es necesario tomar conciencia para la conservación de las especies y ambientes, y la remediación y prevención de espacios contaminados.
- Energía: es necesario migrar la estructura energética del siglo XXI a fuentes renovables, ya que la explotación descontrolada de recursos no renovables, hacen que la naturaleza no pueda sustentar la demanda y mantenerse en equilibrio.
- Industria: las industrias deben hacer uso de tecnologías limpias, evitando la contaminación de los recursos naturales, y haciendo un mejor uso de éstos, con el fin de ayudar en la conservación del planeta
- El reto urbano: suministrar a las poblaciones en crecimiento la tierra, los servicios y la infraestructura necesaria para una adecuada forma de vida: agua limpia, sanidad, colegios y transporte. El adecuado manejo

administrativo de las ciudades exige la descentralización, de fondos, de poder político y de personal, hacia las autoridades locales.

El desarrollo sostenible requiere entender que la inacción traerá consecuencias; se deben cambiar las estructuras institucionales y fomentar las conductas en relación a los temas anteriormente descritos, para garantizar la preservación de la vida en el planeta y cumplir con las necesidades de cada ser humano que tiene derecho a alimentarse, a la salud, a la educación, al agua potable, a respirar aire limpio y disfrutar de las maravillas que nos proporciona la naturaleza, haciendo de nuestro planeta un mundo equitativo, donde no exista pobreza, desigualdad y deterioro ambiental, por lo que debemos contribuir cada uno de manera activa y eficiente en el mantenimiento de nuestro planeta y sus componentes, ya que somos parte de un todo y no podemos existir sin ellos.

En cuanto desde el punto de vista hacia la ciudad, se puede afirmar que es necesario afianzar esfuerzos en pro de acciones dirigidas a la conservación y defensa del ambiente, para así garantizar a largo plazo la vida y el mejoramiento de su calidad. En tal sentido, promover el desarrollo sostenible envuelve acciones concretas en gestiones tanto administrativas como legales, así como también la educación ambiental para el fomento de la conciencia de la sociedad actual y futuras. En pocas palabras, se necesita la adopción de estilos de vidas responsables y en sinergia entre el ambiente y la sociedad que garantice la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer las futuras tal como lo enmarca la Organización de Naciones Unidas (1987).

Un factor muy importante a considerar en el desarrollo sostenible y la ciudad es la demandante concentración poblacional en áreas urbanas, sobre todo en Latinoamérica, donde dicha acción trae consigo problemas ecológicos, económicos, culturales y sociales y que a su vez generan graves impactos ambientales, haciéndose esta una medida prioritaria en las metas para alcanzar la

sustentabilidad ambiental, por medio del desarrollo de alternativas y oportunidades equitativas.

Las ciudades, con su caos diario, se traducen en demandas de opciones de desarrollo del hábitat que cada día deben ser examinadas, reflexionando las variables y complicadas realidades. La pobreza se hace diversa, en relación a las tipologías y rigidez con que se manifiesta. La vulnerabilidad perturba cada vez más a mayores grupos sociales que residen en áreas urbanas. La desigualdad aumenta y la falta de acceso a las bondades que traen consigo el desarrollo se sigue extendiendo a lo largo del mundo.

Según lo anteriormente expuesto, en algunos asentamientos urbanos se diversifica en cuanto a los bienes y servicios disponibles, así como su calidad y cantidad, lo cual se incrementan exponencialmente. La tecnología de las comunicaciones se ensancha y la producción crece en varios sectores de la economía. Del mismo modo, se optimizan los mecanismos de gestión de servicios públicos haciendo necesario agrandar la colaboración y caracterización comunitaria, en relación a los retos y compromisos para el desarrollo sustentable.

La Organización de Naciones Unidas (1987), sostiene que para que la ciudad sea el lugar de vida y trabajo de millones de habitantes de todas las especies, las condiciones de vida deben enmarcarse dentro de lo sustentable.

Una ciudad sostenible, es un gran reto para la humanidad como un sistema vivo y particular que se edifica cada día por la actuación ya sea planificada o interactiva de sus habitantes. Es decir, se debe proyectar la ciudad a compromisos globales por parte de todos los garantes para que permita desarrollar la ciudad social y culturalmente sostenible que se necesita, mediante la participación ética y responsable de todos los individuos.

CAPÍTULO IV: MARCO REFERENCIAL

4.1 La organización

El cliente para el que se desarrollará el presente proyecto es la organización no gubernamental VIVACcs, organización en la que el investigador se desarrolla como Coordinador de Organización.

Fundada en el año 2013.

4.2. Objeto de la Organización

Organización y realización de eventos académicos, culturales y deportivos que incentiven la paz, el desarrollo sustentable, la cultura ciudadana, la descentralización y la organización comunitaria como motor de desarrollo; Producirá, presentará y dirigirá eventos culturales en sus diversas ramas o medios de comunicación; realización de conciertos y festivales, cine, artes escénicas, danza apoyo y presentación de expresiones artísticas experimentales, organización de talleres y programas de formación en conjunto con instituciones educativas comunidad organizada; realización de eventos destinados a la difusión del desarrollo sostenible, la educación ambiental y la gestión de proyectos comunitarios en el marco de la sustentabilidad y la economía ambiental, distribución de toda forma de expresión cultural de proyección comunitaria, todo esto tomando en cuenta valores sociales y comunitarios, desarrollando actividades de promoción, animación, gestión y gerencia del desarrollo sostenible y la cultura, con la finalidad única de generar ingresos; de la misma manera, podrá realizar en conjunto con las Universidades del país actividades de extensión e investigación universitaria.

4.3. Estructura organizativa:

La estructura orgánica de VivaCcs es de tipo matricial y las iniciativas se realizan de forma proyectizada con base a la autorización de la junta directiva.

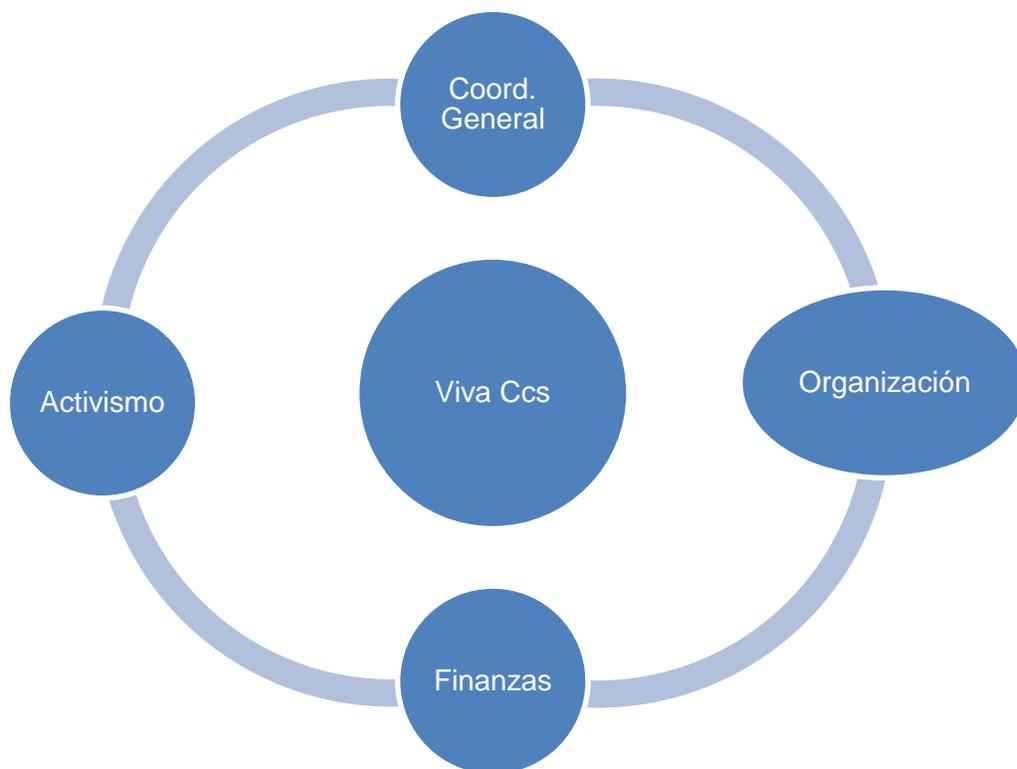


Figura 4.1 Estructura organizativa VivaCcs. Fuente: Documento Fundacional de VivaCcs

4.4 Misión de la organización

Apoyar las iniciativas de la ciudadanía caraqueña en los ámbitos de la cultura, la educación y el desarrollo sostenible a través de la gestión de proyectos de tipo comunitario y bajo la concepción de la Agenda 21 Local.

4.5. Visión de la organización

Convertirnos en la primera Organización No Gubernamental que gestione y gerencie proyectos comunitarios como alternativa para el logro del desarrollo sustentable a través de la gestión y gerencia de la cultura de la educación, la cultura y las relaciones con la extensión universitaria.

4.6. Financiamiento del proyecto

VivaCcs es una organización en cuyo marco relacional se encuentran entidades financieras, empresas que gestionan responsabilidad empresarial y cooperantes.

El proyecto *Bases funcionales para un modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación* se presentará dentro de las jornadas de financiamiento de cooperantes internacionales -Unión Europea, UNESCO, PNUMA- como alternativa de escala comunitaria para la disminución del impacto de la actividad humana en el ambiente y la consecución del desarrollo sustentable a través de proyectos que se desarrollen a través de organizaciones comunitarias.

Los financiamientos que dan este tipo de organizaciones se destinan fundamentalmente al pago de talento humano.

4.7. Derechos de autor

Los derechos de autor de la presente propuesta son compartidos entre el autor y la Universidad Monteávila, todo lo referente al primero podrá gestionarse a través de una licencia Common Creative de tipo by-sa.

CAPITULO V: VISUALIZACION DEL PROYECTO

BASES FUNCIONALES PARA UN MODELO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y DE LLUVIA UTILIZANDO FITORREMEDIACIÓN

5.1. Propósito del Proyecto

Se plantea desarrollar a través de un manual las bases funcionales de una planta potabilizadora de agua utilizando fitorremediación como tecnología verde para el tratamiento de aguas grises domésticas y de lluvias sin grandes costos energéticos.

