USO-REÚSO DEL AGUA Y RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DIEGO FELIPE MOSQUERA BURBANO
GUSTAVO ADOLFO RODRIGUEZ CASTRO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2015

USO-REÚSO DEL AGUA Y RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DIEGO FELIPE MOSQUERA BURBANO

GUSTAVO ADOLFO RODRIGUEZ CASTRO

Trabajo de grado modalidad tesis de investigación participativa como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agropecuario.

Director
MSc. SANDRA MORALES VELASCO
Ecóloga
MSc. VICTOR FELIPE TERAN
Ing. Civil

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRAGRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRARIAS
POPAYÁN
2015

Nota de aceptación

_____
_____
_____
_____

Director_____
SANDRA MORALES VELASCO Ec. M.Sc.

Director_____
VICTOR FELIPE TERAN I.C. M. Sc.

_____
Firma del presidente del Jurado

_____
Firma del jurado

Fecha y lugar de sustentación: Popayán, 20 de Octubre de 2015

Dedicatoria

A Dios, por darnos la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre Teresita Burbano Mulcue, abuelo y hermanos, por ser el pilar fundamental de mi vida, y por la ayuda en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi abuela Irene Mulcue de Burbano (Q.E.P.D) por su apoyo, amor, y comprensión y sobre todo por haber dedicado gran parte de su vida a luchar por toda la familia, y ser para mi ejemplo de lucha y sacrificio.

DIEGO FELIPE MOSQUERA BURBANO

A Dios por haberme concedido el don de la vida, la paciencia y la fe, por guiar mi camino, protegerme y fortalecerme en cada momento de debilidad y culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre María Elena Castro y a mi abuela Mercedes Otela Finscue por su amor, apoyo, entrega y comprensión, por enseñarme los valores como persona, por haberse esforzado a cada instante para concluir este proyecto y velar por mi bienestar.

A cada una de las personas que creyeron en mis capacidades y me sostuvieron con su ánimo, en la senda de estos años, a los que juntos pasamos horas entre libros, trabajos y trasnochos.

A la memoria de mi tío, el ingeniero civil Luis Hernando Castro, quien me enseño en vida el valor de la dedicación, la humildad y el esfuerzo por un querer y mi abuelo Guillermo Rodríguez Rodríguez (Q.E.P.D).

GUSTAVO ADOLFO RODRIGUEZ CASTRO.

Agradecimientos

A Dios por haber culminado esta etapa de nuestras vidas, por brindarnos el don de la paciencia en los momentos más difíciles.

A la Ecóloga Sandra Morales y al Ingeniero Víctor Felipe Terán por su apoyo incondicional en sus orientaciones académicas y aportes a nuestro trabajo, la cual permitieron la culminación de los objetivos propuestos en el informe.

A nuestros jurados, a la Ingeniera Lucila Ayde Certuche y a la Ingeniera Ana Cecilia Gavilan, por su asesoría en nuestro trabajo de grado.

A nuestras familias por brindarnos su amor y apoyo en los momentos adversos de nuestra vida académica.

A amigos, compañeros y demás personas que con su cooperación, se logró la culminación de esta meta.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 13

1. MARCO REFERENCIAL 14

1.1 RESIDUOS SÓLIDOS. 14

1.1.1 Aprovechamiento en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos 14

1.1.2 Residuo Aprovechable 14

1.1.3 Residuo No Aprovechable. 14

1.1.5 Residuos orgánicos 14

1.1.6 Residuos inorgánicos 15

1.1.7 Reúso 15

1.1.8 Reutilización. 15

1.2 EL COMPOSTAJE 15

1.2.1 Propiedades del compostaje o abono orgánico 15

1.2.2 Material empleado para hacer el compostaje o abono orgánico 16

1.3 EL USO Y REÚSO DEL AGUA RESIDUAL. 16

1.4 PARAMETROS TECNICOS DEL AGUA. 17

1.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). 17

1.4.2 Demanda Química de Oxigeno (DQO)..... 17
1.4.3 Temperatura.. 17
1.4.4 pH. 17
1.4.5 Solidos Suspendidos Totales (SST)..... 17
1.4.6 Grasas y aceites 18
1.5 PRETRATAMIENTOS. 18
1.6 TRATAMIENTO PRIMARIO..... 18
1.7 TRATAMIENTO SECUNDARIO..... 18
1.7.1 Lodos activados..... 19
1.7.2 Filtros percoladores 19
1.8 TRATAMIENTOS ANAEROBIOS. 19
1.9 POSTRATAMIENTOS. 19
1.9.1 Lagunas de oxidación. 19
1.9.2 Tratamientos aerobios.. 19
1.9.3 Desinfección.. 20
1.9.4 Manejo de lodos. 20
1.9.5 Biofiltro..... 20
1.10 PLANTAS INVASORAS..... 20

2. METODOLOGIA..... 22
2.1 LOCALIZACION. 22
2.2 ACTIVIDADES..... 23

2.2.1 Caracterización de Residuos Sólidos Aprovechables de La Facultad de Ciencias Agrarias (Faca). 23

2.2.1.1 Puntos ecológicos. 23

2.2.1.2 Área de la asignatura de Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria (SIPAS III)..... 24

2.2.1.3 Área de zonas verdes. 26

2.3 USO Y MANEJO DEL RECURSO HIDRICO EN LA FACULTAD..... 26

2.3.1 Planta piloto. 28

2.3.2 Baterías sanitarias. 28

2.3.3 Riego y zona de aseo general. 28

2.3.4 Sitio de fuga. 28

2.3.5 Medición del volumen de consumo en la Facultad.. 28

2.4 VALORACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (P.T.A.R). 29

2.4.1 Pozo de Bombeo.. 29

2.4.2 Tanque Sedimentador de 5 compartimentos..... 30

2.4.3 Humedal de flujo Sub superficial sembrado con *Phragmites*..... 30

2.4.4 Reservorio de agua..... 30

2.4.5 Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales en cada punto de muestreo. 32

2.5 ESTADO ACTUAL DEL RESERVORIO..... 33

2.5.1 Material orgánico en canales de distribución..... 33

2.5.2 Follaje en el reservorio artificial. 34

2.5.3 Levantamiento topográfico del reservorio artificial. 35

2.6 ALTERNATIVAS DE MANEJO. 36

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 37

3.1 Caracterización de residuos sólidos aprovechables de la Facultad de Ciencias Agrarias (FACA). 37

3.1.1 Puntos ecológicos. 37

3.1.2 Área de la asignatura de Sistemas integrados de Producción Agropecuaria SIPA III. 38

3.1.3 Zonas verdes de la facultad.. 40

3.2 USO Y MANEJO DEL RECURSO HIDRICO EN LA FACULTAD. 41

3.2.1 Consumo de agua para los laboratorios de la planta piloto.. 41

3.2.1.1 Consumo de agua en las plantas de procesamiento de alimentos. 41

3.2.1.2 Consumo de agua para el lavado de quinua. 42

3.2.3 Baterías sanitarias. 44

3.2.4 Zona de aseo general. 45

3.2.5 Consumo de agua en laboratorio de reología. 46

3.2.6 Consumo de agua para riego en los jardines y área de SIPA III 46

3.2.7 Consumo de agua en el sitio de fuga. 46

3.2.8 Consumo de agua en el laboratorio de biotecnología. 46

3.2.9 Consumo actual del agua potable en la facultad. 47

3.3 VALORACIÓN DE LA P.T.A.R. 48

3.4 ESTADO ACTUAL DEL RESERVORIO DE LA FACULTAD. 51

3.4.1 Materia orgánica en los canales de distribución de agua lluvia. 51

3.4.2 Materia orgánica en el reservorio de agua. 51

3.4.3 Levantamiento topográfico del reservorio. 52

3.5 ALTERNATIVA DE MANEJO. 56

3.5.1 Manejo de residuos sólidos. 57

3.5.2 Manejo de residuos orgánicos suceptibles a compostar. 58

3.5.3 Uso y manejo del recurso hídrico. 60

3.5.3.1 Cosecha de aguas lluvias. 60

3.5.3.1.1 Estimación de captación de agua lluvia 61

3.5.3.2 Ahorro de agua por medio de herramientas de aseo. 64

3.5.3.3 Ahorro de agua en el laboratorio de biotecnología.. 65

3.5.4 Reservorio. 65

4. CONCLUSIONES 70

5. RECOMENDACIONES 72

BIBLIOGRAFIA 73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la Facultad de Ciencias Agrarias. 22

Figura 2. Pesaje de los residuos sólidos en el punto ecológico principal Facultad de Ciencias Agrarias. 24

Figura 3. Ubicación del área de SIPAIII 25

Figura 4. Pesaje de residuos sólidos lugar zona de cultivos a pequeña escala. ... 25

Figura 5.Pesaje de residuos sólidos lugar galpones sipas III. 26

Figura 6. Plano General de la Facultad de Ciencias Agrarias. 27

Figura 7. Contador Facultad de Ciencias Agrarias. 29

Figura 8. Puntos de muestreo. 30

Figura 9. Planta de Tratamiento. 31

Figura 10. Muestras de colorimetría y Sonda multiparamètrica YSI. 32

Figura 11. Residuos en los canales y medición de los mismos. 33

Figura 12. Planta invasiva *Heteranthera reniformis* en el reservorio artificial. 34

Figura 13. Follaje en el reservorio artificial 35

Figura 14. Levantamiento topográfico del reservorio artificial. 35

Figura 15. Residuos Aprovechables vs No aprovechables en la Facultad de Ciencias Agrarias 37

Figura 16. Residuos mezclados en puntos ecológico principal. 38

Figura 17. Promedio de biomasa producida en el área de SIPA.....39

Figura 19. Consumo de agua en la planta piloto. 42

Figura 20. Lavado manual Quinua (Chenopodium quinoa willd). 43

Figura 21. Lavado automático Quinua (*Chenopodium quinoa willd*). 43

Figura 23. Materia orgánica en canales de distribución.. 51

Figura 24. Promedio de materia orgánica hallada en el reservorio artificial. 52

Figura 25. Perfil del reservorio.....53

Figura 26. Fondo del reservorio, desnivel ubicado. 54

Figura 27. Rebose de agua en el borde del reservorio. 54

Figura 28. Lavado de instrumentos del laboratorio de biotecnología 55

Figura 29. Presencia de un pez (carpa común) en el reservorio artificial. 56

Figura 30. Plano de la compostera. 59

Figura 31. Ubicación de las zonas para recolectar agua (Techos). 60

Figura 32. Plano baños adaptados con tanques para la recolección de agua lluvia. 62

Figura 33. Minicarro de limpieza. 64

Figura 34. Materia orgánica sobre el espejo de agua. 65

Figura 35. Reservorio artificial con nivelación a realizar y con la implementación de la compuerta. 66

Figura 36. Cambios propuestos (Tubería perimetral y Compuerta de la planta biológica hacia la alcantarilla). 67

Figura 37 Desvío del efluente hacia el tanque de sedimentación. 68

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Codigo de colores. 23

Cuadro 2. Baterías sanitarias en la FACA. 44

Cuadro 3. Griferías de zonas verdes. 45

Cuadro 4. Aforos de puntos hídricos. 45

Cuadro 5. Parámetros fisicoquímicos métodos de colorimetría y multiparamètrica. (YSI) 49

Cuadro 6. Reporte de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. 50

Cuadro 7. Porcentaje de ahorro entre el consumo inicial y propuesta de ahorro. .63

Cuadro 8. Comparación de la cosecha de agua entre la parte baja y alta de los baños. 63

Cuadro 9 Relleno de nivelación. 66

Cuadro 10. Valores para la ampliación del empedrado. 67

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Plano de distribución de lotes de producción de SIPA III. 79

Anexo B. Registro diario del consumo de agua. 80

Anexo C. Consumo promedio mensual. 81

Anexo D. Consumo de agua por práctica en la planta piloto. 82

Anexo E. Plan de gestión de riesgo para el manejo de vertimientos. 82

Anexo F. Costos de la compostera. 83

Anexo G. Ficha técnica de grifería con tecnología push. 85

Anexo H. Ficha técnica de tecnología infrarroja. 86

Anexo I. Plano de reservorio propuesto. 87

RESUMEN

El trabajo de investigación denominado Uso-Reúso del Agua y Residuos Sólidos Aprovechables en la Facultad de Ciencias Agrarias, se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agrarias, para dar cumplimiento a los objetivos del presente trabajo se realizaron las siguientes actividades: Se caracterizaron residuos sólidos no peligros en las diferentes dependencias de la facultad, se pesaron dichos residuos con el fin de conocer la cantidad de residuos sólidos aprovechables que se depositan semanalmente en las contenedores, se aforaron las zonas de la facultad que generalmente son utilizadas como lotes de siembra en asignaturas como SIPA III, con el fin de conocer un valor aproximado de la cantidad de materia orgánica que sale de esta área y es susceptible a compostarse. También se realizó un diagnóstico del uso y reúso del agua por medio de las siguientes actividades: se realizaron pruebas para determinar la cantidad de la carga contaminante que actualmente es removida por la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), se desarrolló un levantamiento topográfico para conocer el perfil y saber cómo esta internamente.

Mediante las anteriores actividades se logró determinar los usos apropiados para el agua en la facultad: optimizando su consumo por medio de la cosechas de aguas lluvias, calibrando las unidades sanitarias actuales, promoviendo nuevos usos para el agua del reservorio artificial, también generando un manejo para los residuos sólidos aprovechables de la facultad y promover una concientización del estudiantado por medio de conferencias, seminarios y talleres acerca del tema

Palabras claves: Compostera, puntos ecológicos, reúso del reservorio artificial, cosecha de agua lluvia, unidades sanitarias ahorradoras, orinales secos, residuos peligrosos y no peligrosos.

ABSTRACT

The research called Use-Reuse of Water and Solid Waste usable in the Faculty of Agricultural Sciences, was developed in the Faculty of Agricultural Sciences, to comply with the objectives of this work were carried out the following activities: solid wastes were characterized not dangers in the different departments of the faculty, the waste is weighed to determine the amount of usable solid waste deposited weekly on the containers, the areas of the faculty are generally used as seed lots in subjects as SIPA III, in order to know an approximate value of the amount of organic matter that comes out of this area and is likely to be composted. An assessment of the use and reuse of water through the following activities were also performed: tests were performed to determine the amount of the pollutant load current is removed from the plant wastewater treatment plant, a topographical survey was developed to know the profile and how this internally.

Through the above activities are managed determine appropriate water in the faculty uses: optimizing consumption through rainwater harvesting, gauging current health units, promoting new uses for artificial water reservoir, also for generating management solid waste exploitable faculty and students to promote awareness through conferences, seminars and workshops on the subject

Key words: composting, eco points, reuse of artificial reservoir, rainwater harvesting, saving medical units, dry urinals, hazardous and non-hazardous waste.

INTRODUCCIÓN

Se estima que para el año 2025, dos terceras partes del mundo padecerá de escasez de agua (ONU, 2007*)* se prevé que para el año 2016, aproximadamente el 70% de la población urbana tendrá un déficit en el suministro de agua potable (IDEAM, 2008), unido a esto los procesos de producción y transformación de materiales para desarrollo del ser humano generan gran cantidad de residuos sólidos; es así como el reúso del agua y de residuos sólidos, son una oportunidad para el manejo sostenible de los recursos naturales. Existen estudios que plantean modelos de gestión integral del manejo de residuos sólidos en recintos universitarios, los cuales muestran que los residuos aprovechables generados son mayores al 50 %. (Nieto C et al, 2010).

La Universidad del Cauca, a través del comité de Gestión Ambiental ha venido desarrollando procesos de disposición final de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y peligrosos, en las diferentes Facultades y dado a que la Facultad de Ciencias Agrarias realiza actividades de producción y transformación de productos agropecuarios y agroindustriales en prácticas académicas, que no solo genera sobrantes sólidos susceptibles de compostaje; sino también demanda gran cantidad de volúmenes de agua para el desarrollo de las practicas académicas, que incrementan los costos del servicio del agua, requiere un manejo diferente. La Facultad de Ciencias Agrarias, busca involucrar sus procesos educativos a sistemas de gestión ambiental sostenible, articulados a prácticas de curso en el procesamiento de alimentos y agua potable utilizada en los cultivos.

Por esta razón, el presente trabajo de investigación plantea alternativas de uso-reúso del agua y residuos sólidos aprovechables en la Facultad de Ciencias Agrarias, caracterizo los residuos sólidos aprovechables de las diferentes dependencias de la Facultad, determino la cantidad de agua consumida en cada sector, y diseño estrategias de manejo de residuos sólidos y líquidos.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 RESIDUOS SÓLIDOS.

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (GTC 24, 2009).

1.1.1 Aprovechamiento en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos (GTC 24, 2009).

1.1.2 Residuo Aprovechable. Cualquier material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor para quien lo genera, pero se puede incorporar nuevamente a un proceso productivo (GTC 24, 2009).

1.1.3 Residuo No Aprovechable. Todo material o sustancia que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación a un proceso productivo. No tienen ningún valor comercial, por lo tanto requieren disposición final (GTC 24, 2009).

1.1.4 Residuos peligrosos. Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos (MINDESARROLLO 2010)**.**

1.1.5 Residuos orgánicos. Son todos aquellos que pueden descomponerse naturalmente y que tienen en su estructura básicamente carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno estos pueden ser: papel, cáscaras de verduras, residuos de alimentos, frutos, bebidas, residuos de cosechas, algas, hojas de árboles, Etc. (GTC 24, 2009).

1.1.6 Residuos inorgánicos. Son los que por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Muchos de ellos son de origen natural pero no son biodegradables, por ejemplo los envases de plástico. Generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos, como las latas, vidrios, pilas entre otros. (GTC 24, 2009).

Una solución a la disposición de residuos sólidos de tipo orgánico es crear, composteras para transformación de estos en abono orgánico destinados al cuidado de cultivos.

1.1.7 Reúso. El reúso pretende aumentar la vida útil de los materiales utilizándolos completamente o dándoles otra función diferente sin realizar procesos de transformación (GTC 24, 2009).

1.1.8 Reutilización. Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación. (MINDESARROLLO, 2010).

1.2 EL COMPOSTAJE

El compostaje es el proceso de oxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración mínima (estabilización), se convierten en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura (NTC 5167, 2003).

1.2.1 Propiedades del compostaje o abono orgánico. Es un sistema de reciclaje, con una útil revalorización del residuo, produce un impacto ambiental positivo, mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica aumenta la porosidad de la tierra e incrementa su capacidad de retención de agua. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos, mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos, ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización, la población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo,

es un abono Económico frente al abono químico y reduce la contaminación. (FAO, 2013).

1.2.2 Material empleado para hacer el compostaje o abono orgánico. El material utilizado para la elaboración del compostaje o abono orgánico se dividen en:

Residuos Vegetales: Restos de cosechas de maíz, fríjol, plátano, arveja, frutas, hortalizas, pastos de corte, algas, lodo de ciénagas y humedales.

Residuos Animales: Restos de animales de mataderos, estiércol animal (Bovinaza, gallinaza, conejaza, equinaza, entre otros).

La pollinaza es un eslabón importante para la producción de abono orgánico y dispone al suelo por su alto contenido de nitrógeno, fósforos y otros micros elementos esenciales para su fertilización; además aporta microorganismos benefactores para la práctica de la agricultura y posteriormente renueva la materia orgánica perdida por la labranza.

Además se necesita otros insumos para su compostaje como es la miel de purga, levadura, cal agrícola o cal dolomita.

1.3 EL USO Y REÚSO DEL AGUA RESIDUAL.

El reúso de aguas residuales está definido como su aprovechamiento en actividades diferentes a las cuales fueron originadas. Los diversos usos dependen de la destinación que reciben la aguas residuales se pueden encontrar desde aplicaciones industriales, agrícolas hasta el mantenimiento de áreas verdes urbanas entre otros (MINAMBIENTE, 2011).

Colombia cuenta con una superficie irrigada con aguas residuales de 1.230.193 ha, con 27% de agua residual tratada y 73% sin tratar, por lo general diluida con aguas superficiales; al igual que sucede en toda América Latina, no se cuenta con información completa y confiable sobre el tema del reúso (Cepis, 2003) y solamente 8% del total de aguas residuales que se producen diariamente es tratado (WSP et al, 2007).

1.4 PARAMETROS TECNICOS DEL AGUA.

Son fundamentales para conocer la calidad del agua, a continuación se definen cada uno de estos aspectos.

1.4.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Es la cantidad de oxigeno no disuelto consumido en una muestra de agua por los microorganismos cuando se descompone la materia orgánica a 20 °C en un periodo de 5 días. Mide sin dificultad el carbono orgánico biodegradable. La DBO se utiliza para medir la capacidad de purificación de los cuerpos de agua, para el diseño de las unidades de tratamiento, tamaño de filtros percoladores y unidades de lodos activados, evaluar la eficiencia de los diferentes procesos. (NTC 3630, 2014).

