



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO
DE AGUA LLUVIA PARA RIEGO DE JARDINES EXTERNOS, HUERTO
ECOLÓGICO E INODOROS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES DE LA UISEK."

Realizado por:

CAROLINA ABIGAIL MARCIAL GALLARDO

Director del proyecto:

ING. ALONSO MORETA

Quito, 4 agosto del 2016

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, CAROLINA ABIGAIL MARCIAL GALLARDO, con cédula de identidad # 1722787049, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Carolina Abigail Marcial Gallardo

C.I. 1722787049

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA RIEGO DE JARDINES EXTERNOS, HUERTO ECOLÓGICO E INODOROS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES DE LA UISEK."

Realizado por:

CAROLINA ABIGAIL MARCIAL GALLARDO

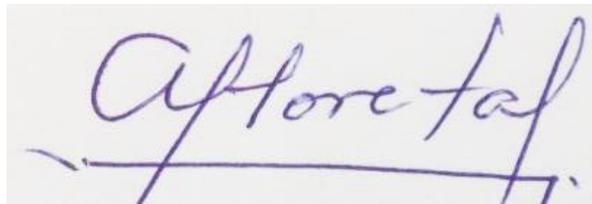
como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO/A AMBIENTAL

Ha sido dirigido por el profesor:

ALONSO MORETA

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

A handwritten signature in blue ink, reading "Alonso Moreta", with a horizontal line underneath.

Ing. Alonso Moreta

DIRECTOR

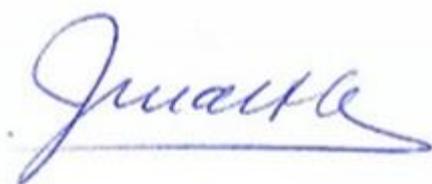
LOS PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

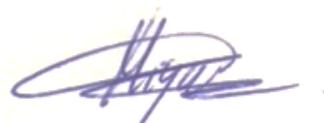
MSc. Fabio Villalba

PhD. Miguel Martínez

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador.



MSc. Fabio Villalba



PhD. Miguel Martínez

DEDICATORIA

A mi Dios, que día a día me dio las fuerzas para culminar mi carrera.

A mi madre Soledad y a mi padre Gonzalo.

A hermanos Daniela, Antonella, Felipe y Joselyn.

A mis sobrinos que me motivan ser una mejor persona.

A mis abuelitas Albita y Judith.

A mi familia.

Los amo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me alentó cuando no pude más, me sostuvo en sus brazos y me dio palabras de aliento para continuar siempre a lo largo de este tiempo. A mis padres Sole y Chalito mil gracias sin ustedes no soy nadie, los amo, gracias no tengo palabras para agradecerles, todo lo que me han enseñado y todo lo que me han dado, siempre estaré en deuda...

A mi Dani, Anto, Joselaina y Feli gracias por ser mis eternos alcahuetes, por soportar mi genio, por estar conmigo. A mis pequeños gigantes que desde el momento en el que nacieron se robaron mi corazón, ustedes le dan alegría a mi vida Jadeh, Arianna, Ariel y Pazita.

¡Abuelitas Judith y Albita, por enseñarme a luchar por mis sueños, que mujeres para perfectas!, no tengo medida para medir el amor que siento al verlas. A mis tías, mis tíos, primas y primos, son parte fundamental de este largo camino, gracias por los consejos, por apoyarme y estar cada vez que los necesitaba.

¡A mi querido profesor Alonsito Moreta, por ser un guía que me dio fuerza cuando se presentaron problemas, por su paciencia, por sus regaños, por su fe en mí, por sus consejos!, gracias por ser un pilar fundamental en este proyecto, por motivarme a ser mejor.

A Katty Coral y Esteban Oviedo, por sus enseñanzas, gracias por ser la guía de nosotros. A Miguel Martínez y Fabio Villalba que me guiaron en la tesis con sus conocimientos y experiencia, junto con Pablo Castillejo. A todos los profes de la Facultad por su aporte en nuestra vida estudiantil y profesional.

¡A mis amigos como no mencionarlos! Ely, Martini, Naty, Joyce, Michu, Thali, Carlitos y Ari. Que hermoso tenerlos en mi vida. Por enseñarme que las verdaderas amistades se llevan en el corazón, se apoyan y se dan ánimo para continuar, por juntos tener los mejores recuerdos, las risas a carcajadas, los llantos. Más que mis amigos, mis hermanos. Los amo.

A Michelle Falconí y Fausto Segovia dos grandes amigos y hermanos en fe, los quiero chicos, gracias por sus palabras de aliento. ¡A mis mejores amigos Esteban y Jhonnie por todos estos años de amistad, por escucharme, por ser mis ángeles, pendientes de mí como no darles las gracias por estar conmigo en todo momento!

Resumen

El cambio climático está ligado a la sobre explotación de recursos naturales, el uso excesivo de agua para actividades de uso doméstico y de riego hacen que exista una sobre demanda de agua, lo cual va a ser más evidente conforme avance el tiempo y las necesidades del ser humano crezcan. Para mitigar este problema se propone el aprovechamiento de agua lluvia con fines de riego y utilización en inodoros en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK ubicada en el campus Miguel de Cervantes. Los sistemas se diseñaron en base a un análisis histórico de precipitaciones utilizando la estación meteorológica de la Universidad Internacional SEK, con el propósito de ahorrar y sustituir agua potable por agua de lluvia ahorrando de esta manera este valioso recurso. En cuanto a los beneficios se puede decir que el sistema para el huerto ecológico abastecería las necesidades de riego, para el sistema de abastecimiento para inodoros abastecería un 12.84% debido a que las precipitaciones son bajas en el área.

Palabras clave: Precipitación, escorrentía, sistemas de almacenamiento.

Summary

Climate change is linked to over-exploitation of natural resources, excessive use of water for activities household and irrigation mean that there is an over-supply of water, which will become more evident as time goes on and needs of the human being grow. To mitigate this problem, the use of rain water for irrigation and use in toilets at the Faculty of Natural and Environmental Sciences at the International University SEK located in the Miguel de Cervantes campus is proposed. The systems are designed based on a historical analysis of rainfall using the weather station SEK International University, in order to save and replace drinking water by rainwater thus saving this valuable resource. As for the benefits it can be said that the system would cater for the organic garden irrigation needs for the supply system for toilets would supply 12.84% because rainfall is low in the area.

Keywords: Precipitation, runoff, storage system

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Descripción del tema	1
1.1.2. Antecedentes	1
1.1.3. Importancia del estudio	2
1.1.4. Objetivos	2
1.1.5. Características del sitio del proyecto.....	3
CAPÍTULO II	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Estudios previos del tema.....	5
2.1.1 Gestión de agua lluvia como prevención de riesgos urbanos.....	5
2.2 Estado Actual del conocimiento científico.....	6
2.2.1 Ciclo hidrológico.....	6
2.2.2 Captación de agua de lluvia.....	6
2.2.3 Tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).....	8
2.3 Modelos de captación de agua lluvia en el Mundo, América y Ecuador.	9
2.4 Marco Legal	11
2.4.1 Acuerdo Ministerial 097.....	11
2.5 Marco Conceptual	11
CAPÍTULO III	15
3 METODOLOGÍA	15

3.1	Procedimientos	15
3.1.1.	Procedimientos de campo.....	15
3.1.1.1	Determinación de los puntos de muestreo.....	16
3.1.1.2	Muestras compuestas.....	18
3.1.2	Procedimientos de oficina	18
3.1.2.1.	Recopilación de Datos.....	19
3.1.3.	Procedimientos de Laboratorio.....	22
CAPÍTULO IV		28
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1	Análisis de datos: Precipitación.....	28
4.2	Cálculo de la Evapotranspiración y Balances Hídricos del suelo.....	31
4.3	Cálculo del Balance Hídrico del suelo.	32
4.4	Sistema de almacenamiento de Agua de lluvia para Huerto Ecológico del campus Miguel de Cervantes.	38
4.5	Diseño de sistema de recolección de agua lluvia en el campus Miguel de Cervantes para inodoros de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.....	42
CAPÍTULO V		57
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1	Conclusiones	57
5.2	Recomendaciones.....	58
CAPÍTULO VI.....		59
6	BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS.....		64
	Anexo 1: Sólidos Sedimentables.....	64

Anexo 2: Sólidos Disueltos	65
Anexo 3: Cloruros	66
Anexo 4: Sulfatos	67
Anexo 5: Nitritos	68
Anexo 6: Coliformes fecales	69
ANEXO FOTOGRÁFICO	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Días de muestro de agua de lluvia en el Campus Miguel de Cervantes. Universidad Internacional SEK	16
Tabla 2: Excel desarrollado por Universidad de Salamanca de España, ETP fórmula de Thornthwaite	20
Tabla 3: Excel desarrollado por la Universidad de Salamanca para el cálculo del Balance Hídrico.....	21
Tabla 4:Consumo Teórico de agua de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK.....	22
Tabla 5: Criterios de Calidad de aguas para riego agrícola, Acuerdo Ministerial 097	23
Tabla 6: Datos meteorológicos de la estación del INAMHI, Quito-Iñaquito.	28
Tabla 7: Datos Históricos de precipitación de la Universidad Internacional SEK, campus Miguel de Cervantes.	29
Tabla 8: Comparación de valores de precipitación registrados en el 2015.....	30
Tabla 9: Datos de temperatura correspondientes a la estación meteorológica del campus Miguel de Cervantes, Universidad Internacional SEK.	31
Tabla 10: Modelo para el cálculo de la ETP mensual mediante la Formula de Thornthwaite, Universidad de Salamanca.	32
Tabla 11: Balance Hídrico para una reserva máxima de 30 mm.	33
Tabla 12: Balance Hídrico para una reserva máxima de 50 mm.	34
Tabla 13: Cálculo de un Balance Hídrico para una reserva máxima de 100 mm.	35
Tabla 14: Balance Hídrico para una reserva máxima de 120 mm.	36
Tabla 15: Resultados de los Balances Hídricos.	37
Tabla 16: Población y Consumo de agua potable Campus Miguel de Cervantes UISEK	38

Tabla 17: Población y Consumo Real de agua potable en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.....	38
Tabla 18: Valores de referencia para el coeficiente de escorrentía en diferentes superficies..	39
Tabla 19: Presupuesto utilizado para el sistema de riego.....	40
Tabla 20: Coeficientes de Variación	43
Tabla 21: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	45
Tabla 22: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.	45
Tabla 23: Cantidad de agua consumida por la FCNA.....	47
Tabla 24: Consumo de Agua de la Universidad Internacional SEK en m ³ y USD	52
Tabla 25: Consumo de agua en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales en m ³ y en USD.....	52
Tabla 26: Gasto teórico de Agua en la FCNA	53
Tabla 27: Parámetros de calidad de agua de riego, acuerdo ministerial 097.	54
Tabla 28: Parámetros de calidad de agua de riego, en base al acuerdo ministerial 097.	54
Tabla 29: Parámetros analizados en laboratorio basados en el acuerdo ministerial 097	55
Tabla 30: Resultados de coliformes fecales en agua de lluvia, muestras compuestas. Acuerdo ministerial 097.....	56

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Descripción del tema

El alcance de este proyecto se extiende hasta el diseño y la propuesta de un sistema de recolección de agua lluvia, dicha agua recolectada deberá ser caracterizada para determinar su calidad. Este sistema se basó en datos de pluviometría obtenidos de la Estación Meteorológica de la UISEK y los datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), el proyecto está ubicado en el Campus “Miguel de Cervantes” en Carcelén.

El sistema de recolección tiene como fin aprovechar el agua de lluvia y así disminuir los gastos en cuanto a utilización de agua para riego y la utilización de agua de lluvia en inodoros, cubriendo de tal modo parte de las necesidades que la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales tiene.

Este trabajo es de vital importancia ya que se incluyó dentro del marco de desarrollo sostenible de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, debido a que se estará aprovechando un recurso natural como es el agua de lluvia. Para ello se realizó un análisis de datos de pluviometría de los últimos quince años con información del INAMHI y se complementaron con los datos de los últimos tres años de la estación meteorológica de la Universidad Internacional SEK.

1.1.2. Antecedentes

El agua es el recurso natural más importante para la vida dentro del planeta, pues es difícil que alguna actividad se pueda realizar sin ella. Las actividades antropogénicas como la contaminación, deforestación y la sobreexplotación han causado una gran problemática a la calidad de este recurso. En el Ecuador, la gestión del recurso hídrico es una tarea prioritaria y permanente que debe realizarse en todo el territorio con miras a racionalizar su conservación y el mejor aprovechamiento (CEPAL, 2012)

La recolección de agua lluvia es una alternativa viable a los sistemas de distribución para el suministro de agua y han sido empleados por culturas pre-hispánicas (Sanabria & Pérez, 2012, p 17)

Algunas cuestiones sobre las que se puede actuar para implementar un uso sustentable del agua, es la reutilización del agua de lluvia recogida en las cubiertas como techos y terrazas de los establecimientos, para usos como el riego de jardines, limpieza de espacios comunes en edificios y sanitarios (CEPAL, 2012)

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en una situación de vulnerabilidad en cuanto al abastecimiento de agua. El consumo de agua potable en Quito es alto y no logra bajar los 200 litros diarios por habitante, consumo que en verano asciende a 220 litros diarios per cápita. La EPMAPS monitorea permanentemente los niveles de los embalses para prever si los caudales permitirán atender la demanda. Actualmente la demanda de la ciudad es de 8 m³/s cuando la demanda debe ser de 7.5 m³/s (EPMAPS, Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento - Agua de Quito , 2015)

Las consecuencias del Cambio Climático están presentes en la ciudad de manera que, la temperatura promedio se ha elevado, la presencia de períodos de sequía es más fuerte, como el que se vivió el pasado verano (CEPAL, 2012 & El Comercio, 2015).

1.1.3. Importancia del estudio

Dar el manejo adecuado al agua lluvia es una técnica de desarrollo sostenible, lo que permitirá diseñar un sistema de recolección que sirva para dotar de agua de riego al huerto y ahorrar agua potable en los inodoros y servicios de la Facultad de Ciencia Naturales y Ambientales de la UISEK

1.1.4. Objetivos

1.1.4.1. *Objetivo General*

Diseñar un sistema de recolección de agua lluvia, en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, en el Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK, a partir de los datos obtenidos de precipitaciones de la estación meteorológica de la Universidad

Internacional SEK y del INAMHI para su reutilización en inodoros y riego en el huerto ecológico y jardines externos.

1.1.4.2. Objetivos Específicos

- Recolectar datos de pluviometría de los últimos 15 años, los datos serán obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad Internacional SEK y del INAMHI, para cálculo del caudal disponible.
- Identificar posibles puntos de recolección de agua lluvia, a través de la topografía del lugar para el diseño de la infraestructura.
- Analizar la calidad de agua recolectada, mediante análisis de laboratorio para determinar el uso pertinente.
- Cálculo de los costos de construcción de la infraestructura básica para recolectar el agua lluvia.

1.1.5. Características del sitio del proyecto.

El área de estudio se encuentra en el edificio de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK en el Campus Miguel de Cervantes, en la calle Alberto Einstein y 5ta transversal s/n, al norte de la ciudad de Quito, Ecuador que tiene coordenadas 17 m 078006 UTM 9989833.



Fuente: Google Earth, 2016.

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Estudios previos del tema

2.1.1 Gestión de agua lluvia como prevención de riesgos urbanos.

En cuanto a la política de aguas en el 2000, la Unión Europea organiza la gestión de las aguas superficiales, continentales de transición, aguas costeras y subterráneas, para prevenir y reducir la contaminación, con el fin de animar su uso sostenible de esta manera mejorar los sistemas acuáticos y atenuar los efectos de sequías e inundaciones (Cobelas, Catalán, & García de Jalón, 2006). El cuarto foro mundial del Agua, reafirmó la importancia de este recurso, como un medio de desarrollo sustentable. En este foro se incluye además la necesidad de incluir el agua y el saneamiento como una prioridad en procesos nacionales, habla además de la prioridad y la importancia que tiene el manejo de aguas lluvias (Adler, Carmona, & Bojalil, 2008)

En la ciudad de Quito se creó el Plan de Acción Climático de (Barrera, y otros, 2012), el cual consta de acciones concretas destinadas al desarrollo sustentable, mediante el apaciguamiento de la crisis climática y el enfrentamiento de ella. Este plan tiene como objetivo principal a un Quito verde, en donde puedan intervenir autoridades, instituciones y la comunidad, esto se llevaría al cabo por un sistema de gestión de recursos y del medioambiente, aquí intervienen además sistemas de ahorro. En cuanto a las acciones del plan se pueden mencionar las que están direccionadas al cambio climático y una de ellas es la creación de un sistema metropolitano de información climática, el objetivo es generar información que sirva de sustento para decisiones en las cuales se reduzcan los impactos sobre la adaptación de variaciones naturales o antropogénicas.

Se tomó en cuenta el objeto de estudio que es el agua de lluvia y su enfoque principal es su captación en un medio urbano como es el caso de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK, ubicado en el campus Miguel de Cervantes.