5.2. Objetivos del Proyecto

5.2.1 Objetivo General del Proyecto

Identificar las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación

5.2.2 Objetivos Específicos del Proyecto

- Comparar las principales tecnologías verdes para el tratamiento de aguas grises y de lluvia.
- Definir las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación.

5.3 Alineación Estratégica del Proyecto

Fortalecer la fitorremediación como una alternativa para el tratamiento de aguas grises y de lluvia en las comunidades de Caracas, brindando acceso al agua con bajo impacto ambiental.

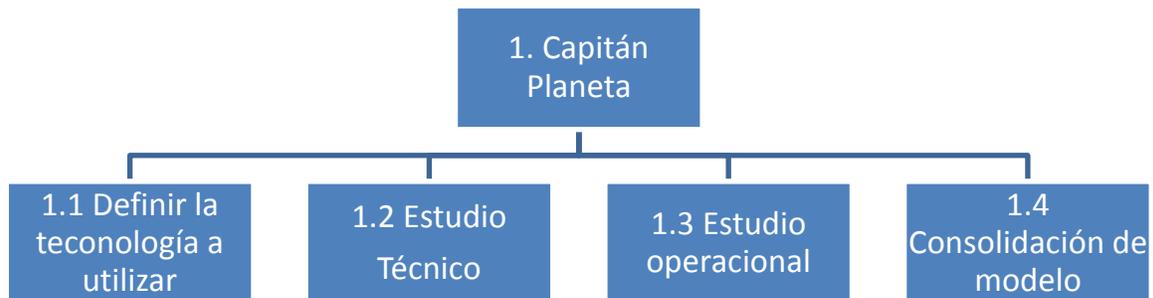
Aprovechar las oportunidades que para este proyecto presenta la legislación ambiental venezolana, brindando un nicho de mercado que permite la monetización y por ende sustentabilidad del proyecto.

Fomentar la descentralización de los servicios de agua y saneamiento como respuesta a aquellos sectores que no cuentan con sistemas de distribución de agua por tuberías.

5.4. Desarrollo Preliminar del Proyecto

5.4.1 Alcance Preliminar del Proyecto

Se trata de estudiar las bases funcionales de un modelo de tratamiento agua con carácter local, descentralizado del sistema nacional calculado con base al material teórico existente.



5.4.2. Vista jerárquica de la Estructura Desagregada de Trabajo

1. Capitán planeta

1.1. Definir la tecnología a utilizar

1.1.1. Conocer los principales métodos de tratamiento de agua

- 1.1.2. Revisar la legislación en torno al proyecto
- 1.1.3. Estudiar los mecanismos de filtrado más adecuados.
- 1.1.4. Conocer los principales contaminantes del agua gris y de lluvia en Caracas
- 1.2. Estudio técnico
 - 1.2.1. Censar las diferentes opciones para implantar un humedal
 - 1.2.2. Revisar los mejores diseños que se encuentren disponibles de trampas de grasa
 - 1.2.3. Calcular las alternativas de recolección de agua gris
 - 1.2.4. Calcular el promedio máximo de captación de agua de lluvia de acuerdo a la pluviosidad de Caracas
- 1.3. Estudio operacional
 - 1.3.1. Calcular la resistencia de las tuberías de agua
 - 1.3.2. Calcular la capacidad necesaria para un tanque de almacenamiento.
 - 1.3.3. Calcular los tiempos de tratamiento
 - 1.3.4. Programar las revisiones y mantenimientos por un año
 - 1.3.5. Diseñar el modelo final en 3d
 - 1.3.6. Calcular los costos de implantación
 - 1.3.7. Calcular los costos de operación
- 1.4. Consolidación del modelo
 - 1.4.1. Integrar el modelo
 - 1.4.2. Realizar la edición de los resultados del proyecto para su publicación digital como manual para el tratamiento descentralizado de aguas grises y de lluvia

5.4.3 Estimado de Costos de Clase V

| Cuadro 5.1 Estimado de Costos de Clase V | | | |
|---|------------------|--------------------------|-------------------|
| Costos | BS | USD (Usd1:Bs3000) | Porcentaje |
| Definir la tecnología a utilizar | 300.000 | 200 | 11,2 |
| Estudio técnico | 1.200.000 | 800 | 44,4 |
| Estudio operacional | 750.000 | 500 | 27,7 |
| Consolidación del modelo | 450.000 | 300 | 16,7 |
| Total | 2.700.000 | 1800 | 100 |

5.4.4.PEP Preliminar

| Cuadro 5.2 PEP Preliminar | | | | | |
|---|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Actividad | Año 2017 | | | | |
| | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio |
| Definir la tecnología a utilizar | | | | | |
| Estudio Técnico | | | | | |
| Estudio operacional | | | | | |
| Consolidación de modelo | | | | | |

5.5. Estudio de Factibilidad Preliminar del Proyecto

Condiciones Ex ante:

El proyecto persigue un impacto social a priori, la intención resulta en liberar los derechos sobre la propuesta una vez sea adaptada al clima y posibilidades de Caracas.

El investigador puede gestionar los costos a través de centros de investigación y voluntarios, hecho que bajaría radicalmente los montos indicados en tanto son fundamentalmente capital humano.

Condiciones Ex Post.

La liberación de los derechos hará incuantificable el impacto financiero del proyecto, que sin embargo puede proyectarse con relación a los recursos involucrados, particularmente el agua y el precio de la ubicación.

El producto puede venderse a empresas que buscan incursionar o proyectarse dentro del ámbito de la Responsabilidad Social Empresarial en un marco ambiental.

CAPITULO VI: CONCEPTUALIZACION DEL PROYECTO
BASES FUNCIONALES PARA UN MODELO DE TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES Y DE LLUVIA UTILIZANDO FITORREMEDIACIÓN

6.1 Organización para el Proyecto

El equipo de trabajo está compuesto por el tesista que fungirá como gerente de proyecto, un auxiliar de gerente que cumplirá funciones inherentes, una asesora especialista en el área de fitorremediación y un ingeniero mecánico para el cálculo de las resistencias del modelo.

6.2. Conformación del Equipo de Proyecto

| Cuadro 6.1 Equipo de proyecto | |
|--------------------------------------|-----------------|
| Nombre del Rol | Cantidad |
| Gerente de proyecto | 1 |
| Auxiliar de gerente | 1 |
| Asesora | 1 |
| Ingeniero mecánico | 1 |

6.3. Formalización del Equipo de Trabajo

A continuación se presentarán cuatro cuadros correspondientes a la descripción de cargos de cada uno de los miembros del equipo de proyecto, así como su relación de dependencia y supervisión.



DESCRIPCION DE PUESTO

Procedimiento: Descripción de Puestos

Referencia:

Vigencia:

| Día | Mes | Año |
|-----|-----|------|
| 26 | 03 | 2017 |

1. IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PUESTO: Gerente de proyecto

SE REPORTA A: Cliente

SUPERVISA A: Auxiliar de investigación, asesora, ingeniero mecánico

2. REQUISITOS MÍNIMOS

GRADO ACADÉMICO: Requisito mínimo título de pregrado con formación académica en el área de ambiente y desarrollo, así como gerencia de proyectos

CONOCIMIENTOS ESPECIALES: Con conocimiento de gerencia de proyectos, desarrollo sustentable, gestión de proyectos de cooperación internacional y gestión de responsabilidad social empresarial.

HABILIDADES ESPECIALES: Integración y coordinación de equipos de trabajo, toma de decisiones.

ACTITUD: Con iniciativa, capacidad de trabajar bajo presión, responsable; con nexos con

instituciones académicas e investigadores especialistas en el área

3. DESCRIPCIÓN GENERAL

Coordinar en forma eficiente los diez grupos de procesos para la gerencia de un proyecto (de acuerdo al PMI), tener la competencia específica para implementar proyectos de impacto social.

4. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA

1. Coordinar al equipo de proyecto.
2. Evaluar el estado de avance del proyecto.
3. Controlar los grupos de procesos.
4. Aprobar la contratación de personal.
5. Supervisar al personal supervisado.
6. Dirigir los procesos de evaluación de desempeño.
7. Gestionar la integración del proyecto.
8. Gestionar el alcance del proyecto.
9. Controlar los tiempos del proyecto.
10. Controlar los costos del proyecto.
11. Diseñar contingencias ante los riesgos previsible.
12. Gestionar a los interesados.

5. ESPECIFICACIONES

RESPONSABILIDADES: De las decisiones tomadas, de los resultados del proyecto, uso de información confidencial. Custodia y buen uso del equipo asignado.

6. RELACIONES DE TRABAJO

CON

- Auxiliar de investigación

PARA

- Coordinar actividades operativas.

- Coordinar las actividades de supervisión y

| | |
|--|--|
| | <p>control de resultados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Supervisar las tareas delegadas |
| <ul style="list-style-type: none"> - Asesora en el área de fitorremediación | <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar las especies de planta más adecuadas al ambiente caraqueño. - Evaluar los contaminantes y material particulado que se encuentran comúnmente en la zona de Caracas |
| <ul style="list-style-type: none"> - Ingeniero mecánico | <ul style="list-style-type: none"> - Diseñar un modelo de planta de tratamiento resistente a las presiones de agua a las que será sometida. - Procura. |

| | | | |
|--|-------------------------------------|-----|------|
|  Viva Caracas | <u>DESCRIPCION DE PUESTO</u> | | |
| Procedimiento: Descripción de Puestos | Referencia: | | |
| | Vigencia: | | |
| | Día | Mes | Año |
| | 26 | 03 | 2017 |
| 1. IDENTIFICACION | | | |

NOMBRE DEL PUESTO: Auxiliar del gerente

SE REPORTA A: Gerente de proyecto

SUPERVISA A: Ingeniero mecánico

2. REQUISITOS MÍNIMOS

GRADO ACADÉMICO: Estudiante de pregrado en último bienio.

