

**SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE
CONSUMO HUMANO PARA EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL
PUTUMAYO, USANDO AGUAS LLUVIAS COMO FUENTE DE CAPTACIÓN.**

**JEYSON ALEJANDRO CALVACHE DAVID
LUCELY ESTRADA SALAZAR**

**Integrantes del Grupo de Investigación de Medio Ambiente y Desarrollo
Sostenible (GIMADS)**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS
MOCOCHA
2017**

**SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE
CONSUMO HUMANO PARA EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL
PUTUMAYO, USANDO AGUAS LLUVIAS COMO FUENTE DE CAPTACIÓN.**

**JEYSON ALEJANDRO CALVACHE DAVID
LUCELY ESTRADA SALAZAR**

**Integrantes del Grupo de Investigación de Medio Ambiente y Desarrollo
Sostenible (GIMADS)**

**EDWIN GIRALDO SÁNCHEZ TISOY
Asesor**

**Informe final de actividades realizadas para el proyecto: Simulación del sistema
de abastecimiento de agua de consumo humano para el instituto tecnológico
del putumayo, usando aguas lluvias como fuente de captación; como requisito
para obtener el título de Ingeniero Ambiental e Ingeniero de Sistemas.**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS
MOCOCHA
2017**

NOTA:

“Los conceptos, afirmaciones y opiniones contenidas en el presente trabajo son responsabilidad única y exclusiva de sus autores y no comprometen al Instituto Tecnológico del Putumayo”. (CIECYT).

NOTA DE ACEPTACIÓN

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Mocoa, 15 de Junio de 2017

DEDICATORIA

En primer lugar dedicamos este trabajo a Dios, por regalarnos la vida, por levantarnos día a día para seguir luchando, a nuestros padres, por su amor que nos vigoriza cada día, sus consejos que nos guían por el camino correcto, su sabiduría que nos permite lograr nuestros objetivos y sobre todo por su apoyo incondicional que nos permitió cumplir una meta más en nuestras vidas.

A todos nuestros familiares, que comparten y disfrutan de nuestros triunfos y así mismo se lamentan y nos brindan todo su apoyo en momentos difíciles.

Docentes y compañeros que, con sus lazos de amistad y respeto, fueron contribuyendo con nuestra formación personal, académica y profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, por darme su amor, sus consejos y saberme guiar por buen camino, darle gracias a ellos porque gracias a sus esfuerzos y sacrificios me brindaron el mejor regalo que un padre le puede dar a su hijo, la educación y el estudio, gracias a ellos por hacer de mí una mujer que siempre busca salir adelante sin importar la dimensión de las dificultades que se presentan en el camino.

De igual forma quiero agradecer a mi esposo, por su apoyo incondicional, por brindarme su amor y comprensión, por darme ánimo en los momentos más difíciles del camino.

También quiero agradecer de manera muy especial a mi hermano, mi hija y por estar ahí alegrándome cada uno de mis días, por regalarme bellos momentos que vivirán para siempre en mi corazón.

No podría olvidar, darle las gracias al asesor, Ingeniero Edwin Sánchez, por compartir nosotros sus conocimientos, por guiar paso a paso este trabajo de grado, por brindarnos su amistad, por aportar a nuestro crecimiento personal y profesional.

Solo me queda darle gracias a cada uno de los docentes y compañeros que hicieron parte de este recorrido, por estar en los momentos de dificultad, y sobre todo en los momentos de felicidad.

A todos ellos, mil y mil Gracias.

Lucely Estrada

En primer lugar, dar agradecimiento a Dios, que por el gran regalo de la vida, me ha permitido estar en este momento, llenándome de sabiduría para caminar por el sendero correcto y colmándome de mucho conocimiento y entendimiento para cumplir con mis sueños y metas propuestas.

De igual manera, a mis padres, Guillermo Calvache y Claudia David, que con sus grandes consejos y su apoyo incondicional, me han ayudado en mis logros. Con gran esfuerzo, me han brindado la oportunidad de formarme como una gran persona, y ahora en este punto, como un profesional.

A mi esposa, Dayra Quenguan, que, con su gran amor y cariño, hemos logrado sobrepasar los momentos difíciles, y me ha apoyado incondicionalmente en esta etapa tan especial de mi vida.

A toda mi familia, por brindarme todo ese amor y estar en esos momentos difíciles brindándome sus voces de aliento, y de igual manera celebrando en esos momentos de alegría, como es este.

Así mismo, agradecer mi más sincero agradecimiento, al Ingeniero Edwin Sánchez, por confiar en mis capacidades y brindarme la oportunidad de pertenecer a este gran proyecto, guiándonos de una manera profesional para así alcanzar la culminación de nuestro trabajo de grado.

Y por último a toda la institución, estudiantes y docentes, que me permitieron ser parte de esta gran comunidad, compartiéndonos sus conocimientos para nuestro éxito personal y profesional.

Jeyson Alejandro Calvache David

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. TITULO	17
1.1. Formulación del problema:.....	17
1.2. Descripción del problema.....	17
1.3. Justificación:	18
1.4. OBJETIVOS.....	19
1.4.1. Objetivo general:.....	19
1.4.2. Objetivos específicos:.....	19
1.4.3. Estado del arte.....	20
1.4.4. Marco teórico.....	22
1.4.4.1. Lenguaje de programación:.....	22
1.4.4.2. Bases de datos.....	23
1.4.4.3. Clasificación de la base de datos:	23
1.4.4.4. Gestor de base de datos MySQL:	25
1.4.4.5. Utilización de la filosofía Modelo Vista Controlador (MVC)	25
1.4.4.6. PHP:.....	26
1.4.4.7. Programación orientada a objetos:.....	27
1.4.4.8. Aguas lluvias:	28
1.4.4.9. Aprovechamiento y sistemas de captación de aguas lluvias	28
1.4.4.10. Oferta hídrica.....	29
1.4.4.11. Demanda hídrica:	29
1.4.4.12. Plantas de tratamiento de agua potable	29
1.4.4.13. Calidad de agua:	31
1.5. Marco legal	34
1.6. Marco conceptual.....	35
1.7. Marco contextual.....	36
2. Metodología	37
2.1. Fase de documentación:.....	37
2.2. Fase de reconocimiento.....	40

2.2.1. Selección de herramientas	40
2.2.2. Elaboración de manuales	43
2.2.3. Validación de la información:	43
3. Resultados	44
3.1. SIPT	46
3.2. Manuales	46
3.2.1. Manual de usuario:	46
3.2.2. Manual de programador.....	47
3.3. Validación de la información	47
3.3.1. Áreas de captación:.....	48
3.3.2. Volumen de captación	49
3.3.3. Rejillas	50
3.3.4. Tanque.....	51
3.3.5. Sedimentador	52
3.3.6. Filtro.....	54
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS	

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: resultados Volumen de captación	39
Imagen 2: Pantalla de inicio de SIPT	44
Imagen 3: Reporte de parámetros	45
Imagen 4: Diagrama de flujo	45
Imagen 5: Tabla de contenido manual de usuario	46
Imagen 6: Tabla de contenido Manual de programador	47
Imagen 7: áreas de captación.....	47
Imagen 8: áreas de captación SIPT.....	48
Imagen 9: volumen de captación	48
Imagen 10: volumen de captación SIPT	49
Imagen 11: cálculo de rejillas.....	49
Imagen 12: cálculos de Rejillas SIPT.....	50
Imagen 13: cálculos del Tanque de almacenamiento	50
Imagen 14: tanque SIPT	51
Imagen 15: cálculos sedimentador	51
Imagen 16: sedimentador SIPT	52
Imagen 17: cálculos de filtro	52
Imagen 18: filtro SIPT	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: características fisicoquímicas del agua.....	32
Tabla 2: características microbiológicas del agua.....	33
Tabla 3: parámetros fisicoquímicos	38
Tabla 4: Dimensión de equipos.....	39

GLOSARIO

Simulación: es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema (Shannon, 1988).

Programa o aplicación: Es un tipo de software que funciona como un conjunto de herramientas diseñado para realizar tareas y trabajos específicos en un computador; los programas se presentan como herramientas para mejorar el desempeño.

Programación: Es el proceso por el cual una persona desarrolla un programa valiéndose de una herramienta que le permita escribir el código (el cual puede estar en uno o varios lenguajes, tales como C++, Java y Python) y de otra que sea capaz de "traducirlo" a lo que se conoce como lenguaje de máquina, el cual puede ser entendido por un microprocesador.

Open source: (Código abierto), El código abierto es el software distribuido y desarrollado libremente.

PHP: (*Hypertext Preprocessor*), es un lenguaje de código abierto del lado del servidor muy popular, especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML para el diseño de contenido dinámico.

MySQL: es un sistema de gestión de bases de datos relacional, considerada como la base de datos open source más popular del mundo. Utilizada mayormente en entornos de desarrollo web.

JavaScript: es un lenguaje de programación interpretado. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y

dinámico. Se utiliza mayormente en el lado del cliente, para mejorar la interfaz de usuario.

jQuery: es una biblioteca de JavaScript, que permite interactuar con los documentos html, manipular el árbol DOM, manejar eventos, animaciones y agregar interacción en las páginas web con AJAX.