1.4.2 Demanda Química de Oxigeno (DQO). Determina la cantidad de oxigeno necesario para oxidar químicamente las sustancias orgánicas en el agua o agua residual. Se emplea un agente oxidante químicamente fuerte (dicromato potásico en medio acido) para oxidar sustancias orgánicas en lugar de los microorganismo como en el ensayo de la DBO. El valor de la DQO es siempre superior a la DBO_5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. Método de medición es el exceso de agente oxidante. (NTC 3629, 2010).

1.4.3 Temperatura. Magnitud del grado del calor del agua, se mide por medio de un termómetro y sus valores tolerables son < 36 °C (NTC 3645, 2010).

1.4.4 pH. Se define como el logaritmo negativo (base 10) de la concentración del ion hidrogeno y es adimensional, su método de medición es con el potenciómetro (pH metro), su valores tolerables son de 4-9. (NTC 3651, 2012).

1.4.5 Solidos Suspendidos Totales (SST). La determinación de los sólidos suspendidos es de gran valor en el análisis de aguas contaminadas; es uno de los principales parámetros a evaluar la concentración de las aguas residuales y domésticas y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento. Desde un punto de vista del control de la contaminación de las corrientes, la remoción de los sólidos suspendidos es usualmente tan importante como la remoción de la DBO. (NTC 897, 2010).

1.4.6 Grasas y aceites Altamente estables, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades. Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual. Su método de medición es la extracción de soxhelt y su valor tolerable es de 0 mg/l. (NTC 432, 2012).

1.5 PRETRATAMIENTOS.

Debe realizarse por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasas, dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción del material extraño presentes en las aguas negras y lluvia, para que no puedan interferir en los procesos de tratamiento. (NTC 3630, 2012).

1.6 TRATAMIENTO PRIMARIO.

1.6.1 Sedimentadores primarios. El objeto de este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Se recomienda utilizar el método de laboratorio por tandas para estimar la tasa de desbordamiento superficial necesaria, el tiempo de retención o profundidad del tanque y el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos. Este método puede encontrarse en la norma colombiana o internacional vigente. Deben utilizarse las gráficas de porcentaje de remoción de DBO y sólidos suspendidos como función de la tasa de desbordamiento superficial y del tipo de clarificador que se tenga (circular o rectangular). En los casos que el ingeniero considere necesario, se pueden adicionar coagulantes para incrementar la eficiencia de remoción de fósforo, sólidos suspendidos y DBO. (MINDESARROLLO, 2010).

1.7 TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Los procesos biológicos, o secundarios, se emplean para convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta en el agua residual en floc biológico sedimentable y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación. Estos procesos se emplean junto con procesos físicos y químicos para el tratamiento preliminar y primario del agua residual. (MINDESARROLLO, 2010).

1.7.1 Lodos activados. El proceso de lodos activados y sus varias modificaciones pueden ser usados cuando las aguas residuales puedan responder a un tratamiento biológico. (MINDESARROLLO, 2010).

1.7.2 Filtros percoladores. Un filtro percolador consiste en un tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, de alta relación área/volumen, sobre el cual son aplicadas las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles. Alrededor de este lecho se encuentra adherida una población bacterial que descompone las aguas residuales a medida que éstas percolan hacia el fondo del tanque. Después de cierto tiempo, la capa bacterial adquiere un gran espesor y se desprende hidráulicamente del lecho de piedras para pasar luego a un clarificador secundario en donde se efectúa la separación de los lodos formados. (MINDESARROLLO, 2010).

1.8 TRATAMIENTOS ANAEROBIOS.

El tratamiento anaerobio es el proceso de degradación de la materia orgánica por la acción coordinada de microorganismos, en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes fuertes (SO=4, NO=3, etc.). Como subproducto de ella se obtiene un gas, denominado usualmente biogás, cuya composición básica es metano CH4 y dióxido de carbono CO2 en un 95%, pero con la presencia adicional de nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, usualmente en proporciones inferiores al 1%. (MINDESARROLLO, 2010).

1.9 POSTRATAMIENTOS.

1.9.1 Lagunas de oxidación. Las lagunas deben ser del tipo facultativo o aerobio. En este caso, el objetivo principal de la laguna es una remoción adicional de la concentración del material orgánico y de los sólidos en suspensión. En el caso de lagunas aerobias pueden lograrse excelentes remociones de patógenos nutrientes y metales pesados. (MINDESARROLLO, 2010).

1.9.2 Tratamientos aerobios. El tratamiento con sistemas aerobios permite un pulimiento final del efluente, en términos de DBO y sólidos suspendidos, en caso de que este sea necesario. Los lodos en exceso de tratamiento aerobio pueden estabilizarse en el sistema anaerobio, y los gases olorosos secundarios del anaerobio, tratarse en el tratamiento aerobio. (MINDESARROLLO, 2010).

1.9.3 Desinfección. El proceso de desinfección debe realizarse en el efluente de plantas de tratamiento cuando éste último pueda crear peligros de salud en las comunidades, aguas abajo de la descarga. (MINDESARROLLO, 2010).

1.9.4 Manejo de lodos. Todos los niveles de complejidad deben contemplar el manejo de lodos en su sistema de tratamiento de aguas residuales. Para esto, deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos. Los efluentes líquidos del tren de lodos deben integrarse en los balances de masa del tren líquido. (MINDESARROLLO, 2010).

1.9.5 Biofiltro. Es un sistema que imita a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales. Los biofiltro son humedales artificiales de flujo subterráneo, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales. Los biofiltro son pilas de poca profundidad rellenadas con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano, y en las que las aguas residuales pre-tratadas fluyen en sentido horizontal o vertical. (Water and Sanitation Program, 2006).

Un biofiltro de flujo horizontal consta de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, con un relleno de material grueso (5 a 10 cm de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). La fracción principal del lecho filtrante, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 0.5 a 15 mm de diámetro. (Water and Sanitation Program, 2006).

En este tipo de biofiltro, las aguas residuales pre-tratadas fluyen lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila, con una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta llegar a la zona de recolección del efluente. Durante este recorrido, que dura de tres a cinco días, el agua residual entra en contacto con zonas aeróbicas (con presencia de oxígeno) y anaeróbicas (sin presencia de oxígeno), ubicadas las primeras alrededor de las raíces de las plantas, y las segundas en las áreas lejanas a las raíces (Water and Sanitation Program, 2006).

1.10 Plantas Invasoras.

En la Facultad de Ciencias Agrarias se ha detectado presencia de plantas invasoras sobre el espejo de agua en el reservorio artificial, lo cual ha ocasionado

un deterioro en la calidad de agua y la utilización del mismo. Un ejemplo de estas es: *Eichhornia crassipes*. Llamado comúnmente flor de Bora, camalote, Jacinto de agua común, Tarope o buchón de agua, es una planta acuática de la familia de las Pontederiaceae. Es originaria de las aguas dulces de las regiones cálidas de América del Sur, en las cuencas Amazónica y del Plata. Es usada como planta medicinal, fertilizante de suelos y decorativa; por fuera de su nicho original se la considera especie invasora.

Es una planta considerada plaga; sin embargo, podría aprovecharse como fitorremediador. La *Eichhornia crassipes* es una de las especies más estudiadas, debido a sus características depuradoras y facilidad de proliferación. Esta planta obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo, junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes. Posee un sistema de raíces, que pueden tener microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de la planta. En general, estas plantas son capaces de retener en sus tejidos una gran variedad de metales pesados (como cadmio, mercurio y arsénico específicamente). El mecanismo de cómo actúa es a través de formaciones de complejos entre el metal pesado con los aminoácidos presentes dentro de la célula, previa absorción de estos metales a través de las raíces.

Heteranthera reniformis. Comúnmente llamada buche de gallina, lechuga de agua, lochita, riñón, oreja de ratón, es nativa de poca profundidad (menos de 15 cm de profundidad), su hábitat son los humedales de agua dulce en una amplia zona de Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica. Se trata de una planta sumergida o flotante, anual o facultativamente perenne que crece de 20-50 cm de altura.

Dentro de su área de distribución natural, H. reniformis crece rápidamente para formar densas alfombras cuando la competencia es baja. Sin embargo, es un mal competidor con juncias y juncos altos. Crecen bien durante unos años en los bordes de los estanques y pantanos (NatureServe, 2007). Sus semillas duran por muchos años y permiten a la especie reaparecer cuando se produce un evento de perturbación. Posee un crecimiento rápido, colonizador oportunista en humedales abiertos.

H. reniformis tiene el potencial de convertirse en una abundante y molesta plaga, sobre todo en humedales muy perturbados, en estanque en zonas abiertas donde la profundidad del agua es menor de 15 cm, se espera que sea un problema menor en las zonas húmedas donde la vegetación más alta sigue intacta y proporciona sombra.

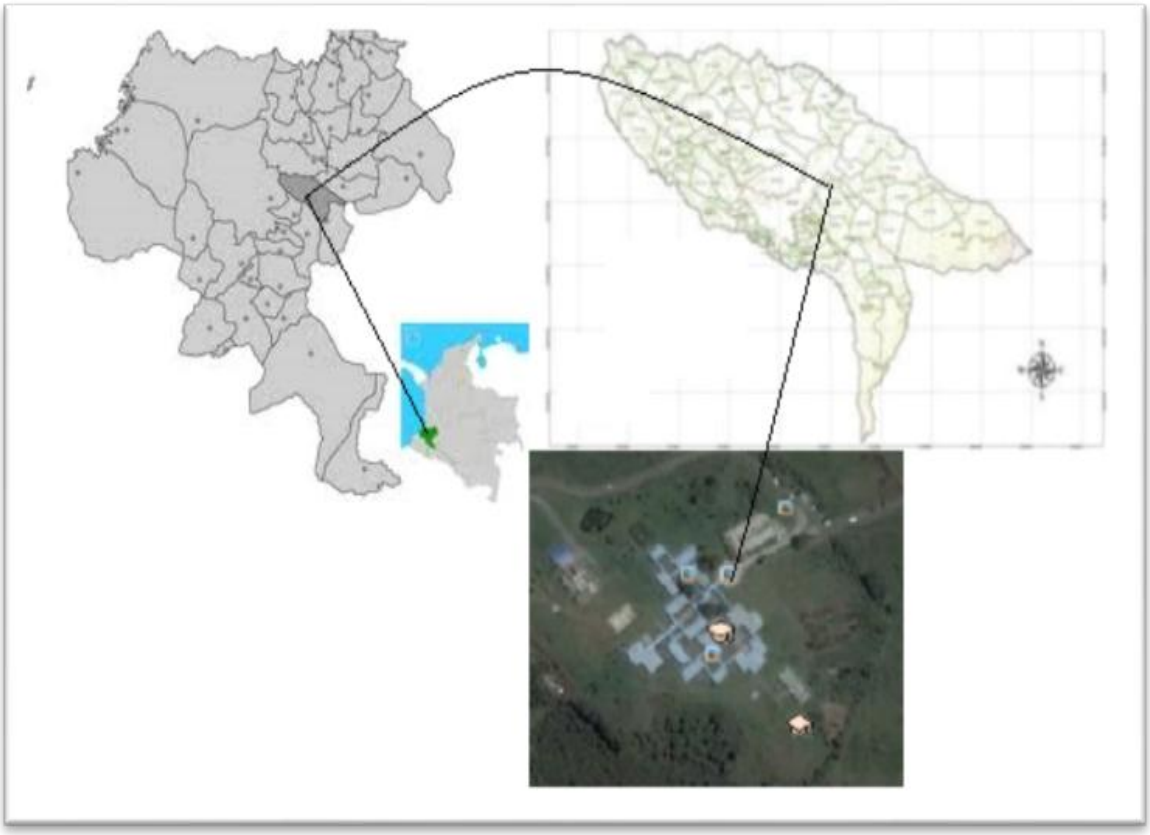
2. METODOLOGIA

En la investigación se caracterizó los residuos sólidos aprovechables susceptibles de reutilización o reincorporación en las diferentes dependencias de la Facultad de Ciencias Agrarias, se determinó el uso y manejo del recurso hídrico, se diseñó estrategias de manejo de residuos sólidos y líquidos, a su vez se platearon alternativas de uso-reúso del agua y residuos sólidos aprovechables.

2.1 LOCALIZACION.

El presente estudio, se hizo en La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, ubicada el kilómetro 1 vereda Las Guacas, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca - Colombia, cuya elevación es de 1869 m.s.n.m., sus coordenadas geográficas son: 2°28’ 12,99”N- 76° 33’ 03,42” O.

Figura 1. Localización geográfica de la Facultad de Ciencias Agrarias.



Fuente. Google earth, 2014, Cuaran, 2014.

2.2 ACTIVIDADES.

2.2.1 Caracterización de residuos sólidos aprovechables de La Facultad de Ciencias Agrarias (Faca).Se realizó un recorrido en la facultad, con el fin de observar las zonas de generación de residuos sólidos aprovechables que pueden reutilizarse para la preparación básicamente de compost.

Se inspeccionaron dos lugares de alta generación de residuos sólidos aprovechables: Los puntos ecológicos y el área de la asignatura de Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria (SIPAS III).

2.2.1.1 Puntos ecológicos. Previamente seleccionados los puntos de muestreo en la Facultad, se revisó los puntos ecológicos con el fin de conocer si se estaban separando según el color de los contenedores que existen en cada punto ecológico, tal como lo dice la norma GTC 24 (Guía Técnica Colombiana, 2009), referente a la disposición de residuos sólidos en contenedores por colores, como se indica en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1. Código de colores.

Sector	Tipo de residuo	Color
Domestico	Aprovechables	Blanco
	No aprovechables	Negro
	Orgánicos Biodegradables	Verde
Industrial, comercial institucional y de servicios	Cartón y papel	Gris
	plásticos	Azul
	Vidrio	Blanco
	Orgánicos	Crema
	Residuos metálicos	Café oscuro
	Madera	Naranja
	Ordinarios	Verde
NOTA 1 Se recomienda que cada generador establezca un código de colores particular para aquellos residuos no incluidos en la tabla. NOTA 2 se recomienda consultar la legislación local vigente para verificar si existe algún código de colores ya establecido por la autoridad competente. NOTA 3 Para residuos peligrosos se establecerá el código de colores e iconos en la guía para los residuos peligrosos. NOTA 4 Los colores establecidos en la tabla obedecen la normatividad aplicable.		

Fuente. GTC 24, 2010.

En el cuadro anterior se observa la manera de separación de los residuos según su color. Por otro lado la Facultad de Ciencias Agrarias cuenta con algunos puntos ecológicos en las diferentes dependencias, estos se inspeccionaron y observo que los residuos estaban completamente revueltos y en ninguno de estos se cumplía la norma o se separaban los residuos, por tal razón se procedió a separar residuos de la siguiente manera: En residuos Aprovechables (Papel, cartón, vidrio, plásticos) y residuos No Aprovechables (restos de comida, toallas higiénicas, bandejas de icopor, calzado, celofán, cintas de video, pilas usadas).

En cada sitio se realizaron pesajes tres veces por semana (Lunes, miércoles y viernes), teniendo en cuenta la ruta de recolección de basuras por parte del servicio de Aseo del Municipio de Popayán. Los pesos se tomaron a las seis de la tarde cuando la jornada académica de la Facultad termina.

Para el pesaje de todos los residuos sólidos registrados en este estudio, se utilizaron las siguientes herramientas o utensilios: 2 balanzones de capacidad de 200 kg y 10 kg respectivamente, gramera, bolsas de basura para la separación de los residuos, guantes, escuadra de aforo (0.5m x 0.5m), pala, tijeras de podar y tapabocas.

Figura 2. Pesaje de los residuos sólidos en el punto ecológico principal de la Facultad de Ciencias Agrarias.

2.2.1.2 Área de la asignatura de Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria (SIPAS III). Se encuentra ubicada Nor-oriente de la Facultad, en límites con el Humedal “Las Guacas” diagonal entre bioterio y la sala de profesores. Figura 3. Está conformada por un área dedicada a producción agrícola y otra para la pecuaria.

Figura 3. Ubicación del área de SIPAIII.

FUENTE. Maps, Google, 2015.

Área de producción Agrícola. Se cultivan: frijol, arveja, hortalizas, maíz y plantas aromáticas (Ver anexo A).Esta área después del periodo académico, entra a un periodo de descanso por la temporada de vacaciones, por tal razón se genera el crecimiento de arvenses, que produce gran cantidad de biomasa, susceptible a compostarse, se aforó, se cortó y se pesó el material, tal como se muestra en la figura.

Figura 4. Pesaje de residuos sólidos lugar zona de cultivos a pequeña escala. SIPASIII

Área producción pecuaria. Generalmente en esta área se producen o se trabajan con especies menores como: pollos de engorde, gallinas ponedoras y ocasionalmente conejos y/o porcinos. Esta cubre un área aproximada de 100 m^2 En el segundo periodo del 2014 se trabajó con pollos de engorde y se realizó el pesaje de estos residuos sólidos como se observa en la siguiente figura.

Figura 5. Pesaje de residuos sólidos lugar galpones sipas III.

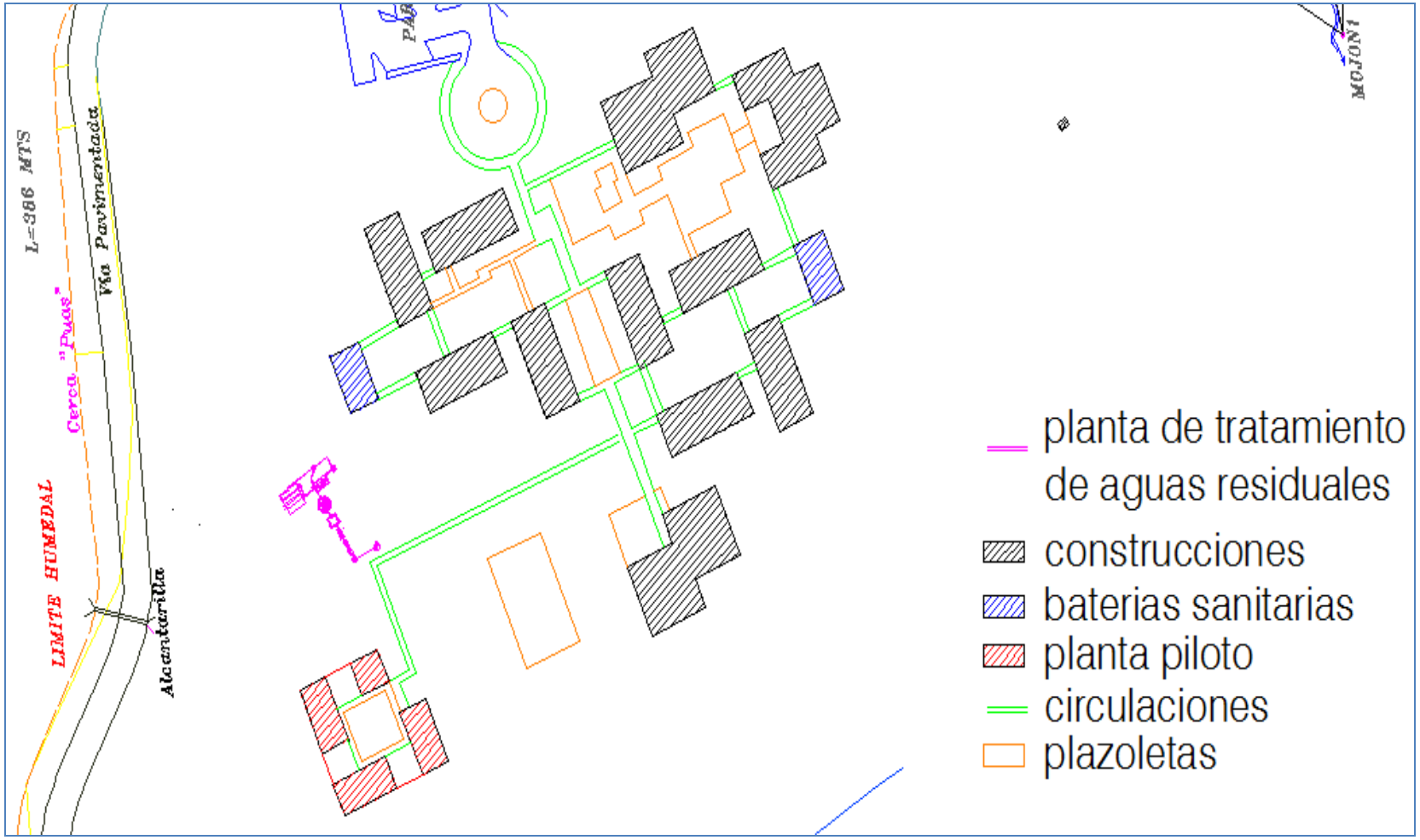
En esta área pecuaria determinada, se recolecto el material para el pesaje de la materia orgánica proveniente de los pollos de engorde con una escuadra de aforar de (0.5m x 0.5m), para conocer la cantidad de residuos por metro cuadrado susceptibles a compostar que pueden generarse en este sistema.