CONOCIMIENTOS ESPECIALES: Preferiblemente con estudios en áreas de biología o ingeniería.

HABILIDADES ESPECIALES: manejo de talento humano, capacidad para hacer seguimiento de procesos, prospectiva y elaboración de informes.

ACTITUD: Responsabilidad ante la toma de decisiones; proactivo, dinámico.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL

Asistirá al gerente de proyectos en todo lo referente al proceso de definición del proyecto y selección de los mejores mecanismos de tratamiento de aguas.

Responderá ante la asignación directa de tareas.

4. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA

1. Hacer seguimiento de los procesos de definición del proyecto.
2. Cosupervisar que el proceso de cálculo que realizará el ingeniero mecánico responda a los requerimientos del proyecto.
3. Relacionarse con las instancias correspondientes.
4. Llevar la agenda del gerente de proyecto.
5. Realizar compras y adquisiciones previa autorización del gerente

5. ESPECIFICACIONES

RESPONSABILIDADES: de llevar a cabo las tareas asignadas.

| 6. RELACIONES DE TRABAJO | |
|--|--|
| CON | PARA |
| - Gerente de proyecto | - Responder a la supervisión. - Recibir nuevas asignaciones de tarea - Entregar informes |
| - Asesora en el área de fitorremediación | - Colaborar con la definición de las mejores especies vegetales de acuerdo a la bibliografía. |
| - Ingeniero mecánico | - Controlar los tiempos del diseño de procura. - Supervisar la fidelidad del diseño. |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|-------------|--|--|-----------|--|--|-----|-----|-----|----|----|
|  Viva Caracas | <u>DESCRIPCION DE PUESTO</u> | | | | | | | | | | | | |
| | Procedimiento: Descripción de Puestos | <table border="1"> <tr> <td colspan="3">Referencia:</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Vigencia:</td> </tr> <tr> <td>Día</td> <td>Mes</td> <td>Año</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>03</td> <td>2017</td> </tr> </table> | Referencia: | | | Vigencia: | | | Día | Mes | Año | 26 | 03 |
| Referencia: | | | | | | | | | | | | | |
| Vigencia: | | | | | | | | | | | | | |
| Día | Mes | Año | | | | | | | | | | | |
| 26 | 03 | 2017 | | | | | | | | | | | |

| |
|---|
| 1. IDENTIFICACION |
| <p>NOMBRE DEL PUESTO: Asesora especialista</p> <p>SE REPORTA A: Gerente de proyecto</p> <p>SUPERVISA A: n/a</p> |
| 2. REQUISITOS MÍNIMOS |
| <p>GRADO ACADÉMICO: Doctora en biología</p> <p>CONOCIMIENTOS ESPECIALES: fitorremediación, biología celular, botánica.</p> <p>HABILIDADES ESPECIALES: investigación y clasificación de especies vegetales biocumuladoras</p> <p>ACTITUD: responsable con los tiempos</p> |
| 3. DESCRIPCIÓN GENERAL |
| <p>Personal externo contratado de forma exclusiva para determinar las mejores especies vegetales para una planta de tratamiento de agua utilizando fitorremediación.</p> |
| 4. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar especies vegetales de acuerdo a su capacidad de remediación 2. Definir de acuerdo a la bibliografía especializada los principales contaminantes del agua a tratar. 3. Determinar en qué sitios puede realizarse la adquisición de las especies vegetales seleccionadas |
| 5. ESPECIFICACIONES |
| <p>RESPONSABILIDADES: Ante la asesoría brindada y ante los resultados del proceso fitorremediador.</p> |

| 6. RELACIONES DE TRABAJO | |
|-----------------------------|------------|
| CON | PARA |
| -Gerente de proyecto | - Asesoría |
| - Auxiliar de investigación | - Asesoría |

| | |
|--|-------------------------------------|
|  Viva Caracas | <u>DESCRIPCION DE PUESTO</u> |
|--|-------------------------------------|

| | | | |
|---------------------------------------|-------------|-----|------|
| Procedimiento: Descripción de Puestos | Referencia: | | |
| | Vigencia: | | |
| | Día | Mes | Año |
| | 26 | 03 | 2017 |

1. IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PUESTO: Ingeniero mecánico

SE REPORTA A: Gerente de proyecto, Auxiliar de investigación

SUPERVISA A:, n/a

2. REQUISITOS MÍNIMOS

GRADO ACADÉMICO: Ingeniero mecánico o en su defecto, ingeniero civil.

CONOCIMIENTOS ESPECIALES: preferiblemente con experiencia en consultoras de

procura y construcción, así como tuberías.

HABILIDADES ESPECIALES: Trabajo bajo cronograma

ACTITUD: Capacidad de trabajar bajo presión, responsable.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL

El ingeniero mecánico calculará la resistencia de las tuberías que utilizará la planta de tratamiento, así como sobre las bases del modelo de plante de acuerdo a los estándares internacionales, evaluará el modelo final, realizará recomendaciones sobre el proceso de procura y construcción y elaborará una maqueta digital tridimensional; deberá entregar planos y especificaciones de detalles, cómputos métricos y memoria de cálculos especificaciones y lista de materiales y equipos sin que exista horario determinado, ni dependencia.

4. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA

1. Calculo de resistencia de tuberías
2. Evaluación general del modelo
3. Recomendaciones sobre le proceso de procura y construcción

5. ESPECIFICACIONES

RESPONSABILIDADES: De los resultados.

6. RELACIONES DE TRABAJO

CON

- Gerente del proyecto

PARA

- Reportar avances.
- Recomendar mejoras.
- Probar el modelo en 3d

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Asesora en el área de fitorremediación | <ul style="list-style-type: none"> - Reportar avances. - Recomendar mejoras. - Probar el modelo en 3d |
|--|--|

6.4. Preparación de Planes Restantes

6.4.1. Plan de Conceptualización

Se parte de la realización de una planta de tratamiento primario de aguas grises domésticas para su posterior reutilización en actividades que no pongan en riesgo la salud humana.

Para ello se definirán las mejores alternativas para tratamiento, haciendo énfasis en los humedales artificiales subsuperficiales y se estudiará su viabilidad de implantación de forma descentralizada en sitios que no gozan de una fuente limpia, segura y continua de agua con calidad, de acuerdo a la legislación.

6.4.2. Plan de Definición

6.4.2.1 Definición de alcance

Por lo anterior se pretende hacer un diseño con base a manuales y documentos publicados por empresas del ramo, organismos multilaterales y manuales de los equipos preexistentes hasta llegar a una maqueta digital del producto final.

6.4.2.2 Definición de limitaciones

Dentro de las principales limitaciones para esta investigación se encontró la escasez de insumos para desarrollar el sistema de tratamiento en un modelo a tamaño real y probar químicamente la calidad de agua, hecho que se relaciona con la naturaleza documental de la investigación.

6.4.2.3 Definición de cronograma

| Cuadro 6.1. Definición de cronograma | | | | |
|---|--------|-----|--------|-----|
| Paquete de trabajo | Inicio | | Cierre | |
| | Mes | Día | Mes | Día |
| 1. Capitán planeta | Mar | 28 | Jul | 31 |
| 1.1. Definir la tecnología a utilizar | Mar | 28 | Abr | 28 |
| 1.1.1. Conocer los principales métodos de tratamiento de agua | Abr | 3 | Abr | 6 |
| 1.1.2. Revisar la legislación en torno al proyecto | Abr | 7 | Abr | 14 |
| 1.1.3. Estudiar los mecanismos de filtrado más adecuados. | Abr | 17 | Abr | 24 |
| 1.1.4. Conocer los principales contaminantes del agua gris y de lluvia en Caracas | Abr | 25 | Abr | 28 |
| 1.2. Estudio técnico | May | 2 | May | 31 |
| 1.2.1. Censar las diferentes opciones para implantar un humedal | May | 2 | May | 8 |
| 1.2.2. Revisar los mejores diseños que se encuentren disponibles de trampas de grasa | May | 9 | May | 16 |
| 1.2.3. Calcular las alternativas de recolección de agua gris | May | 17 | May | 22 |
| 1.2.4. Calcular el promedio máximo de captación de agua de lluvia de acuerdo a la pluviosidad de Caracas | May | 23 | May | 31 |
| 1.3. Estudio operacional | Jun | 1 | Jun | 30 |
| 1.3.1. Calcular la resistencia de las tuberías de agua | Jun | 1 | Jun | 9 |
| 1.3.2. Calcular la capacidad de un tanque de almacenamiento. | Jun | 10 | Jun | 12 |
| 1.3.3. Calcular los tiempos de tratamiento | Jun | 13 | Jun | 18 |
| 1.3.4. Programar las revisiones y mantenimientos por un año | Jun | 19 | Jun | 23 |
| 1.3.5. Diseñar el modelo final en 3d | Jun | 21 | Jun | 28 |
| 1.3.6. Calcular los costos de implantación | Jun | 25 | Jun | 30 |
| 1.3.7. Calcular los costos de operación | Jun | 25 | Jun | 30 |
| 1.4. Consolidación del modelo | Jul | 3 | Jul | 31 |
| 1.4.1. Integrar el modelo | Jul | 3 | Jul | 7 |
| 1.4.2. Realizar la edición de los resultados del proyecto para su publicación digital como manual para el tratamiento descentralizado de aguas grises y de lluvia | Jul | 10 | Jul | 31 |

Distribución gráfica del tiempo

| Cuadro 6.2: Distribución gráfica del tiempo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Nº | Semana | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 2. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.1. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.2. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.3. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1.4. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2.1. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2.2. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2.3. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.2.4. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3.1. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3.2. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3.3. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3.4. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3.5. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3.6. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.3.7. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.4. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.4.1. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.4.2. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

6.4.3 Plan Preliminar de Implementación

Definir el alcance: Detallar la aplicabilidad de las funcionalidades del Project.

Desglosar las actividades: Verificar el diseño de le EDT y la funcionalidad de los paquetes de trabajo.