AJAX: acrónimo de Asynchronous JavaScript And XML (JavaScript asíncrono y XML), es una técnica de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas o RIA (Rich Internet Applications).

CSS: Hojas de estilo en cascada, es un lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado. Es utilizado para crear páginas web visualmente atractivas.

Twitter Bootstrap: es un framework de Código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web.

Apache: es un servidor web HTTP de código abierto.

RESUMEN

Diseñar un software que permita realizar una simulación de una planta de tratamiento de agua apta para consumo humano usando aguas lluvias como fuente de captación, es el objetivo que se propuso para el desarrollo del trabajo, para ello se tomó información específica como; los valores correspondientes a las precipitación promedio de la zona de estudio (ITP), las condiciones fisicoquímicas que presenta el agua lluvia, los equipos (rejillas, tanque de almacenamiento, tanque Sedimentador, filtro y el proceso de desinfección) que conformaran la planta de tratamiento de aguas lluvias del Instituto Tecnológico del Putumayo, posterior a esto se da inicio a realizar la respectiva programación y simulación de dicha planta.

Los resultados de este trabajo se obtienen a partir de la elaboración de un manual de usuario y un manual de programador para mejor comprensión del programa o aplicación que se generó con el desarrollo de este trabajo.

Además, se encontrará una comparación de los resultados obtenidos por medio del sistema y los que obtuvo Rivas y Guiza (2016) y Narváez y Arango (2016) en su trabajo de investigación.

Palabras claves: simulación, aguas lluvias, tratamiento, programación.

ABSTRACT

Designing software that allows a simulation of a water treatment plant suitable for human consumption using rainwater as a source of abstraction is the objective that was proposed for the development of the work. The values corresponding to the average precipitation of the study area (ITP), the physicochemical conditions of the rainwater, the equipment (grids, storage tank, sedimentation tank, filter and disinfection process) Of rainwater of the Technological Institute of the Putumayo, after this it begins to realize the respective programming and simulation of said plant.

The results of this work are obtained from the elaboration of a user manual and a programmer's manual to better understand the program or application that was generated with the development of this work.

In addition, a comparison of the results obtained through the system and those obtained by Rivas and Guiza (2016) and Narváez and Arango (2016) in their research work will be found.

Keywords: simulation, rainwater, treatment, programming

INTRODUCCIÓN

Basándose en la importancia que actualmente se le ha prestado a la programación y la Simulación, evidenciando su aplicación en la mayoría de las áreas como la biología, las ciencias ambientales, Ingenierías, entre otras, también en las disciplinas básicas que le dan su soporte; Matemáticas, Estadística, Física y Ciencias de la Computación.

También es oportuno resaltar que cada uno de los campos de investigación requieren y recurren constantemente a la ayuda de la tecnología para adelantar procesos, en incluso para mejorar algunos de ellos.

Teniendo en cuenta lo anterior se genera este trabajo, el cual está enfocado en la creación de "SIPT" un sistema que permite realizar la simulación de la planta de tratamiento de agua para el consumo humano en el Instituto Tecnológico del Putumayo utilizando aguas lluvias como fuente de captación, siendo de gran ayuda al campo de la ingeniería ambiental, debido a que "SIPT" facilita realizar cálculos de una manera más sencilla.

1. TITULO

SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO, USANDO AGUAS LLUVIAS COMO FUENTE DE CAPTACIÓN.

1.1. Formulación del problema:

¿Qué variables intervienen en la simulación del sistema de abastecimiento de agua para el consumo humano en el Instituto tecnológico del Putumayo, el cual usa aguas lluvias como fuente de captación?

1.2. Descripción del problema

Para Tarifa (2012) actualmente los países altamente desarrollados utilizan la simulación como una herramienta principal en diversos procesos como: la toma de decisiones, el manejo de empresas y la planeación de la producción, esto permite disminuir el riesgo, adelantarse a la competencia, pero sobre todo se justifica al maximizar los recursos con un cliente satisfecho en los niveles de calidad y servicio; La Simulación hoy en día es cada vez más amigable para el usuario, que no tiene que ser un especialista en computación para poder hacer uso de ella y poder tener un pronóstico sobre un tema determinado.

Teniendo en cuenta la anterior afirmación cabe resaltar que al desarrollar una simulación que permita ver el comportamiento de una planta de tratamiento facilitaría el trabajo de los ingenieros ambientales y afines, es por esto que se pretende desarrollar una aplicación que permita simular las condiciones y variables que se presentan dentro de una planta de tratamiento que utiliza aguas lluvias como fuente de captación.

Para ello es necesario tener en cuenta datos iniciales como la precipitación que presenta el municipio de Mocoa y las condiciones fisicoquímicas que posee el agua, los cuales fueron tomados y analizados por Narváez y Arango (2016) en el trabajo "Caracterización del agua lluvia captada en el Instituto Tecnológico del Putumayo sede Mocoa, teniendo en cuenta la normatividad ambiental vigente"; adicionalmente para el desarrollo del software se toma como base principal el trabajo de investigación denominado "Diseño de un Sistema de Aprovechamiento y Tratamiento de aguas lluvias para el Instituto Tecnológico del Putumayo" realizado por Rivas y Guiza, en el cual determinan las dimensiones de cada uno de los equipos que harán parte del sistema de tratamiento.

1.3. Justificación:

Aprovechar el agua lluvia no sólo es ecológico, también asegura una mayor autonomía en el caso de llegar a existir escasez de este valioso líquido; se podrían ahorrar una cantidad considerable de litros de agua al año con un sistema de tratamiento, así como se plantea dentro del plan de desarrollo del departamento del putumayo, el cual hace referencia a la inversión en infraestructura para hacer uso eficiente y racional del agua, al igual que nuestro proyecto el cual está enfocado en el uso de agua lluvias como alternativas de aprovechamiento de agua.

Teniendo en cuenta el plan de desarrollo del municipio de Mocoa cabe resaltar que en este se plantea estrategias donde debe implementarse alternativas de desarrollo en ciencia y tecnología para la protección del medio ambiente, destacando que este proyecto está enfocado en el desarrollo de nuevas tecnologías para el aprovechamiento y tratamiento de aguas aptas para consumo humano.

Buscando establecer oportunidades de inversión a través de cooperación internacional y de ciencia, tecnología e innovación, hacia proyectos de desarrollo

institucional, como lo plantea el instituto tecnológico del putumayo por lo cual se diseñara un programa que simule el proceso que se lleva a cabo en una planta de tratamiento de agua potable utilizando aguas lluvias como fuente de captación, esta facilitara el proceso de cálculos, permitiendo conocer las dimensiones de cada uno de los equipos que conformaran el sistema; de igual manera permite ingresar datos reales de parámetros fisicoquímicos del agua, y genera un reporte en el cual se muestra las condiciones en las que sale el agua y la eficiencia de cada equipo, permitiendo mejorar la eficiencia y eficacia de la planta de tratamiento.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general:

Diseñar un software para la simulación del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano para el instituto tecnológico del putumayo, el cual usa aguas lluvias como fuente de captación.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Seleccionar las herramientas más adecuadas para el desarrollo del software.
- Realizar el manual de usuario y de programador para facilitar el uso del sistema y posibles cambios del mismo.
- Validar la confiabilidad de la información obtenida en los reportes generados por el software.

MARCO REFERENCIAL

1.4.3. Estado del arte

Para el desarrollo de este trabajo, se hace necesaria una revisión bibliográfica para obtener información a nivel nacional e internacional, relacionadas tanto con el aprovechamiento de aguas lluvias para consumo humano, como modelaciones o simulaciones de los diferentes sistemas de abastecimiento de aguas para consumo.

García (2006), en su trabajo de grado "MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS A PRESIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS" publicado en julio de 2006, establece la necesidad de recurrir a programas informáticos en su caso EPANET, con los cuales se obtiene de manera instantánea los valores de presiones, caudales en función de parámetros definidos; Este programa permite calcular complejas redes de abastecimiento y regadío, desde un punto de vista hidráulico y de calidad, ofreciendo una rápida capacidad de reacción así como una previsión del comportamiento del sistema de ayuda en la toma de decisiones.

Bosch y Recio (2014), son otros autores que en su artículo denominado "Calibración y simulación del sistema fuente para abasto de agua del acueducto El Gato", publicado en Abril de 2014, muestran la calibración y simulación del sistema de abasto de agua del acueducto el gato, el cual integra un modelo matemático basado en un algoritmo general (GA) y la simulación con el software EPANET, generando así un aporte a la estimación de los parámetros como rugosidad y demandas reales del sistema, entre otros, demostrando que se alcanza un nivel adecuado de calibración del modelo y la capacidad del mismo para reflejar el comportamiento del sistema.

Herrera, (2010), menciona la existencia de países pioneros en sistemas de recolección de agua lluvia, como Alemania el cual incorpora cada año, 50 mil de

estos sistemas como parte de su política pública e incluso algunos distritos se auxilian con estas instalaciones, ya que la oferta de agua no crece al ritmo de las aglomeraciones urbanas.

Palacio (2010), en su proyecto "Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de Caldas, Antioquia" presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros, en la Institución Educativa María Auxiliadora, Caldas Antioquia.