Como se mencionó anteriormente se usaron datos de precipitación proporcionados por el INAMHI, también se realizó un estudio sobre la cantidad de agua lluvia aprovechable, se determinó el sitio adecuado para el almacenamiento de captación de agua de lluvia y la caracterización de la misma, se comparó con los parámetros y el máximo permisible para Calidad de agua de riego, si esta agua no cumple con los parámetros requeridos se hará un tratamiento previo.

2.2 Estado Actual del conocimiento científico

2.2.1 Ciclo hidrológico

El agua en la naturaleza se presenta bajo diversas formas y estados. Pero estas diversas formas y estados del agua obedecen a leyes físicas. Todos estos cambios que tienen lugar en el agua natural, se los conoce como ciclo hidrológico. En este ciclo el agua se mueve constantemente desde la atmósfera a la tierra, pasa por los diferentes ecosistemas; vegetación, animales y suelo, por la corteza terrestre hacia lagos, ríos y océanos, para finalmente regresar hacia la atmósfera. En este ciclo se pueden y se dan muchas interacciones entre los diferentes elementos. (Martínez & Joaquín, 1996)

La influencia del ser humano sobre los recursos hídricos es muy compleja, debido a que el agua tiene muchos usos debido al amplio rango de necesidades que satisface, como ya se sabe el agua es indispensable para el desarrollo de la vida como tal, lo cual le hace indispensable, como agente dinámico.

2.2.2 Captación de agua de lluvia

Se entiende por captación y aprovechamiento del agua de lluvia a todo tipo de estructura técnica, simple o compleja receptora, que tiene el fin de aumentar la cantidad de agua de lluvia que se almacena, de esta manera el agua puede ser utilizada en diversas actividades sean estas de riego o de aprovechamiento doméstico, dependiendo de las características físicas, químicas y biológicas del agua y de la cantidad de agua almacenada, esta depende de la precipitación del lugar y del área de captación. (FAO, 2013) & (CEPIS, 2004)

La captación de agua de lluvia es un medio para obtener agua de consumo y agrícola. Es utilizada en lugares del mundo donde la precipitación es media o alta y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad. (CEPIS, 2004)

Existe un mal uso de la precipitación, esto contribuye a un problema de escasez y contaminación, debido a que no solo no se aprovecha el agua de lluvia, si no también es desperdiciada después de ser canalizada en las coladeras y posteriormente al drenaje, el agua se mezcla con aguas negras, jabonosas y residuos industriales, lo que la convierte en un agua no apta para ningún tipo de actividad, sea doméstica, de recreación o industrial. (Adler, Carmona, & Bojalil, 2008)

En cuanto a la planificación y gestión de agua de lluvia, esta agua es utilizada para la prevención de riesgos urbanos y regionales. Si los sistemas de captación se incluyeran ampliamente en la arquitectura y en la normativa urbanística se ahorraría agua potable, se prevenirían inundaciones, sequías y riesgos urbanos en zonas de ladera de gran inestabilidad se mitigarían desastres esto como adaptación al cambio climático (Pacheco, 2010)

Los sistemas de captación de agua de lluvia dependen de factores técnicos, económicos y factor social; el factor técnico se refiere a la producción u oferta y la demanda del agua, el factor económico es la relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema, el área de captación y el volumen de almacenamiento y el factor social son los hábitos y costumbres que pueden afectar la sostenibilidad del sistema (CEPIS, 2004)

Existen varios tipos de sistemas de recolección de agua lluvia entre los que se pueden mencionar están los sistemas de captación de agua de lluvia en los techos en general tienen los siguientes componentes: captación, recolección, conducción, interceptor y almacenamiento (CEPIS, 2004), y los sistemas de gestión de agua de lluvia por escorrentía que se explican a continuación.

Debido al incremento de suelos impermeables a causa de la urbanización, aumenta la escorrentía de las precipitaciones, lo que da como efecto el aumento de los caudales máximos aguas abajo. (EPMAPS, 2016)

En cuanto a la gestión de agua lluvia por escorrentía, se desarrollaron los Sistemas de Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Los SUDS incluyen el planteamiento, diseño y gestión

de agua lluvia y entre sus aspectos principales incluyen: medioambiente, sociales, hidrológicos e hidráulicos (Perales & Doménech, 2006)

Los SUDS minimizan impactos en ciclos hidrológicos por medio de prácticas de control en la fuente, reduciendo la entrada de contaminantes a las aguas lluvias de escorrentía, y de prácticas que incentivan el manejo del agua lluvia en el lugar donde se producen, realizando tratamientos temporales, fomentando la detención y la infiltración. Fomentan además las recargas en acuíferos mediante procesos de percolación, pueden también recrear zonas verdes donde se desarrollan hábitats y se puede aumentar la biodiversidad. Estos SUDS pueden utilizarse en combinación con los sistemas de drenaje convencional o como una alternativa de los mismos (Perales & Doménech, 2006)

2.2.3 Tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)

2.2.3.1 Drenaje Urbano

El drenaje convencional está dividido en las siguientes fases: canalizar, controlar aguas residuales y dirigir las escorrentías que son producidas por las aguas de tormenta, las cuales limitan el riesgo de inundaciones, estas aguas son llevadas a un medio receptor (Jiménez & Galizia, 2012, pp 97)

2.2.3.2 Franjas de Pasto

Son franjas de pasto muy pobladas con poca pendiente, creadas con el fin de mejorar la calidad de agua, a través de procesos como filtración y de sedimentación mediante la escorrentía. Como pretratamiento se las combina con trincheras y con estanques para disminuir los riesgos de colmatación y así se aumenta la vida útil de estas franjas. Una ventaja de este método es que no necesitan mantenimiento ya que las partículas contaminantes son tratadas y absorbidas por la vegetación (Castro, 2011)

2.2.3.3 Trincheras

Las trincheras son excavaciones de poca profundidad rellenas con grava gruesa, generando una zona de almacenamiento temporal de agua, su evacuación se realiza por medio

de la percolación o por medio de tubería perforada, este método SUDS va junto con franjas de pasto, además proporciona un aumento de la calidad del agua lluvia filtrada (Castro, 2011)

2.2.3.4 Canales Vegetados

Son estructuras longitudinales, cubiertas de vegetación son usadas para almacenar y transportar el agua lluvia, mediante el escurrimiento laminar. Estas estructuras permiten el aumento de la calidad de agua, por medio de la sedimentación, debido al flujo laminar los sólidos suspendidos caen por su propio peso (FAO, 2013)

2.2.3.5 Jardines de Bioretención

Suelen ser depresiones o jardines usado para el amortiguamiento y el tratamiento primario de aguas de lluvias, mediante propiedades físicas y químicas de las plantas. Estos sistemas involucran procesos de sedimentación, absorción, percolación (donde el suelo lo permite), evaporación, descomposición y bioremediación. Estos procesos anteriormente mencionados en especial el último sirve para degradar contaminantes utilizando plantas. (Prince George's County, 2001 en Castro, 2011, pp. 25)

2.2.3.6 Filtros de Arena

Son sistemas que se utilizan para el amortiguamiento del agua lluvia y para tratar esta misma agua. Son muy populares en Estados Unidos, se deben diseñar de tal manera que su mantenimiento sea fácil y sean de bajo costo (Castro, 2011, pp. 26)

2.3 Modelos de captación de agua lluvia en el Mundo, América y Ecuador.

Hablando específicamente de países como Inglaterra, Alemania, Japón, el agua de lluvia es aprovechada en edificios, cuyos sistemas de recolección y disposición del agua es destinada a baños y sistemas de lucha contra incendios, esto ahorra alrededor del 15% del recurso. (Ballén, Galarza, & Orlando, 2006)

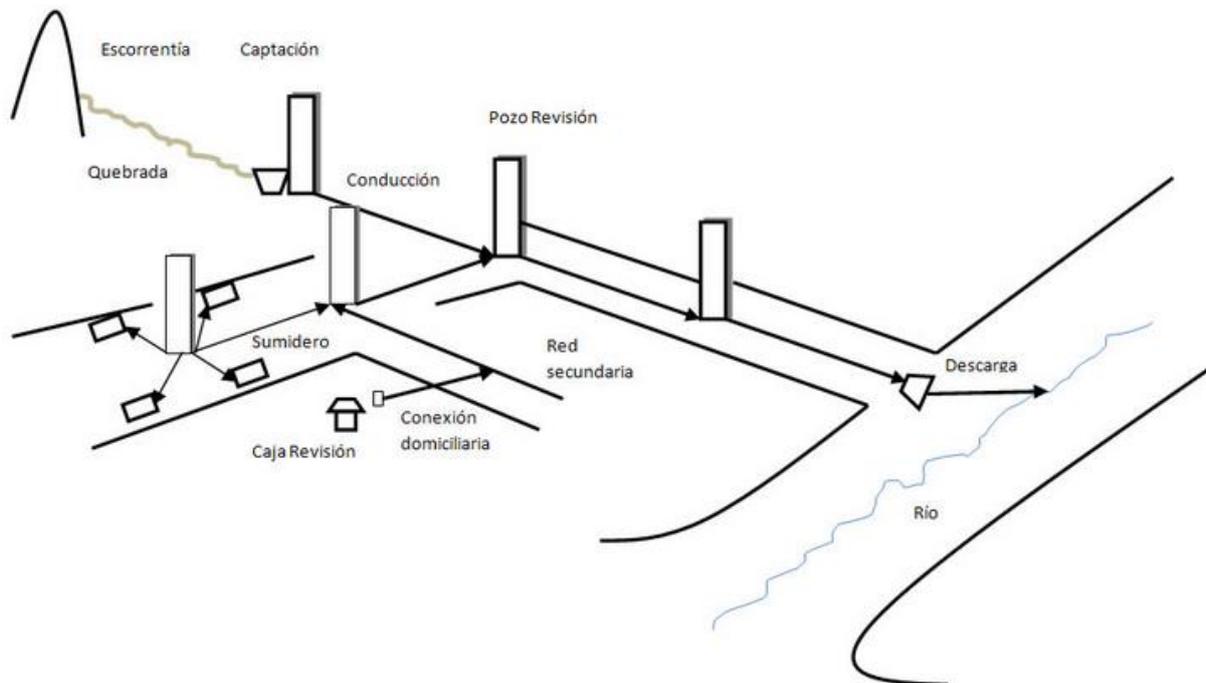
En la India varia la disposición final del agua, ya que es utilizada para regadíos, esta ciudad crea políticas encaminadas en captación de agua lluvia en ciudades como Bangalore o Delhi.

En China se encuentra ubicado uno de los sistemas más grandes de captación de agua lluvia, el cual abastece a cerca de cinco millones de personas en quince provincias. (Quevedo, 2013)

Por otro lado, Brasil tiene un programa de construcción de cisternas rurales para aumentar el suministro en la zona semiárida del noreste. En el pacífico colombiano las zonas rurales tienen un difícil suministro de agua para lo cual utilizan sistemas de recolección con tanques de almacenamiento (Soluciones Hidropluviales, 2011)

En Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) existe una red de alcantarillado la cual mantiene un régimen combinado de recolección de agua de lluvia y agua servidas, funciona a gravedad y sus componentes principales son: estructuras de captación, colectores principales, redes secundarias, conexiones domiciliarias, cajas de revisión domiciliarias, pozos, sumideros y descargas. A continuación, se presenta un gráfico de cómo funciona el sistema de alcantarillado en el DMQ. (EPMAPS, Agua de Quito, 2014)

Figura 1: Representación del sistema de alcantarillado del DMQ



Fuente: (EPMAPS, 2014)

2.4 Marco Legal

De acuerdo a la Constitución de la República del Ecuador, en el Capítulo segundo con respecto a los Derechos del Buen Vivir, Sección primera – Agua y Alimentación.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (Asamblea Nacional Constituyente, 2008)

2.4.1 Acuerdo Ministerial 097

Para realizar el diseño de captación de agua, se van a comparar el resultado de los análisis de las muestras tomadas, con los máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097, numeral 5.1.3 Criterios de Calidad de aguas de uso agrícola o de riego, en la Tabla 3 y Tabla 4. Ya que en la actualidad en la República del Ecuador no existe normativa que determine máximos permisibles en cuanto a calidad de agua de lluvia.

2.5 Marco Conceptual

2.5.1 Precipitación

La OMS define a la precipitación como el producto sólido o líquido de la condensación del vapor de agua que forman las nubes y que es depositada desde el aire sobre la superficie terrestre. Estos productos incluyen la lluvia, el granizo, la nieve, el rocío, la escarcha y la niebla. La medición de este parámetro es particularmente sensible a la exposición, viento y topografía de una zona geográfica. (INAMHI, 2014)

2.5.2 Cambio Climático y su impacto sobre el Ciclo Hidrológico

El cambio climático abarca una alteración de todos los componentes del ciclo hidrológico. En esta modificación, además de los procesos físicos que habitualmente se consideran al describir el ciclo del agua, tienen una gran relevancia el comportamiento de la cobertura vegetal, el uso del territorio y las extracciones de agua para usos humanos. (Martínez & Joaquín, 1996)

Según las predicciones de los modelos climáticos, se disminuirá la cantidad de agua disponible en los ríos y en los acuíferos, afectando negativamente a la cobertura de la demanda de abastecimiento de los procesos ecológicos y de las necesidades humanas.

El cambio climático tiene afectación directa sobre el aumento de las temperaturas medias terrestres, lo que agudiza los problemas de precipitación en muchas regiones del mundo. (IPCC/ONU, 2007)

Posibles cambios en el ciclo hidrológico causados por el cambio climático:

- Disminución de la precipitación total anual.
- Disminución del número de eventos de lluvia.
- Aumento de la energía de las precipitaciones, con posible agravamiento de los problemas (crecidas, inundaciones y erosión de la tierra).
- Aceleración de la escorrentía por disminución de la precipitación.
- Aumento de la evapotranspiración, con consecuencia en el aumento de aridez.
- Aumento de la contaminación por menor capacidad de dilución de efluentes y residuos industriales líquidos.

2.5.3 Evapotranspiración

La evapotranspiración es la suma de dos procesos diferentes; evaporación y transpiración.

2.5.3.1 Evaporación

Según Sánchez, (2010) la evaporación es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor, la sublimación es considerada también como evaporación, ya que cambia de sólido a vapor. La evaporación se produce:

- La superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación.
- Desde las superficies acuáticas
- Desde el suelo, el agua infiltrada que se evapora desde la parte más superficial del suelo.

La radiación solar, al impactar la superficie del suelo, crea condiciones propicias para que ocurra la evaporación del agua. Esta pérdida puede ser controlada mediante medidas que

eviten el sobrecalentamiento del suelo, como la propia vegetación y residuos vegetales (FAO, 2013)

2.5.3.2 Transpiración

Es un fenómeno natural que hace que las plantas pierdan agua hacia la atmósfera. Una vez que han tomado agua con sus raíces, participa de los sistemas funcionales de la misma es decir toma para su crecimiento, etc. y el resto vuelve a la atmósfera por medio de la transpiración. (Adler, Carmona, & Bojalil, 2008)

Debido a la dificultad de cuantificar por separado el volumen que evapora del suelo y el volumen transpirado por la planta, a la suma de los dos se los llama evapotranspiración.

3.5.4 Escorrentía

La escorrentía es la cantidad de lluvia que excede la capacidad de infiltración del suelo. Si la lluvia caída supera esa capacidad, el exceso escurre hacia arroyos, quebradas, ríos, lagos y océanos. Para realizar cálculos matemático-hidrológicos, el proceso de escorrentía normalmente se considera a una cuenca, denominada área de captación de la lluvia. (Núñez, 2001)

2.5.5 Infiltración

Es el ingreso vertical descendente del agua de lluvia a través de la superficie de un suelo no saturado con agua. Decece con el tiempo de registro de una tormenta. Es influenciada por las propiedades físicas del suelo: textura, estructura, contenido de materia orgánica, grado de humedad inicial y presencia de grietas causada por la condición mineralógica de suelos que tienen arcillas 2:1 expandibles. También es influenciada por la presencia de canalículos remanentes a causa de raíces muertas cuya mineralización y humificación deja espacios huecos en el suelo. (Núñez, 2001)

2.5.6. Permeabilidad

Capacidad que tiene un material para que lo atraviesen fluidos, aire o luz, sin perder la figura interna, la permeabilidad indica que su estructura interna es porosa o contiene un porcentaje de vacíos que están interconectados que permite el paso de otros elementos como por ejemplo el agua. (Subramanian, 2009)

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

Se midió el consumo de agua en la Universidad Internacional SEK – Campus Miguel de Cervantes, para determinar un aproximado de cuánta agua se utiliza en el riego de áreas verdes y cuánta agua es utilizada para descargas en inodoros en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

Se tomaron muestras de precipitación y de agua de esorrentía en diferentes puntos del Campus Miguel de Cervantes, estas muestras sirvieron para caracterización de agua. Los parámetros para analizar en laboratorio que fueron los expedidos en el Acuerdo Ministerial 097, y se comparó con los máximos permisibles de la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.