2.2.1.3 Área de zonas verdes. A partir del levantamiento topográfico de la facultad (Terán, 2000), se determinaron las áreas correspondientes a las zonas verdes que son de objeto de poda mecánica contratada por la universidad y de igual manera se aforo para conocer el promedio de biomasa susceptible de compostar.

2.3 USO Y MANEJO DEL RECURSO HIDRICO EN LA FACULTAD.

Se monitoreo el contador, con el fin de registrar el consumo de agua potable en toda la Facultad de Ciencias Agrarias y determinar el consumo en las siguientes dependencias: La planta piloto, baterías sanitarias, riego, zona de aseo general entre otros De igual manera, se identificaron sitios de fugas, para ello, se tuvo en cuenta el plano de la facultad, la cual sirvió de referencia para conocer la ubicación de las zonas anteriormente mencionadas (ver figura 6)

Figura 6. Plano General de la Facultad de Ciencias Agrarias.



Fuente. Terán F, 2000

A continuación se describe la forma como se llevó a cabo la medición en cada punto anteriormente anotado:

2.3.1 Planta piloto. En esta área se halla la planta de procesamiento de alimentos (cárnicos, lácteos, vegetales), granos, semillas y transformación de la quinua. Los datos de consumo de agua para este punto de muestreo, fueron tomados del trabajo de investigación de Gaviria, N. y González, D 2014, dado a que los dos estudios se realizaron en periodos similares.

2.3.2 Baterías sanitarias. Se determinó la capacidad del tanque y promedios de descarga (Lpf) de los sanitarios, al igual que el número de orinales con su respectiva descarga.

Para determinar su consumo, se empleó la siguiente expresión:

Q Sanitarios de estudiantes = Q descarga x #uso/día x #estudiantes x #días x #baterías.

2.3.3 Riego y zona de aseo general. Se identificaron diferentes grifos ubicados en las zonas verdes y en los baños de la Facultad.

2.3.4 Sitio de fuga. Se hizo un recorrido general apoyado en el plan de la red hidráulica de la Facultad con el fin de identificar posibles fugas. Igualmente se inspeccionaron los diferentes accesorios como son sanitarios, orinales, grifos y duchas. Para cuantificar el volumen de las fugas, se realizaron aforos por método volumétrico.

2.3.5 Medición del volumen de consumo en la Facultad. En la figura 7, se observa el contador de suministro de agua de la Facultad de Ciencias Agrarias al que se le realizaron lecturas diarias y mensuales y se registraron por medio de un formato, para poder determinar la cantidad de agua de cada dependencia (ver anexo B y C).

Este registro diario nos permitió conocer los cambios que se generaban de un día para otro, esto nos ayudó a reconocer las actividades que generaban mayor consumo de agua y a la vez conocer si existía alguna fuga en la tubería interna de la facultad de consideración.

Figura 7. Contador Facultad de Ciencias Agrarias.

Las lecturas se realizaron durante los días de jornada académica (lunes a viernes) a las 7 am entre los meses de julio - diciembre de 2014, correspondiente al segundo semestre académico. Después de obtener las lecturas se encontraron los promedios de:

Consumo diario= (lectura actual- lectura anterior).
Semanal= (suma consumo diario/5).
Mensuales= (sumatoria semanal tiempo de registro/4).

Para mayor soporte en la investigación y gracias a decanatura se obtuvieron los recibos de acueducto, con base a estos recibos se efectuaron gráficos comparativos, los cuales permitieron determinar la tendencia de los consumos durante el periodo vacacional y el segundo periodo académico de 2014.

2.4 VALORACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (P.T.A.R).

La Facultad de Ciencias Agrarias cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y se valoró en los puntos que se observan en las figuras 8 y 9. Los sitios donde se realizaron son los siguientes:

2.4.1 Pozo de Bombeo. Las aguas residuales provenientes de la cafetería y la planta piloto, son evacuadas por una bomba sumergible de 1 hp con capacidad de bombear el caudal automáticamente, manejado por controles de niveles (un flotador); dirigiendo el agua residual hacia el canal de acceso.

2.4.2 Tanque sedimentador de 5 compartimentos. Este recibe las aguas residuales domesticas provenientes de las baterías sanitarias, salones y del tanque de agitación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

2.4.3 Humedal de flujo sub superficial sembrado con *Phragmites*. Recibe las aguas residuales provenientes del tanque séptico. El agua una vez pasa por el humedal se dirige al reservorio de agua. En el reservorio de agua hay una bomba que recircula el agua hasta la trampa de grasas para repetir el proceso y garantizar el flujo continuo de agua residual en la P.T.A.R.

2.4.4 Reservorio de agua. Este recibe el agua proveniente de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de las aguas lluvias recogidas por los canales de distribución de la Facultad de Ciencias Agrarias. Cabe aclarar que el reservorio de aguas lluvias no es una laguna de oxidación, ya que este lugar fue construido exclusivamente para el aprovechamiento de agua por medio de la cosecha.

Figura 8. Puntos de muestreo.

N°1

N°2

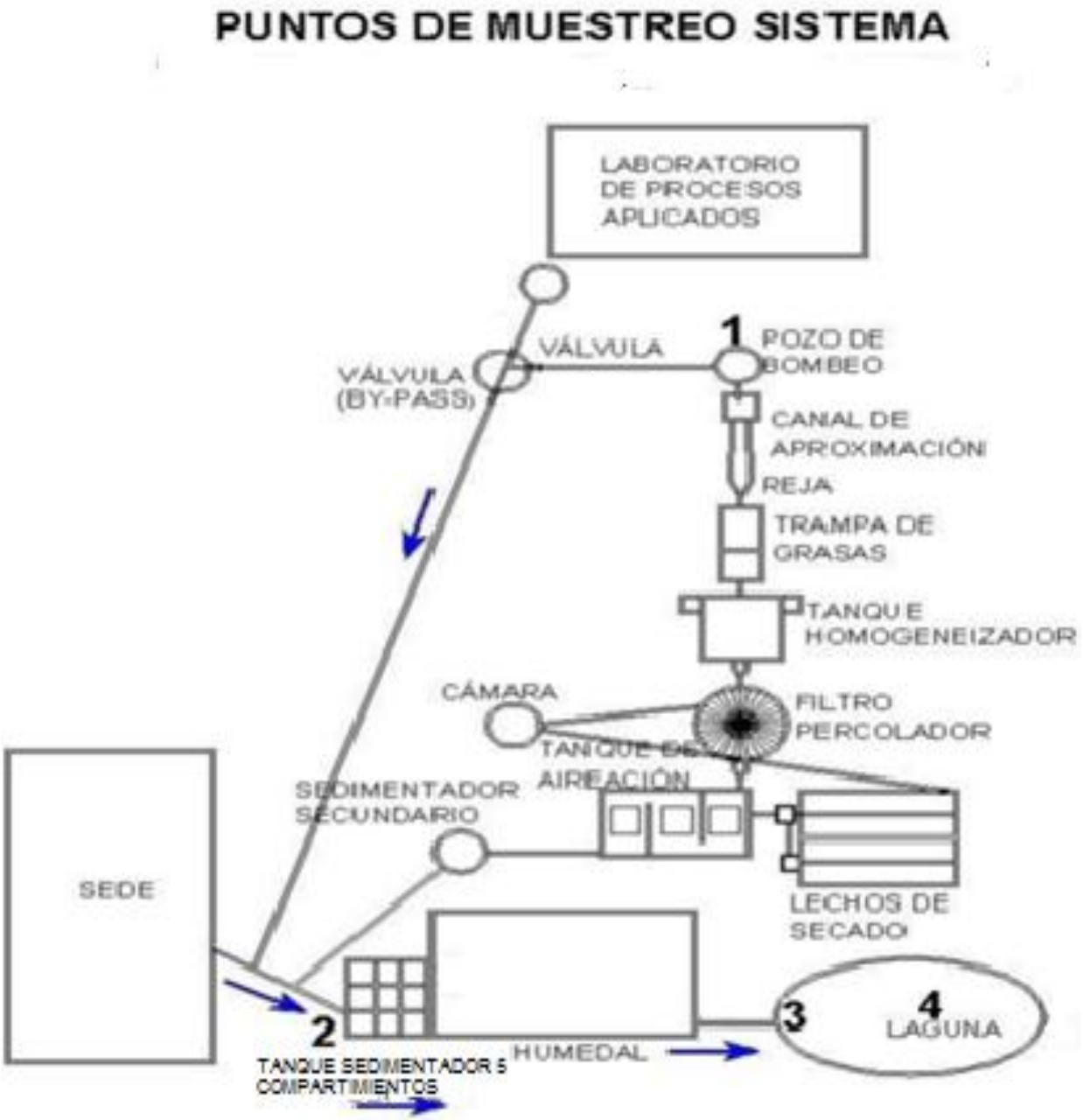
N°3

N°4

En la figura anterior se observa los cuatro puntos o lugares en los que se realizaron los muestreos, con el fin de conocer la remoción de cada sector.

La figura 9 permite reconocer estos puntos de muestreo en el sistema completo de la planta, en mayor detalle.

Figura 9. Planta de Tratamiento.

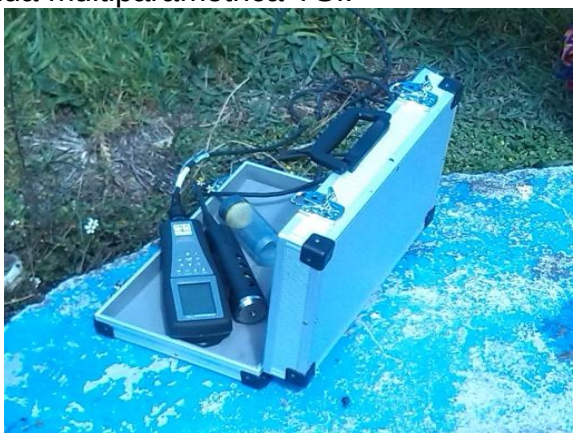


FUENTE. Argote, González B, 2013.

Con base a la anterior información, se desarrollaron las siguientes actividades:

2.4.5 Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales en cada punto de muestreo. Los muestreos fueron tomados en los puntos anteriormente mencionados utilizando dos métodos (Muestra de colorimetría y sonda multiparamétrica YSI), realizados por los tesistas, tal como se observa en la siguiente figura 10.

Figura 10. Muestras de colorimetría y Sonda multiparamètrica YSI.



En la figura anterior se observa los métodos utilizados: El primero el de la Sonda Multiparamétrica (YSI), para los parámetros de Solidos Suspendidos Totales (S.S.T), Temperatura, conductividad, Oxígeno Disuelto (O.D), salinidad, pH y el segundo método fue el de Colorimetría, para los parámetros de alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos, amonio, pH.

Cabe mencionar que hubo un tercer método, que fue la caracterización realizada por el laboratorio de la Corporación Autónoma regional de Cauca (CRC) ejecutada en abril del 2015, para el permiso de vertimientos, la cual se menciona en el presente estudio ver cuadro 6.

Estos métodos son fundamentales para verificar si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está cumpliendo con las normas estipuladas por el ministerio de medio ambiente.

Para el análisis de los resultados se tuvieron en cuenta el DECRETO 1594 DE 1984 y la nueva reforma de vertimientos, la RESOLUCIÓN 631 MARZO 2015 la

cual, rige la calidad de los vertimientos a cuerpos superficiales de agua y alcantarillado público**.**

2.5 ESTADO ACTUAL DEL RESERVORIO.

Este se encuentra ubicado en la parte baja de la facultad, el cual es surtido de aguas lluvias provenientes de los canales de distribución, y de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Los canales de distribución de agua lluvia se hallan dispuestos por el perímetro de la facultad y tienen doble función, la principal es la de servir como drenaje y la secundaria que es la de dirigir las aguas lluvias al reservorio con el fin de cosecharlas.

2.5.1 Material orgánico en canales de distribución. Por ser canales abiertos, arrastran gran cantidad de sedimentos y de material orgánico, los cuales fueron pesados, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Residuos en los canales y medición de los mismos.

La anterior figura muestra la identificación de los lugares donde se reúne gran cantidad de materia orgánica en los canales de drenaje, los cuales obstaculizan la salida del agua para su posterior recolección.

Otra situación registrada en el reservorio, es la colonización del espejo de agua por la flora acuática en este caso una planta invasiva identificada como *Heteranthera reniformis.* Tal como se observa en la Figura 12, cuyos procesos de

eutrofización son ocasionados por el aporte de materia orgánica que cae al reservorio.

Figura 12. Planta invasiva *Heteranthera reniformis* en el reservorio artificial.

Esta planta invasiva de la figura anterior, se ha manifestado en diferentes periodos académicos en el reservorio artificial de la facultad, esta se manifestó durante la investigación el segundo periodo de 201. Es reconocida con su nombre común como: buche de gallina, lechuga de agua, lochita, riñón, oreja de ratón y su nombre científico anteriormente mencionado es *Heteranthera reniformis.*

Esta planta invasiva se nutre o sostiene con la materia orgánica, la cual es traída básicamente de dos sectores una parte es arrastrada por los canales de distribución de agua lluvia que se encuentran alrededor de la facultad y que surten con agua lluvia el reservorio artificial, aunque el principal aporte de materia orgánica, se encuentra en el noroccidente de la facultad y son los diversos bambúes, ubicados en el perímetro del reservorio artificial, estos generan gran cantidad de follaje que cae sobre el espejo de agua y originan abundante materia orgánica que cubre gran sector a su alrededor, tal como se puede observar en la figura 13, por esta razón, se procedió a realizar su cuantificación, con el fin de conocer o determinar un promedio de los residuos que terminan en el reservorio artificial, recolectando los residuos orgánicos en un área unitaria para su posterior pesaje.

2.5.2 Follaje en el reservorio artificial. Como se puede observar en la siguiente figura 13, la gran cantidad de follaje bambú cumbre gran parte de espejo de agua y genera una gran acumulación de materia orgánica alrededor del reservorio que por diferentes causas como viento y lluvia terminan dentro de este

Figura 13. Follaje en el reservorio artificial

Como se observa en la figura anterior el follaje de los bambúes es considerable, por tal motivo se procedió a medir este de la siguiente manera: Se tomaron 3 radios diferentes, desde el centro del árbol hasta la terminación de las ramas, con el fin de encontrar el radio promedio:

Para hallar el follaje caído que se encuentra alrededor del reservorio, se realizaron cinco aforos para obtener el promedio de residuos orgánicos que terminan dentro de este.

2.5.3 Levantamiento topográfico del reservorio artificial. Se realizó un levantamiento topográfico, para eso se contó con una estación total, prisma, un bote inflable, como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Levantamiento topográfico del reservorio artificial.

2.6 ALTERNATIVAS DE MANEJO.

Con la caracterización de los residuos aprovechables de los puntos ecológicos y el área de la asignatura de Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria (SIPAS III), los aforos de caudales y determinación del estado general de funcionamiento de la red hidráulica de la facultad, además de la información primaria y secundaria referente a la planta de tratamiento de aguas residuales y reservorio, se generaron algunas alternativas de manejo como propuesta de mejoramiento a la eficiencia del uso de los ítems anteriormente indicados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante esta investigación se muestran a continuación.

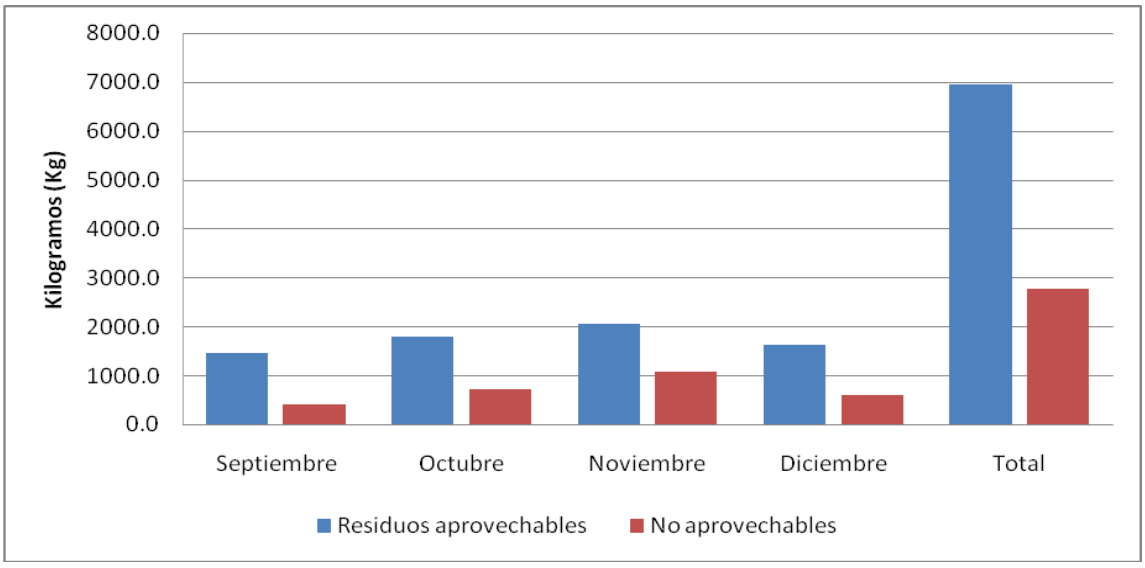
3.1 Caracterización de residuos sólidos aprovechables de la Facultad de Ciencias Agrarias (FACA).

La cuantificación de los residuos sólidos aprovechables se hizo en los puntos ecológicos, área SIPA III (lotes y galpones), residuos orgánicos o materia orgánica en los canales de distribución de agua y follaje de los guaduales del reservorio de agua artificial.

3.1.1 Puntos ecológicos. La Facultad cuenta con 6 puntos ecológicos ubicados en: Decanatura, cafetería, planta piloto, laboratorios semillas, laboratorio de biotecnología y reología.

Los resultados muestran que durante el segundo semestre de 2014 en la Facultad de Ciencias Agrarias se generaron 6949,83 kg de residuos aprovechables y 2778,56 kg de residuos no aprovechables. En la figura 15 se muestra el promedio de pesajes.

Figura 15. Residuos Aprovechables vs No aprovechables en la Facultad de Ciencias Agrarias



Según las observaciones realizadas, los residuos son depositados de manera indiscriminada, sin seguir la Guía Técnica Colombiana 24 de 2009 (GTC 24), evidenciando la falta de cultura y capacitación en esta temática, lo que hace necesario el fortalecimiento sobre este tópico.

Se procedió a separar el material hallado conforme a lo estipulado en la reglamentación antes anotada (Cuadro1) y como se muestra en la figura 16.

Figura 16. Residuos mezclados en puntos ecológico principal.

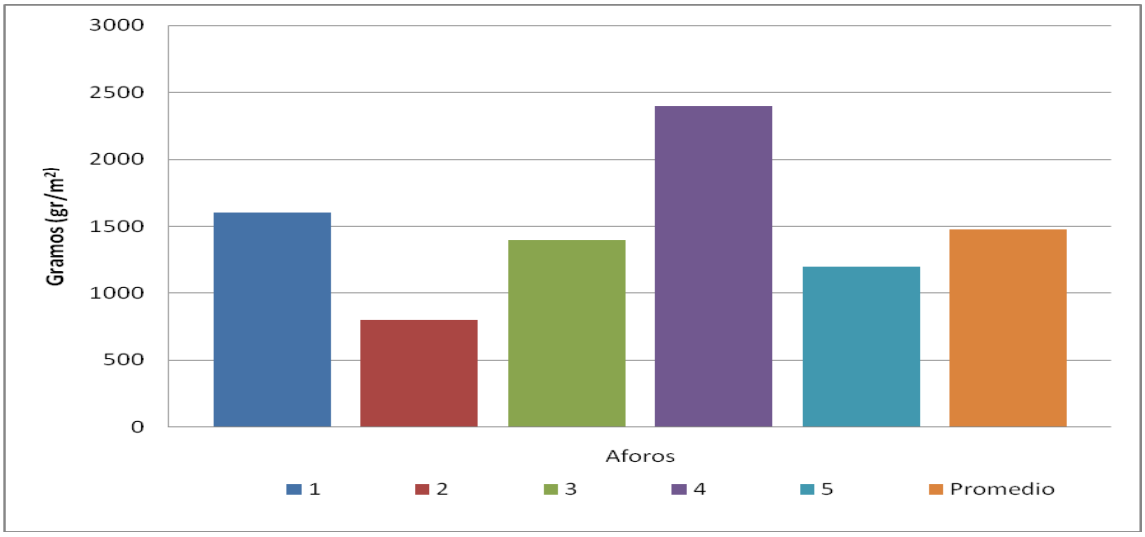
En la anterior figura se puede observar que pese a que los contenedores se diferencian por el color y están previamente marcados, todos los residuos se encuentran mezclados.