1.4.4. Marco teórico.

1.4.4.1. Lenguaje de programación:

Un lenguaje de programación es un lenguaje diseñado para describir el conjunto de acciones consecutivas que un equipo debe ejecutar. Por lo tanto, un lenguaje de programación es un modo práctico para que los seres humanos puedan dar instrucciones a un equipo.

Para ello se utilizan símbolos y letras que en conjunto y organizadas de tal manera signifiquen una orden para ser ejecutada por la máquina.

Teniendo en cuenta el procesamiento de sus comandos se pueden dividir dos grupos principales: los lenguajes de programación imperativos y los lenguajes funcionales.

El primer lenguaje programa mediante una serie de comandos, agrupados en bloques y compuestos de órdenes condicionales que permiten al programa retornar a un bloque de comandos si se cumple la condición. Estos fueron los primeros lenguajes de programación en uso y aún hoy muchos lenguajes modernos usan este principio, pero carecen de flexibilidad

El lenguaje de programación funcional también llamado lenguaje procedimental crea programas mediante funciones, devuelve un nuevo estado de resultado y recibe como entrada el resultado de otras funciones. Cuando una función se invoca a sí misma, hablamos de recursividad.

Por otro lado, se puede considerar una segunda división teniendo en cuenta la interpretación y compilación de los lenguajes de programación; para el caso el lenguaje interpretado requiere de un programa auxiliar es decir el intérprete que se encarga de traducir los comandos, ya que la programación no se realiza en el lenguaje de la máquina.

El lenguaje compilado también se traduce ayudado de otro programa llamado compilador que se encarga de crear un archivo totalmente independiente y ejecutable.

1.4.4.2. Bases de datos

Es una colección de información organizada de forma que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que necesite.

Una base de datos es un sistema de archivos electrónico.

Las bases de datos tradicionales se organizan por campos, registros y archivos.

Un campo es una pieza única de información; un registro es un sistema completo de campos; y un archivo es una colección de registros.

1.4.4.3. Clasificación de la base de datos:

Las bases de datos pueden clasificarse de varias maneras, de acuerdo al contexto que se esté manejando, o la utilidad de la misma.

- Según la variabilidad de los datos almacenados
 - Estáticas: base de datos de solo lectura, utilizada primordialmente para almacenar datos históricos, utilizadas para realizar proyecciones y toma de decisiones
 - Dinámicas: la información almacenada se modifica con el tiempo, permite las operaciones fundamentales de consulta (adición, actualización, eliminación).
- Según su modelo de administración de datos:
 - Jerárquicas: la información se almacena en una estructura jerárquica, organizados en una forma de árbol, en donde un nodo padre puede tener varios hijos. Utilizada principalmente en aplicaciones que manejan un gran volumen de información.

- De red: Éste es un modelo ligeramente distinto del jerárquico; su diferencia fundamental es la modificación del concepto de nodo: se permite que un mismo nodo tenga varios padres (posibilidad no permitida en el modelo jerárquico).
- Transaccionales: Son bases de datos cuyo único fin es el envío y recepción de datos a grandes velocidades, estas bases son muy poco comunes y están dirigidas por lo general al entorno de análisis de calidad, datos de producción e industrial, es importante entender que su fin único es recolectar y recuperar los datos a la mayor velocidad posible, por lo tanto la redundancia y duplicación de información no es un problema como con las demás bases de datos, por lo general para poderlas aprovechar al máximo permiten algún tipo de conectividad a bases de datos relacionales.
- Relacionales: Éste es el modelo utilizado en la actualidad para modelar problemas reales y administrar datos dinámicamente. La información puede ser recuperada o almacenada mediante "consultas" que ofrecen una amplia flexibilidad y poder para administrar la información.
- Multidimensionales: Son bases de datos ideadas para desarrollar aplicaciones muy concretas, como creación de cubos olap Básicamente no se diferencian demasiado de las bases de datos relacionales.
- Orientadas a Objetos: Este modelo, bastante reciente, y propio de los modelos informáticos enfocado a objetos, trata de almacenar en la base de datos los objetos completos (estado y comportamiento).
- Documentales: Permiten la indexación a texto completo, y en líneas generales realizar búsquedas más potentes.
- Deductivas: Se basa principalmente en reglas y hechos que son almacenados en la base de datos. Las bases de datos deductivas son también llamadas bases de datos lógicas, a raíz de que se basa en lógica matemática.

1.4.4.4. Gestor de base de datos MySQL:

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado bajo licencia dual GPL/Licencia comercial por Oracle Corporation y está considerada como la base de datos open source más popular del mundo, y una de las más populares en general junto a Oracle y Microsoft SQL Server, sobre todo para entornos de desarrollo web.

MySQL fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.

1.4.4.5. Utilización de la filosofía Modelo Vista Controlador (MVC)

El patrón de arquitectura MVC (Modelo Vista Controlador) es un patrón que define la organización independiente del Modelo (Objetos de Negocio), la Vista (interfaz con el usuario u otro sistema) y el Controlador (controlador del workflow de la aplicación).

De esta forma, dividimos el sistema en tres capas donde, como explicaremos más adelante, tenemos la encapsulación de los datos, la interfaz o vista por otro y por último la lógica interna o controlador.

El patrón de arquitectura "modelo vista controlador", es una filosofía de diseño de aplicaciones, compuesta por:

- **Modelo:** Contiene el núcleo de la funcionalidad (dominio) de la aplicación.
- **Encapsula** el estado de la aplicación.
- **Vista:** Es la presentación del Modelo, puede acceder al Modelo, pero nunca cambiar su estado, además puede ser notificada cuando hay un cambio de estado en el Modelo.

- **Controlador:** Reacciona a la petición del Cliente, ejecutando la acción adecuada y creando el modelo pertinente.

1.4.4.6. PHP:

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML. Es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico.

- **Características**
 - Orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una base de datos.
 - Es considerado un lenguaje fácil de aprender, ya que en su desarrollo se simplificaron distintas especificaciones, como es el caso de la definición de las variables primitivas, ejemplo que se hace evidente en el uso de php arrays.
 - El código fuente escrito en PHP es invisible al navegador web y al cliente, ya que es el servidor el que se encarga de ejecutar el código y enviar su resultado HTML al navegador.
 - Capacidad de conexión con la mayoría de los motores de base de datos que se utilizan en la actualidad, destaca su conectividad con MySQL y PostgreSQL.
 - Capacidad de expandir su potencial utilizando módulos (llamados ext's o extensiones).
 - Posee una amplia documentación en su sitio web oficial, entre la cual se destaca que todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda.
 - Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos.

- Permite aplicar técnicas de programación orientada a objetos.
- No requiere definición de tipos de variables, aunque sus variables se pueden evaluar también por el tipo que estén manejando en tiempo de ejecución.
- Tiene manejo de excepciones (desde PHP5).
- Si bien PHP no obliga a quien lo usa a seguir una determinada metodología a la hora de programar, aun haciéndolo, el programador puede aplicar en su trabajo cualquier técnica de programación o de desarrollo que le permita escribir código ordenado, estructurado y manejable. Un ejemplo de esto son los desarrollos que en PHP se han hecho del patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC), que permiten separar el tratamiento y acceso a los datos, la lógica de control y la interfaz de usuario en tres componentes independientes.
- Debido a su flexibilidad ha tenido una gran acogida como lenguaje base para las aplicaciones WEB de manejo de contenido, y es su uso principal.

1.4.4.7. Programación orientada a objetos:

Para Izquierdo (2015) el término Programación Orientada a Objetos (POO), hoy en día ampliamente utilizado, es difícil de definir, ya que no es un concepto nuevo, sino que ha sido el desarrollo de técnicas de programación desde principios de la década de los setenta, aunque sea en la década de los noventa cuando ha aumentado su difusión, uso y popularidad. No obstante, se puede definir POO como una técnica o estilo de programación que utiliza objetos como bloque esencial de construcción.

A continuación, se mencionan algunas de las teorías que son necesarias y fundamentales para una mejor comprensión de la parte ambiental de la simulación de la planta de agua potable.

1.4.4.8. Aguas lluvias:

Estas aguas se originan por el ciclo hidrológico, principalmente en la superficie de los mares, por otro lado, el aporte calorífico de la radiación solar permite convertir el agua en vapor de agua; el porcentaje de dichas aguas que no es absorbida por el suelo se escurre por las calles, estacionamientos y otras superficies, las aguas lluvias se recolectan en alcantarillas y fluyen a colectores pluviales y al sistema de drenaje pluvial de la ciudad.

Para La Agencia Estadounidense de Protección Ambiental (EPA), "The Water Sourcebooks" son aguas lluvias aquellas que fluye a través de la superficie de la tierra, en vez de penetrar directamente en ella; llegando finalmente en un río, lago, arroyo, etc.; llevando consigo una variedad de contaminantes y sedimentos de la tierra.

1.4.4.9. Aprovechamiento y sistemas de captación de aguas lluvias

Para Sanabria y Pérez (2012), El aprovechamiento de las aguas lluvias es una de las alternativas más fácil de implementar, actualmente existen diversas técnicas para el aprovechamiento de aguas lluvias, en algunos casos y en su mayoría estas son implementadas en viviendas rurales o en zonas donde es muy difícil el acceso al agua potable. Las principales metodologías para el desarrollo de esta actividad se plantean como sistemas de captación en los techos por medio de canaletas, que posteriormente conducen el agua hacia un tanque de almacenamiento; en algunos casos también se realiza el tratamiento en una respectiva planta de tratamiento de agua lluvia.

