

## **TRABAJO DE ASCENSO**

### **ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA (SAA) DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS (CUC). CASO: FACULTAD DE CIENCIAS.**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Profa. Gutiérrez M., Ana M  
Para optar a la categoría de Profesor Asistente

Caracas, Enero de 2017

## AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento debo dar a:

Dios, porque mi FE en él, me llena de fuerza interior para seguir luchando por mis sueños.

Mi familia, porque cerca o lejos son mi apoyo incondicional y mi estímulo para avanzar hacia el cumplimiento de mis metas.

Mis amigos, pues todos los que así considero, se han convertido en esa familia que no es de sangre, que te apoya e impulsa como si lo fueran.

Profa. Maria Virginia Najul, por su apoyo, estímulo, paciencia y cariño.

Personal docente, administrativo y obrero de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas (PETA): Prof. Henry Blanco, Profa. Rosario Alberdi, Ing. Jimena Arcaya, Técnicos Reina y Alejandro, Jackson y Cristian, por el apoyo técnico y personal, no solo durante la realización de este trabajo, si no desde mi ingreso a la Universidad.

Personal docente, administrativo y obrero del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Escuela de Ingeniería Civil.

Estudiantes, docentes investigadores y personal administrativo y obrero de la Facultad de Ciencias, por el apoyo en el acceso a la información y la receptividad en cada una de las etapas de desarrollo de esta investigación.

Docentes investigadores de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, quienes tomaron parte de su valioso tiempo para la revisión, corrección y validación de la encuesta, así como para el llenado de la matriz de priorización de estrategias.

A todos, muchas gracias!!

*“El camino transitado dentro la UCV, reafirmó mi convicción de que los cambios en la sociedad se logran a través de la educación, por ello, a pesar de las dificultades y carencias por las que atraviesa, le agradezco la enseñanza, experiencia y el aprendizaje adquirido, porque este momento oscuro, es sólo coyuntural, para el país y para la casa que siempre vencerá las sombras”*

**Gutiérrez M. Ana M.**

**ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA (SAA)  
DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS (CUC). CASO: FACULTAD DE CIENCIAS.**

**Tutora: Profa. María Virginia Najul**

**Trabajo de Ascenso. UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de  
Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Año 2017, 128 p.**

**Descriptor:** Agua, gestión, sustentabilidad, campus universitarios.

**RESUMEN**

A nivel mundial, las tendencias actuales en el funcionamiento y gestión de las instituciones de educación superior van encaminadas a la incorporación de prácticas ambientales sostenibles en todos sus ámbitos, incluyendo aspectos como la gestión de los residuos, energía y agua. En este trabajo se planteó analizar el Sistema de Abastecimiento de Agua de la CUC desde el punto de vista de la sustentabilidad, tomando como caso de estudio la Facultad de Ciencias (FC-UCV), debido por una parte, a ser un espacio definido, con un sistema de distribución delimitado, donde existe un medidor operativo y, por la otra, porque cada una de sus partes es representativa de las dependencias que constituyen la CUC. La metodología utilizada fue documental y de campo; para determinar el consumo promedio de agua se revisó el histórico de facturación de un periodo de cinco años y se tomaron lecturas diarias en el medidor principal durante tres semanas, también se verificó el estado actual de las piezas sanitarias inspeccionando el 90 % de ellas, además, para confirmar la influencia que tiene la percepción de los usuarios del servicio de agua sobre la gestión, se aplicó una encuesta a 260 estudiantes, 25 docentes y 31 empleados y obreros. Se recomendaron estrategias para iniciar el camino hacia el manejo sustentable del agua, que fueron priorizadas haciendo uso de herramientas de control de calidad. Los resultados obtenidos indican que el caudal promedio de agua que entra en la FC-UCV es de 4,52 l/s, de los cuales aproximadamente el 39 % es consumido por los usuarios, lo que sugiere pérdidas en el orden del 61%. De este porcentaje, se comprobó mediante aforo que un 38 % se pierde en roturas detectadas en la red de tuberías y se presume que el restante se desperdicia en el 7 % de piezas sanitarias donde fueron detectadas fugas. La calidad del servicio es percibida como buena para los parámetros de cantidad y continuidad, sin embargo, la calidad del agua fue valorada como de regular a mala por más del 80 % de los encuestados, quienes por encima del 50 % consideraron que la gestión no se hace de forma sustentable. De acuerdo con la valoración de los expertos, el 80 % de la problemática del manejo del agua en la FC-UCV, mejoraría con la aplicación a corto y mediano plazo de siete (07) de las catorce (14) medidas recomendadas. El costo de las estrategias, fue determinante para establecer su prioridad de implementación.

## ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: GENERALIDADES. ....	1
I.1. Introducción. ....	1
I.2. Objetivo General .....	2
1.2.1. Objetivos específicos:.....	2
I.3. Justificación. ....	2
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL. ....	4
II.1. Los Sistemas de Abastecimiento de Agua y las variables que influyen en su gestión. ....	4
II.1.1. Variables y componentes físicos – estructurales, funcionales y de Operación y Mantenimiento: .....	4
II.1.2. Variables organizacionales, sociales y financieras: .....	7
II.2. Sistema de Abastecimiento de Agua de la Ciudad Universitaria de Caracas. ....	9
II.2.1. Sistema de Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ciencias. ....	12
II.3. Dirección de Mantenimiento de la Universidad Central de Venezuela. ....	14
II.3.1. Departamento de Ingeniería y Mantenimiento de la Facultad de Ciencias.....	15
II.4. La Sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior. ....	15
II.4.1. Programas de consumo y uso eficiente del Agua en Campus Universitarios de América Latina .....	17
II.5. Métodos para priorizar estrategias en Análisis de Problemas.....	19
II.5.1. Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto):.....	20
II.5.2. Diagrama de Pareto:.....	20
CAPITULO III: METODOLOGÍA. ....	23
III. 1. Identificación de los patrones de suministro y consumo de agua en cada uno de los espacios que conforman la Facultad de Ciencias y contraste con valores típicos de instituciones universitarias que han establecido indicadores de desempeño ambiental sustentable para este recurso. ....	23
III.2. Identificación de la Gestión y Condiciones de Operación y Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento de agua de la Facultad de Ciencias, incluyendo piezas sanitarias. ....	24
III. 2.1. Inspección física al sistema de abastecimiento, piezas sanitarias y laboratorios. ....	24
III.2.2. La percepción del usuario como aspecto clave en la gestión .....	25
III.2.3. Calidad del Agua de Abastecimiento.....	27

III.2. Estrategias de Gestión Sustentable para el manejo del Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV.....	27
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
IV.1. Diagnóstico estructural y funcional del Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV.....	29
IV.1.1. Caracterización de los usos y consumo de agua en la FC-UCV.....	29
IV.1.2. Determinación de las pérdidas de agua en la FC-UCV.....	34
IV.1.3. Distribución de los consumos de agua.....	41
IV.1.4. Resultados de la percepción del usuario sobre la calidad del servicio de agua en la FC-UCV.....	45
IV.1.5. Calidad del Agua de Abastecimiento.....	63
IV.2. Estrategias para mejorar la Gestión del Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV.....	66
IV.2.1. Estructura Organizacional.....	69
IV.2.2. Programa de medición.....	73
IV.2.3. Control de pérdidas, hacia la reducción del agua desperdiciada.....	77
IV.2.4. Programa de educación ambiental con énfasis en el valor del agua y estrategias de comunicación e información.....	81
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXOS.....	101