Determinar los costos: Determinar los costos por paquete de trabajo

6.4.4. Plan Preliminar de Operación

Control de la calidad: Durante la realización del proyecto se testearán los criterios técnicos del producto con relación a los modelos preexistentes.

Control de comunicaciones: Se medirán las comunicaciones del equipo de trabajo a razón de número de documentos compartidos, revisiones y supervisiones aprobadas

Control de cambios: Será revisado en conjunto con la Coordinación del postgrado a través del procedimiento establecido de compilación de las modificaciones.

6.5. Selección de Alternativas

6.5.1 Selección de las Alternativas Conceptuales

- Agua servida, sinónimo de aguas grises o residuales no cloacales.
- Aguas crudas o aguas residuales no tratadas.
- Alcantarillado de aguas residuales, todas las instalaciones de recolección y transporte de aguas residuales, uno de los principales problemas es que dicho sistema diluye las aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentías en un mismo sistema.
- Saneamiento básico, son las actividades del conjunto de servicios de aseo -sistema de recolección, tratamiento y disposición final del agua residual-.
- Tratamiento, procedimientos que se aplican sobre el agua cruda para modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas y potabilizarla de acuerdo con la normativa.
- Tratamiento de aguas residuales, no busca la modificación y mejora de la calidad, sino su utilización final para fines agrícolas, recreativos o

industriales o verterse a un cuerpo de agua con mínimo impacto para éste.

- Vertimiento líquido, cualquier descarga líquida que se realice sobre un cuerpo de agua.
- Fitorremediación “conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, compuestos orgánicos, radioactivos y petroderivados por medio de la utilización de plantas que tengan la capacidad fisiológica y bioquímica para absorber, retener, degradar o transformar dichas sustancias a formas menos tóxicas”.
- Biorrefinerías como medio sostenible para la obtención de biocombustible a través de biomasa.
- Sistemas de tratamiento verde: Con fitorremediación.
- Humedales como zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.
- Remoción de nitrógeno: “En los sistemas de... flujo subsuperficial, la remoción de nitrógeno (resulta) de la incorporación del nitrógeno a los tejidos vegetales... por nitrificación/denitrificación, y en menor proporción por volatilización de amonio e incorporación de este en el suelo”. (En Crites y Tchobanoglous, citado por:)).
- Sólidos en suspensión: se elimina por sedimentación, floculación y filtración.
- Procesos biológicos: Remoción biológica de nutrientes, nitrificación y desnitrificación biológica.

6.5.2. Alternativas Tecnológicas

- Tratamiento natural de aguas
- Tratamiento químico
- Cloración
- Computadoras para el desarrollo del modelo.
- Planta de tratamiento convencional
- Imprenta
- Video beam

6.5.3. Innovaciones tecnológicas presentes en el proyecto.

- Biodigestor
- Fitorremediación
- Remediación con macrófitas
- Sistema de tratamiento verde integrado
- Almacenamiento de agua de lluvias por tratamiento natural
- Generación de energía a través de biomasa
- Intervención en el microclima.

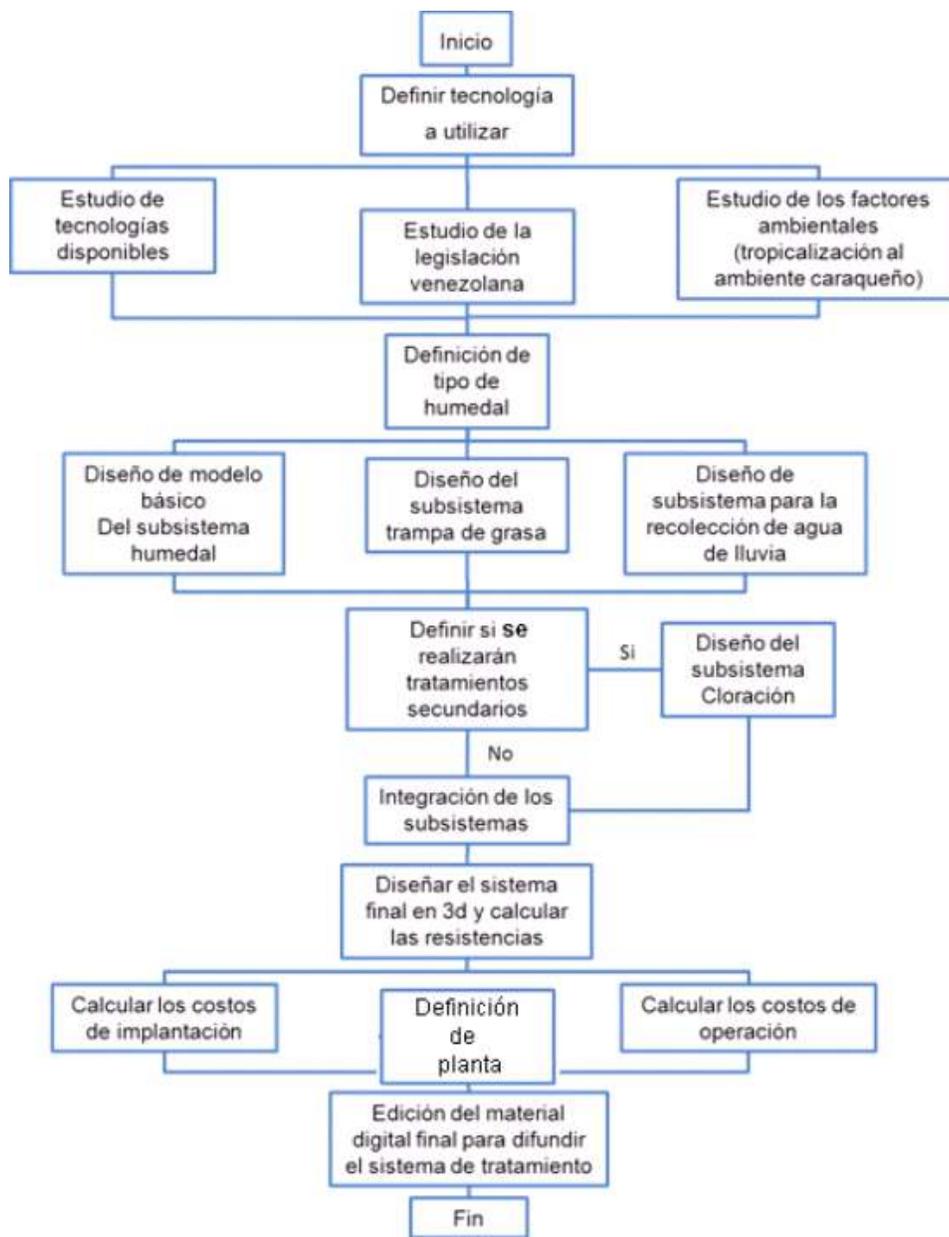
6.5.4. Selección de Sitios Alternativos.

- Casa de habitación del investigador.

CAPITULO VII: DEFINICIÓN DEL PROYECTO
BASES FUNCIONALES PARA UN MODELO DE TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES Y DE LLUVIA UTILIZANDO FITORREMEDIACIÓN

Gerencia de la Calidad del Proyecto

7.1. Diagrama de Proceso de la Aplicación de la propuesta (planta)



7.2. Diagrama del proceso de edición del producto final

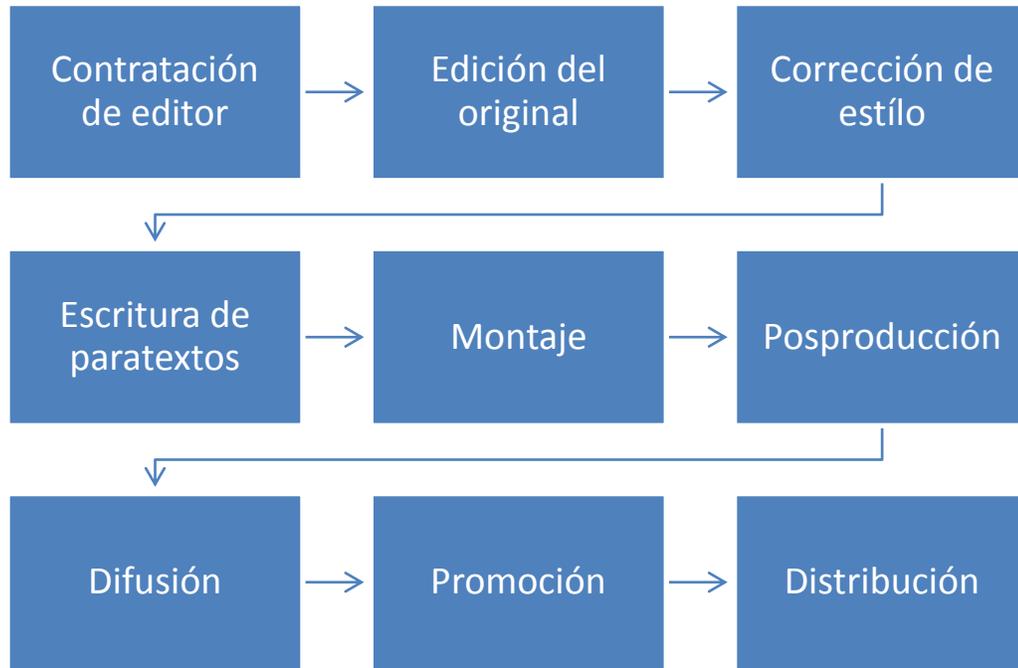


Figura 7.1 Diagrama del proceso de edición de libro

7.3. Gerencia de los Riesgos del Proyecto

| Cuadro 7.1 Principales riesgos previsibles | | | | |
|--|--|----------------------------|-------------------------------|---|
| Nº | Nombre del Evento Riesgoso | Probabilidad de Ocurrencia | Impacto | Propuesta de mitigación |
| 1 | Poco acceso a bases de datos internacionales para la investigación | Baja | Menor calidad de la propuesta | a) Consulta de repositorios institucionales de postgrado. b) Gestionar usuario privado a base de |

| | | | | |
|---|---|-------|---|---|
| | | | | datos. |
| 2 | Poca receptividad del público objetivo | Media | Poco impacto de la propuesta | Fuera de alcance inicial. |
| 3 | No aceptación del contrato por el editor | Baja | Retraso en el proceso de edición | Desarrollar lista de diez posibles editores |
| 4 | Poca receptividad de los posibles cooperantes para financiamiento | Media | Imposibilidad de asumir los costos operativos | 1) Gestión de eventos de recaudación. 2) Gestión de Responsabilidad Social Empresarial. 3) Crowdfunding |
| 5 | Poca difusión del material final | Baja | Impacto reducido de la propuesta | 1) Realización de campaña digital. 2) Gestión de alianzas para la difusión. 3) Campaña en medios. |