En algunas ocasiones el agua captada puede utilizarse para consumo humano, teniendo en cuenta los términos generales para el diseño de una unidad de captación la cual debe incluir: captación, recolección por canaletas y almacenamiento.

Además, según IDEAM (2010), los seres humanos utilizan intensivamente el recurso hídrico tanto para sus necesidades biológicas y culturales básicas, como para las diferentes actividades económicas, por lo cual es necesario tener en cuenta la oferta y demanda hídrica.

1.4.4.10. Oferta hídrica

De Jesús (2012), la oferta hídrica está directamente asociada a la disponibilidad de agua que el ciclo hidrológico provee en un periodo y lugar dados, es decir es la cantidad de agua que está disponible para el desarrollo de las diferentes actividades.

1.4.4.11. Demanda hídrica:

Según el diccionario hidrológico de la UNESCO, demanda hídrica hace referencia a las cantidades de aguas previstas para su distribución a los usuarios en periodos de tiempo determinado para usos específicos y a un precio determinado; es decir la cantidad de agua que los usuarios requieren para poder satisfacer las necesidades básicas diarias.

1.4.4.12. Plantas de tratamiento de agua potable

Una planta tiene la función de realizar el tratamiento de agua, siendo: "el conjunto de operaciones de tipo físico, químico o biológico que tiene como objeto la eliminación o reducción de agentes contaminantes o las características no deseables del agua, bien sea natural o de abastecimiento; el objetivo principal de las PTAP, es mejorar la calidad del agua que será suministrada por las redes de distribución.

Un tratamiento convencional de agua superficial utiliza una secuencia de procesos más o menos estándar (Duque, 2010).

- Según la RAS 2000 título B el primer paso en el tratamiento de aguas consiste en hacer pasar el agua bruta a través de un sistema de barras, alambres, o varillas paralelas, rejillas, telas metálicas o placas deflectoras (tamices), con el fin de separar los sólidos gruesos que se encuentren presentes en el agua.

- **Coagulación:** Para la Academia Nacional de ciencias la coagulación tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que puedan ser removidas por la decantación (sedimentación) y la filtración. Tales aglomerados gelatinosos se agrupan y producen los flóculos (floculación).

Para realizar el proceso de coagulación se utiliza productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando. Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son: Sulfato de Aluminio, Aluminato de Sodio, Cloruro de Aluminio, Cloruro Férrico, Sulfato Férrico, Sulfato Ferroso.

- **Sedimentación**

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios; La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad

muy cercana a la del agua o que han sido re-suspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

- **Filtración**

Este proceso el cual consiste en hacer pasar el agua que todavía contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido, pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros. El medio filtrante más utilizado es la arena, sobre un lecho de grava como soporte.

- **Desinfección:**

Proceso que tiene como fin eliminar la carga microbiana representada como Coliformes Totales y E.Coli, como también evitar su proliferación, garantizando la calidad del agua; actualmente el producto químico más usado para este proceso es el Cloro y sus derivados a pesar que tiene efecto residual.

1.4.4.13. Calidad de agua:

Calidad de agua hace referencia a las condiciones en que se encuentra el agua en cuanto a las características físicas, químicas y biológicas, ya sea en su estado natural o después de haber realizado algún tipo de tratamiento; este concepto ha sido relacionado directamente con el uso del agua para consumo humano, haciendo énfasis que el agua de calidad es aquella que puede ser usada sin causar daño alguno.

En Colombia la resolución 2115 de junio de 2007 es la encargada de regular y controlar los parámetros físicos, químicos, y biológicos del agua garantizando así una excelente calidad de agua apta para consumo humano, en esta se

establecen los valores máximos y mínimos permisibles para cada uno de los parámetros.

En la siguiente tabla se puede apreciar los valores permisibles para algunas de las características fisicoquímicas del agua.

Tabla 1: características fisicoquímicas del agua

PARÁMETRO	EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
Turbiedad	Unidades nefelometrías de turbiedad (UNT)	2
Color	Unidades de platino cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable, No aceptable	Aceptable
pH		6,5 – 9,0
Conductividad	Microsiemens/cm	<= 1000
Alcalinidad	Mg/L	200
Cloruros	Mg/L	250
Dureza	Mg/L	300
Hierro	Mg/L	0,3
Fosfatos	Mg/L	0,5
Nitritos	Mg/L	0,1
Nitratos	Mg/L	10
Fluoruros	Mg/L	1,0
Sulfatos	Mg/L	250
Zinc	Mg/L	3,0

Fuente: Resolución 2115 de 2007.

En cuanto a las características microbiológicas del agua, la resolución establece los siguientes valores máximos permisibles.

Tabla 2: características microbiológicas del agua

TÉCNICAS UTILIZADAS	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
Filtración por membrana	0 unidades formadoras de colonia (UCF)/100 cm³	0 UFC/100 cm³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm³	<de 1 microorganismo en 100 cm³
Sustrato definido	0 microorganismos en 100 cm³	0 microorganismos en 100 cm³
Presencia - ausencia	Ausencia en 100 cm³	Ausencia en 100 cm³

Fuente: resolución 2115 de 2007.

Haciendo énfasis en el título del trabajo, a continuación, se dan a conocer algunas de las teorías que se utilizarán para el diseño del software que permitirá la simulación de una planta de tratamiento de agua.

1.5. Marco legal

Decreto 2811 de 1974: por el cual se establece el código nacional de recursos naturales renovables y protección del medio ambiente, en su artículo 21 plantea los sistemas de información ambiental, los cuales permiten registrar, procesar y analizar información cartográfica, meteorológica, hidrológica, hidrogeológica y climática, entre otros.

Ley 373 de 1997: por la cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro del agua; en el artículo 5 plantea el reúso obligatorio del agua, sin importar el origen de esta, las aguas utilizadas en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberá ser reutilizada en actividades primarias y secundarias.

Resolución 1096 del 2000 (RAS): por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, en el título B.4.3.1.10, establece que si no existe otro tipo de fuente de abastecimiento se puede recurrir a la captación de aguas lluvias.

Resolución 2115 del 2007: por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, establece parámetros mínimos y máximos permisibles tanto para las características físicas, químicas y microbiológicas del agua.

1.6. Marco conceptual

Software: Hace referencia a todos los programas que hacen posible la realización de tareas específicas dentro de un computador, y el software libre es aquel que permite que los usuarios tengan la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software.

SITP: Sistema de tratamiento de agua potable, es un sistema para realizar la simulación de la planta de tratamiento de agua para el consumo humano en el Instituto Tecnológico del Putumayo utilizando aguas lluvias como fuente de captación, de igual manera, este sistema servirá para la simulación de este mismo tipo de plantas para cualquier otro tipo de institución.

Calidad de agua: Se refiere a una medida de las condiciones físicas, químicas, microbiológica del agua en estado natural o después de haber realizado algún tipo de tratamiento, la cual está directamente relacionada con el uso para consumo humano, haciendo énfasis que el agua de calidad es aquella que puede ser usada sin causar daño alguno.

Aguas lluvias: Estas aguas se originan por el ciclo hidrológico, principalmente en la superficie de los mares, por otro lado el aporte calorífico de la radiación solar permite convertir el agua en vapor de agua

Planta de tratamiento: Conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

1.7. Marco contextual

El área de influencia del trabajo se encuentra ubicada en el Instituto Tecnológico del Putumayo, Ciudad Mocoa y Departamento del Putumayo; según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del año 2001 del municipio, este se encuentra entre en el perímetro urbano y de expansión del municipio de San Miguel de Agreda de Mocoa; limitando con los barrios Villa Caimaron, Primero de Enero, Obrero segunda etapa, Luis Carlos Galán y al sur oeste limita con el predio de Corpoamazonia. Además, Las coordenadas planas con proyección Transverse Mercator son específicamente: 1047234.E 619570.N; 1047217.E; 619603.N; 1047194.E 619633.N; 1047168.E 619680.N; 1047113.E 619760.N; 1047092.E 619794.N.

Mapa 1. Zonificación departamento del Putumayo.



Fuente. Plano 1/10 Plano perímetro urbano, PBOT de Mocoa 2001

Mapa 2. Zonificación del perímetro urbano en el municipio de Mocoa.



Fuente. Plano 1/10 Plano perímetro urbano, PBOT de Mocoa 2001

2. Metodología

2.1. Fase de documentación:

En esta etapa de documentación se procede a realizar una revisión bibliográfica seleccionar y analizar la información necesaria para la selección de las herramientas que permitan el desarrollo del software.

Como primer dato importante para el diseño del software se tiene la tabla de análisis fisicoquímicos del agua, también se utiliza los resultados de volumen de captación, tomados del trabajo "CARACTERIZACIÓN DEL AGUA LLUVIA CAPTADA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO SEDE MOCOA, TENIENDO EN CUENTA LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE" realizado por Narváez y Arango (2016).

Tabla de parámetros fisicoquímicos.