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalles del Sistema de Abastecimiento de agua de la Facultad de Ciencias .....	13
Tabla 2. Varianzas y muestras obtenidas para cada categoría .....	26
Tabla 3. Criterios de valoración para la jerarquización de las recomendaciones propuestas .....	28
Tabla 4. Formato para el resultado de la evaluación de las recomendaciones .....	28
Tabla 5. Clasificación de usos del agua en la Facultad de Ciencias de la UCV .....	29
Tabla 6. Matricula de estudiantes de pre-grado de la FC-UCV semestre 2-2015. ....	30
Tabla 7. Estimado de pérdidas de agua en fugas de grifos .....	37
Tabla 8. Sistema de tarifas que se aplica al consumo de agua en la Facultad de Ciencias .....	38
Tabla 9. Frecuencia de uso de los baños públicos (estudiantes) .....	43
Tabla 10. Distribución de las encuestas por categoría.....	46
Tabla 11. Sitios de muestreo para determinar la calidad del agua de consumo .....	63
Tabla 12. Estrategias recomendadas para cada causa detectada en el Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV .....	68
Tabla 13. Indicador tipo para medir la gestión del agua en la FC-UCV .....	72
Tabla 15. Principales parámetros a tomar en cuenta para el diseño de un programa de monitoreo y control de la calidad del agua de abastecimiento en la FC-UCV .....	76
Tabla 16. Resultados de la valoración de las estrategias recomendadas .....	85

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales factores que influyen en el consumo de agua en los edificios .....	9
Figura 2. Ubicación de los principales pozos construidos en la CUC .....	11
Figura 3. Esquema del Sistema de Abastecimiento de agua de la Facultad de Ciencias .....	12
Figura 4. Estructura Organizativa del Departamento de Mantenimiento .....	14
Figura 5. Dimensiones de la sostenibilidad para la UCV .....	16
Figura 6. Componentes estratégicos del macro-proyecto campus sustentable UCV.....	17
Figura 7. Ejemplo de Diagrama causa-efecto.....	20
Figura 8. Ejemplo de Diagrama de Pareto para jerarquización de propuestas.....	21
Figura 9. Ejemplo de matriz para la valoración de alternativas .....	22
Figura 10. Consumos promedios anuales de agua en la Facultad de Ciencias UCV .....	30
Figura 11. Consumos per cápita en Universidades Latinoamericanas.....	32
Figura 12. Caudal promedio de agua en el periodo del 23-06 al 18-07-2016.....	33
Figura 13. Nueva comparación de consumos per cápita en Universidades Latinoamericanas .....	34
Figura 14. Lado izquierdo: Fuga de agua detectada en la entrada de la Escuela de Física. Lado derecho: fuga de agua en el estacionamiento este .....	35
Figura 15. Estatus actual de las piezas sanitarias.....	36
Figura 16. Detalle del estado actual de las piezas sanitarias .....	36
Figura 17. Consumo de agua mensual y monto facturado durante el año 2014.....	39
Figura 18. Consumo de agua mensual y monto facturado durante el año 2015.....	40
Figura 19. Consumo de agua mensual y monto facturado durante los meses de Enero, Febrero y Abril del 2016 .....	40
Figura 20. Distribución estimada de los consumos de agua en la Facultad de Ciencias.....	42
Figura 21. Distribución de piezas sanitarias y laboratorios que consumen agua en algunas dependencias de la Facultad de Ciencias.....	43
Figura 22. Resultados de la pregunta: ¿Cómo considera usted el servicio de agua en la facultad?. Fuente: Elaboración propia .....	47
Figura 23. Resultados de la pregunta: ¿Considera usted que el manejo del agua dentro de la facultad se hace de forma sustentable? .....	48
Figura 24. Resultados de la pregunta: ¿Cuál es el estado actual de las piezas sanitarias (WC (excusados), urinarios, lavamanos, entre otros) de la dependencia donde usted se desempeña?. Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 25. Resultados de la pregunta: ¿Es frecuente observar fugas o pérdidas de agua en algún dispositivo o instalación dentro de la facultad? .....	50
Figura 26. Resultados de la pregunta: Si la respuesta a la pregunta anterior fue positiva, por favor especifique en que dispositivo.....	50
Figura 27. Resultados de la pregunta: ¿Se reparan oportunamente las fugas una vez que se han detectado? .....	51
Figura 28. Resultados de la pregunta: ¿Existe una Dependencia/Departamento en la facultad donde puede reportar una falla (fugas, alteraciones de la calidad, ausencia, entre otros) del servicio de agua?.....	52