En base a lo anteriormente mencionado se investigó y diseñaron dos sistemas de recolección de agua de lluvia con los que es posible ahorrar agua potable en la Universidad Internacional SEK, Campus Miguel de Cervantes.

3.1 Procedimientos

3.1.1. Procedimientos de campo

Se recogieron muestras de agua de lluvia, en diferentes puntos del Campus Miguel de Cervantes con el fin de analizarlas en el laboratorio para determinar las características químicas, físicas y biológicas, en base a muestras compuestas con volúmenes iguales, hasta obtener 2 L de agua de lluvia, por cada día de lluvia dando un total de 3 muestras con diferentes fechas cada una.

Tabla 1: Días de muestro de agua de lluvia en el Campus Miguel de Cervantes. Universidad Internacional SEK

	Agua de Lluvia
1	25-Mayo-2016
2	27-Mayo-2016
3	30-Mayo-2016

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

3.1.1.1 Determinación de los puntos de muestreo

Mediante la observación y con la ayuda de mapas topográficos del Campus Miguel de Cervantes, se determinaron los puntos más bajos de las curvas de nivel, y los lugares donde la impermeabilización del terreno hacía que el agua se estanque, también se tomó muestras de solamente agua de lluvia. Los puntos de muestreo fueron:

- Cancha de Básquet
- Huerto Ecológico
- Escaleras de Emergencia de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales
- Cunetas de la entrada principal del Campus Miguel de Cervantes



Figura 2: Fotografía correspondiente a Cancha de Básquet. Tomada por: Carolina Marcial



Figura 3: Fotografía correspondiente a Huerto Ecológico. Tomada por: Carolina Marcial



Figura 4: Fotografía correspondiente a cunetas de la entrada principal del campus Miguel de Cervantes. Tomada por: Carolina Marcial

3.1.1.2 Muestras compuestas

En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Algunas veces el término "compuesta en tiempo (time-composite)" se usa para distinguir este tipo de muestras de otras. (Calderon, 1997) & (Ramalho, 2003)

Se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h. Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica. (Coral, 2014)

Basándose en la revisión bibliográfica se decidió hacer muestras compuestas ya que la cantidad de agua de lluvia no fue la suficiente como para hacer análisis por puntos de muestreo y los periodos de muestreo fueron uno por día de lluvia.



Figura 5: Fotografía correspondiente muestras de diferentes puntos del Campus Miguel de Cervantes. Tomada por: Carolina Marcial, 2016

3.1.2 Procedimientos de oficina

Se recopilaron datos de precipitación de los últimos 15 años del 2000 al 2015 del INAMHI, estación Quito - Iñaquito y de la estación meteorológica de la Universidad Internacional SEK en el campus Miguel de Cervantes de los últimos 3 años del 2014 al 2016,

con el fin de hacer un análisis comparativo de los datos. Se elaboraron diagramas de evapotranspiración y balances hídricos de suelo. Por último, se determinó la factibilidad de un sistema de almacenamiento de dicha agua en base a la cantidad de agua consumida por la población de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

3.1.2.1. Recopilación de Datos

La obtención de datos de precipitación se realizó por anuarios meteorológicos del INAMHI desde el 2000 hasta el 2015. La recolección de los datos de precipitación de la Universidad Internacional SEK fue tomada de la estación de marca Davis: Vantage PRO 2.

En los datos obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad Internacional SEK, se tuvo que completar las series de los años 2014 y 2015, una vez completados estos datos se calcula el valor de la media, desviación estándar y error absoluto, para obtener el análisis comparativo de las estaciones meteorológicas de Quito-Iñaquito y Quito-Carcelén de la estación de la Universidad Internacional SEK.

En cuanto al cálculo de la evapotranspiración se utilizó la fórmula de Thornthwaite, los cálculos están basados en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes este cálculo se desarrolló mediante un programa de Excel por la Universidad de Salamanca – España aplica dicha fórmula.

Tabla 2: Excel desarrollado por Universidad de Salamanca de España, ETP fórmula de Thornthwaite

Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite														
Introducir los datos en azul y EXCEL calculará lo demás														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Total
Temperatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ETP sin corr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
nº días mes	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31,0	
nº horas luz	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	
ETP corr.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
a=	0,492													

Fuente: (Sánchez, 2010)

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

En este programa se ingresan datos de temperatura, haciendo un promedio de los últimos tres años (2014, 2015, 2016) y se ingresó también un dato correspondiente a número de horas de sol, cuyo valor obtenido a partir de la bibliografía fue 12.1 h/día, este valor es constante debido a la ubicación geográfica del Ecuador. Con estos datos se obtuvo el cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite. (Sánchez, 2010)

Donde i: es el índice de calor mensual a partir de la temperatura media mensual (t) y se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Se calcula el índice de calor anual (I) sumando los 12 valores de i:

$$I = \sum i$$

ETP sin corregir mediante la fórmula:

$$ETP_{\text{sin corr.}} = 16 \left(\frac{10 t}{I}\right)^a$$

$ETP_{\text{sin corr.}}$ = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol.

t = temperatura media mensual en grados centígrados

I = índice de calor anual

$$a = 675.10^{-9}I^3 - 771.10^{-7}I^2 + 1792.10^{-5} + 0.49239$$

Corrección para n° de días del mes y el n° de horas de sol:

$$ETP = ETP_{Sin\ corr.} \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

ETP = evapotranspiración potencial corregida

N = número máximo de horas de sol, depende del mes y latitud

d = número de días al mes.

Los balances hídricos del suelo se realizaron mediante un programa Excel desarrollado por la Universidad de Salamanca – España con la ETP corregida y calculada como se explica en el apartado anterior, con los datos de precipitación de la Universidad Internacional SEK, se realizó con diferentes valores de reserva 30 mm, 50 mm, 100 mm y 120 mm.

Tabla 3: Excel desarrollado por la Universidad de Salamanca para el cálculo del Balance Hídrico

Introducir los datos en azul y EXCEL calculará lo demás											Reserva máxima (mm):			0
											Ene	Feb	Mar	Abr
P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,0
ETP corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0,0
ETR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
Déficit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
Reserva	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Excedentes		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0

Fuente: (Sánchez, 2010)

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Para la cantidad de agua consumida por los estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales primero se obtuvieron las planillas de consumo total de los

meses de marzo, abril y mayo del campus Miguel de Cervantes, luego se obtuvo el número total de estudiantes y docentes en toda la Universidad Internacional SEK dando un total de 1 617 personas, el número total de estudiantes y docentes de la Facultad es de 300 y se hace una regla de tres simple para sacar el consumo de agua y finalmente se dividió la cantidad de agua consumida por toda la Facultad para el número total de docentes y alumnos de la Facultad.

La cantidad de agua potable usada para los sanitarios es de 4 litros por estudiante, en un día 16 litros por persona; el agua potable usada para el riego del Huerto Ecológico es de 2 L x m² x día, en el huerto tiene un área de 44 m², si se lo riega 2 veces por mes, entonces para riego del huerto ecológico se utiliza 0.176 m³ mensuales.

Tabla 4: Consumo Teórico de agua de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales de la Universidad Internacional SEK

Actividad	Volumen	Gasto mensual
Descargas del WC	4 L	111 600 L = 111,6 m ³
Volumen * día * persona	12 L* 300 personas * 31 días	
Volumen de agua para riego	2L* 44m ² * 2 días	176 L= 0.176 m ³

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

3.1.3. Procedimientos de Laboratorio

Se realizó la caracterización del agua de lluvia para determinar las características químicas, físicas y biológicas, basándose en la Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola, también se utiliza la Tabla 4: Parámetros de los niveles de calidad de agua para riego. A continuación, se detallan cuáles son los criterios que se tomaron en cuenta, su definición y como se los midió.

Tabla 5: Criterios de Calidad de aguas para riego agrícola, Acuerdo Ministerial 097

Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.				
Parámetro	Expresado	Unidad	Método de Análisis	Límite de la Norma
Ph	pH	Adimensional	Sonda multiparámetros	6 a 9 Ligerio Moderado
Conductividad (μS/cm)	(μS/cm)	microSims/cm	Sonda multiparámetros	No registra valor
Salinidad (milimhos/cm)	mΩ/cm	milimhos/cm	Sonda multiparámetros	< 0,7 grado de restricción ninguno
Sólidos Sedimentables (mm/L)	SS	(mm/L)	APHA 2540 F	No registra valor
Sólidos Disueltos (mg/L)	SD	(mg/L)	APHA 2540 D	Grado de restricción: ninguno > 450 mg/L
Oxígeno disuelto (mg/L)	OD	(mg/L)	Sonda multiparámetros	Criterio de calidad 3 mg/L
Cloruros (mg/L)	Cl ⁻	(mg/L)	APHA 4500 Cl ⁻ F. Mercuric Thiocyanate.	Grado de restricción Ligerio moderado > 3 mg/L
Sulfatos (mg/L)	SO ₂	(mg/L)	APHA 8051 SO ₂ . SulfaVer 4 Method (0 to 70 mg/L)	Criterio de Calidad 250 mg/L
Nitritos de baja densidad (mg/L)	NO ₂	(mg/L)	APHA 8039 NO ₂ . Method NitraVer 5 Method (0 to 30 mg/L)	Criterio de calidad: Ligerio moderado
Coliformes Fecales	NMP	NPM/100mL	APHA part 9000	Máximo permisible 1000 NPM
Aceites y Grasas		Película Visible	Bajo el criterio de calidad: Ausencia	Criterio de calidad: Ausencia
Materia Flotante		Visible	Bajo el criterio de calidad: Ausencia	Criterio de calidad: Ausencia

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097, 2015)

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

3.1.3.1. pH

El pH es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración de los iones hidrógeno o, la actividad del ion hidrógeno. Es importante en casi todos los aspectos de la Ingeniería Ambiental (Coral, 2014). El pH es adimensional. La legislación ecuatoriana contempla rangos de pH para las aguas riego entre 6 – 9.

Se determinó mediante la sonda multiparámetros HACH, el pH es un parámetro in situ debido a que las características físicas del agua cambian, lo que se hizo fue introducir la sonda multiparámetros esperar 30 segundos y anotar el pH.



Figura 6: Fotografía correspondiente: Sonda medidora multiparámetros. Tomada por: Katty Coral, 2010

3.1.3.2 Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es un indicador de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura tiene una escasa conductividad. La conductividad casi en su totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas disueltas presentes. (Coral, 2014)

Para su determinación se utiliza un medidor de conductividad (conocido en la práctica como conductivímetro), cuyo fundamento es la medida de la resistencia del medio acuoso al paso de la electricidad. La unidad estándar de medida de la conductividad son los micro Simens por centímetro $\mu\text{S}/\text{cm}$. Existe una relación directa entre la cantidad de sales disueltas y la conductividad eléctrica. (Tejero, Suárez, Jácome, & Temprano, 2010)

3.1.3.3. Salinidad

Es el contenido de sal disuelta en un cuerpo de agua, aunque el término también es válido para referirse al contenido salino en Suelos. Esta característica está definida por el contenido de la sustancia de Cloruro de sodio tanto en suelos como en el agua. se define como el número total de gramos de sales inorgánicas disueltas en 1 Kg de en este tipo de agua. (EcuRed, 2016). Este parámetro se lo pudo medir in situ es decir en el momento preciso de recolección del agua de lluvia con la sonda multiparámetros.

3.1.3.4. Sólidos Sedimentables (SS)

Es la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

3.1.3.5. Sólidos Disueltos

O también llamados sólidos suspendidos pueden ser partículas orgánicas o inorgánicas, o ser líquidos inmiscibles. Estos materiales son a menudo contaminantes naturales que resultan de la acción erosiva del agua al fluir sobre las superficies. Se separan por decantación y filtración. Los sólidos suspendidos pueden incluir organismos causantes de enfermedades tales como cepas productoras de toxinas. Los sólidos en suspensión pueden originar el depósito de fangos y lodos (Coral, 2014 & Tejero, et al. 2010)

3.1.3.6. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es un parámetro que determina la solubilidad de un gas en el agua, mg O₂/L, es un importante indicador de la calidad del agua ya que es el factor fundamental para el desarrollo de la vida acuática, los peces requieren elevadas concentraciones de oxígeno disuelto, en tanto que las bacterias requieren bajas. (Coral, 2014)

Para que el agua se considere poco contaminada, la concentración de oxígeno debe ser al menos superior al 50 % del valor de saturación del efluente a las condiciones de presión temperatura ambientales. Este parámetro se lo midió in situ mediante la sonda multiparámetros.

3.1.3.7. Cloruros

Se encuentran en el agua natural y proceden de la dilución de los suelos y rocas que las contienen y están en contacto con el agua, además se presentan por intrusión de agua salada y

aguas negras. Concentraciones altas pueden causar problemas de calidad de aguas para riego y de sabor de aguas para reuso. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

3.1.3.8. Sulfatos

Los sulfatos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Las aguas de minas y los efluentes industriales contienen grandes cantidades de sulfatos provenientes de la oxidación de la pirita y del uso del ácido sulfúrico. Se sabe que los sulfatos de sodio y magnesio pueden tener acción laxante, por lo que no es deseable un exceso de los mismos en las aguas de bebida. (Gomez, 2006)

3.1.3.9. Nitritos

La presencia de nitrógeno oxidado (nitritos y nitratos) en el agua residual doméstica es casi siempre nula. Cuando se detecta valores significativos de nitrógeno oxidado se debe, en la mayoría de los casos, a la composición del agua de abastecimiento. En el agua potable el límite máximo de nitrato es de 50 mg/L. (Tejero, Suárez, Jácome, & Temprano, 2010)

Son considerados altamente tóxicos, el envenenamiento por nitritos en animales jóvenes, incluyendo el hombre se debe a la menor acidez en el intestino infantil, siendo absorbido por la corriente sanguínea. El nitrito tiene mayor afinidad con la hemoglobina que con el oxígeno y lo reemplaza en el complejo sanguíneo, transformándolo en metahemoglobina causante del “síndrome del bebe azul”, debido a que la metahemoglobina no transporta oxígeno a las células, produciéndose asfixia (Coral, 2014)

3.1.3.10. Coliformes Fecales

Son un grupo de bacterias que incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. Por constituir un grupo muy numeroso, 2×10^{11} organismos por persona por día, en los excrementos humanos, se usan como indicadores de contaminación, por organismos patógenos, en el agua. El hecho de que los *Aerobacter* y ciertos *Escherichia* pueden crecer en el suelo, no permite afirmar siempre que la presencia de coliformes la cause la contaminación fecal. (Coral, 2014)

3.1.3.11. Aceites y grasas

Este parámetro se encuentra en altas concentraciones, especialmente en aguas negras, grises y efluentes de hoteles y restaurantes, representan un 10% de la materia orgánica de estas

aguas. Son poco solubles en agua por ser hidrófobas, y solubles en disolventes orgánicos. Su biodegradación es muy lenta. Los ácidos grasos se pueden saponificar dando lugar a la formación de jabones. (Coral, 2014)

3.1.3.12. Materia Flotante

Todo aquel material que quede retenido en una malla entre 2,8 mm y 3,3 mm. de abertura. El criterio de calidad fue presencia o ausencia y al encontrar insectos y hojas en el agua de lluvia se lo califica como presencia. (Industrial, 2000).

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de datos: Precipitación.

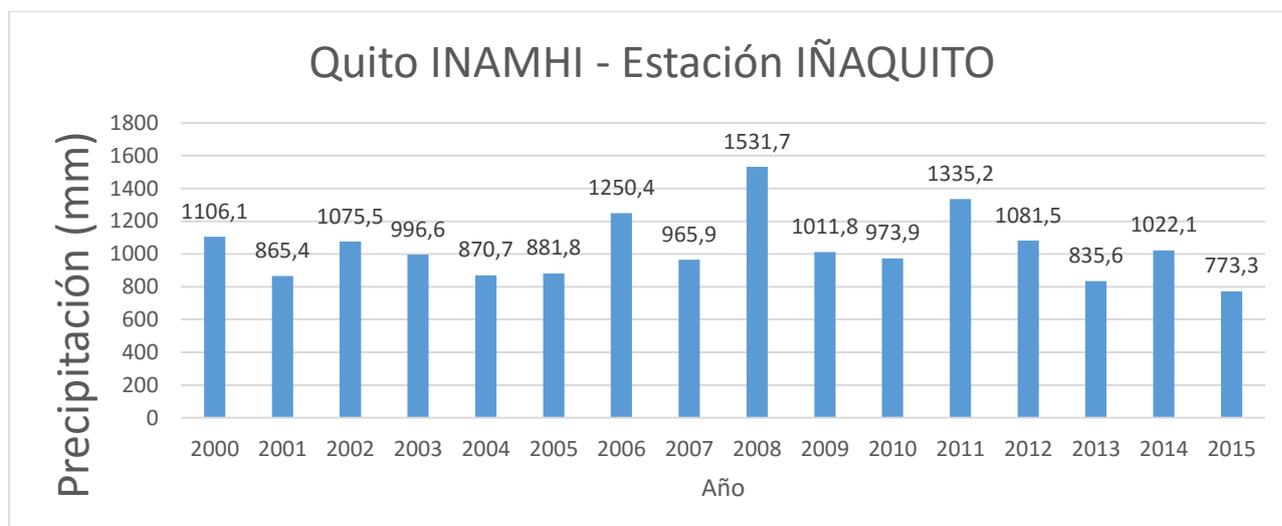
En cuanto a la obtención de datos de precipitación de los anuarios meteorológicos del INAMHI se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6: Datos meteorológicos de la estación del INAMHI, Quito-Iñaquito.