Tabla 3: parámetros fisicoquímicos

PARÁMETRO	RAS TÍTULO B	MUESTRA UNO			MUESTRA DOS			MUESTRA TRES					
		SALÓN	ADM	LAB	AIRE LIBRE	SALÓN	ADM	LAB	AIRE LIBRE	SALÓN	ADM	LAB	AIRE LIBRE
Turbiedad (UNT)	5	0,46	0,00	0,00	0,64	1,62	0,24	1,3	1,02	0,13	5,27	0	0
Color	15	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Olor	Ninguno	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning
Sabor	Ninguno	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning	Ning
Cloruros	<250	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitritos (mg/L)	0.1	0.016	0.015	0.023	0.019	0.017	0.033	0.015	0.018	0.013	0.014	0.019	0.014
Hierro (mg/L)	0.3	0.06	0.05	0.03	0.05	0.02	0.04	0.05	0.08	0.06	0.02	0.01	0.03
Fosfatos (mg/L)	0.2	0.4	0.2	0.7	0.4	2.4	2.4	1.1	2.8	5.3	2.2	2.5	4.9
Nitratos (mg/L)	10	1.4	1.22	1.27	1.7	6.8	3.4	5.2	0.8	0.3	3.7	0.9	0.3
Alcalinidad (mg/L)	100	17	10	21	15	14	10	5	5	16	14	7	8
Dureza (mg/L)	160	15	20	12	15	10	20	25	25	15	30	25	20
pH	6-9	6,99	7,11	6,83	6,75	6,42	6,54	6,46	6,09	6,7	6,62	6,66	6,34
Oxígeno disuelto (mg/L)	>=4	9,3%	9,2%	9%	9%	9%	9,2%	9%	9,1%	9%	9%	9%	9%
Coliformes totales (UFC/100ml)	Ausente	160			140			60			40		

Fuente: Narváez y Arango(2016)

Imagen 1: resultados Volumen de captación

RESULTADOS VOLUMEN DE CAPTACIÓN									
Mes	Precipitación promedio, Ppl (l/m ²)	Días al mes	Demanda, DI (m ³ /mes)	Demanda acumulada, Dal (m ³ /mes)	Oferta, AI (m ³ /mes)	Oferta, AJ (m ³ /mes)	Oferta acumulada, Aal	Volumen, VI (m ³ /mes)	Potencial de Ahorro de Agua Potable, PPWS (%)
Enero	200,6	15	43,05	43,05	47,99	47,18	47,18	4,13	109,60
Febrero	227,1	22	63,14	106,19	54,32	53,41	100,59	-5,60	94,73
Marzo	273,1	20	57,4	163,59	65,32	64,23	164,83	1,24	100,76
Abril	383,5	22	63,14	226,73	91,73	90,20	255,03	28,30	112,48
Mayo	442,3	20	57,4	284,13	105,79	104,03	359,06	74,92	126,37
Junio	473,5	20	57,4	341,53	113,25	111,37	470,42	128,89	137,74
Julio	411,3	21	60,27	401,80	98,38	96,74	567,16	165,36	141,15
Agosto	348	21	60,27	462,07	83,24	81,85	649,01	186,94	140,46
Septiembre	296,3	20	57,4	519,47	70,87	69,69	718,70	199,23	138,35
Octubre	237,2	21	60,27	579,74	56,73	55,79	774,48	194,74	133,59
Noviembre	236	20	57,4	637,14	56,45	55,51	829,99	192,85	130,77
Diciembre	214,8	21	60,27	697,41	51,38	50,52	880,51	183,10	126,25

Fuente: Narváez y Arango (2016)

Además, se toma como referencia el "DISEÑO DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO Y DE TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO" Rivas y Guiza (2016).

Tabla 4: Dimensión de equipos

No.	Equipo	Largo (L)(m)	Ancho (B)(m)	Altura (H)(m)	Diámetro (Ø)(m)	Observaciones
1	Sedimentador	12,25	1,6	2,53	-	
2	Filtración	10	6,48	1,9	-	La altura del lecho filtrante es de 1,1 m.
3	Dosificador	-	-	-	-	El dosificador maneja caudal de cloro líquido de 3,12 ml/s
4	Tanque de almacenamiento (1)	-	-	4,38	8	
5	Tanque de almacenamiento (2)	18	6	2,04	-	

Fuente: Rivas y Guiza (2016)

2.2. Fase de reconocimiento

Para poder determinar las herramientas más adecuadas para el desarrollo del software, se toma como base la metodología aplicada por ROCHE Y SUAREZ en el trabajo denominado ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE, PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LOS PROYECTOS DE GRADO EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS APLICANDO UNA METODOLOGÍA ÁGIL.

2.2.1. Selección de herramientas

Para la creación de la aplicación, se optó por la utilización de herramientas para el desarrollo de aplicaciones WEB, con el objetivo de que el software sea multiplataforma, es decir que se puede ejecutar en la gran mayoría de dispositivos, sin importar el sistema operativo que estos ejecuten, y esto es posible llevarlo a cabo, debido a que una aplicación WEB, puede ser ejecutada a través del navegador con el que cuente el dispositivo. Cabe mencionar que la aplicación, inicialmente se creará una aplicación portable, que ejecutará en segundo plano los servidores Apache, PHP y MySQL, y así el usuario puede acceder desde su equipo sin necesidad de tener conexión a internet. Así mismo es importante mencionar que dicha aplicación web podrá ser ejecutada en cualquier servidor web, con el objetivo de acceder a través de internet.

- Selección del gestor de base de datos:

Un sistema gestor de base de datos (SGBD), es que permite la creación, gestión y administración de base de datos y que provee de las estructuras necesarias tanto para el almacenamiento y búsqueda de la información. En la actualidad existe multitud de SGBD y que en su gran mayoría utilizan una estructura relacional y entre los cuales podemos mencionar:

- Mysql
- Microsoft SQL Server
- Oracle
- Microsoft Acces
- PostgreSQL
- DB2
- SQLite

A pesar de mencionar estos grandes motores de base de datos, algunos de ellos, como, por ejemplo: MySQL o Microsoft SQL Server cuentan con características avanzadas y que a la vez los convierten en motores menos flexibles. Aunque dicho lo anterior, MySQL es un SGBD altamente portable, que permite ejecutarse en la mayoría de sistemas operativos, por lo cual lo hace apto para la implementación en el actual proyecto. Realizando un análisis a los requisitos del sistema, se pudo establecer que es necesario contar con un gestor flexible, que requiera la mínima configuración posible, aunque para su funcionamiento, MySQL requiere de un servidor, en la actualidad contamos con múltiples programas que lo ejecutan de manera portable y muy efectivo, lo cual permitirá realizar una instalación limpia en cualquier usuario, sin necesidad de realizar ninguna configuración en el servidor de base de datos. Entre algunas de sus características, podemos mencionar:

- Aprovecha la potencia de sistemas multiprocesador, gracias a su implementación multihilo.
- Soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas.
- Dispone de API's en gran cantidad de lenguajes (C, C++, Java, PHP, etc).
- Gran portabilidad entre sistemas.
- Soporta hasta 32 índices por tabla.
- Gestión de usuarios y contraseñas, manteniendo un muy buen nivel de seguridad en los datos.

- Condición de open source de MySQL hace que la utilización sea gratuita y se puede modificar con total libertad.
- Se puede descargar su código fuente. Esto ha favorecido muy positivamente en su desarrollo y continuas actualizaciones.
- Es una de las herramientas más utilizadas por los programadores orientados a la web.
- Infinidad de librerías y otras herramientas que permiten su uso a través de gran cantidad de lenguajes de programación.
- MYSQL, es el manejador de base de datos considerado como el más rápido de Internet.
- Gran rapidez y facilidad de uso.
- Infinidad de librerías y otras herramientas que permiten su uso a través de gran cantidad de lenguajes de programación.
- Fácil instalación y configuración.

Teniendo en cuenta estas características, podremos crear una aplicación multiplataforma, que pueda ser utilizada en la gran mayoría de los dispositivos. Cabe aclarar que algunas de estas características también dependerán del lenguaje de programación utilizado.

- Selección del lenguaje de programación:

De la misma manera como en el punto anterior, existen gran variedad de lenguajes de programación y que entre los más destacados podemos encontrar: PHP, Javascript, Python, Ruby, ASP/ASP.NET y Java.

El utilizado para el actual proyecto es el lenguaje de programación PHP, que como mencionamos anteriormente, se creará una aplicación Cliente – Servidor, siendo PHP el lenguaje encargado de la gestión del lado del servidor, una de las características fundamentales para elegir este lenguaje, es su compatibilidad con la mayoría de sistemas operativos, y que se ejecuta en un servidor web, haciendo posible acceder desde cualquier dispositivo. Es importante mencionar

que, para la facilidad de muchas tareas, como, por ejemplo: conexión a la base de datos, render de vistas, fácil aplicación de la metodología MVC, etc. Se decidió utilizar un framework denominado CodeIgniter.

Para el mejor manejo visual de la interfaz de usuario se utiliza el framework CSS, Twitter Bootstrap, acompañado del lenguaje de programación del lado del cliente, JavaScript, encargado de realizar la validación de los datos, antes de ser enviada al servidor. De igual manera se utiliza la librería de JavaScript, jQuery, para el mejoramiento de una gran cantidad de funciones, tanto en el apartado lógico como visual de la aplicación.