Figura 29. Resultados de la pregunta: ¿Existe un funcionario encargado del manejo del agua en la facultad?.....	53
Figura 30. Resultados de la pregunta: ¿Existen sistemas de control de consumo de agua en duchas?, como: Botones de duración limitada y control de temperatura con criterios de eficiencia energética.....	54
Figura 31. Resultados de la pregunta: ¿Existen piezas sanitarias (lavamanos, urinarios, WC) de bajo consumo dentro de la dependencia donde usted se desempeña en la facultad? .....	54
Figura 33. Aviso informativo detectado en uno de los bebederos del Edificio de Aulas.....	55
Figura 34. Resultados de la pregunta: ¿Se realiza de forma eficiente el riego de jardines: (goteo programado, riego nocturno)?.....	56
Figura 35. Resultados de la pregunta: ¿Con qué frecuencia observa que se realiza el riego de las áreas verdes? .....	57
Figura 36. Resultados de la pregunta: ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua de suministro?.....	58
Figura 37. Resultados de la pregunta: ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua de suministro?.....	58
Figura 38. Resultados de la pregunta: ¿Durante su permanencia en la facultad, en cuáles de las siguientes actividades utiliza agua? .....	59
Figura 39. Resultados de la pregunta: ¿Cuánto cree Ud. es su consumo diario de agua en la facultad?.....	60
Figura 40. Resultados de la pregunta: ¿Usted implementa alguna medida para hacer un uso racional del agua mientras permanece en la facultad? .....	60
Figura 41. Resultados de la pregunta: ¿Cuál es la procedencia del agua que ingiere mientras permanece en la facultad?.....	61
Figura 42. Resultados de la pregunta: ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de un programa de uso y consumo eficiente del agua en la facultad?.....	62
Figura 43. Resultados de la pregunta: ¿participaría de forma activa en el mismo?.....	62
Figura 44. Resultados obtenidos para el análisis de cloro residual libre, turbiedad y pH .....	64
Figura 45. Resultados obtenidos para el análisis de bacterias Coliformes Totales y Fecales .....	65
Figura 46. Diagrama causa-efecto del diagnóstico realizado al Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV.....	67
Figura 47. Organigrama de la FC-UCV con las propuestas de inclusión de las unidades de Gestión Ambiental.....	70
Figura 48. Lado izquierdo: Fluxómetro doble descarga. Lado derecho: Esquema de reducción de consumo de agua en excusados de tanque .....	79
Figura 49. Urinarios de bajo consumo disponibles en el mercado .....	79
Figura 50. Lavamanos de bajo consumo disponibles en el mercado.....	80
Figura 51. Aplicación para teléfonos creada por Aqua América .....	83
Figura 52. Diagrama de Pareto aplicado a las estrategias recomendadas .....	87



## CAPITULO I: GENERALIDADES.

### **I.1. Introducción.**

La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) fue diseñada con increíble genialidad y visión de futuro, actualmente el campus de la UCV cuenta con nueve (09) facultades y numerosos centros de investigación, el emblemático Hospital Clínico Universitario (HCU), el jardín botánico, los estadios de futbol y beisbol, entre otras dependencias, por lo que en el campus se desarrollan de forma simultánea una variedad de actividades que lo hacen, como su nombre lo indica, una ciudad.

El abastecimiento de agua para esta ciudad universitaria fue diseñado de manera que, bajo cualquier escenario, la demanda de cada una de sus dependencias estuviera satisfecha. Es así como cuenta con tres (03) aducciones principales conectadas a los sistemas Tuy, manejados por la hidrológica de la región capital, Hidrocapital.