7.4. Diseño Básico del Proyecto

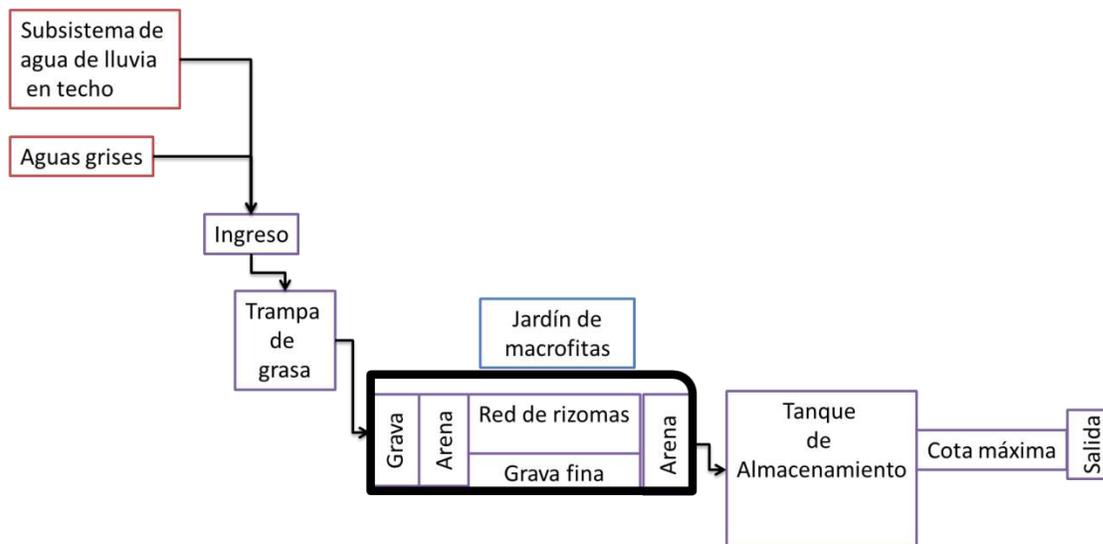


Figura 7.2 Diseño básico de proyecto

7.5. Plan Definitivo de Implementación del Proyecto

Para el proceso de implementación será necesaria la gestión previa de los recursos económicos que, por la motivación económica de este trabajo se proyectan como es debido, sin embargo es factible reducir aún más el personal.

Los sistemas de humedales artificiales subsuperficiales son un mecanismo bastante masificado dentro de los sistemas de tratamiento descentralizado de aguas grises y de lluvia, razón que permite prever su factibilidad técnica, legal y operacional.

El proceso de edición del material final será gestionado a través de un contrato de honorarios profesionales.

El trabajo podrá desarrollarse de forma remota para evitar costos de instalación y recursos.

7.6. Diccionario de la Estructura Desagregada de Trabajo

| Cuadro 7.2 Diccionario Estructura Desagregada de Trabajo | |
|---|--|
| Nº | Definición |
| 1.1.1. | Investigar los tipos de sistemas verdes para el tratamiento de aguas grises y su integración dentro de los sistemas de humedal. |
| 1.1.2. | Se hará un proceso de evaluación de la legislación con base al marco legal que antecede al presente proyecto |
| 1.1.3. | Estudiar los mecanismos de filtrado más adecuados y la inclusión de plantas macrofitas dentro de la planta de tratamiento |
| 1.1.4. | Realizar una revisión sistemática con respecto a la calidad de agua en Caracas desde la toma en el acuífero hasta su disposición final, así como los principales contaminantes que se observan regularmente. |
| 1.2.1. | Revisar con la asesora y contando con la información de los paquetes de trabajo anteriores definirá las bases generales de la planta de tratamiento |
| 1.2.2. | Realizar una revisión sistemática sobre los sistemas de trampa de grasas y discriminarlos con base a criterios de efectividad y financieros |
| 1.2.3. | Evaluar el tipo de tuberías que se utilizan para disponer el agua servida fuera de una unidad habitacional |
| 1.2.4. | Definir con base a formulas preestablecidas la capacidad máxima de captura de agua de lluvia por metro cuadrado y con base a la proyección pluviométrica de Caracas |
| 1.3.1. | Calcular la resistencia de las tuberías de agua |

| | |
|--------|--|
| 1.3.2. | Calcular la capacidad de un tanque de almacenamiento. |
| 1.3.3. | Calcular los tiempos de tratamiento para definir el tamaño del humedal. |
| 1.3.4. | Programar las revisiones y mantenimientos por un año |
| 1.3.5. | Diseñar el modelo final en 3d |
| 1.3.6. | Calcular los costos de implantación |
| 1.3.7. | Calcular los costos de operación |
| 1.4.1. | Integrar el modelo |
| 1.4.2. | Realizar la edición de los resultados del proyecto para su publicación digital como manual para el tratamiento descentralizado de aguas grises y de lluvia |

7.7. Estimado de costos clase II

La estimación de costos que se presenta a continuación considera el gasto de personal, esto en vista que se trata de un proyecto cuyo producto final será un producto logrado a través de la investigación y el cálculo técnico y financiero; por ello no se desarrollarán costos por modelo físico o producción.

El talento humano será motivado a trabajar por resultados, y de acuerdo a la asignación de los siguientes paquetes de trabajo:

| Cuadro 7.3 Distribución de paquetes de trabajo por miembro del equipo de trabajo | | |
|---|-----------------------|---|
| Nº | Nombre del Rol | Paquetes de trabajo |
| I | Gerente de proyecto | Todos |
| II | Auxiliar de gerente | Todos |
| III | Asesora | 1.1.1 1.1.3 1.1.4 1.3.2 |
| IV | Ingeniero mecánico | 1.3.1 1.3.2 1.3.4 1.3.5 1.4.1 |
| V | Contrato con empresa | 1.4.2 |

| Cuadro 7.4 Estimado de costos clase II | | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------|-------------------|
| Nº | Característica del contrato | Duración de contrato (con base a cronograma) | Costo de personal | Porcentaje |
| I | Fijo a razón de dos salarios mínimos | 1 8,1 semanas | 1.053.100,23 | 38,19 |

| | | | | |
|-----|--|--------------|--------------|-------|
| | semanales x semana | | | |
| II | Fijo a razón de un salario mínimo semanal x semana | 18,1 semanas | 526.550,12 | 19,09 |
| III | Contrato fijo | 1,7 semanas | 300.000 | 10,88 |
| IV | Fijado por Tabla de sueldos y salarios CIV Feb-2017 Nivel P7 | 4,1 semanas | 427.000 | 15,48 |
| V | Honorario profesional (fijos) | 3 semanas | 200.000 | 7,25 |
| | Subtotal | 18,1 semanas | 2.506.650,35 | 90,90 |
| | Reserva 10% | - | 250.665,04 | 9,09 |
| | TOTAL | - | 2.757.315,39 | 100 |

Salario mínimo vigente al 29 de marzo de 2017: 37.159,5 semanal

Previsión de aumento de salario a partir del 1 de mayo de 2017. 40%= 52.023,3

En el caso del ingeniero se seleccionó el nivel P7 para hacer atractivo el salario y soportar cualquier modificación

CAPITULO VIII: IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

BASES FUNCIONALES PARA UN MODELO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y DE LLUVIA UTILIZANDO FITORREMEDIACIÓN

8.1. Contratación

La fase de implantación del proyecto *modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación*, por razones de su propia naturaleza resultará más corto que lo establecido por el GGPIIC; los montos y tipo de contrato, así como la naturaleza de la institución ejecutora no requieren desarrollar un proceso de licitación.

En segundo lugar y con respecto a la aprobación de la contratación por la Institución ejecutora, la estructura proyectizada garantiza la agilidad de los procesos, así como tampoco hará falta que aprueben diversas instancias más allá de la Junta Directiva de la Asociación Civil Viva Caracas y el gerente de proyecto.

8.1.1 Modelo de contrato

Se desarrollará a continuación el contrato modelo utilizando de ejemplo al ingeniero mecánico; en vista que se plantea la contratación de personal a través de contratos directos sin relación de dependencia, no será necesario definir la estructura de licitación.

Contrato de prestación de servicios Ingeniero mecánico

Yo, Claudio Dennis Arriojas, mayor de edad, identificado con cédula de identidad No.18.493.331, actuando como Coordinador de Organización de la ONG Viva Caracas, quien en adelante se denominará EL CONTRATANTE, y NOMBRE DEL CONSULTOR, mayor de edad identificado con cédula de identidad No NUMERO domiciliado en DIRECCIÓN, y quien para los efectos del presente documento se denominará EL CONTRATISTA, acuerdan celebrar el presente CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS, el cual se registrá por las siguientes cláusulas:

PRIMERA.- OBJETO: El CONTRATISTA en su calidad de trabajador independiente, se obliga para con El CONTRATANTE a ejecutar los trabajos y demás actividades propias del servicio contratado, el cual debe realizar de conformidad con las condiciones y cláusulas del presente documento y que consistirá en: El ingeniero mecánico calculara la resistencia de las tuberías que utilizará la planta de tratamiento, así como sobre las bases del modelo de plante de acuerdo a los estándares internacionales, evaluará el modelo final, realizará recomendaciones sobre el proceso de procura y construcción y elaborara una maqueta digital tridimensional; deberá entregar planos y especificaciones de detalles, cómputos métricos y memoria de cálculos especificaciones y lista de materiales y equipossin que exista horario determinado, ni dependencia.