2.2.2. Elaboración de manuales

Tanto para la elaboración del manual de usuario y del programador, como para la validación de información obtenida en el sistema, se utilizó una metodología mixta; la cual permite determinar o definir el proceso del trabajo.

- **Manual de programador:** Es el documento en el cual se explica todo el funcionamiento interno del sistema, desde el lenguaje que se utiliza hasta la definición de cada uno de sus métodos y procedimientos.
- **Manual de usuario:** en este documento se explica el funcionamiento del programa, es decir cómo se debe utilizar cada una de las herramientas que el sistema contiene.

2.2.3. Validación de la información:

Para realizar este procedimiento se hace una prueba, la cual consiste en ir llenando información con el objetivo de convalidarlo de forma manual aplicando las respectivas formulas y comparando los resultados de ambos procesos y así determinar efectividad y confiabilidad del sistema.

3. Resultados

Dando cumplimiento al diseño metodológico, se tomó datos específicos que permitan establecer el diseño de un software para simular una planta de tratamiento de agua apta para consumo humano, para el instituto tecnológico del putumayo, usando aguas lluvias como fuente de captación.

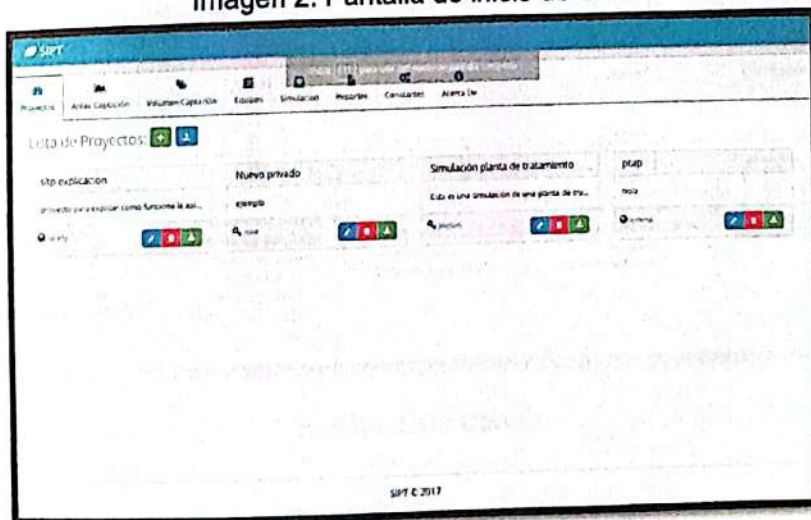
Como resultado de este trabajo se obtiene:

3.1. SIPT

SIPT es una aplicación desarrollada para el cumplimiento de esta investigación muy fácil y sencilla de utilizar, la cual permite ingresar datos y automáticamente calcular el volumen que la planta va a tratar, las dimensiones de los equipos que harán parte del sistema de tratamiento.

Además, permite realizar la simulación de la planta en la que se podrá evidenciar como funcionaria el sistema determinando la remoción y la eficiencia de los equipos una vez el agua haya pasado por cada proceso.

Imagen 2: Pantalla de inicio de SIPT



Fuente: Este trabajo

Imagen 3: Reporte de parámetros



SIPT

Simulación del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano para el Instituto Tecnológico del Putumayo, usando aguas lluvia como fuente de captación

Simulación planta de tratamiento

Par.	REJILLAS				TANQUE				SEDIMENTADOR				FILTRO			DOSIFICADOR				
	E	S	R	EF	E	S	R	EF	E	S	R	EF	E	S	R	EF	E	S	R	EF
1	50	50.00	00	NA	50	50	0	0	50	50	0	0	50	12.5	37.5	75	12.5	2.5	10	80
2	40	40.00	0	NA	40	70	30	75	70	70	0	0	70	126	56	80	126	126	0	0

Par: Parámetros

E: Entrada

S: Salida

R: Remoción

EF: Eficiencia

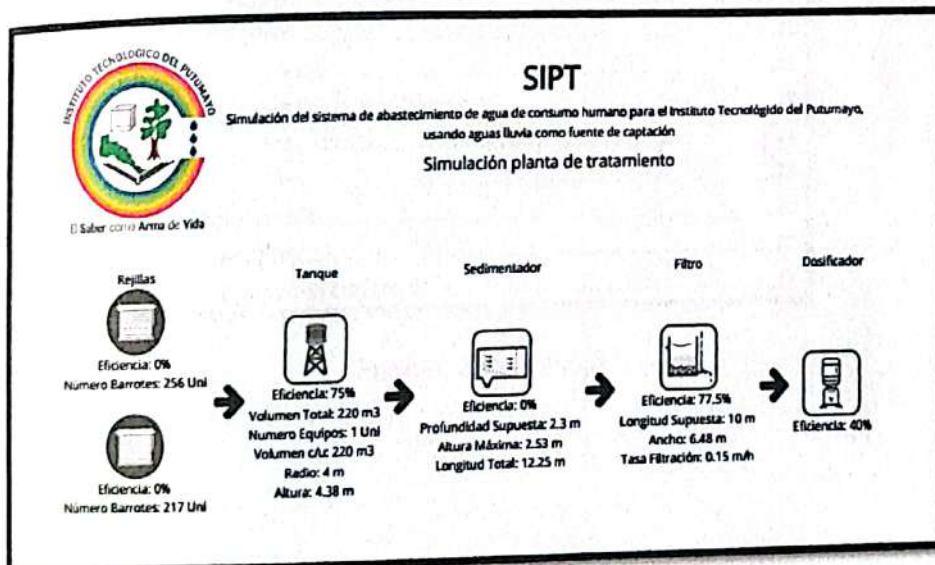
NA: No aplica

1: Turbiedad:

2: Oxígeno:

Fuente: Este trabajo

Imagen 4: Diagrama de flujo



Fuente: Este trabajo

3.2. Manuales

3.2.1. Manual de usuario:

En este documento se explica detalladamente la manera de ingresar y utilizar la aplicación SITP, de una forma fácil y segura, (ver anexo 1).

Imagen 5: Tabla de contenido manual de usuario

TABLA DE CONTENIDO	
INTRODUCCIÓN	5
1 DESCRIPCIÓN GENERAL	6
1 ACCESO AL SISTEMA	7
1.1 Acceso mediante la página Web:	7
1.2 Acceso mediante la instalación:	7
1.2.1 Requisitos de instalación	8
1.2.2 Instalación del sistema	8
2 CONOCIENDO LA APLICACIÓN "SIPT":	14
2.1 Crear un proyecto nuevo	16
2.2 Áreas de captación	17
2.3 Volumen de Captación	19
2.4 Equipos	20
2.4.1 Rejillas	20
2.4.2 Tanque de almacenamiento	22
2.4.3 Sedimentador	24
2.4.4 Filtro	27
2.5 Simulación	28
2.6 Reporte	32
2.7 Abrir un proyecto creado	33

Fuente: Este trabajo

3.2.2. Manual de programador

Por medio de este se da a conocer información como lenguaje, herramientas que se utilizaron para la creación del software SITP (ver anexo 2).

Imagen 6: Tabla de contenido Manual de programador

TABLA DE CONTENIDO			
INTRODUCCION	5	9.1.2 Models	33
1 DESCRIPCIÓN GENERAL	6	9.1.3 Views	33
2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	7	9.1.4 Resources	34
3 REQUISITOS DE PROGRAMACIÓN	7	9.2. La interfaz	34
3.1 Requisitos de Software	7	9.2.1 Listar proyectos	35
3.2 Requisitos recomendados de Hardware	7	9.2.2 Nuevo proyecto	35
4 REQUISITOS DE INSTALACION	8	9.2.3 Admin_reportar	36
4.1 Requisitos de software	8	9.2.4 Listar áreas	37
4.2 Requisitos de hardware	8	9.2.5 Listar volumen	37
5 INSTALACION PROGRAMADOR	8	9.2.6 Listar rejillas	38
5.1 Instalación del servidor web, lenguaje de programación y gestor de base de datos	8	9.2.7 Listar tanque	39
6 INSTALACION DEL SISTEMA	12	9.2.9 reporte equipos	40
7 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	16	9.2.10 Listar simulacion	41
7.1 Requerimientos funcionales	16	9.2.11 Listar constantes	44
7.2 Requerimientos no funcionales	17	9.2.14 acerca de	45
8 DISEÑO DEL SISTEMA	18	9.3. Definición de los objetos	46
8.1 Diagramas de casos uso	18	9.3.1 Controllers	46
8.2 Diseño de la base de datos	24	9.3.2 Models	70
9 PROGRAMACION DEL SISTEMA	32		
9.1 Definición de las clases	32		
9.1.1 Controllers	32		
9.1.2 Models	33		

Fuente: Este trabajo

3.3. Validación de la información

A continuación, se muestra comparativa de resultados obtenido en el trabajo desarrollado por Rivas y Guiza (2016), Narváez y Arango (2016) y el este trabajo de investigación.