Así mismo, la Facultad de Ciencias, aunque forma parte de la CUC, parece funcionar en muchos aspectos de forma independiente, de esta manera, su abastecimiento de agua también lo es y corresponde a una tubería de ocho pulgadas ( $\Phi = 8''$ ) conectada al sistema Tuy I, que pasa por el Paseo Los Próceres y se le conoce como Red de Ciencias.

Al hacer referencia al tema de la sustentabilidad en los campus, se sabe que ésta abarca todos los ejes de la universidad: Docencia, investigación, extensión y gestión. En este último, se deben incluir prácticas ambientales y sostenibles, tales como: conservación de la energía, reducción de residuos, manejo del **AGUA**, materiales, mantenimiento, transporte, seguridad, comunicación, vulnerabilidad, entre otros.

En una mirada superficial, se percibe que para el caso del manejo del agua, existen una serie de factores que parecieran indicar que la gestión del sistema de abastecimiento de la CUC, dista de la sustentabilidad, pues al recorrer algunas de sus dependencias, se observan instalaciones sanitarias en mal estado (generando pérdida de agua), alteraciones en la calidad del agua de consumo, específicamente las organolépticas (apariencia y olor), fallas ocasionales en el suministro, bajas presiones, ausencia o deterioro de equipos de medición y control, entre otros.

En este sentido, el presente trabajo se plantea como objetivo Analizar la Sustentabilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua de la CUC, tomando como caso de estudio piloto la Facultad de Ciencias (FC-UCV), debido por una parte, a ser un espacio definido, con un sistema de distribución delimitado y abastecido de forma independiente, donde existe un medidor operativo y, por la otra, porque cada una de sus partes es representativa de las dependencias que constituyen la CUC.

## **I.2. Objetivo General**

Analizar la Sustentabilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua (SAA) de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) utilizando como caso de estudio la Facultad de Ciencias.

### **1.2.1. Objetivos específicos:**

1. Identificar los patrones de suministro y consumo de agua en cada uno de los espacios que conforman la Facultad de Ciencias y contrastarlos con valores típicos de instituciones universitarias que han establecido indicadores de desempeño ambiental sustentable para este recurso.
2. Identificar la gestión y condiciones de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua de la Facultad de Ciencias, incluyendo piezas sanitarias.
3. Recomendar estrategias de gestión sustentable para el manejo del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ciencias.

## **I.3. Justificación.**

El manejo sustentable de un recurso vital como el agua, representa hoy en día uno de los objetivos principales de la mayoría de los gobiernos a nivel mundial, de hecho, en la Cumbre de Jefes de Estado que tuvo lugar en la Ciudad de Nueva York en septiembre de 2015, se aprobó la Agenda 2030, que tiene dentro de sus diecisiete (17) objetivos para la erradicación de la pobreza: AGUA LIMPIA Y CONSUMO RESPONSABLE (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2016). De la misma manera, en la última conferencia marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, realizada en París en diciembre de 2015, la política del agua, se encontraba dentro de las cinco (05) acciones prioritarias.

Por otra parte, siendo la educación e investigación un eje primordial para impulsar y conseguir cambios y avances en todos los ámbitos de la sociedad, la universidad juega un papel fundamental en el desarrollo de políticas que promuevan la sostenibilidad. En este sentido, la Universidad Central de Venezuela - UCV ha suscrito convenios con universidades nacionales y extranjeras para el desarrollo de proyectos del Campus Sustentable; es así como en el año 2010 se crea el proyecto UCV Campus Sustentable, el cual busca dar impulso a la creación y consolidación de una cultura de responsabilidad ecológica, social y económica de la UCV, así como promover acciones de carácter inter y transdisciplinario en la vida académica a través de la docencia, investigación, extensión,

además de establecer alianzas estratégicas con diferentes instituciones públicas y privadas (UCV Campus Sustentable , 2016).