3.1.2 Área de la asignatura de Sistemas integrados de Producción Agropecuaria SIPA III. Como se explicó anteriormente está área se encuentra

conformada por la parte agrícola y pecuaria. Las cantidades halladas se muestran a continuación.

Residuos provenientes de la producción agraria de SIPA III. En esta asignatura generalmente se trabaja en un área de 1397,59 m^2, por tal razón para conocer un promedio de biomasa generada en esta área al comienzo de semestre antes de la adecuación del terreno se tomaron cinco aforos. Tal como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Promedio de biomasa producida en el área de SIPA

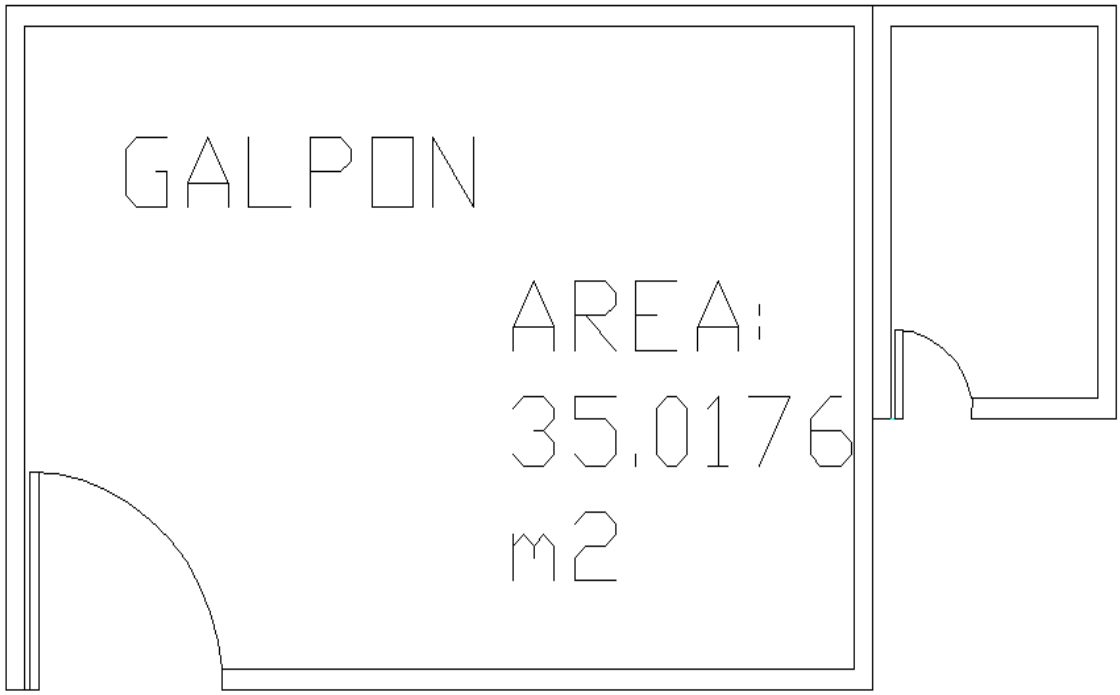


En la figura anterior podemos observar que el resultado del promedio de la biomasa, es de 1480 g/m^2 aproximadamente.

Debido a que el área total del terreno de SIPAS III es de 1397,59 m^2 y el promedio encontrado en los aforos fue de 1480 g/ m^2: Se pueden obtener 2068 Kilogramos susceptibles a compostar. Dicho material no es aprovechado contrario a esto es desechado erróneamente en el momento de la preparación del terreno al iniciar clases, el crecimiento se genera en el periodo vacacional de 45 días aproximadamente.

Residuos provenientes de la producción pecuaria SIPA III. Esta asignatura posee 3 galpones de la misma área o dimensión. Tal como se muestra en la figura 18, en la cual se trabaja con especies menores y generalmente con pollos de engorde.

Figura 18. Esquema del galpón, SIPA III.



En la figura anterior se observa un galpón con un área de 35 m^2 aproximadamente de la cual se utiliza un área de 25 m^2 en las camas con una altura de 10cm que se cambian cada 8 días.

El pesaje se realizó el último día del ciclo, dando como resultado un promedio de 71.11 kg por cambio de cama. Por tal razón el total de materia orgánica generada en un ciclo completo de 45 días es de 399,9 Kilogramos. Este genera impactos negativos, ya que no se da un correcto manejo, generando olores por la volatilización del amoniaco.

3.1.3 Zonas verdes de la facultad. Por medio del plano de la FACA, se calculó el área de las zonas verdes, obteniendo un resultado de 80096,4m^2, la cual genera residuos de podas apropiadas para el compostaje. Estas zonas verdes se podan aproximadamente 2 veces por semestre. Se encontró que en cada m^2 se generan 0.74 Kilogramos de biomasa aproximadamente. Por tal razón la zona verde de la facultad produciría 59.271 Kilogramos de biomasa por semestre académico.

En la búsqueda de respuestas en el informe propuesto de la presente investigación se encontró que la gestión ambiental en la Facultad de Ciencias

Agrarias presenta un manejo ineficiente en cuanto a los puntos ecológicos que se encuentran en la facultad. Debido a esto los puntos ecológicos son manejados de una manera inapropiada, ya que los residuos sólidos que se encuentran en los alrededores de la facultad al momento de ser recolectados son depositados en los colores que no corresponden (GTC 24, 2009).

Según Del Val et al. (1997), la presencia de los residuos sólidos afecta generalmente a todas las actividades del hombre y la naturaleza, convirtiéndose en dificultad también por la creciente incapacidad para encontrar lugar que permitan disponerlos adecuadamente desde un punto de vista ambiental, esto es confirmado en la Facultad de Ciencias Agrarias, porque los residuos generados por árboles, animales, podas, no son recolectados, ya que carece de una estructura donde depositarlas para poder generar compost y así aprovecharlos en la misma facultad, a su vez podría generar una disminución en los costos de transporte, fertilizante en los terrenos de SIPAS III generando una fertilización ecológica para cualquier práctica académica, sería un producto de la facultad para la facultad.

3.2 USO Y MANEJO DEL RECURSO HIDRICO EN LA FACULTAD.

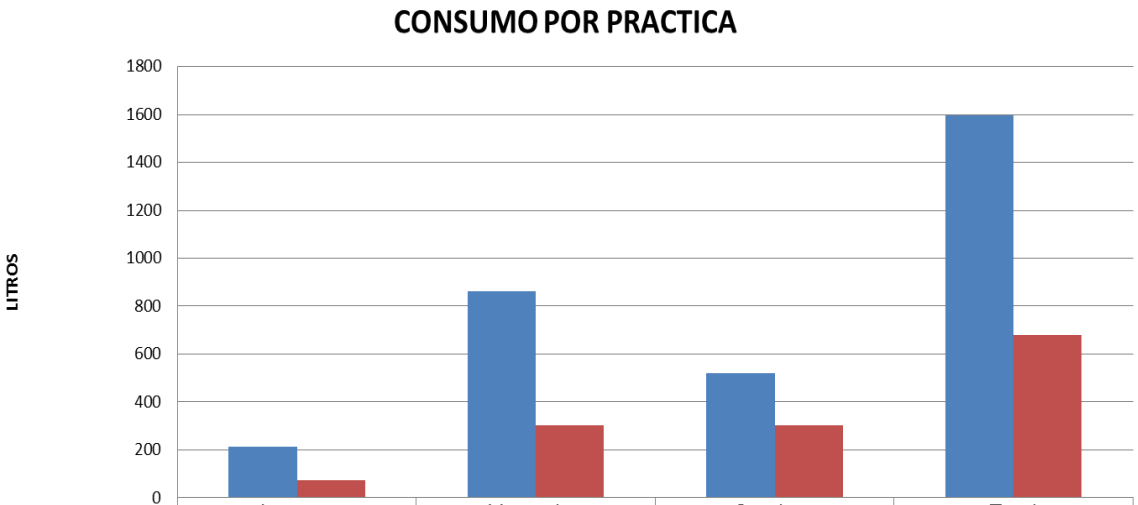
Hecho el recorrido por la Facultad, siguiendo las redes del acueducto interno, se determinaron los siguientes lugares de alto consumo: Planta piloto, baterías sanitarias, riego y zona de aseo general, sitios de fugas, cafetería, y el sector de decanatura y sala de profesores.

Los resultados para estos puntos se muestran a continuación:

3.2.1 Consumo de agua para los laboratorios de la planta piloto. En esta zona se determinó dos actividades puntuales que utilizan el agua del acueducto. La primera de ellas que es el consumo de agua en las plantas de procesamiento de alimentos y la segunda el consumo de agua para el lavado de la quinua.

3.2.1.1 Consumo de agua en las plantas de procesamiento de alimentos. Los consumos de agua en los laboratorios fueron determinados por los estudiantes de ingeniería ambiental en la tesis “Tratamiento De Aguas Residuales De Laboratorios Agroindustriales Mediante Reactores Aerobios Alimentados Con Flujo Intermitente”, Datos recolectados en el anexo D, por esta razón se plasmaran en el documento para tener como referencia en la figura 20:

Figura 18. Consumo de agua en la planta piloto.



	Lacteos	Vegetales	Carnicos	Total
Consumo agua	214,96	862,65	520,35	1597,96
Desinfeccion	73,92	303,24	303,24	680,4

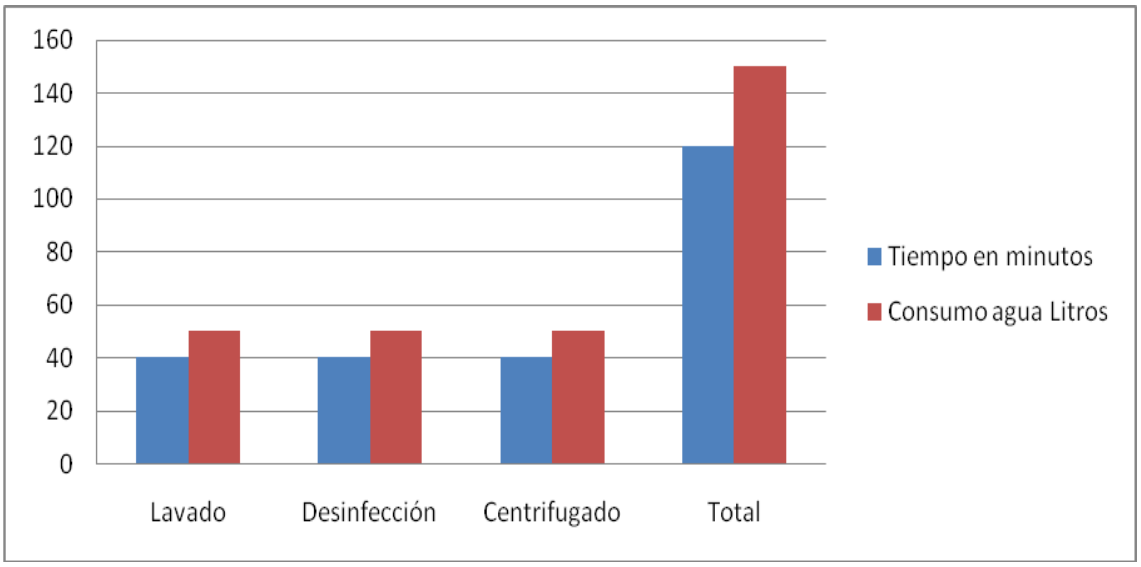
FUENTE. Argote, González B, 2014.

En la figura anterior se observa que la planta de procesamiento de alimentos genera un gasto total de 3930,54 L en las 4 prácticas. Estas prácticas se realizan con un promedio de 3 veces por semana generando un gasto aproximado de 47.170 L y con un promedio semestral de 188.640 L aproximadamente. El gasto o consumo varía dependiendo del tipo de procesamiento o práctica que se esté aplicando, además se debe tener en cuenta que las prácticas por lo general gastan un tiempo de 3 horas en promedio, según está estipulado por el plan académico del programa y que después de cada practica se realiza el lavado y desinfección, la cual genera el consumo más alto de esta dependencia.

3.2.1.2 Consumo de agua para el lavado de quinua. Para conocer los consumos del lavado de quinua, se analizaron dos procesos: El primero de ellos es el proceso de lavado manual que se usaba anteriormente y el segundo proceso es el lavado automático que actualmente es usado.

El lavado manual de la Quinua y el lavado automático es un procedimiento que generalmente consta de 3 fases: lavado, desinfección y centrifugado, pero cada una posee sus diferencias, en el lavado manual cada fase gastaba 40 minutos aproximadamente y consumía 50 L de agua. Tal como se muestra en la siguiente figura.

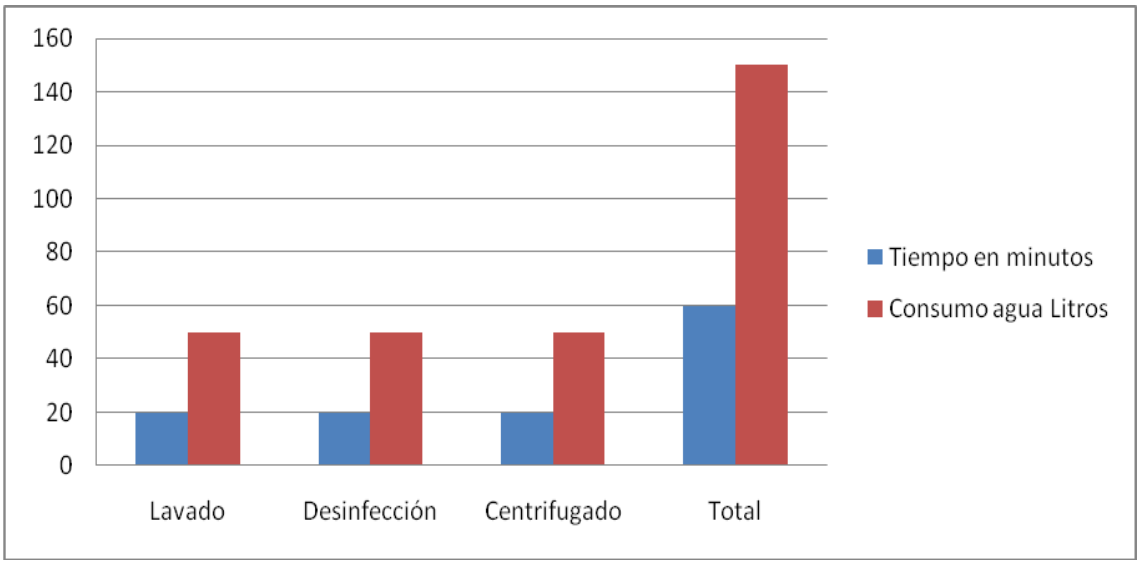
Figura 19. Lavado manual Quinua (*Chenopodium quinoa willd*).



Como se observa en la figura anterior, el lavado manual tiene una duración de 120 minutos aproximadamente, para un bulto de 50 kg de semilla y consume 150 L.

El lavado automático al igual que el lavado manual es un procedimiento que consta de 3 fases: lavado, desinfección y centrifugado, solo que este en cada fase se gasta la mitad del tiempo del lavado manual 20 minutos aproximadamente y consume 50 L de agua. Tal como se muestra en la Figura 22.

Figura 20. Lavado automático Quinua (*Chenopodium quinoa willd*).



El segundo proceso implementa una lavadora y una centrifugadora automática, la cual está en funcionamiento desde el mes de agosto del 2014, con dos baches diarios (lunes a sábado) como se dijo anteriormente el procedimiento bajo a la mitad del tiempo haciendo el proceso más eficaz ya que en 60 min se realiza este proceso para un bulto de 44 kg de semilla. Figura 22. Pero se mantiene el consumo de 150 litros por actividad.

En el proceso de lavado manual: En el semestre académico se lavaban 7800 kg o (156 bultos) aproximadamente, lo que implica un consumo de agua de 23400 L.
En contraste en el proceso de lavado automático: En el semestre académico se lavan aproximadamente 20.592 kg o (468 bultos) lo que implica un consumo de agua de 70200L.

Comparando los resultados, se evidencia que al implementar el lavado automático, disminuye el tiempo de este procedimiento a la mitad, con respecto al lavado manual, aunque, se observa que el consumo de agua es el mismo 150 L/bulto y que la producción aumentó, en cuanto a rendimiento con respecto al proceso anterior.

3.2.3 Baterías sanitarias. Se identificaron las baterías sanitarias distribuidas de la siguiente manera. En el siguiente cuadro, se muestran los consumos de agua para cada uno de los siguientes puntos hidráulicos:

Cuadro 2. Baterías sanitarias en la FACA.

Baños	Sanitarios	Descarga sanitario (lpf)	Consumo sanitarios L/mes	Orinales	Descarga orinal (lpf)	Consumo orinales L/mes	Lavamanos	Descarga hallada (Lps)	Consumo lavamanos L/mes
Parte alta (Aulas 1-11)	10	6	91200	2	1	4000	7	1,0	16000
Parte baja (Aulas12-18)	10	6	91200	2	1	4000	7	1,0	16000
Decanatura	3	6	2880				3	1,0	480
Sala de profesores	2	6	3360				2	1,0	560
Cafetería	2	6	0				2	1,0	0
Bioterio	2	6	720				2	1,0	80
Planta piloto	2	6	7200				2	1,0	1200
Caseta de vigilante	1	6	720				1	1,0	40
Total sanitario	32		197280						

Total orinal						8000			
Total lavamanos							26		34360
Total mensual (L)	239640								

Consumo = (No. Sanitario)*(descarga sanitaria)*(No. Usos)*(No. estudiantes)*(No. Días))/4

3.2.4 Zona de aseo general. Para este punto se localizaron 8 grifos distribuidos, los cuales los podemos apreciar en el siguiente cuadro 3.

Cuadro 3. Griferías de zonas verdes.

Facultad de Ciencias Agrarias	
Perímetro	Grifos
Zonas verdes	8

En el anterior cuadro solo se contaron los grifos ubicados en las zonas verdes. Por consiguiente, se aforaron los puntos hidráulicos de la facultad, Los resultados se muestran en el siguiente cuadro 4.

Cuadro 4. Consumo de agua potable para aseo general.

Grifos	Aseo General
Promedio de tiempo (segundos).	4,15
Recipiente 0,5 L o (500mL).	0,5 L
Caudal (Lpf).	2,075
Numero grifos.	8
Semestre (días Hábiles).	88
Promedio de limpiezas diarias.	2
Área de salones m^2 (Martes y viernes)	3889
Área de pasillos m^2(Lunes, miércoles y jueves)	535
Consumo L/Semestre	9494,32

Según el cuadro anterior y con la información realizada por los investigadores el aseo de la facultad se hace 2 veces al día; lunes, miércoles y viernes en los pasillos y los martes y jueves en los salones también, se requiere de 1milímetro de agua para mojar un 1 m^2de área (Hernández, s.f.),y según pruebas realizadas, para asear 2m^2 se necesitan 0,15 litros de agua, entonces para el área de los salones se necesita 292 Litros parar dos jornadas son 583 L/día y se asea los

(Martes y viernes= 1167L) y para el área de los pasillos se necesitan 40 Litros por dos jornadas son 80 L/día,(Lunes, miércoles y jueves= 240L), por ende semanalmente se consumen 1408 Litros.

3.2.5 Consumo de agua en laboratorio de reología. Se consumen 100 Litros a la semana, 400 L/mes para el acondicionamiento del laboratorio y equipos, además un segundo consumo de agua de 25 L/semana o 100 L/mes, para el equipo de reología llamado Chiler de extrusor. El uso de agua para el sitio es variado pero el promedio según se determino es de 520L/mes. Estos datos fueron suministrados por los encargados de este sector.

3.2.6 Consumo de agua para los jardines y área de SIPA III. Para este sector, el uso de agua en temporada seca, posee riegos programados una vez en mañana y otra en la noche generalmente. Para el riego del jardín de la facultad, se utiliza una regadera, cuyo contenido es de 5 Litros y las veces que se riegan son 30 para esta área del jardín, por ende su uso total es de 150 L/día y en la semana se riega los días (Lunes; miércoles y viernes), en épocas de lluvia no se riega. Datos suministrados por el encargado del mantenimiento y riego de los jardines. Para el riego del área de SIPA III se encontró el número de estudiantes (16) y los minutos diarios que cada estudiante regaba (15) en promedio, de esta manera se obtuvo un valor diario de 1028,6, semanal de 5142 y mensual de 20571.