SEGUNDA.- DURACIÓN O PLAZO: El plazo para la ejecución del presente contrato será desde el 01/ de junio de hasta el 7 de julio de 2017, sin prorroga

TERCERA.- PRECIO: El valor del contrato será por la suma de Bs. 427.000 mediante único.

CUARTA.- FORMA DE PAGO: El valor del contrato será cancelado así: en un pago único mediante cheque de gerencia.

QUINTA.- OBLIGACIONES: El CONTRATANTE deberá facilitar acceso a la información y elementos que sean necesarios, de manera oportuna, para la debida ejecución del objeto del contrato, y, estará obligado a cumplir con lo estipulado en las demás cláusulas y condiciones previstas en este documento. El CONTRATISTA deberá cumplir en forma eficiente y oportuna los trabajos encomendados y aquellas obligaciones que se generen de acuerdo con la naturaleza del servicio y trabajará con sus propios insumos tecnológicos

SEXTA.- SUPERVICION: El CONTRATANTE o su representante supervisará la ejecución del servicio encomendado, y podrá formular las observaciones del caso, para ser analizadas conjuntamente con El CONTRATISTA.

SEPTIMA.-TERMINACIÓN. El presente contrato terminará por acuerdo entre las partes y unilateralmente por el incumplimiento de las obligaciones derivadas del contrato.

OCTAVA.- INDEPENDENCIA: El CONTRATISTA actuará por su cuenta, con autonomía y sin que exista relación laboral, ni subordinación con El CONTRATANTE. Sus

derechos se limitarán por la naturaleza del contrato, a exigir el cumplimiento de las obligaciones del CONTRATANTE y el pago oportuno de su remuneración fijada en este documento. **NOVENA.- CESIÓN:** El CONTRATISTA no podrá ceder parcial ni totalmente la ejecución del presente contrato a un tercero, sin la previa, expresa y escrita autorización del CONTRATANTE. **DÉCIMA.-DOMICILIO:** Para todos los efectos legales, se fija como domicilio contractual a la ciudad Caracas, Venezuela.

Las partes suscriben el presente documento en dos ejemplares, ante dos (2) testigos, a los DÍA días del mes de MES del año 2007, en la ciudad de Caracas

FIRMAN

8.1.2. Proceso de contratación y pago

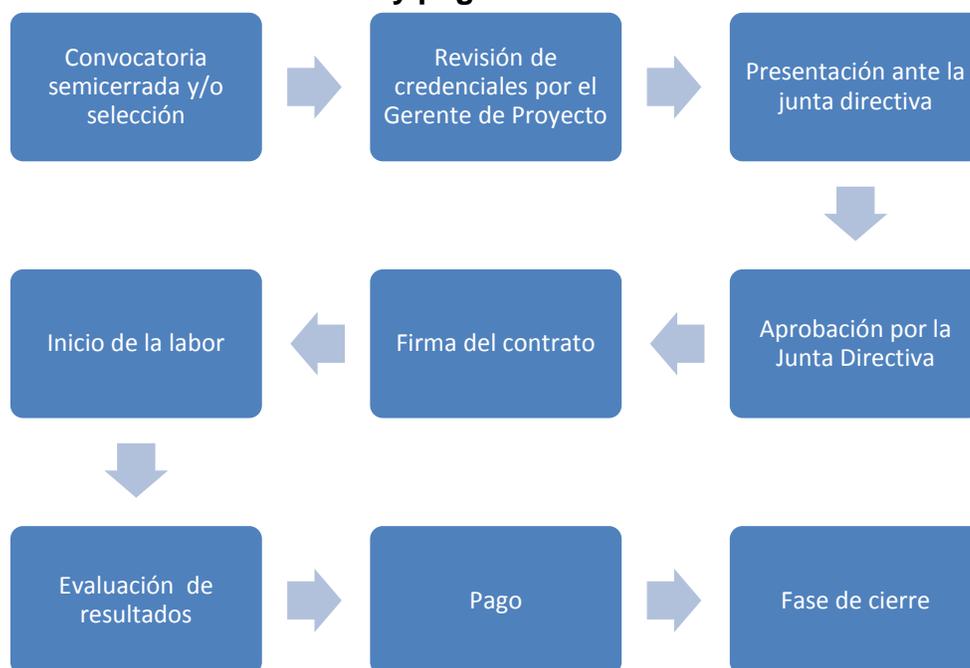


Figura 8.1 Diagrama del proceso de edición.

8.1.4. Baremo de evaluación:

Para la evaluación del equipo de trabajo se presenta el siguiente baremo que será aplicado a mitad del contrato; la evaluación es con base a 75 puntos y para mantenerse en el proyecto deberá conseguir al menos 50 puntos.

Para la elaboración se utilizó como modelo una escala del Ministerio de Salud de la República de Perú.

| Cuadro 8.1 Baremo de evaluación de desempeño | | | | |
|---|-------------|-----------------|-------------|----------------|
| ÁREA DEL DESEMPEÑO | BAJO | MODERADO | ALTO | PUNTAJE |
| | 1 | 2 | 3 | |
| ORIENTACIÓN DE RESULTADOS | | | | |
| Entrega los productos oportunamente | | | | |
| Cumple con las tareas que se le encomienda | | | | |
| Realiza un volumen adecuado de trabajo | | | | |
| CALIDAD | | | | |
| No comete errores en el trabajo | | | | |
| No Requiere de supervisión frecuente | | | | |
| Se muestra profesional en el trabajo | | | | |
| Se muestra respetuoso y amable en el trato | | | | |
| RELACIONES INTERPERSONALES | | | | |
| Se muestra cortés con los clientes y con sus compañeros | | | | |
| Evita los conflictos dentro del | | | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| equipo | | | | |
| INICIATIVA | | | | |
| Muestra nuevas ideas para mejorar los procesos | | | | |
| Se muestra asequible al cambio | | | | |
| Se anticipa a las dificultades | | | | |
| Tiene gran capacidad para resolver problemas | | | | |
| TRABAJO EN EQUIPO | | | | |
| Muestra aptitud para integrarse al equipo | | | | |
| Se identifica fácilmente con los objetivos del equipo | | | | |
| PUNTAJE TOTAL: | | | | |

CAPITULO IX: OPERACIÓN DEL PROYECTO

BASES FUNCIONALES PARA UN MODELO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y DE LLUVIA UTILIZANDO FITORREMEDIACIÓN

La fase de operación del proyecto *modelo de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación*, por razones de su propia naturaleza resultará más corto que lo establecido por el GGPIC; así, de la fase de operaciones sólo se desarrollará el proceso de cierre.

En la fase de operación deberá desarrollarse una campaña de comunicación que permita la masificación del producto y así, mayor impacto social, sin embargo esto no se desarrolla dentro del presente por estar fuera de alcance.

9.1 Inventario de productos

Para cerrar el proyecto deberá contarse con los siguientes productos y subproductos:

| Cuadro 9.1 Inventario de productos | |
|------------------------------------|--|
| Nº | Productos |
| 1.1.1. | Informe: sistemas verdes para el tratamiento de aguas grises y su integración dentro de los sistemas de humedal. |
| 1.1.2. | Informe: Impacto de la legislación venezolana en el proyecto y posibilidades de adecuación |
| 1.1.3. | Informe: Mecanismos de filtrado más adecuados y la inclusión de plantas macrofitas |
| 1.1.4. | Revisión sistemática: calidad de agua en Caracas |
| 1.2.1. | Informe integrado: Bases generales de la planta de tratamiento |

| | |
|--------|---|
| 1.2.2. | Revisión sistemática: sistemas de trampa de grasas |
| 1.2.3. | Informe: ingeniería de los tipos de sistemas de tuberías de aguas servidas en Caracas |
| 1.2.4. | Informe: Capacidad máxima de captura de agua de lluvia por metro cuadrado de techo en Caracas |
| 1.3.1. | Informe: Resistencia de las tuberías de agua a utilizar |
| 1.3.2. | Informe: Capacidad de un tanque de almacenamiento a utilizar |
| 1.3.3. | Informe: Tiempos de tratamiento del agua gris con la tecnología propuesta |
| 1.3.4. | Programa de revisiones y mantenimientos del humedal por un año |
| 1.3.5. | Modelo final en 3d |
| 1.3.6. | Informe: Costos de implantación |
| 1.3.7. | Informe: Costos de operación |
| 1.4.1. | Informe final |
| 1.4.2. | Manual diseñado |

9.2. Cierre financiero:

El Gerente de proyecto realizará un informe final donde se muestren los movimientos en cuenta del proyecto; de igual forma sustentará con facturas el pago del talento humano.

Informe de cierre:

Que consiste en:

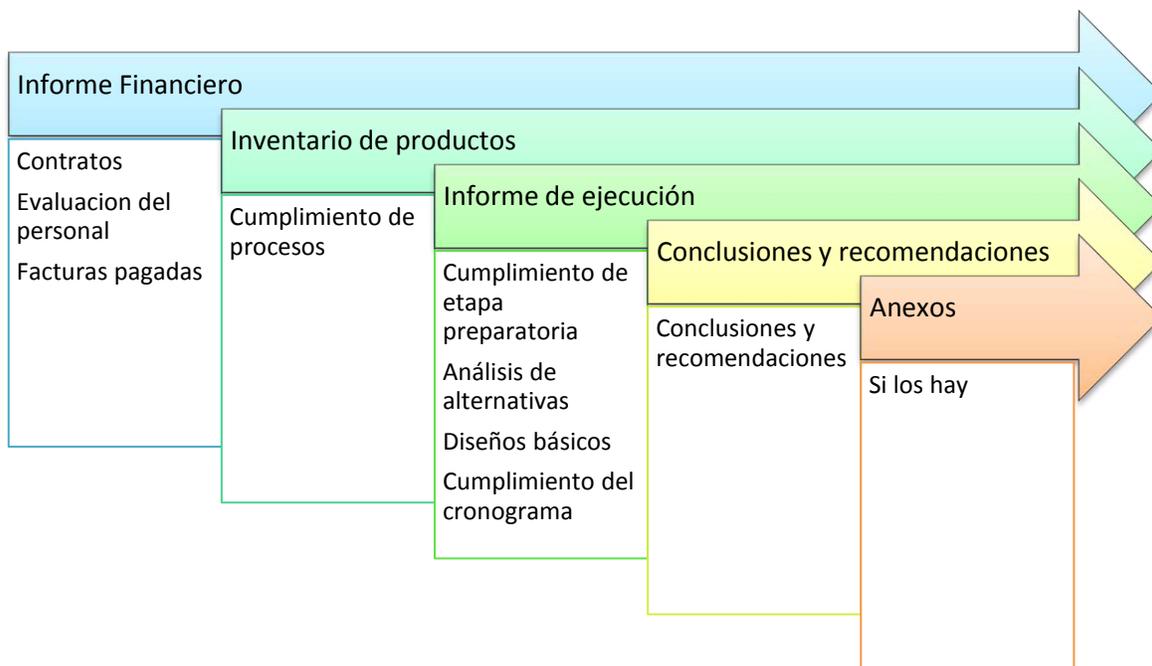


Figura 9.1 Partes del informe de cierre.