QUITO INAMHI- IÑAQUITO													
Año/ Mes	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Valor Anual (mm)
2000	177,3	165,8	149,5	187,6	123,8	66,4	22,1	9,7	67,3	43,8	16,7	76,1	1106,1
2001	84,1	63,9	186,4	63,1	88,8	8,5	35	0	94,6	9,3	113,6	118,1	865,4
2002	36,6	59,1	123,1	256,6	133,1	37,3	8,2	9,8	19,2	144,6	95	152,9	1075,5
2003	25,4	79,1	100,9	244,6	28,7	54,1	15,7	0	67,8	117,7	159,4	103,2	996,6
2004	56	34,4	75,2	156,3	113,8	11	6,7	0,6	97,6	98,8	125,5	94,8	870,7
2005	37,9	150,6	134,3	84,2	37,7	31,8	53,4	26,8	35,6	116	58,4	115,1	881,8
2006	52,3	105,2	202,5	209,5	113,6	50,2	3,1	3,5	35,6	109,5	182,4	183	1250,4
2007	66,2	67,5	117,2	188,1	101	22,2	12,5	33,4	3	160,1	194,7	0	965,9
2008	156,5	217,9	188,8	203,8	171,3	56,5	12,3	37	58,7	235,3	72,4	121,2	1531,7
2009	165,8	141,5	173,8	161,3	62,7	35	2,6	1	7,4	69,4	71,3	120	1011,8
2010	4,6	46	26,5	220,4	0	34,5	93,6	59,4	87,8	51,8	167,6	181,7	973,9
2011	82,4	182,5	145,8	372,9	55,2	28,5	117,2	48,9	73,3	54,8	66,7	107	1335,2
2012	158,9	125,3	143,8	203,4	40,2	21,4	1,8	2,6	12,5	133,8	177	60,8	1081,5
2013	43	196,4	83,1	111	115,4	0,3	0,1	18,2	31,8	141,7	48	46,6	835,6
2014	138	60,6	213,6	46,2	219,2	10,9	0,1	1,7	85,3	144,6	79,2	22,7	1022,1
2015	63,3	112,8	177,4	102,8	30,8	2,5	46	2,1	6,5	91,5	109,3	28,3	773,3

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Gráfico 1: Precipitación Anual 2000 – 2015 estación meteorológica Iñaquito INAMHI.



Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Como se puede observar en el Gráfico 1, el año de mayor precipitación es el año 2008 con un total de 1531.7 mm de lluvia. El año de menor precipitación es el 2015 con un total de 773.3 mm

En cuanto a la tabla de datos meteorológicos de la Universidad Internacional SEK, se realizaron varios ajustes, ya que los datos de precipitación se encontraban incompletos.

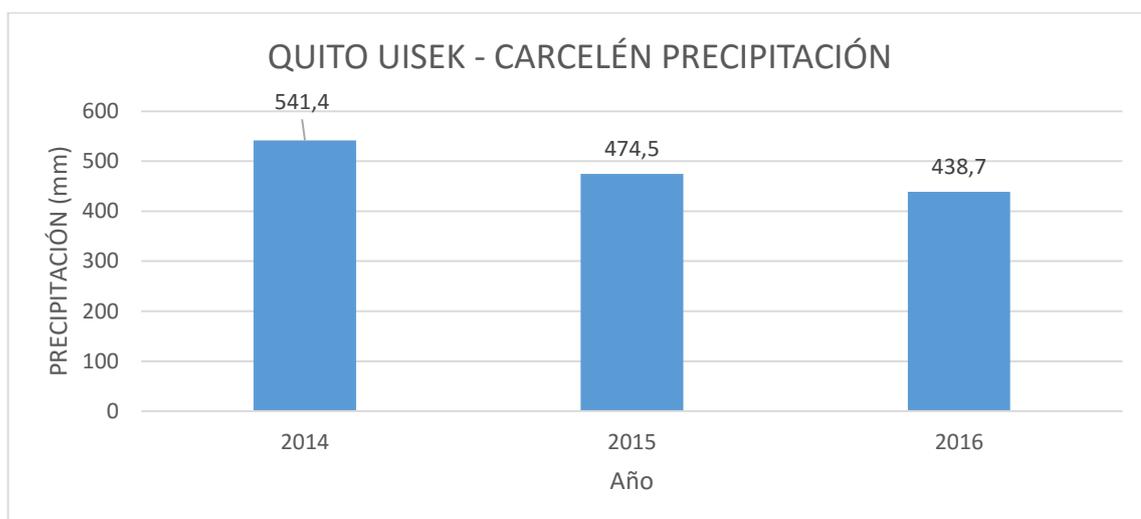
Tabla 7: Datos Históricos de precipitación de la Universidad Internacional SEK, campus Miguel de Cervantes.

QUITO UISEK - CARCELÉN PRECIPITACIÓN													
Año/ Mes	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Abr (mm)	May (mm)	Jun (mm)	Jul (mm)	Ago (mm)	Sep (mm)	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Valor Anual (mm)
2014	8,1	32,6	32,7	42,6	130,8	10,4	0,4	0,6	68,4	136,4	62,0	16,4	541,4
2015	53,8	63,0	126,4	61,8	2,6	0,8	2,6	0,4	20,9	34,1	47,4	60,7	474,5
2016	66,4	25,8	100,6	131,0	85,8	27,1	1,5	0,5					438,7
Promedio	42,8	40,5	86,6	78,5	73,1	12,8	1,5	0,5	44,6	85,3	54,7	38,5	484,9

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Cabe recalcar que los valores que se encuentran vacíos corresponden al año en curso.

Gráfico 2: precipitación anual 2014-2016. Estación Universidad Internacional SEK



Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Como se puede apreciar en el gráfico 2 el año de mayor precipitación es el 2014 con un total de 541.4 mm.

A partir de los datos de precipitación de las estaciones Iñaquito y Carcelén se calcularon valor de la media, desviación estándar y error absoluto, para obtener el análisis comparativo de las estaciones meteorológicas de Quito-Iñaquito y Quito-Carcelén.

Tabla 8: Comparación de valores de precipitación registrados en el 2015.

	Estación Carcelén	Estación Iñaquito
Enero (mm)	53,8	63,3
Febrero (mm)	63	112,8
Marzo (mm)	126,4	177,4
Abril (mm)	61,8	102,8
Mayo (mm)	2,6	30,8
Junio (mm)	0,8	2,5
Valor media (mm)	57,8	83,05
Desviación estándar (mm)	46,5	62,9
Error absoluto (mm)	6,4	1,5
Error relativo (%)	0,11	0,02
Error porcentual (%)	11,1	1,7

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

En la tabla 9 la desviación estándar está muy alejada del valor de la media por eso tenemos un valor alto en ambos valores de precipitación, es decir podemos observar la distancia que existe entre cada valor de precipitación. El error absoluto nos indica el valor real de la precipitación y el valor que se midió, el error de la estación de la Universidad Internacional SEK, es más elevado esto puede ser debido al equipo y a la precisión que este tenga, lo cual también se ve reflejado en el error porcentual. El error relativo en los datos obtenidos de la Universidad Internacional SEK, es elevado con respecto a la estación Quito-Iñaquito, esto nos indica que tan simétricos son los datos alrededor del valor promedio.

4.2 Cálculo de la Evapotranspiración y Balances Hídricos del suelo.

4.2.1 Evapotranspiración

Se utilizan los datos de temperatura, para determinar los datos faltantes de la evapotranspiración, se hace un promedio y se aplica el modelo de Thornthwaite desarrollado en Excel por la Universidad de Salamanca.

Tabla 9: Datos de temperatura correspondientes a la estación meteorológica del campus Miguel de Cervantes, Universidad Internacional SEK.

QUITO UISEK - CARCELÉN TEMPERATURA													
Año/ Mes	Ene (°C)	Feb (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	May (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Sep (°C)	Oct (°C)	Nov (°C)	Dic (°C)	Valor Anual (°C)
2014	14,8	14,7	14,7	14,7	14,4	14,8	15,3	14,4	14,2	14,2	14,1	14,2	14,5
2015	14,2	14,5	14,4	14,5	14,7	15,6	14,8	15,6	15,6	15,8	16,0	16,1	15,1
2016	15,2	15,6	15,3	15	15	14							15,02
Promedio	14,7	14,9	14,8	14,7	14,7	14,8	15,05	15	14,9	15,0	15,0	15,2	14,9

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Cabe recalcar que los valores que se encuentran vacíos corresponden al año en curso.

Tabla 10: Modelo para el cálculo de la ETP mensual mediante la Fórmula de Thornthwaite, Universidad de Salamanca.

Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Total
Temperatura	14,7	14,9	14,8	14,7	14,7	14,8	15,05	15	14,9	15	15,05	15,2	14,7	178,85
i	5,14	5,24	5,17	5,14	5,12	5,17	5,30	5,28	5,22	5,28	5,30	5,36	5,14	62,71
ETP sin corr (mm/mes)	56,6	57,8	57,0	56,6	56,4	57,0	58,4	58,1	57,6	58,1	58,4	59,0	56,6	
nº días mes	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31,0	
nº horas luz	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	
ETP corr.(mm)	59,0	54,8	59,4	57,1	58,8	57,5	60,9	60,6	58,0	60,6	58,9	61,5	59,0	707,0

a=	1,4794
----	--------

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

4.3 Cálculo del Balance Hídrico del suelo.

Los Balances Hídricos suponen medidas independientes de los términos que intervienen en la ecuación de balance, tiene en cuenta el ingreso y pérdidas de agua en el suelo. Para ello se toman en cuenta las precipitaciones atmosféricas (P) y la aplicación de riego artificial ya que este lleva agua a la superficie de la tierra, una parte de las precipitaciones se evapora en contacto con el aire o es absorbida por las plantas y después transpirada por las mismas, a estos fenómenos se los denomina de forma general como evapotranspiración (E). El agua entonces sigue dos caminos: una parte fluye por la superficie de la corteza terrestre y otra parte se infiltra en el terreno. (EcuRed, 2014)

Para calcular el balance hídrico del suelo de la Universidad Internacional SEK, se usó modelo de cálculo de Balance Hídrico del suelo desarrollado por la Universidad de Salamanca, este utiliza tres parámetros principales; la precipitación (mm), ETP corregida (mm) y la reserva máxima de agua (mm). La precipitación es obtenida de los datos de la Universidad Internacional SEK para esto se hizo un promedio de los años 2014-2016, la ETP corregida que fue tomada del cálculo mensual mediante la Fórmula de Thornthwaite del modelo adaptado de la Universidad de Salamanca, para este cálculo se tomó la temperatura anual promedio de los años 2014-2016, y por último la reserva máxima de agua dada en mm para 30 mm, 50 mm, 100 mm y 120 mm.

La interpretación de las gráficas de acuerdo a lo establecido por la Universidad de Salamanca, de acuerdo al área entre las líneas de Evapotranspiración (ETP), Precipitación (P) y Evapotranspiración Real (ETR):

- Entre ETP y ETR es el déficit de agua en el suelo.
- Donde P está por encima de ETR corresponde a Almacenamiento en Reserva + Excedentes.
- Donde ETR está por encima de P corresponde a la Utilización de la reserva en el suelo.

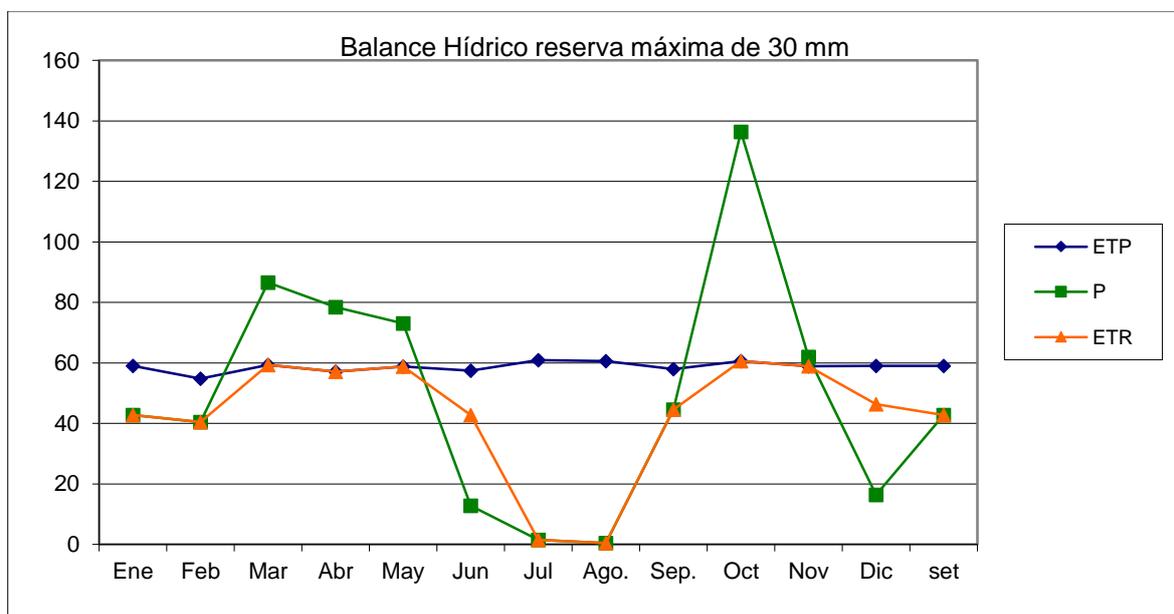
4.3.1 Cálculo del Balance Hídrico del suelo para una reserva máxima de 30 mm.

Tabla 11: Balance Hídrico para una reserva máxima de 30 mm.

	Reserva máx. (mm) :													30
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Set	Total
P (mm)	42,80	40,50	86,60	78,50	73,10	12,80	1,50	0,50	44,60	136,40	62,00	16,40		595,7
ETP corr. (mm)	59	54,8	59,4	57,1	58,8	57,5	60,9	60,6	58	60,6	58,9	59		704,6
ETR (mm)	42,8	40,5	59,4	57,1	58,8	42,8	1,5	0,5	44,6	60,6	58,9	46,4		513,9
Déficit	16,2	14,3	0,0	0,0	0,0	14,7	59,4	60,1	13,4	0,0	0,0	12,6		190,7
Reserva	0	0,0	0,0	27,2	30,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0	0,0	
Excedentes	0,0	0,0	0,0	18,6	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	45,8	3,1	0,0		81,8

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Gráfico 3: Balance Hídrico para una reserva máxima de 30 mm



Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

En el gráfico 3 existe un déficit de agua en el suelo en los meses de junio, julio y agosto, en los meses de marzo, abril, mayo y octubre es donde existió más excedentes de agua en el suelo

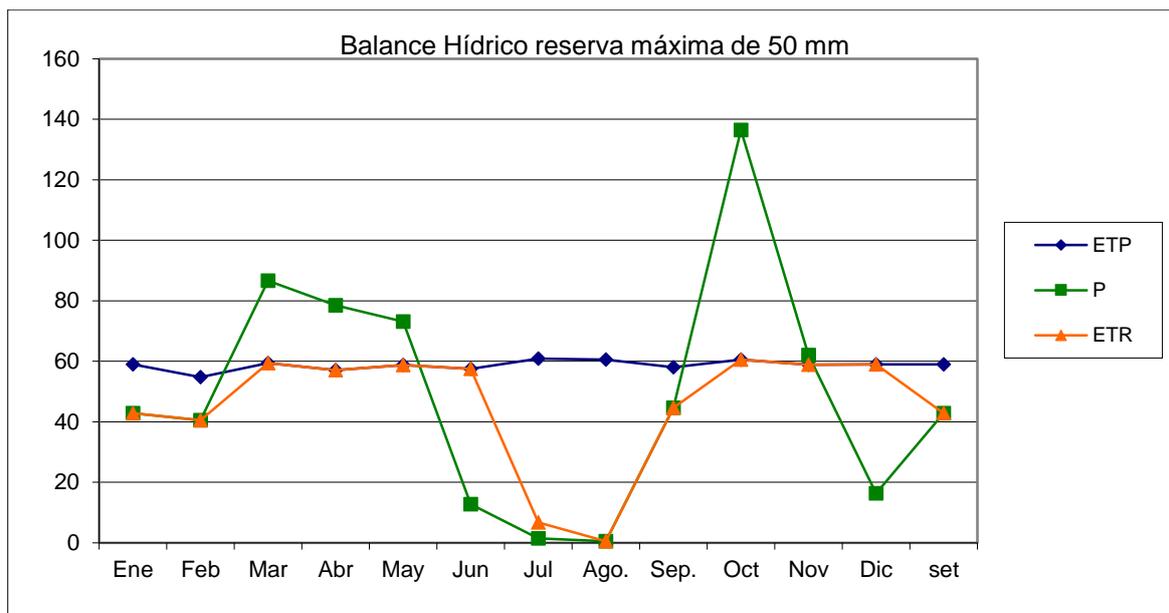
4.3.2 Cálculo del balance hídrico para una reserva máxima de 50 mm

Tabla 12: Balance Hídrico para una reserva máxima de 50 mm.