3.2.7 Consumo de agua en el sitio de fuga. Durante el recorrido de la Facultad, se encontró un orinal en mal funcionamiento, este se aforo y calculó el consumo de 14,904m^3 o 14904 Litros mensuales por su flujo continuo.

3.2.8 Consumo de agua en el laboratorio de biotecnología. Para el laboratorio de biotecnología, se determinó el consumo de agua potable, según datos obtenidos en el laboratorio de biotecnología se consumen 4421 L/mes de agua potable para producir 636 L/mes de agua destilada.

Por la información anterior se pudo establecer que para obtener un litro de agua destilada se requieren 6,95 Litros aproximadamente lo siguiente se explica en la siguiente expresión:

4421 Litros de agua potable $\xrightarrow{\text{GENERAN}}$ 636 Litros de agua destilada.

Según estos datos obtenidos en el laboratorio desarrollamos la siguiente expresión:

1 Litro agua destilada $= \frac{\text{4421 Litros de agua potable}}{\text{636 Litros de agua destilada}}$

X= 6,95 Litros de agua potable.

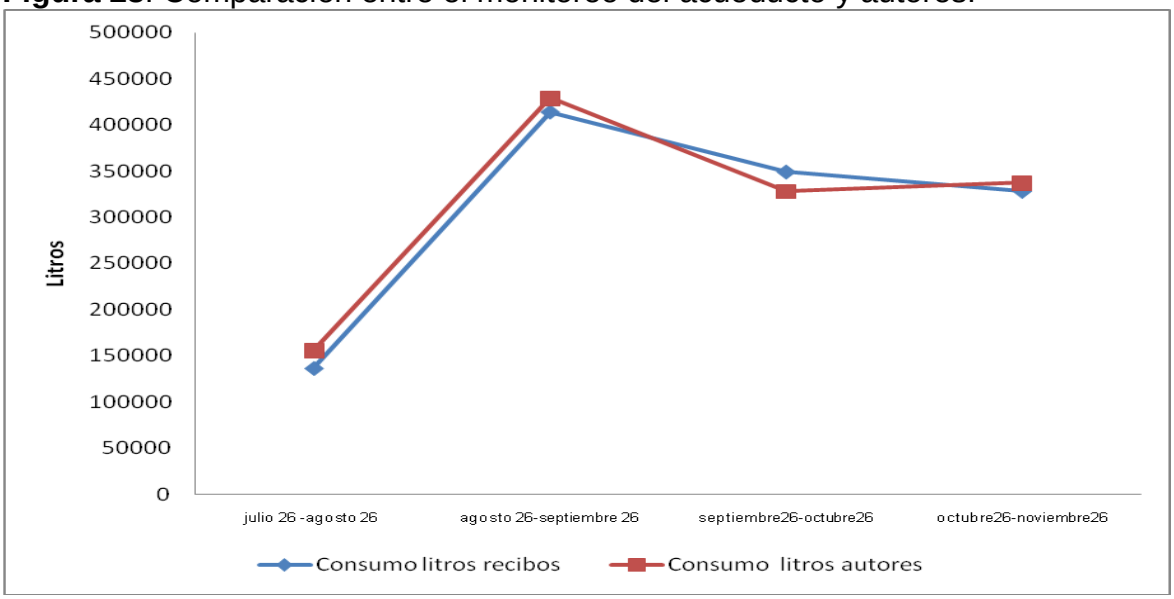
Se determinó que para generar 1 litro de agua destilada se necesitan 6,95 litros de agua potable

3.2.9 Consumo actual del agua potable en la facultad. En la figura 23, se puede apreciar una comparación de los datos registrados por los autores y los recibos del acueducto, se observa ciertas similitudes entre los meses agosto y septiembre de 2014.

Este registro diario permitió conocer en gran medida las actividades que generan un alto consumo de agua, ya que el movimiento exagerado de un día para otro permitía identificar los causantes de estos movimientos y por ende generadores de este consumo

Según el monitoreo realizado por los autores el mayor consumo de la facultad se debe principalmente a las baterías sanitarias (cuadro 2), seguido de las actividades realizadas en la planta piloto, riego de SIPAS III, lavado de instrumentos y elaboración de agua destilada en el laboratorio de biotecnología.

Figura 23. Comparación entre el monitoreo del acueducto y autores.



Como se puede observar en la figura anterior y según el monitoreo realizado por los autores, podemos determinar que en los meses (Julio-Agosto) se presenta el menor consumo (155000 L), coincidiendo con la etapa vacacional de la comunidad universitaria, cuando se empieza el nuevo ciclo académico, el consumo de agua se incrementó, tal como se esperaba llegando a su valor máximo de 414000 L, y se registra el mayor consumo en el mes de septiembre, lo que coincide con la realización de las practicas académicas (planta piloto, laboratorio de biotecnología, riegos en SIPAS, limpieza general).

La agricultura requiere mayor cantidad de agua que otros usos, como el doméstico o el industrial; sin embargo, para el uso de aguas residuales debe considerarse aspectos de calidad, con el fin de evitar riesgos a la salud pública, principalmente en lo que se refiere a sus características microbiológicas. Ésta es considerada la principal razón para el establecimiento de guías y regulaciones para el reúso seguro de estas aguas en diferentes aplicaciones (Metcalf y Eddy, 2003).

Con base a esto y como se mencionó anteriormente la facultad cuenta con un reservorio de agua artificial, construido para captar agua lluvia proveniente de los canales de distribución encontrado en el perímetro de la facultad, también recibe las aguas residuales tratadas por la planta de tratamiento y la planta biológica. Pero esta agua no tiene ningún uso, por tal razón es ideal utilizarla para riego de cultivos y jardines, ya que gran cantidad de esta es proveniente de la cosecha de aguas lluvia y la otra cantidad de agua es proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales, la cual está en funcionamiento. A la vez por el contenido de materia orgánica que se encuentra en el mismo posee buena cantidad de macronutrientes y micronutrientes que con un tratamiento adecuado ayudan a reducir la necesidad del uso de fertilizantes químicos y, minimizar los costos de producción y del consumo de agua potable (Hoek *et al*., 2002, citados por Medeiros *et al*., 2005).

3.3 VALORACIÓN DE LA P.T.A.R

Como se mencionó en la metodología, se usaron tres formas para la caracterización fisicoquímica de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales: La prueba Multiparametrica YSI, la prueba Colorimetría y como tercera de ellas, el Laboratorio de la Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC). Las pruebas de YSI y colorimetría fueron desarrolladas por los tesistas, asesorados por los directores del presente trabajo, los resultados se muestran en el cuadro 5. Las pruebas realizadas por la CRC fueron ejecutadas por el personal de esta entidad y los resultados se observan en el cuadro 6.

Cuadro 5. Parámetros fisicoquímicos métodos de colorimetría y multiparamètrica. (YSI)

		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES			PLANTA BIOLIOGICA				
	LUGAR / PRUEBA	Pozo bombeo (Entrada)	Tanque de sedimentación	Porcentaje remoción (%)	Tanque de sedimentación	Cuello cisne	Porcentaje remoción (%)	Cuello cisne (Salida)	Reservorio H_2O
Colorimetría	Alcalinidad (mg/Lt CaCO3)	1,6	1,4	12,5	1,4	3,4	58,82	3,4	0,3
	Dureza(mg/Lt)	1,4	1,4	0	1,4	2,1	33,33	2,1	0,9
	Nitratos(mg/Lt)	50	50	0	50	50	0	50	50
	Amonio(mg/Lt)	>10	>10	0	>10	>10	0	>10	1
Multiparamétrica (YSI)	pH	7	8	12,5	8	6,9	13,75	6,9	6,97
	SST(mg/Lt)	271	455	67,89	455	92,95	79,57	92,95	91,65
	Temperatura (°C)	22,1	20,2	91,4	20,2	23,6	16,83	23,6	20,9
	Conductividad(microW)	393	647	64,63	647	611,5	5,48	611,5	611,5
	OD(mg/Lt)	0,9	2,1	133,3	2,1	6,2	195,23	6,2	6,9

De acuerdo a los resultados observados en el cuadro anterior, muestra que el porcentaje de remoción en el trayecto del tanque sedimentador de cinco compartimientos y el cuello de cisne es del 79,57%, este porcentaje de remoción indica que va acorde al valor referenciado al DECRETO 1594 de 1984.
(> 50% en carga).

A continuación, se muestran los resultados de la caracterización del agua realizada en la Planta De Tratamiento De Aguas Residuales (PTAR) de la Universidad del Cauca, por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC).

Cuadro 6. Reporte de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Variable	Unidad	Resultados			
		Entrada PTAR	Salida PTAR	% Remoción	Sale %
DBO5	mg/L	204	3,6	98,24	1,76
DQO	mg/L	511	11,5	97,75	2,25
SST	mg/L	184	17	90,76	9,24
Grasas y Aceites	mg/L	44,8	< 5	88,84	11,16

Variable	Unidad	Resultados	
Temperatura	°C	24,3	24,7
pH	Unidad	6,18	7,37
Conductividad	mS/cm.	1413	395

Fuente. Corporación Autónoma Regional Del Cauca (CRC), 2015.

Los resultados obtenidos del laboratorio ambiental de la CRC, indican que el valor encontrado en la variable de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) a la salida de la PTAR es de 17 mg/L, el numero conseguido (17 mg/L) va acorde con el parámetro máximo admisible para los Sólidos Suspendidos Totales (200 mg/L), de acuerdo al ARTÍCULO 12, DE LA RESOLUCIÓN 631 DE MARZO DE 2015.

Con la información adquirida, se puede concluir que la planta de tratamiento funciona en completa normalidad y por consecuente cumple con toda la reglamentación pertinente aplicada a la normatividad del vertimiento.

Durante la investigación, se construyó un plan de contingencia titulado “plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos en la facultad de Ciencia

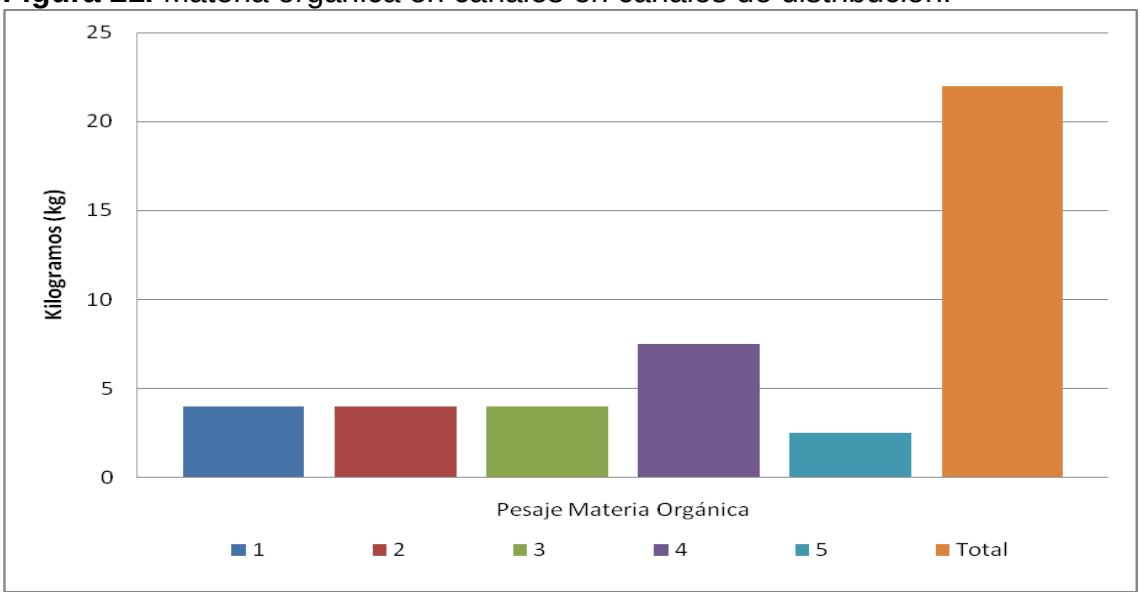
Agrarias, de la Universidad del Cauca" elaborado con base al decreto 3930 del 2010, con el fin de elaborar alternativas en caso en el que se presente una falla técnica que impida el óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento Ver anexo E.

3.4 ESTADO ACTUAL DEL RESERVORIO DE LA FACULTAD.

La planta invasiva, la *Heteranthera reniformis,* que se detectó en el reservorio se controló manualmente, y hasta la fecha, no se han dado indicios de aparición de esta flora.

3.4.1 Materia orgánica en los canales de distribución de agua lluvia. Realizado el recorrido por todo el canal de distribución la Facultad, se recogió y pesó el material orgánico, obteniendo como resultado un de 22 kg, como se muestra en la figura 24.

Figura 21. Materia orgánica en canales en canales de distribución.



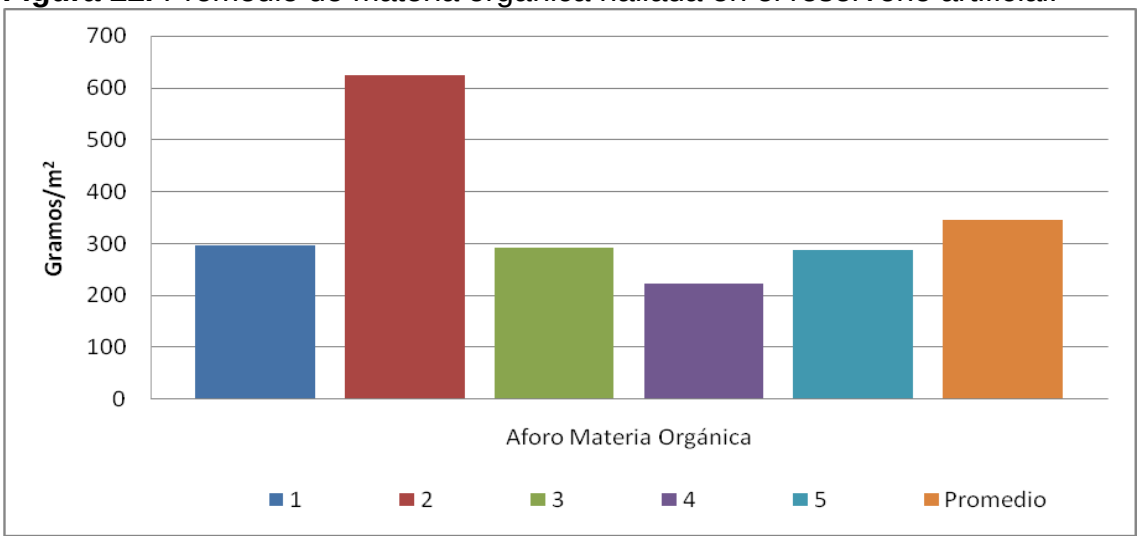
3.4.2 Materia orgánica en el reservorio de agua. El área determinada del bambú es de 367, 79 m^2. Para hallar esta se tomaron 2 radios, uno desde el centro del tallo hasta terminación de las ramas y otro desde el centro del tallo hasta donde terminaba el follaje para conocer el radio promedio tal como se ve en la siguiente expresión:

$A = r^2 x$

Donde r = $(10,82)^2$ y ¶ = 3,1416; A = $(10,82)^2$ x 3,1416 = 367.78 m^2

Luego se procedió a realizar los aforos para conocer el promedio del mismo. Figura 25, utilizando una bolsa vacía 102 g, este peso se le resta al contenido de materia orgánica.

Figura 22. Promedio de materia orgánica hallada en el reservorio artificial.

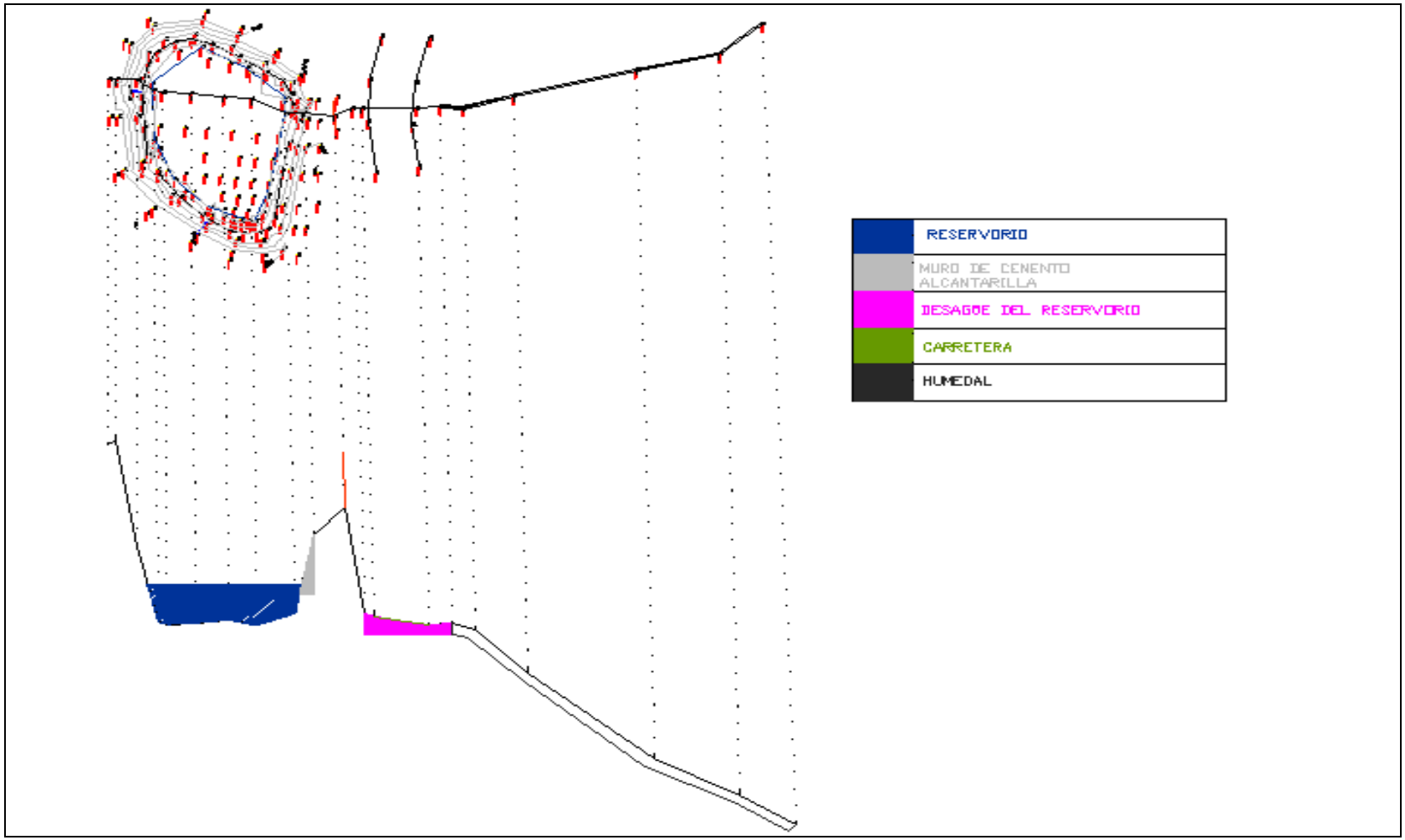


En la figura anterior podemos observar los aforos realizados para conocer el promedio de follaje que se genera en los arboles de bambú, el cual termina en su gran mayoría dentro del reservorio artificial, el promedio hallado con el aforo fue de 344,8 gramos por m^2

Entonces para un área de follaje de 367, 79 m^2 se esperaría encontrar 126,8139 kg/m^2 de materia orgánica en el perímetro del árbol.

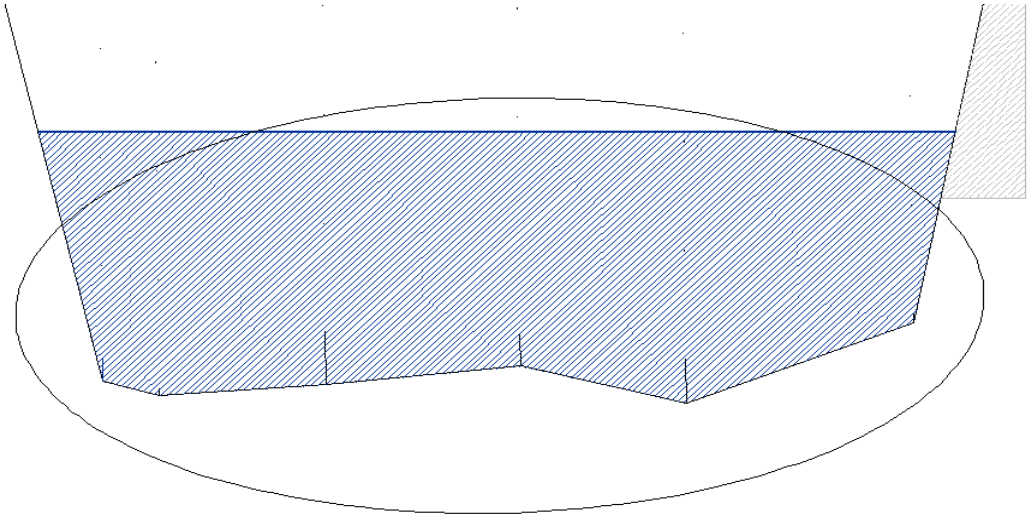
3.4.3 Levantamiento topográfico del reservorio: El levantamiento topográfico realizado se hizo con el fin de determinar si este tenía irregularidades internas ocasionadas por el paso del tiempo como algún desfonde por la continua humedad, la cual puede causar que cedan algunos materiales ocasionado una infiltración o un desnivel desproporcionado que genere desbordamiento del agua y por consiguiente pérdida de la misma.En la siguiente figura podemos apreciar el perfil de reservorio obtenido en el levantamiento realizado.