CAPITULO X: LECCIONES APRENDIDAS

La presente investigación permitió que el investigador desarrollara por primera vez un FEL utilizando los manuales del GGPIIC que si bien, en algunas ocasiones no tenía aplicabilidad total debido al alcance de este proyecto, permitió aclarar visiones y apreciaciones de dicha metodología.

Si bien el alcance inicial siempre estuvo claro, la elaboración total del FEL a partir de una idea propia permitió al investigador solidificar poco a poco las ideas hasta convertirlas en procesos, hecho que significa un cambio de paradigma.

De igual modo sirvió para entender la visión venezolana de la Academia; el proyecto que se presentó se pretende llevar a cabo, sin embargo, cuando era solo una idea, se previeron aquellos mecanismos para gestionar el talento humano de forma gratuita y convertir las consultorías en asesorías; valorar económicamente el trabajo de un académico por un académico representó un impacto personal para el investigador, quien revalorizó no sólo las investigaciones de terceros, sino las propias como lo que son, un producto.

Por otro lado se comprendió que la gerencia de proyectos ni es ni pretende ser una ciencia, en su lugar se trata de un saber hacer y un constructo de visiones y experiencias compartidas que generan buenas prácticas que, aunque objetivables, nunca responderán 100% a lógica académica alguna.

Sobre las lecciones aprendidas por área de conocimiento del PMI tenemos que:

La *gestión de la integración* es un proceso fundamental para tener una visión general del estado de la cuestión, los recursos disponibles y cómo estos se balancean con los paquetes de trabajo, siendo esta integración directamente proporcional al realismo del proyecto; es de gran importancia valorarlo y planificarlo desde el momento mismo en que se elabora la carta de proyecto.

En segundo lugar, la *gestión del alcance*, que nos permitirá cerrar el panorama desde la esfera de lo posible hasta la de las necesidades del proyecto, de tal manera que solo se incluya aquellos paquetes de trabajo y talento humano que son estrictamente esenciales para garantizar el logro de los objetivos.

Sobre la gestión del tiempo tenemos que tal vez fue el área de conocimiento más difícil de aprender, esto porque al margen de la teoría y la sistematización de procesos hecho por el PMI, resulta en una experiencia vivencial única cuya muestra a la fecha y para este investigador es el presente proyecto, donde se incorporó fast tracking para poder garantizar la entrega y defensa de la tesis.

La *gestión de los costos* es el punto final de la triple restricción del proyecto implica un criterio esencial en la factibilidad, ciencia que se transforma en un arte debido a la situación económica de nuestro país, donde los presupuestos duran 24 horas y existen varias tasas de cambio.

En cuanto a la *gestión de la calidad*, se aprendió cómo la asignación de responsabilidades es directamente proporcional no sólo a los paquetes de trabajo, sino a los recursos y al tiempo, cosa que resultaba extraña para un investigador que a la fecha consideró su trabajo como parte de la vida académica y por ende, con costos cubiertos por el salario ordinario.

Sobre la *gestión de los recursos humanos* se aprendió que las responsabilidades no deben asignarse a través de supuestos y esperados de una persona, sino a través de un manual de cargos y tomando en cuenta las competencias generales y específicas del miembro del equipo, no solo en cuanto a credenciales.

La *gestión de las comunicaciones*, resultó ser un proceso básico para la integración del proyecto, para la toma de decisiones y más importante aún, para poder hacer control, seguimiento y cumplimiento del cronograma.

La *gestión de los riesgos* fue básica para lograr desarrollar planes de contingencia por cada hito en riesgo del proyecto, de tal modo que a la hora de ejecutarlo se haga esperado lo inesperado y se tenga respuesta para estos posibles daños.

La *gestión de las adquisiciones* significó para el investigador la fase de garantización de costos más evidentes, incluyendo aquí los bienes y servicios necesarios para llegar a la fase de operación y migración de acuerdo a lo establecido.

Para un proyecto como el nuestro la *gestión de los interesados* será fundamental, pues de ella depende en buena medida la asignación de recursos, en tanto al ser un proyecto de integración dependerá en buena medida de la población beneficiada y de los cooperantes internacionales.

CAPITULO XI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sobre el objetivo específico comparar las principales tecnologías verdes para el tratamiento de aguas grises y de lluvia tenemos que las aguas grises producto de la actividad doméstica representan el 65% del consumo de este líquido por unidad habitacional, hecho que nos permite entender la importancia de intentar reducir su uso y contaminación.

Los humedales artificiales subsuperficiales son una alternativa viable para el tratamiento de aguas grises servidas –también pueden adaptarse a las aguas negras-, y permite la reutilización del vital líquido en actividades de la unidad habitacional que no pongan en riesgo la vida humana; de igual forma y en conjunto a un sistema de captura de agua de lluvia posibilitan el almacenamiento y reutilización de agua. Las plantas de cloración permiten la potabilización del agua, sin embargo no son un subsistema fundamental para la utilización de humedales.

Sobre la fase de visualización tenemos que en el desarrollo preliminar del proyecto se definió una estructura desagregada de trabajo de tres niveles y con dieciocho paquetes de trabajo, donde el estimado de costos clase V se dio por resultado 2.700.000 bs y el PEP preliminar consideró cuatro meses de trabajo.

Con respecto a la factibilidad preliminar no se puede dejar de mencionar la función social de la propuesta, ya que pretende dar una respuesta sistematizada a la escasez de agua en zonas de difícil acceso, así como a su mejora en cuanto a calidad, hecho que impacta positivamente en la salud de los individuos y comunidades que decidan implementar en modelo planteado en la investigación.

El objetivo específico Conceptualizar las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación, arrojó las siguientes conclusiones.

El equipo de trabajo estará integrado por cuatro integrantes; un gerente de proyecto, un auxiliar de gerente, una asesora y un ingeniero mecánico con descripciones de cargo específicas desarrolladas en el capítulo correspondiente. Se definió un cronograma e18.1 semanas de trabajo con base a los paquetes de trabajo y se consideraron alternativas al modelo propuesto.

En la fase de definición se presentó el diagrama de funcionamiento de la planta de tratamiento, así como del proceso de edición del manual; se definieron cinco riesgos y sus propuestas de mitigación, así como el diseño básico y el plan definitivo de implementación, donde se incorporó el diccionario de la Estructura Desagregada de Trabajo, así como la distribución de los paquetes por cada rol y el estimado de costos clase II por un total de 2.757.315,39 bs.

En la fase de implantación se desarrolló un modelo de contrato, así como el diagrama del proceso de contratación y pago y un modelo de evaluación de resultados con base a la escala utilizada por el Ministerio de Salud de la república de Perú.

Finalmente sobre la fase de operación se estableció un inventario de diecisiete productos, cuyo listado permitirá garantizar localidad del producto, así como el logro del proyecto; de igual manera se esquematizó el cierre financiero del a través de cinco fases, a) informe financiero, b) inventario de productos, c) informe de ejecución d) conclusiones y recomendaciones y e9 anexos, si los hay.

Con base a lo anterior se concluye que un manual de implementación tiene un periodo de realización de 18,1 semanas y un costo final de Bs. 2.757.315,39 con un equipo de trabajo de cuatro personas, siendo el resultado final del objetivo genera, a saber, definir las bases funcionales para el desarrollo de un manual de implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación, en Caracas durante el periodo Enero-mayo de 2017

Como única recomendación estratégica se constató la capacidad de la fitorremediadora de los humedales como herramienta para el tratamiento de aguas grises que, ante la situación del servicio de agua en Venezuela, sería recomendable que otro investigador desarrollará la viabilidad económica de la implantación de estos procesos en la realidad venezolana.