3.3.1. Áreas de captación:

Imagen 7: áreas de captación

AREA DE CAPTACIÓN				
	Datos		Área	Unidades
Sala múltiple	altura 1	4,1	171,38	m2
	altura 2	5,2		
	Largo	19,26		
	Ancho	8,83		
	Tangente	0,124575331		
	hipotenusa	8,90		
Aulas 113-114	altura 1	2,6	147,53	m2
	altura 2	4,9		
	Largo	16,9		
	Ancho	8,89		
	Tangente	0,1912261		
	hipotenusa	9,05		

Fuente: Narváez y Arango (2016)

Imagen 8: áreas de captación SIPT

Nombre ¹	Altura 1'	Altura 2'	Largo'	Ancho'	Tangente	Hiptensura	Area
1 sitio multiple	41	52	19,25	8,83	0,1246	0,2003	171,3003
2 sitio 1113-114	26	43	15,3	8,09	0,1912	9,0511	147,5326

Fuente: Este trabajo

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las áreas de captación del trabajo de Narváez y Arango (2016)¹ con los valores obtenidos mediante la aplicación SIPT², se puede afirmar que se presenta un margen de error menor al 0,1% ($9,09E^{-13}$).

3.3.2. Volumen de captación

Imagen 9: volumen de captación

RESULTADOS VOLUMEN DE CAPATACIÓN									
Mes	Precipitación promedio, Ppi(l/m ²)	Días al mes	Demanda, DI (m ³ /mes)	Demanda acumulada, Dal (m ³ /mes)	Oferta, AI (m ³ /mes)	Oferta, AI (m ³ /mes)	Oferta acumulada, Aal	Volumen, VI (m ³ /mes)	Potencial de Ahorro de Agua Potable, PPWS (%)
Enero	255	15	29,8725	29,87	60,99	59,98	59,98	30,10	200,77
Febrero	260	22	43,813	73,69	82,19	61,15	121,13	47,44	164,38
Marzo	340	20	39,83	113,52	81,32	79,97	201,09	87,58	177,15
Abril	390	22	43,813	157,33	93,28	91,73	292,82	135,49	186,12
Mayo	470	20	39,83	197,16	112,42	110,54	403,37	206,21	204,59
Junio	465	20	39,83	236,99	111,22	109,37	512,73	275,74	216,35
Julio	430	21	41,8215	278,81	102,85	101,14	613,87	335,06	220,17
Agosto	395	21	41,8215	320,63	94,48	92,90	706,77	386,14	220,43
Septiembre	270	20	39,83	360,46	64,58	63,50	770,27	409,81	213,69
Octubre	225	21	41,8215	402,28	53,82	52,92	823,19	420,91	204,63
Noviembre	245	20	39,83	442,11	58,60	57,62	880,82	438,70	199,23
Diciembre	250	21	41,8215	483,93	59,80	58,80	939,62	455,68	194,16

Fuente: Narváez y Arango (2016)

¹ Sumatoria de las áreas de captación del trabajo de Narváez y Arango (2016) es igual a 318.91 m²

² Sumatoria de las áreas de captación obtenidas en este trabajo es igual a 318.912995 m²

Imagen 10: volumen de captación SIPT

MES	POP	CM ²	D ₁	D ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	V ₁	V ₂	PPWS
ENERO	255	15	29 487,5	75 881,9	40 587,1	58 975,8	58 975,8	58 975,8	58 975,8	58 975,8	255 871,0
FEBRERO	285	22	43 326,0	73 727,5	42 190,0	61 551,5	61 551,5	61 551,5	61 551,5	61 551,5	285 871,0
MARZO	340	28	29 817,0	113 672,5	81 327,9	79 367,4	79 367,4	79 367,4	79 367,4	79 367,4	340 871,0
ABRIL	370	22	41 835,0	187 429,6	93 289,9	81 771,7	81 771,7	81 771,7	81 771,7	81 771,7	370 871,0
MAYO	470	20	38 830,9	187 259,5	112 416,8	112 543,7	112 543,7	112 543,7	112 543,7	112 543,7	470 871,0
JUNIO	465	20	38 830,9	217 102,9	111 220,8	109 387,2	109 387,2	109 387,2	109 387,2	109 387,2	465 871,0
JULIO	430	21	41 842,5	278 853,0	192 849,4	191 135,1	191 135,1	191 135,1	191 135,1	191 135,1	430 871,0
AGOSTO	389	21	41 842,5	320 769,5	94 477,9	82 803,8	82 803,8	82 803,8	82 803,8	82 803,8	389 871,0
SEPTIEMBRE	270	26	38 850,5	268 846,5	94 579,9	82 523,5	82 523,5	82 523,5	82 523,5	82 523,5	270 871,0
OCTUBRE	275	21	41 842,5	492 481,9	53 816,6	52 918,8	52 918,8	52 918,8	52 918,8	52 918,8	275 871,0
NOVIEMBRE	245	20	33 850,0	442 219,9	58 403,2	57 423,8	57 423,8	57 423,8	57 423,8	57 423,8	245 871,0
DICIEMBRE	215	21	41 842,5	404 172,6	59 794,2	58 799,8	58 799,8	58 799,8	58 799,8	58 799,8	215 871,0

Fuente: Este trabajo

Al comparar los resultados obtenidos en el volumen de captación del trabajo de Narváez y Arango (2016)³ y el resultado obtenido por medio de la aplicación SIPT⁴, se observa que los valores de cada uno de las variables tienen un margen de error del 1.5%

3.3.3. Rejillas

Imagen 11: cálculo de rejillas

Area techo sala multiple	171,38	m ²
Ancho del canal	0,1	m
Longitud Canaleta 1	19,26	m
Caudal 1	5,3770475	m ³ /h
Separación entre barros	0,05	m
Ancho del barrote	0,025	m
Grado de Colmatación	30	%
Intensidad agua lluvia	0,11295	m/h
Area util del canal en rejilla 1	8,99	m ²
Número de barrotes 1	256	uni

Fuente: Narváez y Arango (2016)

³ Sumatoria de volumen de captación del trabajo de Narváez y Arango (2016) es igual a 3228.88 m³/mes

⁴ Sumatoria de volumen de captación de este trabajo es igual a 3227.31 m³/mes 3227.31

Imagen 12: cálculos de Rejillas SIPT

Área de Captación	Área múltiple	
Ancho del Canal	0.1	m
Longitud de la cascada	19.26	m
Separación entre barreros	0.05	m
Ancho del barrero	0.025	m
Grado de Comarcaliza	20	%
Intensidad Agua Lluvia	0.11295	m ³ /h
Área	171.5003	m ²
Caudal	5.3771	m ³ /h
Área útil del Canal	6.4650	m ²
Número de Barreros	256	u

Fuente: Este trabajo

En el trabajo de Rivas y Guiza (2016), se observa que en los cálculos correspondientes a las rejillas se obtiene un caudal igual a 5,37704 m³/h y mediante SIPT el valor del caudal es de 5,3771, por lo tanto se puede afirmar que el porcentaje de error es menor del 0,1%

3.3.4. Tanque

Imagen 13: cálculos del Tanque de almacenamiento

DATOS	UNIDADES	VALOR
Volumen total	455,00	m ³
Numero de equipos	2	un.
Volumen tanque	227,5	m
Radio tanque	2,5	m
Altura tanque	11,5864799	m

Fuente: Rivas y Guiza (2016)

Imagen 14: tanque SIPT

Volumen Total	455.0000	m ³
Numero de bobinas	2	u
Volumen cada Tanque	227.5000	m ³
Radio	1	m
Altura	72.4155	m

Fuente: Este trabajo

Comparando los resultados obtenidos en este equipo mediante SIPT y el trabajo de Rivas y Guiza (2016), se aprecia que el valor del volumen en los dos es de 455 m³, por lo tanto se afirma que no hay porcentaje de error.

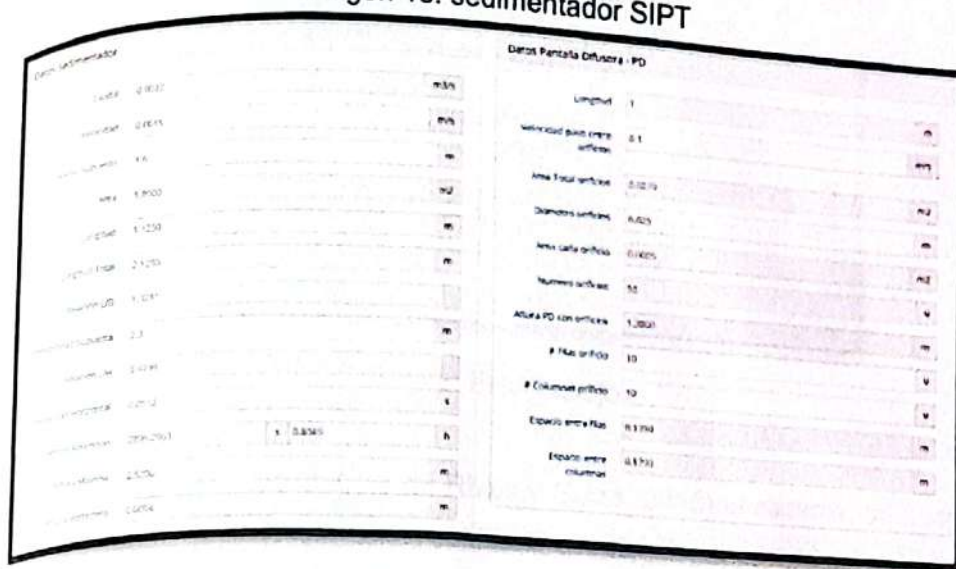
3.3.5. Sedimentador

Imagen 15: cálculos sedimentador

DATOS			
CAUDAL	0.0027		
VELOCIDAD	0.0015		
ANCHO SUPUESTO	1.8		
LONG PANTALLA DIFUSORA	3		
PANTALLA DIFUSORA			
VELOCIDAD PASO ENTRE ORIFICIOS	0.1	AREA	1.80
AREA TOTAL ORIFICIOS	0.027	LONGITUD SED	1.120
DIAMETRO ORIFICIOS	0.020	LONGITUD TOTAL	2.120
AREA CADA ORIFICIO	0.00049087	RELACION L/B	1.82820
NUMERO DE ORIFICIOS	55.0029403	PROFUNDIDAD SUPUESTA	2.1
ALTURA PANTALLA DIFUSORA CON ORIFICIOS	1.38	RELACION L/H	0.9291304
NUMERO FILAS ORIFICIO ADOPTADO	10	VELOCIDAD HORIZONTAL	0.05524297
NUMERO DE COLUMNAS ORIFICIO ADOPTADO	10	TIEMPO DE RETENCION	2296.2963
ESPACIO ENTRE FILAS	0.138	ALTURA MAXIMA	2.53
ESPACIO ENTRE COLUMNAS	0.178	ALTURA SOBRE EL VERTEDE	0.00949354