Figura 23. Perfil del reservorio



En el perfil transversal se evidencia el fondo del reservorio, mostrando un desnivel y efectivamente muestra que presenta ciertas inclinaciones aleatorias (como se observa en el óvalo posterior)

Figura 24. Fondo del reservorio, desnivel ubicado.



Como podemos observar en la figura anterior, el reservorio posee un desnivel, el cual se puede apreciar en mayor detalle cuando este se llena en su punto máximo, tal como los muestra la siguiente figura 28.

Figura 25. Rebose de agua en el borde del reservorio.

Durante el transcurso del trabajo, se evidenció que el personal integrado del laboratorio de biotecnología realizaba lavados de algunos recipientes sin conocer el trayecto del efluente residual, el cual se dirige al reservorio sin un previo tratamiento, como se muestra en la figura 29.

Figura 26. Lavado de instrumentos del laboratorio de biotecnología

La anterior figura muestra un mal manejo de algunos estudiantes de biotecnología que lavan sus instrumentos sin conocer a donde se dirige el resultante del lavado que puede alterar los aspectos fisicoquímicos del agua

Por otra parte, se encontró que en el reservorio había presencia de peces, variedad cachama, que es un buen indicador biológico para detectar alteraciones en la calidad del agua, como se muestra en la figura 30.

Figura 27. Presencia de un pez (carpa común) en el reservorio artificial.

Fuente. Certuche Rojas, 2014.

Este indicador biológico muestra que las condiciones del lago artificial eran apropiadas para su desarrollo y la muerte de estas indica una alteración esporádica de los aspectos fisicoquímicos del reservorio.

3.5 ALTERNATIVA DE MANEJO.

Conforme a las falencias halladas, se establecieron alternativas para cada uno de los ítems analizados como son:

Depósitos de basuras.
Uso del agua
Reservorio.

Estos ítems tienen la importancia de ser resueltos para el bienestar de la comunidad universitaria ya que esta Facultad cuenta con amplias zonas verdes para la elaboración de compost y puntos ecológicos (separación de residuos), que tratados de una manera eficiente y adecuada podrían dar soluciones provechosas no solo para el medio ambiente sino a su vez se podría caracterizar siendo pioneros en el uso y reúso de estos elementos aprovechables en esta sede universitaria.

La optimización del consumo de recurso hídrico por medio de la captación de agua lluvia y la reutilización de agua en el reservorio artificial podría ayudar a economizar este recurso en épocas secas, permitiendo la reducción de costos a la universidad.

Después de haberse hallado las falencias que posee la facultad, se generarán unas actividades en los siguientes lugares:

3.5.1 Manejo de residuos sólidos. Para mejorar los usos de los puntos ecológicos, se plantea hacer conferencias con respecto a la separación de residuos que se pueden hacer cada quince días, cambiar las canecas metálicas que están ubicadas en el perímetro de la facultad por otros puntos ecológicos, ya que de aquí surge el problema desde un punto de vista ambiental y colocando información visible para que identifique el significado de cada color del bote de basura, como se muestra lo especifica la norma NTC 24.

Lo planteado se proyectará en tres fases.

FASE I: Sensibilización de la comunidad universitaria. En esta etapa se busca que la comunidad universitaria en general participe y demuestre los conocimientos en cuanto al tema de manejo de residuos sólidos, así mismo indicar los beneficios social y ambiental sobre la implementación de un programa de reciclaje en la Facultad.

Introducción del programa de manejo de residuos sólidos y reciclaje. Para esta parte se debe ofrecer material informativo promocional a la comunidad universitaria sobre dicho programa, con el objetivo de que la comunidad aprenda a diferenciar la separación de los residuos aprovechables y no aprovechables, por medio de afiches promocionales, volantes informativos, pendones, en los sectores donde hay mayor movilidad estudiantil.

Promoción del programa de manejo de residuos sólidos y reciclaje. Se debe hacer énfasis en los sitios donde se encuentran los puntos ecológicos, en este caso por medio de afiches y carteleras, donde se identifique el modo de la separación de los residuos sólidos. Esta información debe ser propagada durante el inicio, intermedio y final de semestre, este proceso debe ser constante.

FASE II: **Introducción del programa educativo.** En este programa se busca relacionar a la comunidad universitaria sobre el tema, por medio de conferencias, charlas, interacción y cambio de opiniones, así mismo, que ellos conozcan el manejo adecuado del reciclaje de residuos sólidos, explicándolo en cada sesión, estrategias esenciales, en un lenguaje entendible acorde con la población estudiantil a la cual se dirige.

Para esta fase se plantean las siguientes actividades:

Conferencia Manejo de Residuos Sólidos. Conocer los conceptos básicos del reciclaje y separación de residuos solidos

Herramientas de refuerzo. Carteleras o pendones con temática alusiva al reciclaje, su uso, su función y la necesidad de su implementación en la Facultad de Ciencias Agrarias.

Laminas plásticas para cada punto ecológico con el fin de recordarle a la comunidad estudiantil que el tema de la separación de los residuos sólidos, el reciclaje y cuidado del medio ambiente es una tarea en conjunto.

Encuestas en la que se demuestre el conocimiento adquirido sobre el tema, se puede hacer al finalizar cada sesión.

FASE III: **Monitoreo del Programa.** Esta etapa sugiere la revisión de los lineamientos actuales y observar su grado de aceptación en la comunidad universitaria

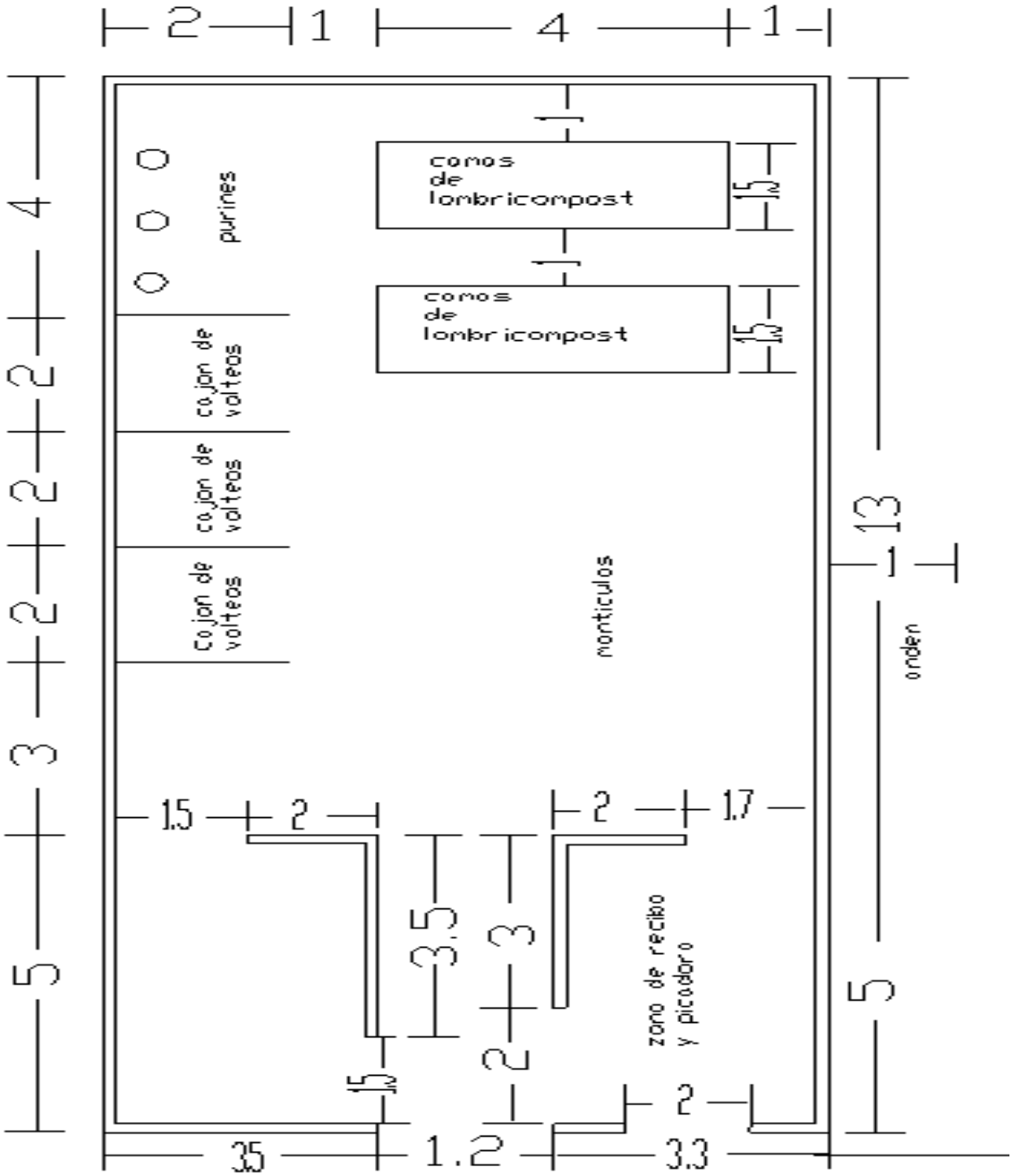
Mantenimiento del programa. En ésta se sugirió el refuerzo de todas las partes para que el programa tuviese vigencia actual y futura; y si es posible aumentando los índices de persuasión para que todo el estudiantado esté de acuerdo con las políticas acordadas por el programa. Este refuerzo se encaminó en mantenimiento de afiches, plegables y etiquetas en los sitios legibles escogidos; realización periódica del mantenimiento de los contenedores y el área de reciclaje, recordando mediante charlas periódicas la importancia del reciclaje y los resultados obtenidos, entre otros.

Seguimiento y vigilancia del programa de reciclaje. Este ítem tiene como objeto principal, el mejoramiento continuo de todo el programa de manejo de residuos sólidos y reciclaje; las nuevas disposiciones adoptadas por otros organismos (Facultades).

3.5.2 Manejo de residuos orgánicos susceptibles a compostar. La alternativa de manejo planteada para este sector es la construcción de una compostera (Figura 30), con el objetivo de depositar en un solo lugar todos los residuos generados por la facultad ya sea podas de pasto y jardín, hojas caídas, pollinaza, gallinaza, etc, para que sean aprovechados en la Facultad y lograr reducir costos

en cuanto a los fertilizantes, entre otros, así mismo, en el anexo F se encuentran los costos de la construcción de la estructura.

Figura 28. Plano de la compostera.

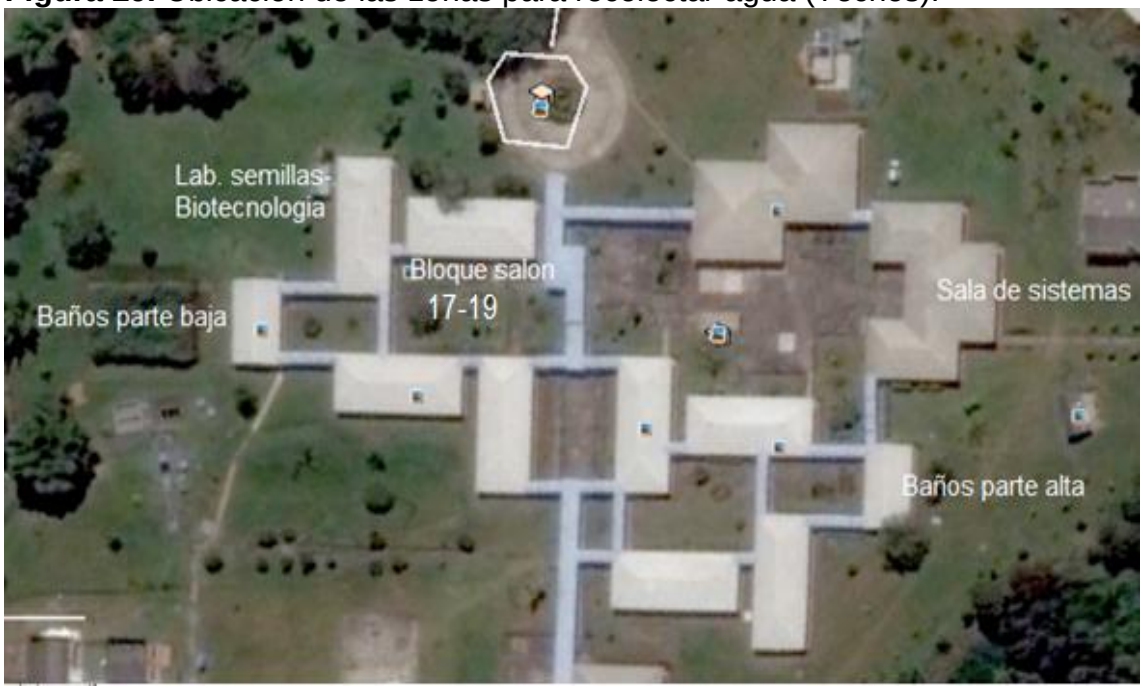


3.5.3 Uso y manejo del recurso hídrico. Uno de los principales objetivos es la optimización del consumo de agua en la Facultad de Ciencias Agrarias, con base en el diagnóstico realizado se plantean las siguientes alternativas:

3.5.3.1 Cosecha de aguas lluvias. La Facultad cuenta con un completo sistema de recolección de aguas lluvias provenientes de las cubiertas de las edificaciones a través de canales circundantes a las mismas y tuberías que la transportan por gravedad hasta el reservorio.

Actualmente el sistema de acueducto de Popayán surte los servicios de las dos baterías sanitarias dispuestas para estudiantes principalmente. Con la presente propuesta pretendemos dar cobertura hidráulica a partir de la recolección de aguas lluvias de los techos sobre la sala de sistemas para la batería ubicada en la parte alta y los correspondientes a los laboratorios de biotecnología, semillas y el bloque de los salones 17 al 19 para la batería de la parte baja. Figura31.

Figura 29. Ubicación de las zonas para recolectar agua (Techos).



Fuente. Google earth, 2014, Cuaran, 2014.

Para determinar el caudal a recoger por la infraestructura, se realizaron los cálculos respectivos por medio del método racional y para la elaboración del diseño

3.5.3.2 Estimación de captación de agua lluvia. Para conocer volumen de captación y comprobar la efectividad del diseño utilizamos la siguiente expresión por el método racional:

$Ec = C \times I \times A$

Dónde:

Ec: Estimación de captación de agua lluvia. (Litros).
C: Coeficiente de escorrentía.
I: Intensidad de lluvia o promedio de precipitación (día).
A: Área de del techo (m^2), [A= l x a].

Como base a lo anterior, se desarrollaron las respectivas operaciones, obteniendo los siguientes resultados:

Captación en la parte alta:

Ec= 0,85 x 160mm/mes x 497,4 m^2 = 67646,4L/mes

Captación en la parte baja:

Ec = 0,85 x 160mm/mes x 518,188 m^2 =70473,6 L/mes

Dónde:

A^a: Área de techo parte alta: 497,4.
A^b: Área de techo parte baja: 518,188 m2
C: Coeficiente de escorrentía= 0,85 este coeficiente es en concreto.
I: Intensidad de lluvia o promedio de precipitación, (registros de la Estación Pluviométrica de la zona) = 160 mm/mes o 5,32 mm/dia en promedio.

Ec**:** parte alta= 67646,4L/mes
Ec**:** parte baja= 70473,6 L/mes

Para conocer el volumen del ortoedro (tanque de recolección de aguas lluvia) utilizamos la siguiente expresión:

$V = a \times l \times p$
Dónde:
a: Altura
l: Longitud
p: Profundidad

Debido a que el volumen del reservorio artificial es de 287,88 m^3, es apropiado utilizarla y para ello es necesario subir el agua por medio de una bomba a otros tanques adicionales cuyo volumen será de 1,8 m^3 que estarán encima de cada batería y funcionaran por gravedad.

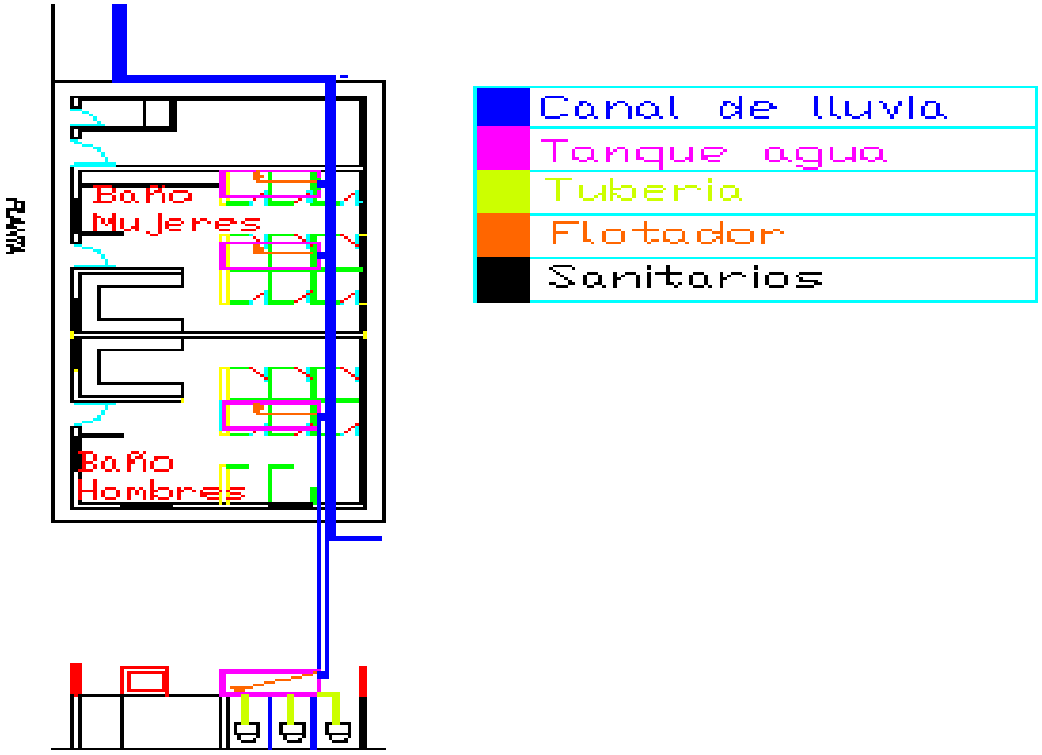
Dimensión de tanques por gravedad: A= 1 m, L= 2 m, P= 0,9 m.= 1,8 m^3

La dimensión de estos tanques adicionales, permitirá abastecer las baterías sanitarias durante 8 días, después de este tiempo se surtirá nuevamente por medio de la bomba de agua a los tanques interconectados en cada una de las baterías sanitarias, los cuales como se dijo anteriormente funcionaran con gravedad y dispondrán de un flotador para controlar el llenado y una desviación para controlar excesos. Teniendo en cuenta 80 días hábiles del semestre, se puede almacenar:

Vol.= 1.80m^3→ 1800Lt.*3 tanques= 5400 L por batería.

El volumen almacenado en los tanques principales será de: 91m^3 x 2= 182m^3

Figura 30. Plano de baños adaptados con tanques para la recolección de agua lluvia.



Para realizar el diseño de la figura anterior, se tomaron los respectivos niveles en la parte alta y baja de los baños donde se pretende instalar el tanque recolector de aguas lluvias

A partir de los consumos anotados en el cuadro 2, se indica a continuación la proyección del posible ahorro de agua al instalar los tanques a los sanitarios y calibrando las descargas tanto de los orinales como de la grifería para lavamanos con tecnología de presión push. Cuadro 7.

Cuadro 7. Porcentaje de ahorro entre el consumo inicial y propuesta de ahorro.