														Reserva máx. (mm):	50
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	set	Total
P (mm)		42,80	40,50	86,60	78,50	73,10	12,80	1,50	0,50	44,60	136,40	62,00	16,40		595,7
ETP corr.(mm)		59	54,8	59,4	57,1	58,8	57,5	60,9	60,6	58	60,6	58,9	59		704,6
ETR (mm)		42,8	40,5	59,4	57,1	58,8	57,5	6,8	0,5	44,6	60,6	58,9	59,0		546,5
Déficit		16,2	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	54,1	60,1	13,4	0,0	0,0	0,0		158,1
Reserva	0	0,0	0,0	27,2	48,6	50,0	5,3	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0	7,4		
Excedentes		0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	3,1	0,0		41,8

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Gráfico 4: Balance Hídrico para una reserva máxima de 50 mm.



Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Del gráfico 4 se puede concluir que en los meses de marzo, abril, mayo y septiembre hay un excedente de agua en el suelo esto concuerda con los datos ya que son los meses en los que se registra más precipitación. En los meses de enero, febrero, julio y agosto existe déficit de agua en suelo. En los meses de junio julio y diciembre se utilizan las reservas de aguas en el suelo.

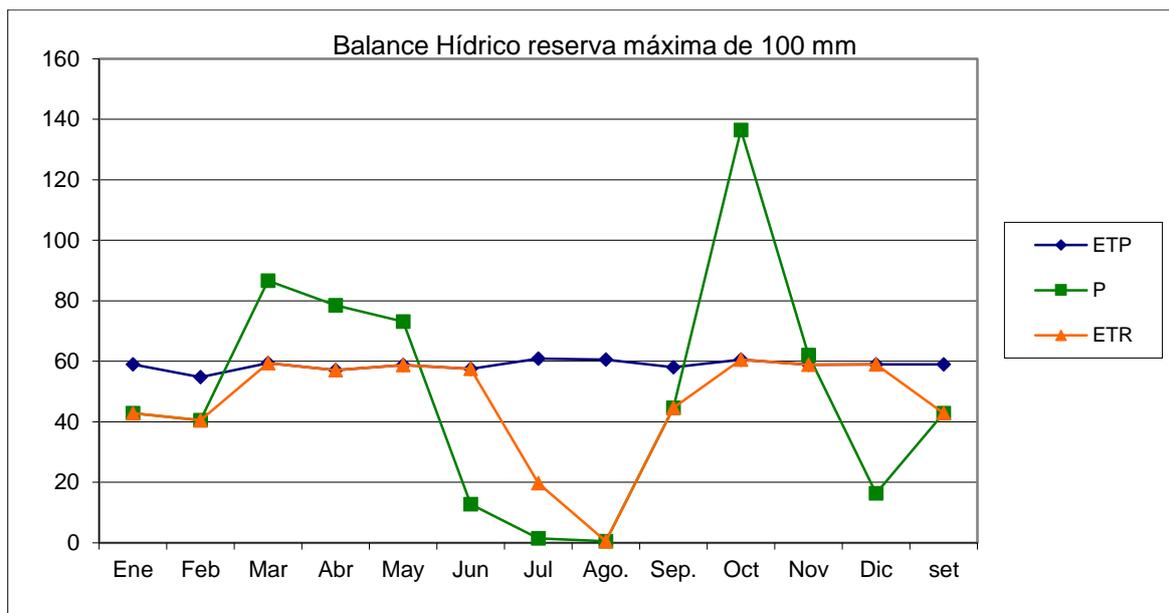
4.3.3. Cálculo del Balance Hídrico para una reserva máxima de 100 mm.

Tabla 13: Cálculo de un Balance Hídrico para una reserva máxima de 100 mm.

														Reserva máx. (mm) :	100
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Set	Total	
P (mm)	42,80	40,50	86,60	78,50	73,10	12,80	1,50	0,50	44,60	136,40	62,00	16,40		595,7	
ETP corr.(mm)	59	54,8	59,4	57,1	58,8	57,5	60,9	60,6	58	60,6	58,9	59		704,6	
ETR (mm)	42,8	40,5	59,4	57,1	58,8	57,5	19,7	0,5	44,6	60,6	58,9	59,0		559,4	
Déficit	16,2	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2	60,1	13,4	0,0	0,0	0,0		145,2	
Reserva	0	0,0	0,0	27,2	48,6	62,9	18,2	0,0	0,0	0,0	75,8	78,9	36,3		
Excedentes		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Gráfico 5: Balance Hídrico para una reserva máxima de 100 mm.



Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

En el gráfico 5 se puede apreciar que existe déficit de agua en el suelo junio, julio, agosto. En marzo, abril, mayo y octubre existe más almacenamiento en reserva y excedentes de agua. En los meses de junio y julio se utilizó las reservas del suelo.

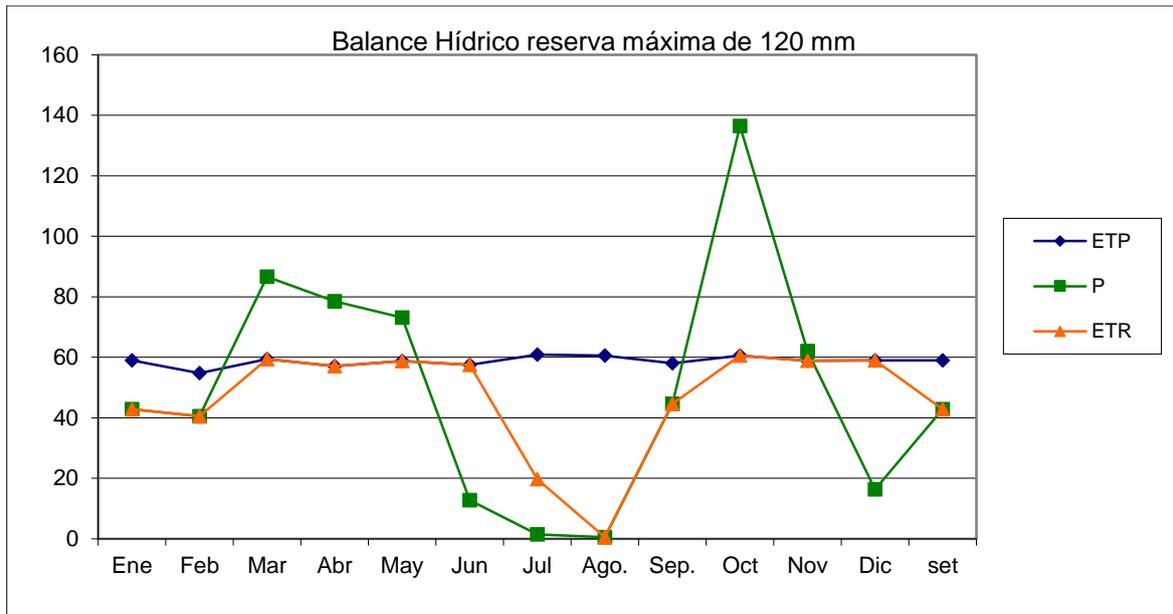
4.3.4. Cálculo de un Balance Hídrico para una reserva máxima de 120 mm.

Tabla 14: Balance Hídrico para una reserva máxima de 120 mm.

	Reserva máx. (mm) :													120
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	set	Total
P (mm)	42,80	40,50	86,60	78,50	73,10	12,80	1,50	0,50	44,60	136,40	62,00	16,40		595,7
ETP corr.(mm)	59	54,8	59,4	57,1	58,8	57,5	60,9	60,6	58	60,6	58,9	59		704,6
ETR (mm)	42,8	40,5	59,4	57,1	58,8	57,5	19,7	0,5	44,6	60,6	58,9	59,0		559,4
Déficit	16,2	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2	60,1	13,4	0,0	0,0	0,0		145,2
Reserva	0	0,0	0,0	27,2	48,6	62,9	18,2	0,0	0,0	0,0	75,8	78,9	36,3	
Excedentes		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Gráfico 6: Balance Hídrico para una reserva máxima de 120 mm.



Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

En el gráfico 6 se puede mencionar que en los meses de enero, febrero, julio, agosto y septiembre son los meses donde hay déficit de agua en el suelo, en los meses de marzo, abril, mayo y octubre son los meses donde el almacenamiento y los excedentes de agua en el suelo fueron máximos. Junio y julio son los meses donde se utilizaron las reservas del suelo debido al déficit de agua.

Tabla 15: Resultados de los Balances Hídricos.

Reservas (mm)	Resultados
30	Mayores déficits de agua en julio, agosto. El mayor excedente en octubre, seguido de mayo, abril y noviembre.
50	Mayor déficit de agua se presenta en agosto y julio. El mayor excedente en octubre y mayo.
100 y 120	Los valores se mantienen constantes, por lo tanto; el mayor déficit esta en julio y agosto. La mayor reserva de agua es en octubre y diciembre, pese a esto no existe excedentes de agua por lo tanto toda el agua es aprovechada.

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo. 2016

El déficit nos dice en qué meses hay que suministrar agua, si lo multiplicamos por la superficie del huerto, podremos ver cuánta agua se necesita para no tener déficit de agua en el

suelo. Tomando en cuenta que para una reserva de agua de 30mm el déficit total de agua es 190.7 mm anuales multiplicado por el área del huerto 44 m² el total de agua que se debe suministrar anualmente es 8.4 m³ de agua.

4.4 Sistema de almacenamiento de Agua de lluvia para Huerto Ecológico del campus Miguel de Cervantes.

4.4.1 Consumo de agua de la Universidad Internacional SEK, campus Miguel de Cervantes.

Se recopilieron datos en cuanto a población total de la Universidad Internacional SEK, incluyendo personal administrativo, docentes, alumnos y se recopila también datos de consumo de agua de los meses de marzo, abril y mayo.

Tabla 16: Población y Consumo de agua potable Campus Miguel de Cervantes UISEK

Población Total UISEK	Consumo de agua en m ³	
1617	Marzo	496
	Abril	535
	Mayo	789

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

De la misma manera se realizó un conteo de docentes y alumnos de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales (FCNA)– UISEK. Y se realizan los respectivos cálculos matemáticos para tener un aproximado consumo de agua en la Facultad.

Tabla 17: Población y Consumo Real de agua potable en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales

Población Total FCNA	Consumo de agua en m ³		Cantidad de Agua consumida por persona m ³	Cantidad de Agua consumida por persona (L)
300	Marzo	92,02	0,31	310
	Abril	99,2	0,33	330
	Mayo	146,38	0,49	490

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

La cantidad de agua potable usada para los sanitarios es de 4 litros por estudiante, en un día 16 litros por persona; el agua potable usada para el riego del Huerto Ecológico es de 2 L x m² x día, en el huerto tiene un área de 44 m², si se riega 2 veces por semana, entonces para

riego del huerto ecológico se utiliza 0.176 m³ mensuales es decir anualmente necesitaríamos 2.115 m³ de agua de agua para riego del huerto ecológico.

4.4.2 Coeficiente de escorrentía superficial (C)

Expresa la relación (por porción o porcentaje) entre la magnitud de escorrentía y una determinada magnitud de lluvia correspondiente a un evento o un periodo lluvioso en una cuenca o área de captación determinada. Tal relación se expresa como:

$$C = \text{Escorrentia (mm)} + \text{Lluvia (mm)}$$

$$\text{Escorrentia (mm)} = C * \text{Lluvia (mm)}$$

$$\text{Escorrentia (mm)} = 0.88 * 468$$

$$\text{Escorrentia (mm)} = 411.84$$

Tabla 18: Valores de referencia para el coeficiente de escorrentía en diferentes superficies.

Tipos de superficie o coberturas del área de captación	Coeficiente de escorrentía (C)
Lámina plástica de polietileno	0,90
Mortero (mezcla de cemento y arena)	0,88
Asfalto	0,88
Tejas de arcilla recocida	0,75
Manta plástica + grava	0,70
Suelo de textura fina (arcilloso), emparejado con lámina	0,55
Suelo de textura fina (arcilloso), en barbecho	0,24
Suelo de textura gruesa (arenoso)	0,20
Pasto bu el (<i>Cenchrus ciliaris</i>)	0,15
Áreas cultivadas	0,08 – 0,41
Pastos	0,12 – 0,62
Techos	0,75 – 0,95
Hormigón	0,70 – 0,95

Fuente: FAO, 2013

4.4.3 Sistema de captación de agua lluvia para riego del Huerto Ecológico

El principal aporte de agua para la obra es la que baja por la cuneta, debido a que se aprovecha la gravedad para captar el agua de lluvia. La obra se beneficia de la ubicación del tanque y su capacidad de almacenamiento.

Se desviará el caudal de la cuneta para llenar el tanque de almacenamiento, tomando en cuenta precipitaciones extremas, cuando el tanque se encuentre en su capacidad máxima se cerrará la entrada de agua, desviando el agua hacia el alcantarillado .

El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 1 m³, para la distribución final del agua se conectarán las mangueras al tanque de almacenamiento y se instalarán las tuberías de riego por goteo.

El agua se recoge de la cuneta mediante un tubo PVC, seguido de una rejilla para remover la materia flotante que tenga un tamaño de partícula de 20 mm, el agua ingresa al tanque por la parte inferior con el fin de sedimentar las partículas como tierra y sale por la parte de arriba del tanque.

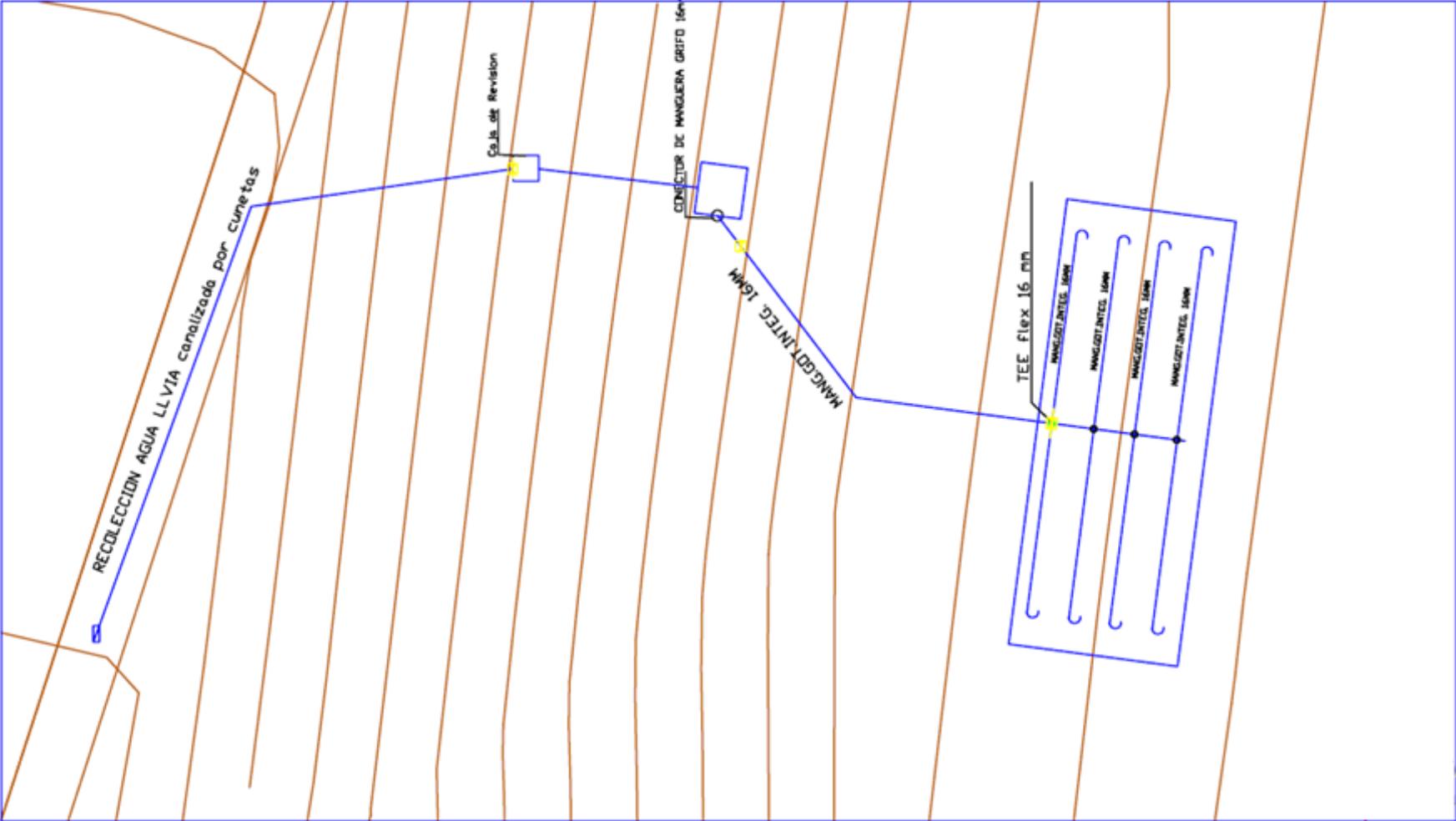
Materiales Utilizados y presupuesto para el sistema de riego: Huerto Ecológico

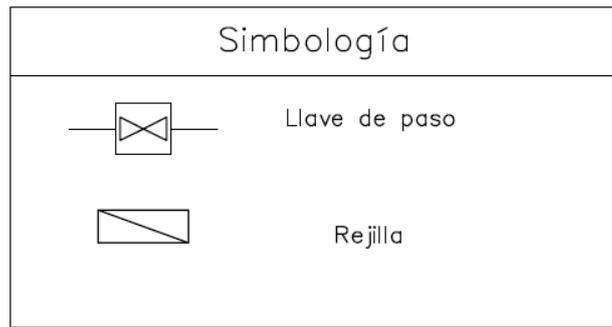
Tabla 19: Presupuesto utilizado para el sistema de riego.