En el caso de las recomendaciones para la implantación se tiene que el impacto ambiental y económico de las aguas servidas puede ser objeto de una futura investigación en el área de economía ambiental; el tratamiento descentralizado mediante sistemas de humedales artificiales subsuperficiales posibilita la utilización de esta tecnología a un costo accesible al ciudadano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aimar, M., Morena, G., Formica, S., Cantero, J., Vásquez, A., Bonino, A., y otros. (2012). Fitorremediación de aguas contaminadas con nitrato (II); Influencia de la cantidad de nitrato sobre la eficiencia de su eliminación en un sistema de tratamiento de agua estancada utilizando *Limmobium laevigatum* (Hydrocharitaceae). *Scielo*, Online. Disponible en: <https://www.aqa.org.ar/joomla/images/anales/pdf99/cd/Qca.Ambiental/41.pdf>
- Arroyave, M. d. (Febrero de 2004). La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): Una planta acuática promisoría. (U. d. Antioquia, Ed.) *Revista EIA: Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 1(1), 33-38.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (1948). *Resolución 217 A (III): Declaración Universal de los Derechos Humanos*. París: Organización de las Naciones Unidas.
- Asamblea Nacional Constituyente. (1999). *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela: Gaceta Oficial L N° 5.453 (extraordinaria)*. Caracas: Imprenta Nacional.
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (a). (2007). *Ley de aguas: Gaceta Oficial Número 35.595*. Caracas: Imprenta Nacional.
- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (b). (2001). *ley Orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento: Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario*. Caracas: Imprenta Nacional .
- Cambindo, K. (2014). *Propuesta de diseño de un sistema de captación de agua de lluvia y tratamiento de aguas grises en la escuela de educación básica fiscal mixta Camilo Borja, cantón y provincia de Esmeraldas*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Esmeraldas, Facultad de Gestión Ambiental. Esmeraldas, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Carpio-Vallejo, D. (2013). *Análisis de eficiencia de fitorremediación de dos plantas nativas del oriente ecuatoriano para tratamiento de aguas grises y negras en humedales artificiales en el campamento Amo 1, Bloque 16*. Universidad de las Americas - Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Ambiental en Prevección y Remediación. Quito, Ecuador: Universidad de las Americas.
- Chará, J. (1998). El potencial de las excretas porcinas para uso múltiple y los sistemas de descontaminación productiva. . *CIPAV*, Online.
- Comisión Nacional de Áreas Protegidas de México. (s/f). *Humedales de México*. Recuperado el 27 de junio de 2016, de Sitios Ramsar CONANP: http://ramsar.conanp.gob.mx/la_conanp_y_los_humedales.php
- Ferrera-Cerrato, R., Rojas, N., Poggi, H., Alarcón, A., & Cañizares, R. (Junio de 2006). Procesos de biorremediación de sueño y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. (Medigraphic, Ed.) *Revista latinoamericana de microbiología*, 48(2), 179-187.
- García-Maya, J., & Giraldo, M. (2014). *Evaluación del efecto del aumento de la carga hidráulica sobre la eficiencia de remoción de contaminantes en humedales contruidos sembrados con Guadua angustifolia Kunth utilizando grava y arena como medio filtrante*. Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de Tecnologías , Escuela de Química. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Gaviria, L. N., & Silva, S. (2014). *Viabilidad técnica y financiera del reuso del agua por medio de la fitorremediación basados en la metodología PMI*. Universidad EAN (Escuela de Administración de Negocios), Especialización en gerencia de proyectos. Bogotá : Universidad EAN .
- Jaramillo, M. C., Zapata, L. F., & Marulanda, T. (julio-diciembre de 2015). Fitorremediación de mercurio a partir de elodea sp. (U. d. Buenaventura, Ed.) *Ing. USBmed*, 6(2), 42-45.
- Jaramillo, M. D., & Flores, E. D. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (lenteja de agua) y Eichornia crassipes*

- (jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera.*
Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca, Ingeniería ambiental .
Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Lezama, I. (2013). *Estudio comparativo en procesos de fitorremediación, remediación microbiana y degradación enzimática en aguas residuales domésticas.* Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias químicas, Programa de ingeniería ambiental. Poza Rica de Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Margalef, Ramón (1974). *Ecología.* Barcelona: Omega.
- Melo, F. (2014). *Evaluación de un sistema de fitorremediación operado en flujo continuo utilizando Pistia stratiotes.* Universidad Veracruzana - Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería Ambiental. Xalapa: Universidad Veracruzana.
- Mentaberry, A. (2011). *Agrobiotecnología: Fitorremediación.* Universidad de Buenos Aires, Departamento de fisiología, biología molecular y celular, Buenos Aires, Argentina.
- Ministerio de Ambiente de los Recursos Naturales Renovables. (1995). *Normas Para La Clasificación Y El Control De La Calidad De Los Cuerpos De Agua Y Vertidos O Efluentes Líquidos.* Caracas: Imprenta Nacional.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. (1998). *Normas Sanitaria de Calidad de Agua Potable: Gaceta Oficial Número 36.395.* Caracas: Imprenta Nacional.
- Núñez, R., Meas, Y., Ortega, R., & Olguín, E. (Julio-Septiembre de 2004).
Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*, 69-82.
- Organización de Naciones Unidas. (1987). *Nuestro Futuro Común.* Reporte de la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo.
- Ortiz, J., Beltrán-Hernández, I., Lizárraga-Mendiola, L., Coronel-Olivares, C., & Vásquez-Rodríguez, G. (2013). Biorretención y reúso del agua de escorrentía urbana en climas áridos o semiáridos: Una revisión. *Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías* (págs. 17-22). México D.F.: Universidad Politécnica de Puebla.

- Palacios, A., & Martínez, Q. (2011). *Eficiencia de la planta tratadora de agua de la Facultad de Ciencias Naturales de la UAQ, humedales artificiales y fitorremediación*. Universidad Autónoma de Querétano, Facultad de Ciencias Naturales. San Miguel Allende, Guanajuato: Universidad Autónoma de Querétano.
- Palta-Prado, G., & Morales-Velasco, S. (Julio-Diciembre de 2013). Fitodepuración de aguas residuales domésticas con poacea: *Brachiaria mutica*, *Penisetum purpureum* y *Panicum maximum* en el Municipio de Popayán, Cauca. (U. d. Cauca, Ed.) *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 57-65.
- Poma, V., & Valderrama, A. (septiembre de 2014). Estudio de los parámetros físicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua). (S. Q. Perú, Ed.) *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(3), 164-173.
- Project Management Institute. (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMI (®) Guide*. Project Management Institute.
- República Bolivariana de Venezuela. (s/f). *Plan Nacional de Gestión Integral de Aguas*. Recuperado el 16 de Octubre de 2016, de <http://siga.geoportalsb.gob.ve/pngia/>
- Villegas, M., & Vidal, E. (2009). *Gestión de los procesos de descontaminación de aguas residuales domésticas de tipo rural en Colombia 1983-2009*. Universidad de Antioquia - Facultad de Ingeniería, Especialización en Gestión Ambiental. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Viva Caracas (2013) Acta Fundacional y estatutos funcionales. No editado.
- Williamson, L. (3 de Septiembre de 2013). Songdo: la ciudad surcoreana que quiere ser la más inteligente. *BBC*, Pp. http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130903_tecnologia_ciudad_inteligente_songdo_ap.

ANEXOS

ANEXO 1: ACTA DE CONSTITUCION DEL PROYECTO

BASES FUNCIONALES PARA UN MODELO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y DE LLUVIA UTILIZANDO FITORREMEDIACIÓN (Capitán Planeta)

Fecha: Marzo 2017

Valor: Bs.2.700.000

Justificación/Propósito.

La legislación venezolana ordena a los prestadores de servicios de agua tienen la obligación de tratar las aguas residuales que generan los servicios prestados mientras comunidades caraqueñas no cuentan con un servicio continuo de agua, ante ello se proponen las bases funcionales para una planta de tratamiento de aguas de lluvia y grises como respuesta a la búsqueda de reducir el impacto de la transformación/actividad humana en el ambiente y a través de tecnologías limpias.

Así se busca reducir los pasivos ambientales en el uso y reúso de agua y proponer alternativas de fácil aplicación en comunidades que hoy día no cuentan con acceso constante al agua.

Las Naciones Unidas, así como diversos organismos locales, nacionales e internacionales han llevado a cabo diversas campañas para concienciar sobre el uso adecuado del agua y así, evitar su desperdicio o bien que se descarte agua limpia como residual; las campañas no se centran en responder a los datos mostrados por Gaviria, sino en el rol del agua como bien escaso.

Sin embargo, existen programas nacionales y de Naciones Unidas que buscan responder directamente a los problemas de escasez económica de agua y

aprovechamiento de la residual a través de procesos de purificación donde un eslabón es la fitorremediación.

Descripción de los Productos, Servicios o Resultados del Proyecto:

- a) Estudio comparativo sobre las principales tecnologías para el tratamiento de aguas grises y de lluvia.
- b) Bases funcionales para una planta de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación.

Objetivos Específicos del Proyecto:

- a) Identificar las Fortalezas y Debilidades de los cinco principales métodos de tratamiento de aguas grises y de lluvia.
- b) Realizar un diseño técnico – operacional del sistema de tratamiento de aguas propuesto.

Entregables finales

- a) Bases funcionales para una planta de tratamiento de aguas grises y de lluvia utilizando fitorremediación.
- b) Manual de funcionamiento y particularidades de uso de una planta de tratamiento de aguas grises utilizando fitorremediación

Información Histórica

Pasado: La fitorremediación obtuvo resistencia inicial dentro del mercado de plantas de tratamientos nacional, viéndose como un vestigio académico sin aplicabilidad real dentro del mercado, sin embargo investigaciones en otros países demostraron las posibilidades del procedimiento

Presente: las principales universidades que a nivel nacional se han dedicado a la investigación en torno a la aplicación de fitorremediación en Venezuela han sido

victimas de un cerco financiero por parte del Estado, cosa que las ha expuesto a un acceso precario a reactivos y compuestos necesarios para la implementación de proyectos e incluso en algunos casos llevando al cierre de las operaciones.

Futuro: La fitorremediación plantea gran cantidad de ventajas competitivas con respecto a lo sistema tradicionales de tratamiento de agua, la facilidad de mantenimiento y poca inversión inicial permite considerarla como una tecnología limpia de aceptación e implementación futura.

Premisas/Supuestos:

La legislación venezolana permite la utilización de fitorremediación como sistema de tratamiento de aguas.

La fitorremediación impacta de forma positiva en el ambiente cuando se utilizan criterios técnicos.

Es posible proponer una planta de tratamiento de agua utilizando fitorremediación con plantas autóctonas o aloctonas establecidas con resistencia al estrés climático.

Los costos del tratamiento de agua utilizando fitorremediación siempre son más bajos.

Restricciones

Posibles cambios económicos que afecten el mercado.

Disponibilidad de las especies vegetales resistentes al estrés en el valle de Caracas.

Tiempo de ejecución del proyecto ceñido a criterios académicos.

Subsidios al agua y no contemplación de las externalidades como criterio que puede influir en la viabilidad financiera del proyecto.

Fin.