	Sanitarios (L/Semestre)	Orinales (L/Semestre)	Lavamanos (L/Semestre)
Consumo actual 2 baterías con acueducto	672.000	32.000	89.600
Consumo propuesta ahorro H_2O con cosecha y/o push	672.000	32.000	32.000
Cantidad a abastecer por acueducto	0	0	57.600
Porcentaje ahorro (%)	100	100	34

A partir de la infraestructura que posee la Facultad de Ciencias Agrarias, se realizó el cuadro 8, el cual es comparativo con el fin de observar en que sitio es más factible la cosecha de agua, para eso se obtuvo en cuenta las condiciones agroambientales (climáticas) de la ciudad de Popayán para obtener un estimado de cosecha y por ende el ahorro.

Cuadro 8. Comparación de la cosecha de agua entre la parte baja y alta de los baños.

Mes	Precipitación promedio (mm)	Día Mes	Demanda acumulada (m^3/mes)	Oferta (m^3/mes)	Porcentaje de ahorro (%)
Enero	200	31	182,4	172,6	94,4
Febrero	180	28	364,8	155,4	84,9
Marzo	230	31	547,2	182,4	100
Abril	220	30	729,6	182,4	100
Mayo	180	31	912	155,4	84,9
Junio	80	30	1094,4	69	37,7

Julio	50	31	1276,8	43,2	23,6
Agosto	60	31	1459,2	51,8	28,2
Septiembre	120	30	1641,6	103,6	56,6
Octubre	230	31	1824	182,4	100
Noviembre	340	30	2006,4	182,4	100
Diciembre	230	31	2188,8	182,4	100
Total			2371,4	1664,4	76% Anual

Según el anterior cuadro y con los valores obtenidos en esta investigación, se muestra que al implementar esta alternativa, se puede obtener un ahorro considerable del recurso hídrico del 76% anual, no obstante cabe resaltar que el uso del agua del acueducto será estrictamente necesario si llegase a vaciar el tanque de almacenamiento.

Para un uso eficiente del agua de los lavamanos, la alternativa más adecuada es el cambio de la grifería actual por la grifería con tecnología a presión (push) o por sensor infrarrojo, con el fin del controlar el consumo excesivo y evitar desperdicios, ver anexo G y H.

3.5.3.3 Ahorro de agua por medio de herramientas de aseo. Para un óptimo uso del agua para este punto, la implementación de vehículos de lavado o aseo es fundamental, ya que facilita el trasporte y controla desperdicios, para la respectiva limpieza de cada sector, como se muestra en la figura 32.

Figura 31. Minicarro de limpieza.

Fuente. NOVASEO.

3.5.3.4 Ahorro de agua en el laboratorio de biotecnología. Una alternativa para este sector, es el almacenamiento del efluente proveniente del proceso de la destilación del agua como este sale con altas temperaturas, puede depositarse en contenedores y usarse el lavado de instrumentos del laboratorio.

Teniendo en cuenta que la ciudad presenta una precipitación bimodal y según los datos obtenidos de pluviometría permiten una captación de agua lluvia que con un buen diseño pueden ser aprovechadas para la variedad de usos como: El uso doméstico, industrial, agrícola

El uso y reúso de agua residuales, de agua lluvia, el aprovechamiento de los residuos sólidos son prácticas que se deben implementar en la facultad, debido a que lo podemos abarcar como un sistema integrado de producción, ya que genera interacciones entre los subsistemas que existen en la facultad. Todas estas interacciones bien implementadas en nuestro programa, será un desafío que permitirá al estudiante nuevas formas de optimizar los recursos generados en diferentes situaciones.

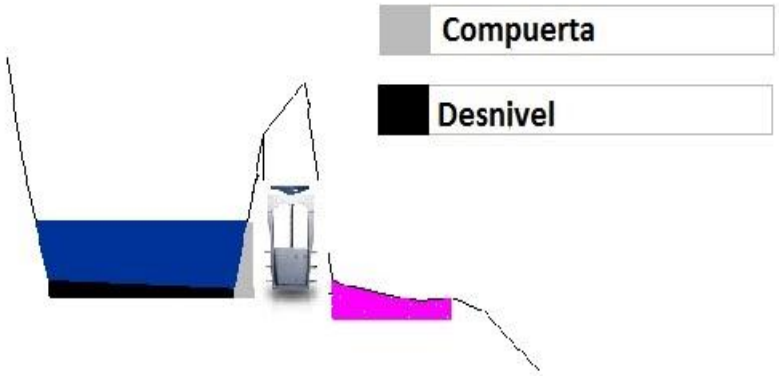
3.5.4 Reservorio. Para el mejoramiento de la calidad de agua del reservorio, nos permitimos realizar las siguientes propuestas.

El diagnostico de este reservorio indica que una de las causas que alteran la calidad del agua, es la gran cantidad de materia orgánica procedente en su mayoría de la vegetación contigua: 4 zonas de (Bambú), Figura 33 el follaje procedente de este cae sobre el espejo de agua. Se propone la implementación de una estructura liviana consistente en posteadura galvanizada de longitud libre de 3 metros cubierta con una malla poli-sombra con un porcentaje del 50% de tal manera que no permita el ingreso de este follaje y basura al reservorio.

Figura 32. Materia orgánica sobre el espejo de agua.

Según el diagnóstico realizado en el fondo del reservorio de agua artificial por medio del levantamiento topográfico y el dibujo realizado en autocad, indican la necesidad de realizar una nivelación con pendiente hacia la salida, Figura 34, lo cual permite además corregir la posible infiltración de agua y que ha generado deterioro físico del mismo. Esto permitirá vaciar el reservorio de forma más eficiente.

Figura 33. Reservorio artificial con nivelación a realizar y con la implementación de la compuerta.



Según el diagnóstico que se realizó, el reservorio tiene un desnivel, el cual no permite un vaciado total del mismo, a la vez se presume que posee un deterioro interno que infiltra agua, por tal razón es fundamental realizar su respectiva nivelación. Para ello se encontró el volumen, con promedio de altura a rellenar de 26 cm y se recomiendan hacerse en concreto en proporción (1:2:3) 10 cm equivalente al 40% y en suelo mejorado 16 cm equivalente al 60% con el fin de garantizar una nivelación duradera, los materiales se observan en el siguiente Cuadro 9.

Cuadro 9 Relleno de nivelación.

Relleno de nivelación fondo del reservorio	
Área fondo (m^2)	479,8º
Altura promedio de relleno con suelo mejorado (m).	0,16
Volumen relleno suelo mejorado (m^3)	76,77
Altura promedio de relleno en concreto (m)	0,10
Volumen en concreto simple en proporción 1:2:3 y, incluye malla electrosoldada para esfuerzo	47,98

De igual forma al aumentar el nivel en 26 cm se pierde altura y volumen, por tal razón debe aumentarse el empedrado del reservorio en una longitud de 1 metro (m) de ancho continuando el existente en el talud perimetral, ver anexo I. Para el empedrado que se va a ampliar, se necesita lo siguiente, ver cuadro 10:

Cuadro 10. Valores para la ampliación del empedrado.

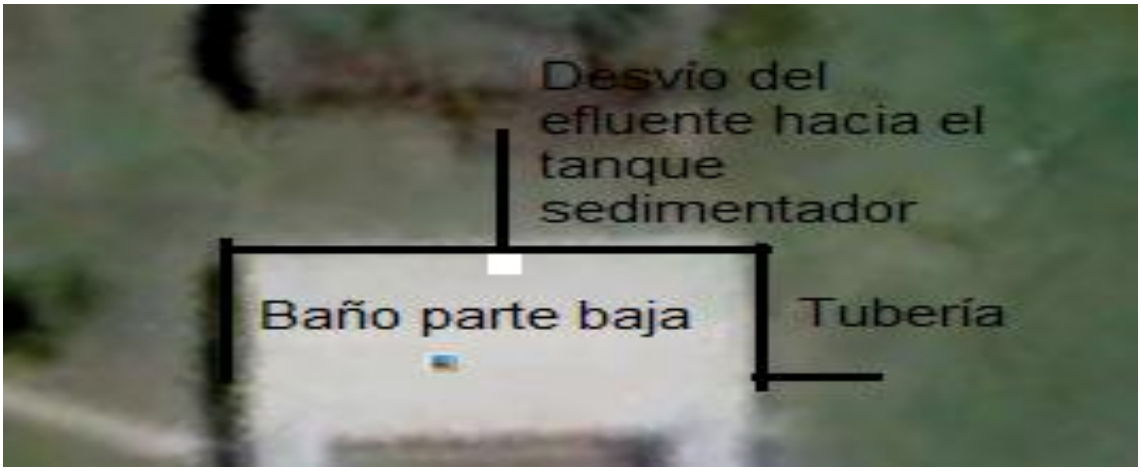
EMPEDRADO A AMPLIAR	
Longitud perímetro (m)	96
Ancho perímetro (m)	1
Área empedrado ($m^{2)}$	96
Espesor empedrado (m)	0.10
Volumen empedrado (m^3)	9.6
Volumen piedra 60% (m^3)	5.76
Volumen concreto 40% proporción (1:2:3) (m^3)	3.84

A la vez es imprescindible cambiar la tubería de vaciado actual por una compuerta construida en acero, Figura 34, que permita un mayor desagüe y un vaciado total. Dispondrá de un vástago roscado y rueda de control para fácil manipulación.
Como los efluentes provenientes de la planta de tratamiento cumplen con los parámetros establecidos por la resolución 631 del 2015 en el términos de calidad de agua tratada, se recomienda la instalación de una tubería perimetral, Figura 35, la cual haga un recorrido del reservorio y caiga directamente a la alcantarilla que sale del humedal, esto se realiza con el objetivo de prever una posible contaminación de las aguas embalsadas en el caso de que la plata de tratamiento biológica presente problemas en su funcionamiento. De esta manera esta estructura hidráulica captara o cosechara únicamente agua lluvia.

Figura 34. Cambios propuestos (Tubería perimetral y Compuerta de la planta biológica hacia la alcantarilla).

Para evitar alteraciones de la calidad de agua (físico-químicas) que se pueden presentar por el lavado de residuos provenientes de biotecnología y/o el lavado del trapeador, ver figura 36, se necesita realizar una desviación de los efluentes, para eso se recomienda la instalación de unas tuberías alternas, la cual recorran el perímetro del baño de la parte baja y caigan directamente hacia el tanque sedimentador de cinco compartimentos.

Figura 35 Desvío del efluente hacia el tanque de sedimentación.



Una alternativa para el monitoreo de las actividades o prácticas que puedan alterar la calidad del agua como lavado de herramientas o utensilios provenientes del laboratorio de biotecnología, es la implementación de indicadores biológicos. Para ello se recomienda la piscicultura, un subsistema el cual permite un monitoreo constante, ya que estos tienen parámetros específicos de la calidad agua y existen antecedentes de su óptimo desarrollo en el reservorio, por tal razón la especie más recomendada a utilizar es la carpa común (*Cyprinus carpio*), es un pez termófilo, amante de las aguas cálidas, pero que tolera extremos, desde un agua altamente cálida, hasta fluctuaciones rápidas de temperatura. Ya que son bastante resistentes a medios adversos, Su capacidad para un rápido crecimiento, característica de la especie, se manifiesta mejor a temperaturas por encima de 20º C. Muestra alta tolerancia a las variaciones de la concentración de iones en el agua y puede vivir en aguas salobres así como en aguas alcalinas de pH 9. Es poco sensitiva a las variaciones de oxígeno, requiriendo entre 3 a 4 mg/l (muere con niveles de 0,3 a 0,5 mg/l). Puede crecer muy rápido y ocasionalmente los individuos alcanzan pesos de hasta 20 kg. Las carpas se alimentan de organismos bentónicos y zooplanctónicos, pero también de semillas de plantas y vegetación acuática, detritus, etc.

El reservorio artificial, además de captar agua, actualmente puede utilizarse en diferentes situaciones: Para los procesos de riego en los cultivos a pequeña escala y en los jardines, esto con la ayuda de una motobomba que permita la circulación hacia el área de los cultivos de SIPA III, brindándole facilidad y comodidad tanto al encargado de la manutención del jardín y de los estudiantes, en caso de no ser así puede utilizarse como reserva de agua para jardines y cultivos en épocas secas extendidas o en caso de algún daño del acueducto.

4. CONCLUSIONES

Los resultados arrojados indican que los puntos ecológicos ubicados en cada dependencia no se utilizan de manera adecuada, ya que los residuos depositados en las canecas se encuentran mezclados. Así mismo, los residuos generados por las podas, galpones, residuos de cosecha, no son aprovechados en la Facultad dado que esta carece de una estructura donde se pueda depositar para su conversión en compost.

La separación de los residuos aprovechables y no aprovechables es de gran importancia, porque con ellos podemos realizar actividades como abonos orgánicos para la disminución en los costos de los fertilizantes, las sobras de la cafetería aprovecharlas para la alimentación de los cerdos, las botellas plásticas sirven para la elaboración de semilleros y armarios, al igual que los panales de los huevos, todos estos materiales sin ninguna duda son reutilizables, eso sí a la comunidad universitaria se le brinda capacitaciones o conferencias con respecto a esta temática.

El consumo de agua es vital para las labores cotidianas, pero este recurso hídrico actualmente no es valorado y la elevada utilización del mismo, no es evidente pero a largo plazo, las cuencas que abastecen a la ciudad, serán afectadas por los múltiples cambios que ha venido pasando durante estos tiempos, por tal razón, el agua que se consume en este recinto académico debería reutilizarse para las labores de la agricultura como el riego de los lotes de SIPAS, jardines y actividades de limpieza.

Las alternativas como la cosecha o captación de agua es uno de tantos métodos que existen, las cuales permiten el ahorro del agua del acueducto, además permite el almacenamiento del mismo si llegase haber un desabastecimiento del recurso, así mismo, otro método a utilizar es el reúso del efluente del proceso de condensación para la elaboración de agua destilada, cuyo destino es el drenaje, esta agua no se le ha brindado algún uso, por ende, es conveniente el almacenamiento del mismo para el lavado de sus instrumentos entre otros para que así no sea desperdiciado este importante elemento.

El uso y reúso de agua, los residuos sólidos aprovechables, es una temática que no está evidenciada en la Facultad, además de ser un sitio de enseñanza agraria, no se tiene en cuenta la interacción que hay en la misma, como un sistema de integrado de producción agropecuario, por lo tanto, se debe concientizar de que la

facultad conjuntamente funciona como academia y hacienda, cuyo fin es demostrar que todo lo que se genere en el lugar, debe ser aprovechado y devuelto a la misma naturaleza.

5. RECOMENDACIONES

Generar conciencia a la comunidad universitaria sobre la problemática que tiene la facultad con respecto a la normatividad de la misma en cuanto a la separación de la fuente por medio de conferencias, seminarios, actividades lúdicas, con el fin de estimular la importancia del aprovechamiento de estos residuos para la facultad.

Construir una compostera, con el fin de depositar los residuos de podas, jardines, pollinaza, gallinaza en un solo lugar y así mismo para evitar inconvenientes ambientales en el entorno.

Construcción de tanques dentro de los baño, con el objetivo de cosechar agua lluvia a partir de la zona alta y baja aledaña a los baños, para abastecer los sanitarios.

Calibrar la descarga de los orinales actuales y cambiar los orinales viejos que hay en la parte baja de los baños por los de la tecnología actual (presión).

Cambiar la grifería existente por grifería con tecnología a presión o infrarroja para los lavamanos de los baños en las diferentes dependencias, para su optimización en el consumo del agua.

La reutilización del agua del reservorio artificial para el riego de jardín y cultivo, teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos del mismo.

BIBLIOGRAFIA

ACUAVAL, Línea institucional orinales secos. [En línea]. 5ª ed. Colombia: 2014. 2014, [Citado 14-noviembre-2014]. Disponible en internet: http://www.acuaval.com /paginas/institucional/orinales_sin_agua.html.

ARIAS MARULANDA, Oscar M. Propuesta de plan de gestión de residuos sólidos en las instituciones educativas ubicadas en el corregimiento de Arabia, Municipio de Pereira. [En línea]. Especialización en gestión ambiental local con énfasis empresarial, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira, Octubre de 2010. [Citado 20-noviembre-2014].Disponible en Internet: http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2269/1/628445M389.pdf.

BALLÉN SUÁREZ, José Alejandro, Galarza García, Miguel Ángel, Ortiz Mosquera, Rafael Orlando. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. [En línea]. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Brasil, 2006. [Citado 15-Octubre-2014]. Disponible en Internet: http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH. pdf.

BRIKKÉ, François. Director Regional de WSP para América Latina y el Caribe, Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. [En línea]. Nicaragua, 2006. [Citado 18-Octubre-2014]. Disponible en Internet: https://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/ biofiltro.pdf

CARVAJAL JAIMES, Elsa Victoria, Esparragoza Zárate, Rafael Alberto. Análisis de la normatividad ambiental colombiana para el vertimiento de aguas residuales al sistema de alcantarillado público. [En línea]. Colombia, 2008. [Citado 25-Octubre-2014]. Disponible en Internet: http://repository.upb.edu.co:8080 /jspui/bitstream/123456789/51/1/digital_15337.pdf

CASTRILLÓN QUINTANA, Olivia, Puerta Echeverri, Silvia María, Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista, revista de investigación lasallista. [En línea]. Colombia 2012. [Citado 22-Octubre-2014] Disponible en Internet: http://repository.lasallista.edu.co/dspace /bitstream/10567/174/1/015021%20Impacto%20del%20manejo%20integral%20de %20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20CUL.pdf.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). [En línea]. Inventario de la situación actual de las aguas residuales domésticas. Colombia: Cepis, 2012. [Citado 22-Octubre-2014]. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y potencial. Disponible en internet: En: www.cepis.ops.omes.prg; consulta.

CORONA, Línea institucional, descarga de catálogos. [En línea].última línea de catálogos. Colombia: Corona, 2015. [Citado 22-Octubre-2014]. Disponible en página web: http://www.corona.sanchobbdoapp.com/web/Files/Uploads/Catalogo2012/Colceramica/DescargaCatalogos/PDF/PDF-Catalogo-institucional.pdf.

CSURHES, Steve, kidneyleafmudplantain, Heterantherareniformis. [En línea]. EEUU: Pest plant risk assessment, 2008. [Citado 30-Octubre-2014].Disponible en página web: http://www.daff.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0010/55468/IPA-Kidneyleaf-Risk-Assessment.pdf

GAVIRIA Argote Niyireth. González B, Diego Fernando, Tratamiento De Aguas Residuales De Laboratorios Agroindustriales Mediante Reactores Aerobios Alimentados Con Flujo Intermitente. Colombia: Tesis modalidad investigación Universidad del Cauca, 2013. p 27

HERNÁNDEZ M, s.f. Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria. 2012, P 24. En prensa,

LÓPEZ PATIÑO, Mario Fernando, Muñoz Paredes, Juan Fernando, Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Universidad del Cauca sede Las Guacas. Colombia: Tesis modalidad investigación, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, 2002. p. 37

MANGA.J, Logreira.N, Serral T. J, reúso de aguas residuales, un recurso hídrico. [En línea]. Colombia: Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte, 2011[Citado 10-Enero-2014]. Disponible en página web: http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/9/reuso_de_aguas_residuales.pdf

MARÍN VILLEGAS, Nidia Carolina. Relación entre la producción per cápita de Residuos Sólidos Domésticos (RDS) con algunos factores socioeconómicos de

los habitantes del municipio de Circasia-Quindío. [En línea].Colombia 2012. [Citado 20 -Diciembre-2014].Disponible en página web: http://www.ut.edu.co /academico/images/archivos/Fac_Forestal/Documentos/TRABAJOS_ESP_IMPACTO _AMBIENTAL/Nidia%20Carolina%20Marn%20Villegas.pdf.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN. Uniminuto disminuye la producción de basuras en su sede principal. [En línea]. Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto), 2010. [Citado 2-Febrero-2014]. Disponible en página web: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-258183.html

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Plan Nacional de manejo de aguas residuales municipales en Colombia. [En línea]: Departamento Nacional de Planeación, 2004. [Citado 12-Octubre-2014]. Disponible en página web: http://www.minvivienda.gov.co /Agua/Programas/Documents/PLAN_NACIONAL_DE_MANEJO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MUNICIPALES_EN_COLOMBIA.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, López Vallejo, Gabriel resolución 0631.Parametros y valores máximos permisibles en Vertimientos puntuales de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. [En línea]. Colombia: Minambiente 2015. [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en la página web:http://www.andi.com.co /Ambiental /SiteAssets /res631vertimientos.pdf

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Dirección De Agua Potable y Saneamiento Básico, Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico. [En línea]. Colombia: Tratamiento De Aguas Residuales, 2000. [Citado 22-Septiembre-2014]. Disponible en página web: http://cra.gov.co/apcaafiles/37383832666265633962316339623934/7_Tratamieno_de_aguas_residuales.pdf

NATURESERVE. Invasive Plants. [En línea].EE.UU: Current scientific journalHeteranthera reniformis, 2014. Disponible en página web: www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?searchName=Heteranthera+reniformis+

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC). Gestión ambiental de residuos sólidos. [En línea].Colombia: Guía para la separación en la fuente, 2009. [Citado 19-Febrero-2014] Disponible en página web: http://www.estra.com/eco/pdf/norma.pdf
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC). Gestión ambiental de calidad de agua. [En línea].Colombia: Muestreo de aguas residuales, 1995. [Citado 19-Febrero-2014] Disponible en página web http://tienda.icontec.org/brief/NTC-ISO5667-10.pdf

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC). Desinfección de plantas para el tratamiento de agua, [En línea].Colombia: Tratamiento de aguas residuales, 1997 [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en Internet: http://tienda. icontec.org/brief/NTC4117.pdf

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC). Calidad de agua, [En línea].Colombia: Determinación de aceites, grasas y sustancias solubles en solventes orgánicos, 2011, [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en Internet: http://tienda.icontec.org/brief/NTC3362.pdf

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC). Calidad de agua, [En línea].Colombia: Determinación del pH, 2012, [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en Internet: http://tienda.icontec.org/brief/NTC3651.pdf

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC), calidad de agua, [En línea].Colombia: Determinación del contenido de sólido, 2012. [Citado 19-Febrero-2014] Disponible en Internet: http://tienda.icontec.org/brief/NTC897.pdf

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC), calidad de agua, [En línea].Colombia: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), 2014. [Citado 19-Febrero-2014] disponible en Internet: http://tienda.icontec.org/brief/NTC3630.pdf

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC), calidad de agua, [En línea].Colombia: Demanda Química de Oxígeno (DQO), 2014. [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en Internet: http://tienda.icontec.org/brief/NTC3629.pdf

NIETO C., Olga Alicia, Nieto R., Margarita Marcela, Lozano, Carlos Mario, Jiménez, Luis Fernando. Diagnóstico de la generación y manejo de residuos Sólidos en la Universidad del Quindío. [En línea].Tesis Investigativa Universidad

del Quindío, 2010. [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en Internet: http://www.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/352f_RIUQ2019.pdf
NOPE, Hernán, levantamiento topográfico, laguna de maduración de la Facultad de Ciencias Agrarias. Colombia: Estudiantes de Agrimensura, 2014.