Depósito de agua capacidad de aforo 1 m ³	\$1.569
Tuberías de riego por goteo 80 m	\$189
Manguera 50 m	\$104

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

4.4.4 Localización del tanque de almacenamiento de agua





Universidad Internacional SEK	
Diseño del Sistema de Recolección de Agua Lluvia Huerto Ecológico	A 1 de 1
Escala: 1:150	Elaborado por: Carolina Marcial
Aprobado por: Ing. Alonso Moreta	

4.5 Diseño de sistema de recolección de agua lluvia en el campus Miguel de Cervantes para inodoros de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales

4.5.1. Gasto medio diario (Q_{med})

El gasto medio diario es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio.

$$Q_{med} = \frac{P * D}{86\ 400}$$

Donde:

Q: med es el gasto diario en L/s

P: población de diseño, número de estudiantes y profesores 300 en total

D: dotación, L/hab*día

86 400 segundos que tiene un día

$$Q_{med} = \frac{300 * 50}{86\ 400}$$

$$Q_{med} = 0.17 \text{ L/s}$$

4.5.2. Gasto máximo diario ($Q_{\text{máx D}}$)

Se utiliza para calcular el volumen de extracción diaria de la fuente de abastecimiento, el equipo de bombeo, la conducción y el tanque de regularización y almacenamiento

$$Q_{\text{maxD}} = CVD * Q_{med}$$

Donde:

$Q_{\text{máx.}}$: es el gasto máximo diario se mide en L/s

CVD: Los coeficientes de variación se derivan de la fluctuación de la demanda debido a los días laborables y otras actividades.

Q_{med} : gasto medio diario, L/s

$$Q_{\text{maxD}} = 1.40 * 0.17$$

$$Q_{\text{maxD}} = 0.23 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{maxD}} = 1.55 * 0.17 = 0.26 \text{ L/s}$$

Tabla 20: Coeficientes de Variación

Concepto	Valor
Coeficiente de Variación diaria (CVd)	1,40
Coeficiente de Variación horaria (CVh)	1,55

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

4.5.3. Determinación del volumen de escurrimiento.

El volumen de escurrimiento medio anual que aporta una cuenca está en función del área de captación de un bordo de tierra.

$$Vm = Ac * Pm * Ce$$

Donde:

Vm: es el volumen medio anual escurrido en m³.

Ac: es el área de la cuenca, en m²

Ce: el coeficiente de escurrimiento

Pm: precipitación media anual

$$Vm = 1648 * 478,4 * 0.88 = 693816m^3$$

4.5.4. *Determinación de la demanda de agua para inodoros*

La Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, ubicada en el Campus Miguel de Cervantes en Carcelén, tiene total de 300 personas, la superficie de captación de agua sería 900m² ya que aquí se toman en cuenta el área del parqueadero de profesores y las áreas verdes adyacentes al parqueadero mencionado.

$$Dj = \frac{Nu * Dot * Ndj}{1000}$$

Dj= demanda de agua por sus unidades de medida son m³*mes*población

Nu= número de beneficiarios del sistema

Dot= dotación en L/persona/día

Ndj= número de días del mes j

1 000 factor de conversión de litros a m³

$$Dj = \frac{(300 * 60 * 31)}{1000}$$

$$Dj = 558 (m^3 * mes * población)$$

La Dot se obtiene de la norma INEN correspondiente al Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Tabla número 5.2 y tabla número 5.3.

Tabla 21: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP DE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
Ia	AP DE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP DE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas con o sin arrastre de agua.
Ila	AP DE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
Ilb	AP DRL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua.
<p>Simbología utilizada:</p> <p>AP: agua potable</p> <p>DE: disposiciones de excretas</p> <p>DRL: disposición de residuos líquidos.</p>		

Adaptado de: (INEN 005-9-2, 1992)

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Tabla 22: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (L*hab*día)	CLIMA CÁLIDO (L*hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
Ila	60	85
Ilb	75	100

Adaptado de: (INEN 005-9-2, 1992)

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

De acuerdo a las necesidades de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales se clasifica en como Ila 60 (L*hab*día). Este valor se reemplaza en la fórmula de la determinación de la demanda de agua para inodoros.

4.5.5. *Superficies permeables para recolección de agua lluvia*

Estas superficies permeables tienen ventajas ya que:

Son más flexibles en términos de dimensión del área de captación que la captación de techo. La superficie se puede aumentar sin necesidad de construir una estructura (casa o galpón) para sostenerla. Pueden ser construidas en las proximidades del lugar donde será usada el agua.

Las desventajas son:

- La estructura de almacenamiento debe quedar en un nivel inferior a la superficie del suelo, lo que dificulta la utilización del agua almacenada.
- Por estar al nivel del suelo, la superficie de captación está más expuesta a la contaminación, lo cual limita la utilización del agua para consumo doméstico.

4.5.6. *Dimensiones del tanque de almacenamiento.*

Es importante determinar la cantidad de agua necesaria para almacenar ya que, si no se lo hace de una manera correcta, el diseño puede fallar haciendo que el agua captada no sea la suficiente o que existan pérdidas de agua por falta de volumen del recipiente. El consumo que se determinó en la Facultad para uso de inodoros es el siguiente

Por cada persona se necesita aproximadamente 16 L/día. Dando un total de 4800 L diarios se consume en toda la facultad.

Tabla 23: Cantidad de agua consumida por la FCNA

Población Total FCNA	Cantidad de Agua para inodoros total (L)
300	4800

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

VT: el volumen total de la estructura el L. El valor se calcula: 16 litros* 300 personas* 245 días de clases en la FCNA

C: coeficiente de escorrentía

Pm: precipitación promedio anual

$$VT = \text{Cantidad de agua consumida en cada descarga por persona} \\ * \text{número de personas total} * \text{número de días laborables}$$

$$VT = 16 * 300 * 245 = 1176000 L = 1146 m^3$$

4.5.7. Pavimentos permeables

El concreto permeable tiene una estructura vacía del 15 al 25 %, lo que permite el paso de 120 a 300 litros de agua por cada m², dando una tasa de flujo de 200 litros/m²/min, siendo esta tasa mayor que el generado durante una lluvia intensa. Debido a esta principal característica es considerado un material de construcción sustentable, por su buen manejo de aguas pluviales. Es importante dar un mantenimiento adecuado, para asegurar que cumpla su principal función de permeabilidad. (Moujir & Castañeda, Repositorio Digital Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2014)

El aérea permeable debe tener una pendiente no menor a 1% y no mayor al 5%. Una red de tuberías perforadas puede ser utilizada para distribuir la escorrentía en la parte inferior de la estructura para direccionar hacia el tanque de almacenamiento.

El diseño de estos pavimentos permeables debe estar en función de gestionar dos determinados eventos el primero de precipitación es decir gestionar las aguas de escorrentía de manera eficiente ya sea al drenaje o al sistema de almacenamiento y el segundo debe aportar una función estructural en cuanto a demandas por cargas del tipo vehicular.

4.5.7.1. Diseño estructural

Se refiere a la definición del espesor mínimo de la estructura, el criterio del diseño debe ser el que propone la capacidad de carga que el pavimento debe soportar de acuerdo a la categoría del tráfico sin que esta sufra deformaciones importantes.

Respecto a la base y a la sub base, la primera consiste en una capa de grava de 13 mm de diámetro y suele tener un espesor de entre 25 mm y 50 mm. lo cual le da una resistencia de 500 ton/m². En caso de que sea necesario mejorar las características estructurales del pavimento permeable es posible reforzarlo con geo sintéticos o estabilizarlo con cemento o ligantes (Moujir & Castañeda, Repositorio Digital Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2014)

Los espesores para pavimentos permeables están regulados por la EPA, en Estados Unidos. En función de tres categorías de tráfico e índices CBR. El índice CBR indica el tanto por ciento de la presión ejercida por un pistón sobre el suelo, para una penetración determinada. A continuación, se detalla las categorías de resistencia del suelo en base al material que los contiene.

	Descripción del suelo	Resistencia - CBR
Excelente	Contiene un alto porcentaje uniforme de materiales granulares. Las clases unificadas del suelo (USC): GW, GM, GC, GP; algunos SM, SP y SC. Grupos de Suelos AASHTO: A-1, A-2 y algunos de los A-3	15 o más
Bueno	Contiene algunos materiales granulares mezclados con limo y/ o arcilla. Las clases unificadas del suelo (USC): SM, SP, SC: algunos ML, CL, CH. Grupos de Suelos AASHTO: A-2, A-3, algunos A-4, y unos pocos A-6 o A-7	10-14
Razonable	Arenas arcillosas, limos arenosos, o arcillas limosas, pueden tener cierta plasticidad. USC: ML, CL, algunos MH, CH. AASHTO: Que van desde la A-4 a A-7 (bajos índices de grupo)	6-9
Pobre	Arcillas plásticas, limos finos, arcillas limosas finas o micaceas. USC: MH, CH, OL, OH. AASHTO: desde A-4 a A-7 (los índices más altos de grupo)	5 o menos

(Adaptado de: EPA, 1980)

En la siguiente tabla se expresan los espesores de un pavimento permeable en función del índice de tráfico, los espesores están expresados en milímetros.

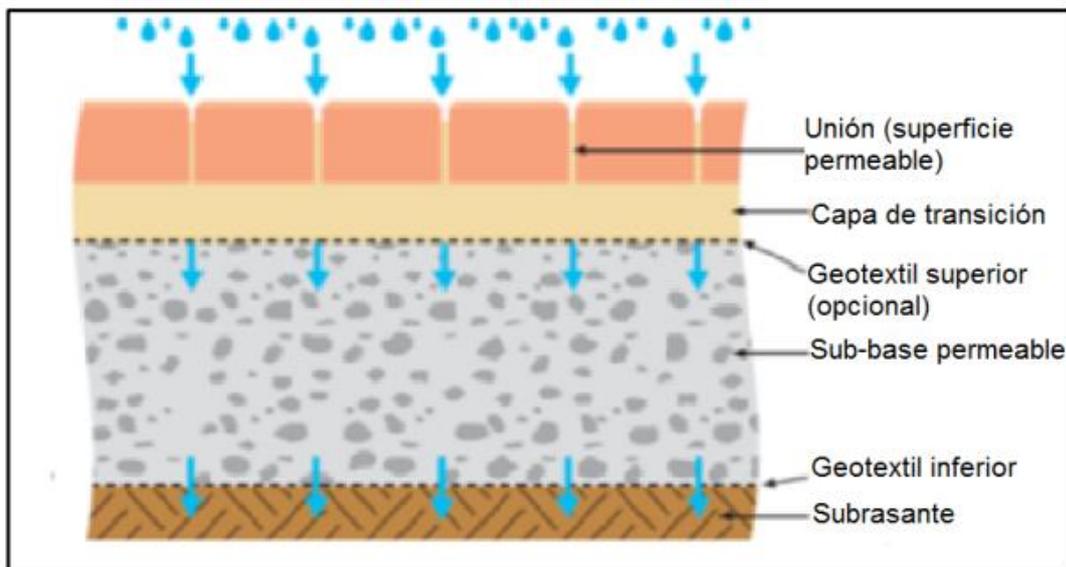
Categoría de tráfico	Descripción	EAL ¹	CBR		
			≥ 15	10 - 14	6 - 9
1	Tráfico ligero	≥ 5	127	178	229
2	Tráfico ligero-medio (máx. 1000 vpd ²)	6 - 20	152	203	279
3	Tráfico medio (máx. 3000 vpd)	21 - 75	178	229	305

¹ EAL (equivalent axial load) Equivalencia de cargas por eje: la AASHTO-93 establece que se deben transformar los diferentes ejes que circulan por una ruta a un eje simple doble de 80 kN (18 Kips) de peso, considerado como eje patrón, referido al carril de diseño.
² Vehículos por día.

(Adaptado de: EPA, 1980)

Para el caso de la Universidad Internacional SEK, se debe utilizar un pavimento permeable que tenga un espesor mínimo de 6 a 20 mm en función de un CBR de 203 debido a las características del suelo.

Para los pavimentos permeables en adoquín se utilizan las siguientes configuraciones basándose en la categoría de cargas.



Adaptado de: (Moujir & Castañeda, Repositorio Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2014)

Según las características de la Universidad Internacional SEK, se lo categoriza en la categoría de carga 5 debido a sus características de carga vehicular en el área donde se implementará el sistema.

CATEGORÍA DE CARGA 5	
<p>Comercial:</p> <p>100 vehículos pesados por semana</p> <p>1.5 msa</p> <p>Locales comerciales</p> <p>Vía pública de tráfico ligero</p> <p>Desarrollo ligero de industrias</p> <p>Mixtos al por menor / Desarrollos industriales</p> <p>Plaza de la ciudad</p> <p>Aceras con invasión regular de vehículos</p> <p>Carreteras públicas de aeropuertos</p>	<p>130 mm</p> <p>200 mm</p> <p>150 mm</p> <p>Agregado de granulometría gruesa unido hidráulicamente</p> <p>Agregado de granulometría gruesa</p>

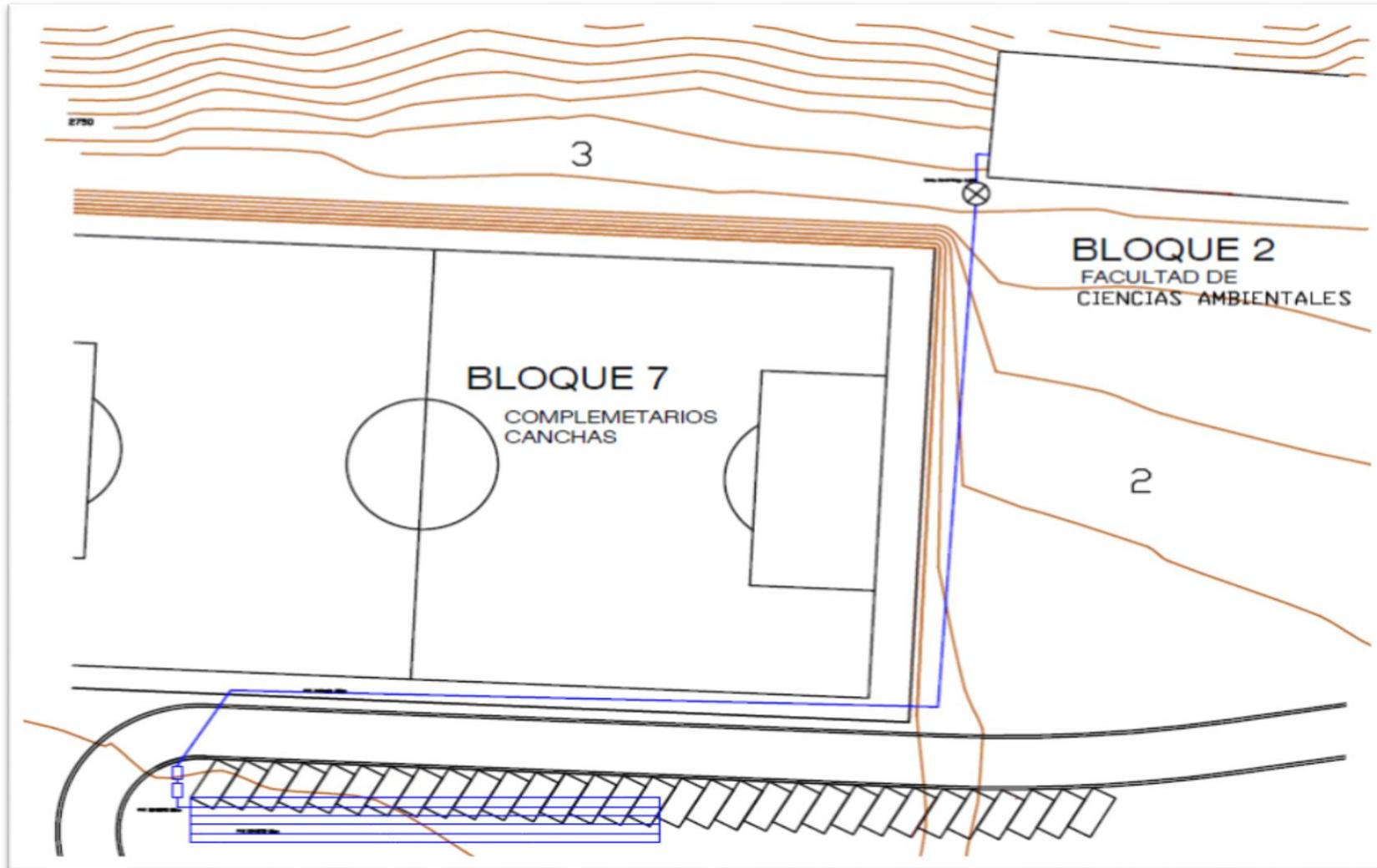
Adaptado de: (Moujir & Castañeda, Repositorio Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2014)

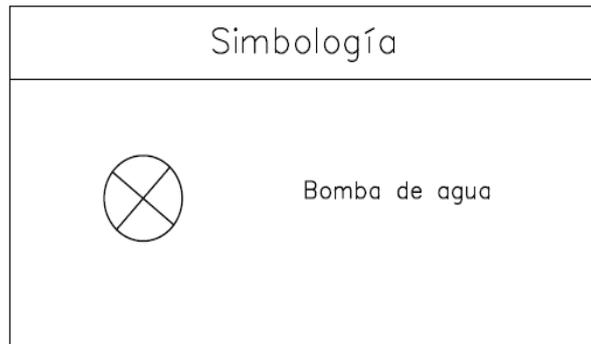
De acuerdo a la descripción de los dos gráficos anteriores de esa manera se deben ubicar los sistemas de pavimentos permeables. En cuanto al volumen recogido en precipitación esto se determina por las precipitaciones históricas y el área de captación.