Fuente: Rivas y Guiza (2016)

Imagen 16: sedimentador SIPT



Fuente: Este trabajo

Para realizar un análisis comparativo en este equipo se toma como referencia el valor del tiempo de retención, el cual en los dos trabajos es igual con un valor de 2896,2963 segundos, por lo que se puede afirmar que el margen de error es del 0%.

3.3.6. Filtro

Imagen 17: cálculos de filtro

Caudal		0,0027 m ³ /s
Tasa de sedimentación		0,15 m/h
Área de filtración	64,8 m ²	
Longitud supuesta	10 m	
Ancho	6,48 m	
Altura de lechos filtrantes		
Capa	Tamaño grava (mm)	Espesor del medio
1	1-2,5	0,1
2	0,5-1,0	0,1
3	0,3-1,0	0,9
Total		1,1

Fuente: Rivas y Guiza (2016)

Imagen 18: filtro SIPT

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal	0.102	m ³ /s
Total Filtracion	0.15	m ³
Area Filtracion	94.2000	m ²
Longitud Superficie	10	m
Arena	4.4000	m
Rendimiento	0.10	m
Altura	0.50	m ²

Fuente: Este trabajo

Al ingresar los datos del trabajo de Rivas y Guiza (2016) al sistema, se puede observar que se obtiene resultados similares, sin ningún porcentaje de variación.

Teniendo en cuenta los valores del margen de error obtenidos se puede afirmar que el porcentaje de error que tendría la planta es del 0.2%

CONCLUSIONES

- Se optó por la utilización de tecnología web para el desarrollo del software, por su amplia utilización en la actualidad por cualquier tipo de dispositivo, desde los sistemas móviles, hasta los dispositivos de escritorio. Así mismo por su gran escalabilidad, y estar en la capacidad de ser desplegado en un servidor web, y acceder desde cualquier parte del mundo, sin importar el dispositivo en el que se conecte.
- Así mismo, se reconfirma que la utilización del lenguaje de programación PHP junto al Framework Codeigniter, ayudó en gran medida al desarrollo óptimo y rápido de la aplicación, debido a sus grandes herramientas que nos brinda; junto a JavaScript, que nos permite realizar grandes implementaciones para ofrecerle al usuario una gran facilidad de uso de nuestro sistema. Otra gran implementación, el Framework Bootstrap, que nos permitió colmar a nuestro sistema de una interfaz limpia, óptima y funcional.
- De igual forma, se concluye: que se dejó preparado un manual de usuario, explicando detalladamente todas las funciones con la que cuenta el sistema, que permiten al usuario una mejor experiencia, así mismo, se elabora el manual del programador, para facilitar el entendimiento de la lógica del sistema, para futuros cambios .
- Se realiza la confiabilidad de la información suministrada por el sistema, realizando los mismos procesos de una manera manual, con el objetivo de comparar la información y tomar las medidas necesarias para corrección de errores. Dicho proceso se realiza a cabo mediante la inserción de la información en el sistema y que con su funcionalidad de cálculos en tiempo real poder corroborar de una manera eficiente la información. Y para reconfirmar la información, se realiza un análisis detallado de toda la información generada por el sistema en los reportes PDF.

RECOMENDACIONES

Como primer paso es necesario que el usuario antes de ejecutar el programa lea cuidadosa y detalladamente el manual de usuario que se anexa al presente trabajo.

Si se requiere realizar alguna modificación o actualización al sistema es altamente recomendable leer el manual de programador para identificar las herramientas que se utilizan para hacer los respectivos cambios.

Para el adecuado funcionamiento local de la aplicación, es necesario que el equipo del usuario, cuente con el software instalado: "Microsoft Visual C++ 2008 Redistributable x86".

Como dato importante se recomienda, que al ingresar los valores en cada una de las casillas se utilice punto (0.4) y no coma (0,4), al colocar coma el sistema no realiza los cálculos pertinentes.

Para que el sistema funcione de manera más rápida y segura se recomienda utilizar el navegador de Google Chrome.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de ambiente. Ley 373 de 1997 recuperado el 3 de diciembre de 2016

de

[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.p](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)

df

Alcaldía de Mocoa. Plan de desarrollo municipal. Recuperado el 31 de mayo de

de

2017

[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/plan%20de%20desarrollo%20-%20mocoa%20\(79%20pag%20-%201254%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/plan%20de%20desarrollo%20-%20mocoa%20(79%20pag%20-%201254%20kb).pdf)

Instituto tecnológico del putumayo. Plan de desarrollo institucional. Recuperado

el

31

de

mayo

de

2017

de

<file:///C:/Users/usuario1/Downloads/plandesarrolloinstitucional2012.pdf>

Gobernación del Putumayo. Plan de desarrollo departamental. Recuperado el 31

de

mayo

de

2017

de

http://www.putumayo.gov.co/images/documentos/planes_y_programas/orden_726_16.pdf

Universidad politécnica de Cartagena. MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS A PRESIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS. Recuperado el 8 de octubre de 2016 de

df

[https://www.upct.es/hidrom/publicaciones/Tesis_pfc/PFC_MMarGracia_2006.p](https://www.upct.es/hidrom/publicaciones/Tesis_pfc/PFC_MMarGracia_2006.pdf)

Ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Resolución 2115 de 2007. Recuperado el 3 de diciembre de 2016 de

<http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Documents/resolucion%202115%20de%202007,MPS-MAVDT.pdf>

SciELO. Ingeniería hidráulica ya ambiental. Recuperado el 8 de octubre de 2016
de <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382014000100008>

Natalia palacio Castañeda. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia. Recuperado el 8 de octubre de 2016 de
<<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>>

CCM. Lenguajes de programación. Recuperado el 19 de noviembre de 2016 de
<<http://es.ccm.net/contents/304-lenguajes-de-programacion>>

Universidad centro-occidental Lisandro Alvarado. Simulación de sistemas de abastecimiento de agua y de drenaje. Recuperado el 14 de enero de 2017 de
<<http://www.ucla.edu.ve/dcivil/regacademico/Planes/09084.pdf>>

Joan Amir Arroyave Rojas. Programa de ahorro y uso eficiente del agua en la institución universitaria colegio mayor de Antioquia. Recuperado el 13 de noviembre de 2016 de
<http://www.colmayor.edu.co/archivos/payuea_iu_colegio_mayor_de_ant_hdjm3.pdf>

SIRH. Demanda. Recuperado el 13 de noviembre de 2016 de
<<http://capacitacion.sirh.ideam.gov.co/homeSIRH/HOME/demanda-n3.html>>

Programación orientada a objetos. Capítulo I. recuperado el 14 de enero de 2017 de
<<http://dis.um.es/~jfernand/0506/dai/poo.pdf>>

Características de aplicaciones web. Recuperado el 12 de enero de 2017 de
<<http://estudiantealdeunare3irmadj.blogspot.com.co/p/caracteristicas-de-aplicaciones-web.html>>

TRATAMIENTO DE AGUAS. ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS. Recuperado el 30
de agosto de 2016 de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Treatment-Processes.html>.

Ejemplos tiw, Patrón de arquitectura MVC. Recuperado el 1 de septiembre de 2016 de
<http://www.lab.inf.uc3m.es/~a0080802/RAI/mvc.html>.

PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS. Programación orientada a objetos capítulo
recuperado el 1 de septiembre de 2016 de
<http://luis.izqui.org/resources/ProgOrientadaObjetos.pdf>

AGUAS LLUVIAS. THE CITY OF FALLS CHURCH VIRGINIA INCORPORATED.
Recuperado el 1 de septiembre de 2016 de <http://www.fallschurchva.gov/1373/Aguas-Pluviales-y-Planicie-Inundable>.

DUQUE, G. MANUAL DE INGENIEROS (CAP 8 TRATAMIENTO DE AGUAS).
Recuperado el 30 de agosto de 2016 de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap8.pdf>.

SEDAPAL, evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. (Tratamiento de agua,
coagulación-floculación). Recuperado el 30 de agosto de 2016 de
http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154.