RACINES, Carlos Alberto. Propuesta para el manejo integral de residuos sólidos para el corregimiento de bocas del palo municipio de Jamundí. [En línea]. Facultad de Ciencias Básica, departamento de ciencias ambientales. Colombia: programa administración del medio ambiente y los recursos naturales, 2009. [Citado 19-Febrero-2014] Disponible en Internet: http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/446/1/T0003405.pdf

ROMÁN PILAR, Martínez María M., Pantoja Alberto, Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina. [En línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013. Santiago de Chile: Oficina Regional para América Latina y el Caribe.[Citado 19-Febrero-2014] Disponible en Internet: http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf

SALAMANCA CORREDOR, Luis Ernesto. Diagnóstico Ambiental Asociado al manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Arauca.[En línea]. Universidad Nacional: Colombia: Ingeniería ambiental, 2013. [Citado 19-Febrero-2014].Disponible en internet: http://www.bdigital.unal.edu.co/5194/1/trabajo_final_Luis_E_salamanca.pdf

SILVA, Jorge, Torres, Patricia, Madera, Carlos, Reúso de aguas residuales domesticas en agricultura. [En línea].Una revisión, agronomía colombiana. Colombia: Tesis en aguas reúso de aguas residuales2008. [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en internet: http://www.revistas.unal.edu.co/index .php / agrocol/article/view/13521/14204

SORREQUIETA, Augusto. Aguas residuales: reúso y tratamiento, lagunas de estabilización departamento de bioquímica clínica.[En línea]. Área tecnológica en salud pública, Colombia: una opción para Latinoamérica, 2004. [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en internet: http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod_resource/content/0/2_Aguas_residuales_protegido_.pdf.

TROCHEZ MUÑOZ, José Sélimo, Compostaje en pescador, Cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, 2005. [Citado 19-Febrero-2014]. Disponible en Internet: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Compostaje_Pescador.pdf

URIZA, Nubia, Sarria, Nelson, Montaña, John Mauricio, Lopera, Marisol, maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente, seminario integrado del agua, reúso de aguas residuales, 2012, [Citado 19-Febrero-2014] disponible en Internet: http://www.slideshare.net/nubiae9128/reuso-de-aguas

VELIZ LORENZO, Eliet, Llanes Ocaña, José Guadalupe, Asela Fernández, Lidia, Bataller Venta, Mayra, Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica, Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 40, No. 1, 2009, Habana, Cuba, disponible en Internet: http://www.frm.utn.edu.ar /archivos/ civil/Saneamiento/Reuso%20de%20efluentes%20en%20riego%20CEPIS.pdf

VELOSA CAICEDO, Carlos Andrés, Plan de Manejo Ambiental para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, julio 2013.

VILLA MARÍN, Claudia Natalia, Ropero Pallares, Rocío, Delgado Bobadilla, Edwin Eduardo, maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente, manejo aguas residuales, reúso de aguas residuales, abril de 2013, disponible en Internet: http://es.calameo.com/read/001854303674058d95361

WSP (Water and SanitationProgram), Banco Mundial, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (Cosud), Unicef y Banco Interamericano para el Desarrollo (Bid), 2007. Saneamiento para el desarrollo. Como estamos en 21 países de América Latina y el Caribe. Conferencia Latinoamericana de Saneamiento, Cali

ZAPATA M, Liliana María, Jaramillo Henao, Gladys. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia, Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Posgrados de Ambiental, Especialización en gestión ambiental, 2008, Disponible en Internet: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/ 1234567 89 /51/1/digital15337.pdf.http://tesis.udea.edu.co/dspace /bitstream /10495/45/1/ AprovechamientoRSOUenColombia.pdf

ANEXOS

Anexo A. Plano de distribución de lotes de producción de SIPA III.

Anexo B. Registro diario del consumo de agua.

DÍA	LECTURA DE CONTADOR	CONSUMO /M3
JUEVES		
VIERNES		
LUNES		
MARTES		
MIERCOLES		
JUEVES		
VIERNES		

Anexo C. Consumo promedio mensual.

SEMANA	PROMEDIO CONSUMO (m^3)
SEMANA 1	
SEMANA 2	
SEMANA 3	
SEMANA 4	
TOTAL MENSUAL	

Los siguientes datos fueron utilizados de la tesis Tratamiento De Aguas Residuales De Laboratorios Agroindustriales Mediante Reactores Aerobios Alimentados Con Flujo Intermitente.

Anexo D. Consumo de agua por práctica en la planta piloto.

PRACTICAS	LITROS PRACTICA	LITROS DESINFECCION	SUB TOTAL
LACTEOS (Ar equipe)	214,6	73,92	288,52
VEGETALES	726,5	367,55	1094,05
CARNICOS(Jamón cocido y suri Mi)	377	205,7	582,7
CONSUMO DE AGUA	1318,1	647,17	1965,27
TOTAL			3930,54

Anexo E. Plan de gestión de riesgo para el manejo de vertimientos.

Anexo adjuntado por aparte, ya que el documento se encuentra materializado.

Anexo F. Costos de la compostera.

DESCRIPCION	CANTIDADES	VALOR UNIT	VALOR TOTAL	CONTRAPARTIDA PLANEACIÓN	CONTRAPARTIDA FACULTAD
MATERIALES					
Guadua	100	5000	500.000	250.000	250.000
Esterilla	50	6000	300.000	300.000	
Arena	11	50000	550.000	550.000	
Cemento	50	24000	1.200.000	1.200.000	
Malla rollo x 50 m	1	54000	54.000	54.000	
Puerta metálica	1	300000	300.000	300.000	
Puerta adicional	2	250000	500.000	500.000	
Alambre dulce # 18 kilo	5	4500	22.500	22.500	
Alambre de púas #14 rollo 200m	4	70000	280.000	280.000	
Tornillo $^{3}/_{8}$	80	2800	224.000	224.000	
Arandelas	80	100	8.000	8.000	
Grifo plástico	3	3000	9.000	9.000	
Tubo PVC ½	10	6000	60.000	60.000	
Tanque 6000 L	1	1400000	1.400.000	1.400.000	
Cable concéntrico recubierto en Al	150	2600	390.000	390.000	
Amarras	300	200	60.000	60.000	
Plafón porcelana	5	2000	10.000	10.000	
Bombillos 32 vatios	5	8000	40.000	40.000	
Toma corriente	4	6000	24.000	24.000	
Interruptores	3	5000	15.000	15.000	
Cable Nº 12	200	1000	200.000	200.000	
Inmunizante	2	10000	20.000	20.000	
Barniz	4	50000	200.000	200.000	
Canales tubo 6 "	3	62000	186.000	186.000	
Varilla roscada 3/8 1 m cu	25	8000	200.000	200.000	
Tuercas	200	100	20.000	20.000	
Varillas corrugas de 3/8	12	6450	77.400	77.400	
Varillas roscadas de ¼	10	4000	40.000	40.000	

Tuercas ¼	60	50	3.000	3.000	
Hojas de zinc 3 m	24	16000	384.000	384.000	
Hojas de zinc 2 m	24	13000	312.000	312.000	
HERRAMIENTA					
Bugí	2	90000	180.000		180.000
Palendra	5	12000	60.000	60.000	
Carbonera	2	25000	50.000	50.000	
Rastrillo	2	10000	20.000		20.000
Machete	2	20000	40.000		40.000
Motor siemens	1	1600000	1.600.000	1.600.000	
Picatodo	1	1900000	1.900.000		1.900.000
Candado	3	50000	150.000	150.000	
Gramera	1	200000	200.000		200.000
Balanzon (capacidad 12.5kg)	1	30000	30.000	30.000	
Balanzon (capacidad 200kg)	1	80000	80.000	80.000	
Bascula	1	600000	600.000	600.000	
Tina 200 L	2	70000	140.000	140.000	
Manguera 30mts	1	70000	70.000	70.000	
Marco segueta	1	22900	22.900	22.900	
Hojas para segueta	10	2900	29.000	29.000	
MANO DE OBRA					
Mano de obra	100	25000	2.500.000	2.500.000	
Asistencia técnica	2	1500000	3.000.000		3.000.000
Total			18.260.800		
				12.670.800	5.590.000

Anexo G. Ficha técnica de grifería con tecnología push.

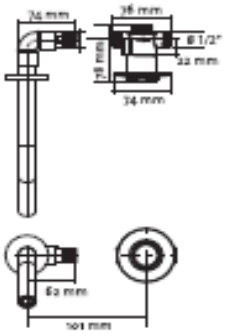
Lavamanos de Empotrar tipo Push

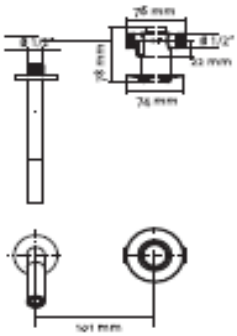
Lavamanos de empotrar tipo push
Pico Empotrado
Referencia: 7013g0001

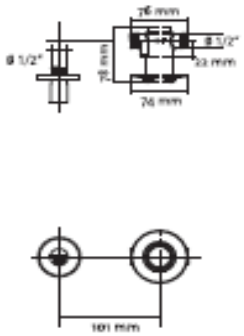
Lavamanos de empotrar tipo push
con pico expuesto
Referencia: 7013t0001

Lavamanos de empotrar tipo push
Pico de seguridad
Referencia: 7013z0001

Planos de Producto







Características y Beneficios

Este producto cumple con los requerimientos y especificaciones exigidos por la norma NTC 1644-2005 (ASME A112.18.1M).
Válvula automática tipo push.
Ideal para ambientes públicos y de gran frecuencia de uso.
Producto que dificulta las acciones vandálicas.
Cuerpo metálico con escudo y portaescudo con acabados en cromo.
Higiénica y de fácil mantenimiento.
Con sistema de permite regular el consumo de acuerdo a la necesidad y condiciones de instalación (Ver graficas).
Cuerpo para empotrar en la pared.
Producto fabricado, en su mayoria, con materiales reciclables.
Rango de funcionamiento requerido de 20 a 80 PSI.
Diámetro de punto hidráulico de ½" NPT.

Estos productos están sujetos a cambios sin previo aviso.

Repuestos:

Ref.: 02112IIII	Cartucho Push
Ref.: 02108IIII	Empaques O-ring (cuerpo base,regulador) cartucho push
Ref.: 02134IIII	Escudo
Ref.: 02137IIII	Portaescudo
Ref.: 02139IIII	Empaque O-ring escudo

corona

Anexo H. Ficha técnica de tecnología infrarroja.

ETF-800

- **Descripción**
  Llave Electrónica para Lavado de Manos, Activada por Sensor, Montada en Pared, para operación con agua templada o caliente/fría.
- **Índice de Flujo**
  □5.7 Lpm/1.5 gpm Rociador de Flujo Laminar

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

- **Circuito de Control**
  24 VAC Entrada/Salida, 50/60 Hz, Valores Prefijados de Pausa y Rango Ajustables, Enchufes Modulares y LEDs Indicadores para Solución de Problemas
- **Rango del Sensor OPTIMA***
  Fijado en Fábrica: 152 mm - 203 mm (6" - 8")
  Ajustable: 25 mm - 356 mm (1" - 14")
- **Válvula Solenoide**
  24 VAC 50/60 Hz con filtro colador en "Y" integral, Entrada/Salida NPT de 3/8".
- **Valores Prefijados de Pausa**
  3, 6, 12, 30 y 45 segundos; 1, 3 y 20 minutos. El Tiempo de Pausa de la Llave determina el tiempo máximo que la llave permanece en operación ante la activación continua. Este valor prefijado puede cambiarse para cubrir los requerimientos de cada aplicación. A menos que se especifique de otro modo, la ETF-800 se fija en fábrica con la pausa de 30 segundos.
- **Transformador**
  Todos los Transformadores de Sloan son de 50/60 Hz. Pueden energizarse múltiples llaves con un solo transformador, siempre y cuando tenga el tamaño adecuado. Permita un mínimo de 15 VA de corriente nominal por cada llave en uso.

Enchufable	ETF-233	120 VAC/24 VAC - 35 VA (sufrido con vatiación "F")
Montado en Caja	EL-248-40	120 VAC/24 VAC - 40 VA (sufrido con vatiación "B")

- **Distancia Máxima a la que puede Instalarse el Módulo de Control del Grifo**
  Con Cable Estándar: 305 mm (12")
- **Cable de Extensión** (Opcional)
  Del Sensor al Módulo de Control:
  ETF-1005-72 1829 mm (72")

OPERACIÓN

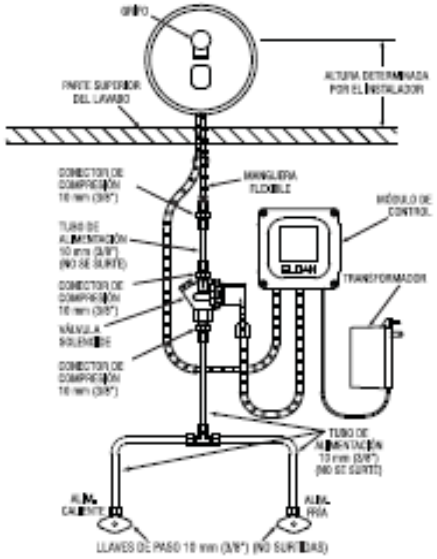
1. Un haz de luz continuo e invisible es emitido del Sensor OPTIMA* debajo del grifo de la llave.

2. Cuando las manos del usuario entran en el rango efectivo del haz, el haz se refleja hacia el receptor del sensor y activa la válvula solenoide permitiendo que fluya agua templada por la llave. Fluye agua hasta que las manos se retiran o hasta que la llave alcance su límite automático de pausa.

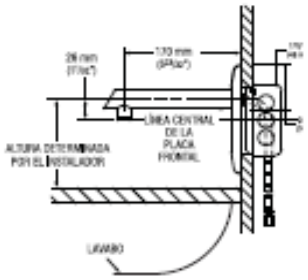
3. Cuando las manos se retiran del Sensor OPTIMA*, la pérdida de luz reflejada inicia una señal eléctrica que desactiva la Válvula Solenoide cerrando el flujo de agua. El Circuito entonces se restablece automáticamente y está listo para el siguiente usuario.

PREPARACIÓN

Llave ETF-800 con Bak-Chek* en T para Alimentación con Agua Caliente y Fría

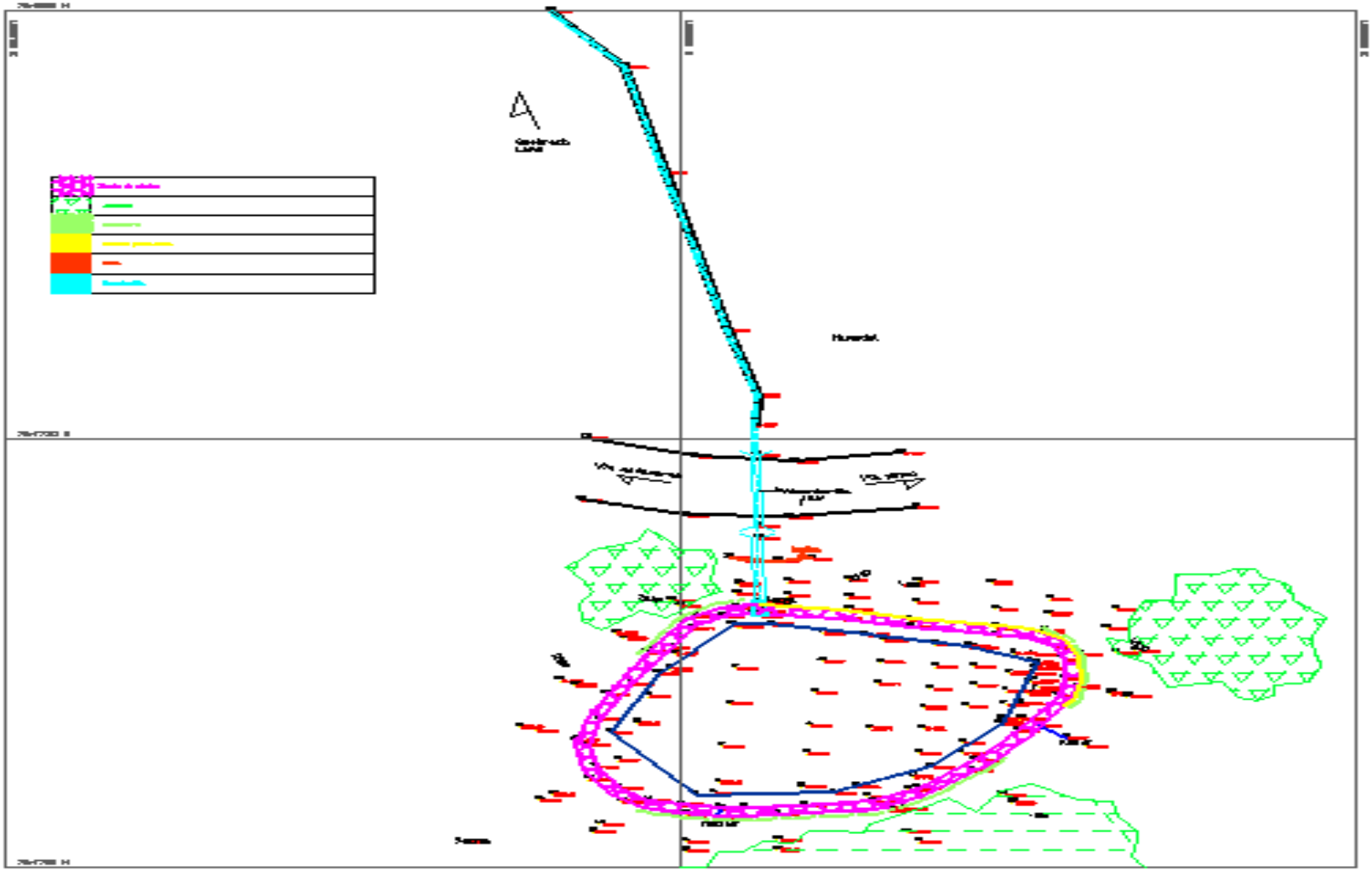


Dimensiones de Preparación (vista lateral)



SLOAN VALVE COMPANY • 10500 SEYMOUR AVENUE • FRANKLIN PARK, IL 60131
Teléfono: 1-800-982-5839 o 1-847-671-4300 • Fax: 1-800-447-8329 o 1-847-671-4380 • www.sloanvalve.com

Copyright © 2008 Sloan Valve Company

Esp. Optima ETF-800 SP — Rev. 0 (11/08)

Anexo I. Plano de reservorio propuesto.