4.5.8. Descripción del sistema

En cuanto al sistema de recolección, se implementará un conjunto de tubos flauta que recoja el agua filtrada por los pavimentos a lo largo del parqueadero, este sistema desembocará en un tanque de almacenamiento, el agua ingresará por la parte inferior del tanque y saldrá por la parte superior y será transportado con ayuda de una bomba de 4 Hp hasta la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

4.5.9. Localización del sistema de almacenamiento





Universidad Internacional SEK	
Diseño del Sistema de Recolección de Agua Lluvia Huerto Ecológico	A 1 de 1
Escala: 1:100	Elaborado por: Carolina Marcial
Aprobado por: Ing. Alonso Moreta	

4.5.10 Análisis costo - beneficio de los sistemas

El consumo de agua de la Universidad Internacional SEK es el siguiente:

Tabla 24: Consumo de Agua de la Universidad Internacional SEK en m³ y USD

	Consumo de agua en m ³	USD
Marzo	496	2204,95
Abril	535	959,95
Mayo	789	2865,57
PROMEDIO	607	2010

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Aplicando una regla de tres se obtienen los valores de consumo de agua en m³ y en dinero de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

Tabla 25: Consumo de agua en la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales en m³ y en USD

Gasto real mensual FCNA m ³	USD
--	-----

Marzo	92,02	409,08
Abril	99,23	178,07
Mayo	146,38	531,56
PROMEDIO	113	372,90

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Si los gastos teóricos mensuales de agua en la Facultad de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales son los siguientes

Tabla 26: Gasto teórico de Agua en la FCNA

Gasto teórico mensual agua en m ³		Inodoros + riego en m ³
Inodoros	111,6	112
Riego	0,176	

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Si el área de captación es de 900 m² y para los inodoros se necesita 111.6 m³ mensual promedio, para el mes más lluvioso que es octubre 2015 con 86.6 mm en la Universidad Internacional SEK, campus Miguel de Cervantes teniendo el valor de relación:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ L} / \text{m}^2$$

Se podría captar un total de 86.6 L / m² multiplicado por el área de captación 900 m²

$$= 86.6 \text{ L} / \text{m}^2 * 900 \text{ m}^2$$

$$= 77\,940 \text{ L}$$

$$= 77.94 \text{ m}^3 \text{ de agua captada}$$

$$607 \text{ m}^3 \text{ de agua consumo promedio FCNA} \longrightarrow 100\% \text{ H}_2\text{O}$$

$$77.94 \text{ m}^3 \text{ de agua captada} \longrightarrow x \% \text{ H}_2\text{O}$$

$$X = 12.84\% \text{ de H}_2\text{O}$$

El sistema abastecería al 12.84 % de las necesidades de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

Para sacar el valor monetario utilizamos la anterior relación

$$\begin{aligned}
 100\% \text{ de } H_2O &\longrightarrow \$ 2.010 \text{ USD} \\
 12.84\% \text{ de } H_2O &\longrightarrow x \text{ USD} \\
 x &= 258.08 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Ese es el valor de costo que se ahorraría mensualmente a la Universidad Internacional SEK por la implementación del sistema de recolección para inodoros.

Análisis de Parámetros

En cuanto a los parámetros obtenidos en laboratorio se puede mencionar lo siguiente:

Tabla 27: Parámetros de calidad de agua de riego, acuerdo ministerial 097.

	Agua Lluvia	pH	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Salinidad (milimhos/cm)
1	25-May-16	7	563	0,00056
2	27-May-16	7	21	0,00002
3	30-May-16	8	170	0,00017
	Criterios de calidad AM 097	6 a 9 Ligero Moderado	No registra valor	< 0,7 grado de restricción ninguno

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

- El pH está dentro del rango de aceptación del acuerdo ministerial 097.
- La salinidad está dentro de los límites permisibles.
- La conductividad no es un parámetro que pida el acuerdo ministerial 097, sin embargo, se lo obtuvo ya que es indicador de calidad de agua.

Tabla 28: Parámetros de calidad de agua de riego, en base al acuerdo ministerial 097.

	Agua Lluvia	Sólidos Sedimentables (mm/L)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Cloruros (mg/L)
1	25-May-16	4	0,006	7	7

2	27-May-16	0,5	0,002	7	9
3	30-May-16	5	0,007	4	4
Criterios de calidad AM 097		No registra valor	Grado de restricción: ninguno > 450	Criterio de calidad 3 mg/L	Grado de restricción Ligeramente moderado > 3

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

- Los sólidos sedimentables no son parámetros de análisis, sin embargo, se determinó ya que estos identifican ya que en el agua de escorrentía se observó turbidez debido a la tierra de las áreas verdes y de las cunetas del Campus.
- Sólidos disueltos indican presencia o ausencia de coloides, en este caso nuestras muestras de agua están muy por debajo de la normativa vigente.
- El oxígeno disuelto lo que nos indica es que el agua de lluvia al ser precipitada de la atmósfera tiene una cantidad significativa de oxígeno disuelto. Por lo tanto, el criterio de calidad está por encima de norma actual vigente.
- Los cloruros nos indican un agua que puede tener orígenes diversos. Si se trata de una zona costera puede deberse a infiltraciones de agua del mar. En el caso de una zona árida el aumento de cloruros en un agua se debe al lavado de los suelos producido por fuertes lluvias. En último caso, el aumento de cloruros puede deberse a la contaminación del agua por aguas residuales ya que el agua analizada fue una muestra compuesta y también se recogió de las cunetas.

Tabla 29: Parámetros analizados en laboratorio basados en el acuerdo ministerial 097

	Agua Lluvia	Sulfatos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Aceites y Grasas	Materia Flotante
1	25-May-16	15	15	Ausencia	Visible
2	27-May-16	6	26	Ausencia	Visible
3	30-May-16	34	17	Ausencia	Visible
Criterios de calidad AM 097		Criterio de Calidad 250 mg/L	Criterio de calidad menores a 0.5 mg/L	Criterio de calidad: Ausencia	Criterio de Calidad: Presencia

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

- Los sulfatos pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos o a la contaminación con aguas residuales industriales. En ocasiones,

contenidos superiores a 300 mg/L pueden ocasionar trastornos gastrointestinales en los niños. Se sabe que los sulfatos de sodio y magnesio pueden tener acción laxante. En nuestras muestras de agua está muy por debajo del rango máximo permisible.

- La presencia de nitritos en el agua es indicativa de contaminación de carácter fecal. Esto tiene sentido ya que al hacer los análisis de coliformes fecales todas las muestras dieron positivo en los diferentes medios de cultivo.
- El criterio en el acuerdo ministerial 097 se determinaba por partícula visible. En ninguna muestra se observó partículas visibles de grasa o aceites.
- La materia flotante estuvo presente debido a insectos y hojas en suspensión al tomar el agua lluvia y agua lluvia de escorrentía.

Tabla 30: Resultados de coliformes fecales en agua de lluvia, muestras compuestas. Acuerdo ministerial 097

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

Coliformes fecales NMP					
XLD-Agar (NMP) y Blanco		Medio EC (tubos de ensayo)		Medio EC + Agar Bacto	Máximo permisible 1000 NPM
1	25-May-16	50	No registra	14	NPM/100mL
		65	No registra	145	
		57,5	Generación de gas	79,5	
Promedio		58		80	69
2	27-May-16	113	No registra	20	NPM/100mL
		109	No registra	22	
		111	No registra	21	
Promedio		111		21	66
3	30-May-16	344	Generación de gas	109	NPM/100mL
		287	Generación de gas	66	
		315,5	Generación de gas	87,5	
Promedio		316		88	202

Elaborado por: Carolina Marcial Gallardo, 2016

- Es muy probable que, debido a los animales como gatos, ratas o perros, las muestras de agua de escorrentía se hayan contaminado con heces fecales, sin embargo, las colonias formadas en los diferentes medios no exceden los máximos permisibles.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En Quito no existe una captación diferenciada para agua de lluvia y aguas servidas, de aquí nace la necesidad de un sistema de captación de agua de lluvia, con aprovechamiento en riego e inodoros.
- Los meses de mayor precipitación según los datos del INAMHI son marzo, abril, octubre y noviembre a comparación de los meses de mayor precipitación según los datos de la Universidad Internacional SEK son marzo, abril, mayo, octubre y noviembre.
- Los datos de precipitación del año 2016, reflejan la situación climática actual del país ya que este año en curso es uno de los años con mayor el fenómeno del Niño.
- En cuanto al análisis de datos comparativos de las dos estaciones, se dice que el error absoluto y relativo de la estación meteorológica es más alto a comparación de los datos de Iñaquito, esto se ve reflejado en el error porcentual, ya que la estación de la Universidad es de 11.1% y el de Quito Iñaquito es de 1.7%
- Los puntos de recolección de agua lluvia por escorrentía son facilitados gracias a las cunetas que existen dentro del campus lo que facilita la recolección de agua lluvia. Esto se ve reflejado en la escorrentía calculada.
- La evapotranspiración refleja el agua que sale de la vegetación hacia el ambiente, los meses que más EPT tuvieron fueron los de julio y agosto, esto se debe al verano que tiene sus valores más altos en esos meses.

- Los balances hídricos son un reflejo del ingreso de agua y de la salida de la misma. Y se pueden interpretar de la siguiente manera: entre ETP y ETR existe un déficit de agua; cuando la precipitación P está por encima de la ETR los datos corresponden a almacenamiento en reserva y excedentes; y finalmente si la ETR está por encima de la precipitación las reservas del suelo se han consumido.
- La Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales consume un total del 19% del agua utilizada en toda la Universidad Internacional SEK.
- El aprovechamiento de agua de lluvia para el huerto Ecológico cubre las necesidades hídricas del mismo. El costo de la aplicación del sistema de recolección para el huerto es de 1862 USD. Sin contar con materiales extra y mano de obra.
- La capacidad volumétrica para la utilización de agua lluvia en inodoros debe ser de 3.72 m³/ diarios.
- El sistema de recolección de agua de lluvia para utilización en inodoros cubre las necesidades de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales en un 12.84%.
- El sistema de recolección de agua de lluvia para el Huerto Ecológico, abastece las necesidades un 100%.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda correlacionar los datos históricos de precipitación y temperatura con otras estaciones meteorológicas para tener más confiabilidad en los resultados.
- En cuanto a los sistemas de riego se debe tener en cuenta el crecimiento poblacional de la facultad. Y al analizar los datos se los debe hacer por medio de la población de diseño.
- Se debe realizar un análisis SAR, para poder clasificar el agua de riego, este análisis corresponde a la relación de adsorción del sodio.
- Para el sistema de recolección de agua de lluvia para inodoros se recomienda que los árboles y arbustos no deben estar situados junto al asfalto y concreto ya que pueden causar daños por penetración de raíces y obstrucción del pavimento poroso.
- Se recomienda ampliar el área de captación de agua de lluvia para abastecer en un 100% los inodoros de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, para lo cual se puede aplicar pavimentos permeables en el área de estacionamiento de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.
- Se recomienda realizar un estudio en el cual los años de análisis de precipitación sean extensos para obtener una mayor exactitud y confiabilidad de datos de precipitación.

CAPÍTULO VI

6 BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de

<http://www.tesisred.net/bitstream/handle/10803/6978/04ComponentesAguas05.pdf?sequence=8>

Acuerdo Ministerial 097. (14 de Noviembre de 2015). <http://www.ambiente.gob.ec>. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <http://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>

Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, J. (1 de Enero de 2008). *PNUMA*. Obtenido de Padre cielo madre tierra:

<http://www.padrecielomadretierra.com/descargas/manualdecaptaciondeaguasdelluvia.pdf>

Aguirre, M. (18 de Septiembre de 2013). *Repositorio Digital UNIVERSIDAD*

INTERNACIONAL SEK. Obtenido de

<http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/614/1/MARIA%20JOS%C3%89%20AGUIRRE%20ARAUJO.pdf>

Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitucion del Ecuador*. En A. N. Constituyente, *Constitucion del Ecuador* (pág. 218). Montecristi.

Ballén, J., Galarza, M., & Orlando, R. (6 de Junio de 2006). *Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água*. Obtenido de Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia:

<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

- Barrera, A., Zambrano, C., Enríquez, D., Cáceres, N., Baca, J. C., & Betancourt, N. (2012). *Quito Ambiente*. Obtenido de Secretaría del Ambiente, Municipio de Quito: www.quitoambiente.gob.ec/.../9-cambio-climatico?...plan-de-accion-clim...
- Calderon, C. (1997). *Laboratorio de Química Ambiental Ideam*. Obtenido de Toma y preservación de muestras: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Toma_De_Muestras.htm
- Castro, M. (2011). Repositorio Digital Universidad Pontificia Javeriana. En M. Castro, *Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano* (pág. 90). Bogotá. Obtenido de <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/7483/1/tesis599.pdf>
- CEPIS. (2004). Organización Panamericana de la Salud. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. (O. P. Salud, Recopilador) Lima, Perú. Obtenido de Biblioteca virtual del desarrollo sostenible y salud ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>
- Cobelas, M., Catalán, J., & García de Jalón, D. (2 de Julio de 2006). *Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales*. Obtenido de <http://ocw.um.es/ciencias/avances-ecologicos-para-la-sostenibilidad-de-los/lectura-obligatoria-1/leccion13/impactos-ecosistemas-acuaticos-continentales.pdf>
- Coral, K. (2014). Evaluación y control de la contaminación de aguas residuales. En K. Coral, *Catedra de Tratamiento de Aguas Residuales* (págs. 1-69). Quito.
- EcuRed. (18 de Agosto de 2014). *Balance hidrico*. Obtenido de http://www.ecured.cu/Balance_H%C3%ADrico_en_el_suelo
- EcuRed. (5 de Mayo de 2016). *Conocimiento con todos y para todos*. Obtenido de <http://www.ecured.cu/Salinidad>
- EPA. (1980). Pavimentos porosos. Volumen I. Diseño y Criterios Operacionales. Estados Unidos .
- EPA. (15 de Agosto de 2014). *Environmental Protection Agency*. Obtenido de What is Green infrastructure?: <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/>
- EPMAPS. (24 de Julio de 2014). *Agua de Quito*. Recuperado el 20 de Julio de 2016, de Recolección : <http://www.aguaquito.gob.ec/recoleccion>
- EPMAPS. (28 de Septiembre de 2015). Obtenido de Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento - Agua de Quito : <http://www.aguaquito.gob.ec/consumo-de-agua>

- EPMAPS. (5 de Marzo de 2016). *Plan de manejo y control de inundaciones y optimizacion del drenaje urbano*. Obtenido de EMAPS, Agua de Quito:
<http://www.aguaquito.gob.ec/plan-de-manejo-y-control-de-inundaciones-y-optimiz/plan-de-manejo-y-control-de-inundaciones-y>
- FAO. (2013). *Captacion y Almacenamiento de agua lluvia; Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Obtenido de
<http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>
- FAO. (s.f.). *FACTORES DE CONVERSION UTILES*. Obtenido de DEPOSITO DE DOCUMENTOS DE LA FAO: <http://www.fao.org/docrep/X5328S/X5328S19.htm>
- Gomez, N. (30 de Mayo de 2006). *ESPOL*. Obtenido de
<https://www.dspace.espol.edu.ec/.../Practica%206%20Laboratorio%20Calidad%20de..>
- INAMHI. (14 de Agosto de 2014). *Instituto Nacional de Metereología e Hidrología*. Obtenido de
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/inf%20gestion/Revista%20Inamhi%2053%20a.pdf>
- Industrial, S. d. (Junio de 2000). *DNG*. Obtenido de Analisis de Agua. determinacion de Materia Flotante en Aguas Residuales y Residuales Tratadas:
<http://www.spabc.gob.mx/views/files/tmp/NMX-AA-006-SCFI-2000.pdf>
- INEN. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>
- INEN. (1997). *CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Obtenido de
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.2.1997.pdf>
- IPCC/ONU. (2007). *Painel Intergovernmental sobre Mudança Climática. (Grupo de Trabalho I - Quarto Relatório de Avaliação)*. Paris, Francia. Obtenido de *Mudança climática 2007: A base da ciência física*. Ecolatina. Paris.
- Jiménez, B., & Galizia, J. (1 de Marzo de 2012). *IANAS*. Obtenido de
http://www.ianas.org/water/book/diagnostico_del_agua_en_las_americas.pdf

- Martínez, A., & Joaquín, N. (1996). El ciclo hidrológico y sus componentes. En A. Martínez, & N. Joaquín, *El ciclo hidrológico y el hombre: hacia un uso sostenible del agua*. (pág. 100). México: Adventure Book.
- Moujir, Y., & Castañeda, L. (14 de Octubre de 2014). *Repositorio Digital Pontificia Universidad Javeriana Cali*. Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%C3%B1o_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moujir, Y., & Castañeda, L. (14 de Octubre de 2014). *Repositorio Pontificia Universidad Javeriana Cali*. Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%C3%B1o_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Núñez, J. (2001). Manejo y conservación de suelos. En J. Núñez, *Manejo y conservación de suelos* (págs. 43-48). Costa Rica: EUNED.
- Organización Mundial de la Salud. (2009). Obtenido de www.unep.org/greeneconomy, 624 p
- Pacheco, M. (2010). *EIRD*. Obtenido de La Gestión del Agua Lluvia y la Reducción de Riesgos Urbanos.: <http://www.eird.org/plataforma-tematica-riesgo-urbano/recopilacion-de-articulos/margarita-pacheco.pdf>
- Perales, S., & Doménech, I. (2006). *Dep. Ing. Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de <http://ovacen.com/wp-content/uploads/2015/05/gestion-del-agua-en-el-planeamiento.pdf>
- Pizarro, R., Abarza, A., Morales, C., Calderón, R., Tapia, J., García, P., & Córdova, M. (2015). *Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile*. Obtenido de Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional: <http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2015/11/Manual-de-dise%C3%B1o-y-construcci%C3%B3n-de-sistemas-de-aguas-lluvias-en-zonas-rurales-de-Chile.pdf>
- Quevedo, P. (Mayo de 2013). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EVALUAR SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA, COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE, EN VIVIENDAS E INSTALACIONES CON ALTA DEMANDA DE SUMINISTRO, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3555_C.pdf
- Ramalho, S. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Quebec: Reverté, S. A.

- Rice, E., Baird, R., Eaton, a., & Clesceri, L. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Vol. 22 Edition). Washington, Estados Unidos: American Public Health Association (APHA).
- SAGARPA. (2012). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Obtenido de Estimación de las demandas de consumo de agua: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf
- Sánchez, J. (Octubre de 2010). *Departamento de Geología. Universidad de Salamanca*. Obtenido de Evapotranspiración: <http://diarium.usal.es/javisan/hidro>
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*.
- Soluciones Hidropluviales. (11 de Mayo de 2011). *Captación de Agua de lluvia*. Obtenido de <http://hidropluviales.com/captacion-agua-de-lluvia/>
- Subramanian, N. (Julio de 2009). *Asociación de Cementeros del Perú*. Obtenido de [www.asocem.org.pe/web/_infor_esp/informe%](http://www.asocem.org.pe/web/_infor_esp/informe%20de%20control%20de%20calidad%20de%20agua.pdf)
- Tejero, I., Suárez, J., Jácome, A., & Temprano, J. (Julio de 2010). *CERES*. Obtenido de Ingeniería Técnica de Obras Públicas : ftp://ceres.udc.es/IT_Obras_Publicas/Troncales/Ingenieria_Ambiental/TEMA04_caracterizacion_aguas_151110.pdf
- Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. (Enero de 2001). *GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACION DEL AGUA DE LLUVIA*. Lima, Perú: UNATSABAR.

ANEXOS

Anexo 1: Sólidos Sedimentables

MÉTODO APHA O PROCEDIMIENTOS NORMADOS/VALIDADOS 2540F

Se utilizó el método APHA. El ensayo normalizado de sedimentación consiste en la introducción del agua bruta en un recipiente en forma de cono (llamado cono Imhoff) y dejarla en reposo durante un período de 1 hora. Durante este tiempo sedimentará, se acumulará, en el fondo del recipiente, una parte de los Sólidos en Suspensión a la que se denomina Sólidos en Suspensión Sedimentables (SSs). Se expresarán en mL/L (Coral, 2014 & Tejero, et al. 2010)

Se procedió a llenar el cono Imhoff con 1 L de muestra bien mezclada. Se dejó sedimentar por 45 minutos, removiendo a continuación suavemente las paredes del cono con una barrilla de vidrio, se dejó por 15 minutos más en reposo y se registró el volumen de sólidos sedimentables en milímetros sobre Litro (Aguirre, 2013)

Anexo 2: Sólidos Disueltos

MÉTODO APHA O PROCEDIMIENTOS NORMADOS/VALIDADOS 2540D

Se montará el aparato de filtrado y el filtro e iniciará la succión. Para ajustar el filtro, humedecer este con una pequeña cantidad de agua destilada. Filtrar un volumen de 30 ml muestra bien mezclada. Separar cuidadosamente el filtro del aparato y trasladar a un crisol. Llevar al secador y secar a 103-105 °C durante una hora al menos, enfriar en un desecador para equilibrar la temperatura y llevar a pesar (Rice, Baird, Eaton, & Clesceri, 2012)

Anexo 3: Cloruros

MÉTODO APHA O PROCEDIMIENTOS NORMADOS/VALIDADOS 4500 Cl⁻ F. Mercuric Thiocyanate Method.

Se procede a encender la maquina HACH DR/4000. Se selecciona el programa HACH correspondiente a Cloruros (Cl⁻) 1400, se verifica que la longitud de onda sea la misma que se registra en los métodos HACH DR/4000 y la longitud de onda corresponde 455 nm.

- En una celda de recipiente correspondiente se vierte una cantidad de 25 mL.
- En otra celda se llena con 25 mL de agua destilada, el cual corresponde al blanco.
- Pipetear 2.0 mL de solución de Tiocianato de Mercurio en cada celda de la muestra (tres en total), agitar la muestra.
- Pipetear 1.0 mL de solución de ión Férrico en cada celda de la muestra, agitar para mezclar durante 1 minuto. Se observará que toma un color anaranjado, este color es característico de la presencia de los Cloruros.
- El periodo de reacción para los cloruros es de dos minutos. Se lee la muestra después de los pitidos del temporizador.
- Dicho procedimiento se realizó una vez por cada muestra realizada los diferentes días.

Anexo 4: Sulfatos

PROCEDIMIENTOS NORMADOS/VALIDADOS. Method 8051 SO_2^- . Method HACH SulfaVer 4 Method (0 to 70.0 mg/L)

Se procede a encender la maquina HACH DR/4000. Se selecciona el programa HACH correspondiente a Sulfatos SO_2^- 3450, se verifica que la longitud de onda sea la misma que se registra en los métodos HACH DR/4000 y la longitud de onda corresponde 450 nm.

- Llenar una celda de muestra limpia con 25 mL de muestra.
- Añadir el contenido de un SulfaVer 4, que es un reactivo en polvo a la celda de muestra, agitar, la turbidez blanca se desarrollará si el sulfato se encuentra presente.
- Activar el temporizador durante un periodo de 5 minutos.
- Llenar la segunda celda de muestra con 25ml de muestra esta servirá para el blanco.
- Cuando el temporizador suene, colocar la celda en el blanco en el titular de la luz.
- Dentro de los cinco minutos después de los pitidos del temporizador, coloque la muestra preparada.
- Cierre la cubierta. Los resultados de darán en mg/L de sulfato.

Anexo 5: Nitritos

PROCEDIMIENTOS NORMADOS/VALIDADOS. Method 8039 NO_2^-

Method HACH NitraVer 5 Method (0 to 30.0 mg/L)

Se procede a encender la maquina HACH DR/4000. Se selecciona el programa HACH correspondiente a Nitritos NO_2^- 2530, se verifica que la longitud de onda sea la misma que se registra en los métodos HACH DR/4000 y la longitud de onda corresponde 500 nm.

- Llene una celda de muestras con 10 mL de muestras.
- Añadir el contenido de un NitraVer 5, nitrato reactivo en polvo a la muestra preparada.
- Iniciar el temporizador, agitar la celda hasta que el temporizador suene en un minuto.
- Cuando suene el temporizador, presionar la tecla que nos indicara un periodo de reacción de cinco minutos. El color característico de la muestra será ámbar si es nitrógeno nítrico.
- Cuando suene nuevamente el temporizador, llenar la segunda celda con 10mL de muestra que servirá para el blanco. Colocar el blanco en el soporte de la celda.
- Preparar el resto de muestras, cerrar la tapa del aparato y esperar los resultados.

Anexo 6: Coliformes fecales

PROCEDIMIENTOS NORMADOS/VALIDADOS. APHA PART 9000
MICROBIOLOGICAL EXAMINATION.

- Como primer punto se realizó un lavado y auto clavado con el fin de esterilizar todos los materiales que se utilizaron para la determinación de este parámetro. Una vez lavadas las cajas Petri (12 en total) se las envolvió en aluminio para ser metidas en el auto clave, junto con los tubos de Ensayo (9 en total).
- Se prepara el medio de cultivo uno líquido el caldo de cultivo XLD se disuelve 55 g de medio de cultivo en 500 mL de agua destilada este medio de cultivo no se auto clava según las indicaciones del fabricante. En 6 cajas Petri se deposita un aproximado de 30 mL de medio de cultivo. Se lo deja 12 horas para que se solidifique. Solidificado el medio se deposita 1mL de cada muestra de agua y con el asa de cultivo previamente esterilizada se esparce.
- Se prepara el BBL Endo Agar se disuelve 41.5g del polvo en 1 L de agua destilada. Se autoclave a 121 grados centígrados durante 15 minutos, se lo deja enfriar hasta 50 grados centígrados. Se coloca el precipitado en tubos de ensayo 9 mL de caldo de cultivo y 1 mL de muestra de agua, tres tubos de ensayo por cada día de muestra, esto se lo mete auto clavar junto con las cajas Petri.
- Para solidificar el medio de cultivo BBL Endo Agar se le añade 4.6 g de Bacto Agar y se vierten en las cajas Petri. Se deja a solidificar 12 horas. solidificado el medio de cada muestra se deposita 1 mL de agua de lluvia y con el asa de cultivo se lo esparce.
- Una vez terminado el proceso se pone en la incubadora a 37 grados centígrados por 24 horas.
- Para las cajas Petri con los dos medios de cultivo se divide en cuadrantes cada caja y se cuenta el número de colonias formadas/ litro de medio de cultivo.

ANEXO FOTOGRÁFICO

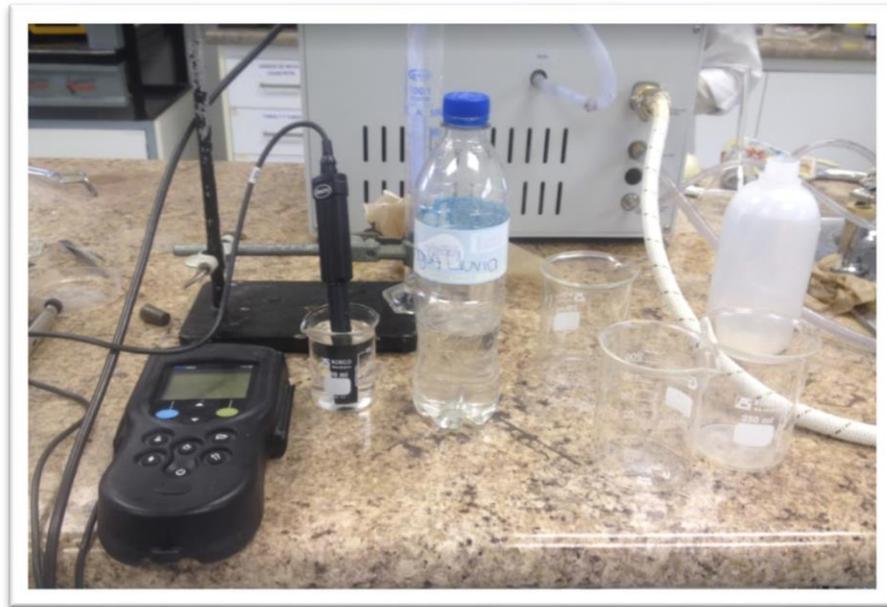


Figura 7: Fotografía correspondiente a medición de parámetros varios mediante la sonda multiparámetros y el equipo HACH. Tomada por: Carolina Marcial



Figura 8: Fotografía correspondiente a conos Innhoff con muestras de agua de lluvia. Tomada por Carolina Marcial, 2016



Figura 9: Fotografía correspondiente a filtración de agua de lluvia para determinación de sólidos suspendidos. Tomada por Carolina Marcial, 2016



Figura 10: Fotografía correspondiente a máquina HACH 4000. Tomada por: Carolina Marcial, 2016



Figura 11: Fotografía correspondiente a celdas y reactivos utilizados. Tomada por Carolina Marcial, 2016.



Figura 12: Fotografía correspondiente a máquina HACH junto con celdas y reactivos. Tomada por: Carolina Marcial, 2016



Figura 13: Fotografía correspondiente SulfaVer 4 y muestras de 25mL de agua de lluvia. Tomada por Carolina Marcial, 2016



Figura 14: Fotografía correspondiente determinación de sulfatos por método 8051. Tomada por: Carolina Marcial, 2016



Figura 15: Fotografía correspondiente a equipo HACH muestreo de nitritos. Tomada por Carolina Marcial, 2016



Figura 16: Fotografía correspondiente a medios de cultivo. Tomada por Carolina Marcial, 2016



Figura 17: Fotografía correspondiente a peso de medios de cultivo. Tomada por Carolina Marcial, 2016



Figura 18: Fotografía correspondiente a preparación de medios de cultivo. Tomada por: Carolina Marcial, 2016



Figura 19: Fotografía correspondiente a tubos de ensayo con medios de cultivo y agua de lluvia. Tomada por Carolina Marcial, 2016

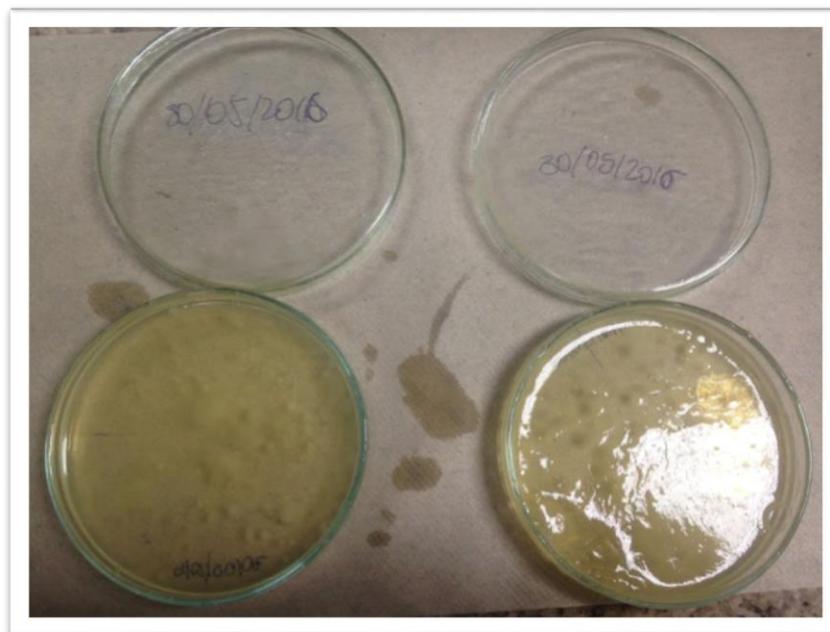


Figura 20: Fotografía correspondiente a medio de cultivo BBL con presencia de coliformes fecales.



Figura 21: Fotografía correspondiente a medio XLD con presencia de coliformes. Tomada por: Carolina Marcial, 2016.