De esta manera, la verificación del estado actual del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ciencias (FC-UCV), servirá como un primer aporte para el establecimiento de un esquema de manejo integral y sustentable del mismo, con miras a que pueda ser implementado en todo el campus, lo que resultará en un aporte valioso y positivo para la Ciudad Universitaria de Caracas, el país y en definitiva para el planeta.

## **CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL.**

### **II.1.Los Sistemas de Abastecimiento de Agua y las variables que influyen en su gestión.**

#### **II.1.1. Variables y componentes físicos – estructurales, funcionales y de Operación y Mantenimiento:**

La gestión del agua en los campus universitarios, por ser éstos pequeñas ciudades, se asemeja en muchos aspectos a la realizada por una empresa de servicios de agua potable; en este sentido, los componentes físicos a manejar pueden incluir elementos como: Fuentes de abastecimiento, captaciones, conducciones, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución; si el agua es suministrada por un ente externo (caso Facultad de Ciencias UCV), el manejo se concentrará en este último componente, incluyendo además, las piezas sanitarias de las edificaciones.

La red de distribución está conformada por el conjunto de tuberías, tanques y válvulas que permiten llevar el agua hasta cada uno de los usuarios (Arocha , 2011) mientras que las piezas sanitarias son cualquier receptáculo, equipo o artefacto instalado en una edificación para uso de sus ocupantes, que cumple con alguna o varias de las siguientes condiciones: a. Dotado de suministro de agua, b. Que recibe líquidos, líquidos residuales o residuos que son transportados por líquidos. c. Que descarga los líquidos residuales o los residuos transportados en el sistema de desagüe de la edificación (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo (MSASD), 1998a) .

En la red de distribución, las variables críticas a tomar en cuenta para su manejo son el caudal, la presión y la calidad del agua (Environmental Protection Agency (EPA), 2013)

Para sistemas cuyas operaciones están basadas en la presión, los operadores normalmente trabajan sobre las bombas y válvulas, de manera que las presiones se mantengan dentro de los límites aceptables, aunque esto último puede variar de un sistema a otro. En la mayoría de los casos deberían mantenerse por encima de 20 psi y por debajo de 100 psi. La presión mínima es de gran importancia, ya que evita la contaminación del suministro de agua potable por conexiones cruzadas. El control de esta variable se realiza a través de la instalación de dispositivos de medición (manómetros) en puntos adecuados de la red (Mays, 2002).

En el adecuado funcionamiento de las piezas sanitarias, la presión es uno de los parámetros fundamentales, cada pieza tendrá sus requerimientos específicos, especialmente las de válvula (fluxómetro), sin embargo, la mayoría de los fabricantes indican valores mínimo y máximo de

trabajo que oscilan entre 14 y 80 psi respectivamente (Sloan Valve Company, 2015) (American Society of Mechanical Engineers, 2008) (Helvex, 2015) (Cobra, sf).

El caudal también es un parámetro que se utiliza para controlar y operar un sistema de distribución de agua. Medir y contabilizar el volumen de agua que entra al sistema, hace posible calcular, controlar y gestionar el abastecimiento del agua y el consumo de los usuarios. En el caso de medición de caudales, es importante desagregar entre macro y micro medición. La macro-medición, es aquella a través de la cual se totaliza la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y está siendo transportada en la red de distribución; mientras que la micro-medición mide la cantidad de agua demandada en un tiempo determinado por cada suscriptor de un sistema de acueducto (Arocha, 2011).

En el caso de la FC-UCV, la macro-medición corresponde a la medición del total del agua que es entregada por la hidrológica de la región capital, Hidrocapital, y la micro-medición, a los volúmenes de agua consumidos por cada dependencia y/o actividad que se desarrolle, esto es: sanitarios, laboratorios, riego de áreas verdes, entre otros.

La medición de parámetros hidráulicos (presión y caudal) permite disminuir los porcentajes de pérdidas de agua en la red de distribución y piezas sanitarias, por fugas y roturas, producto del desgaste natural de las tuberías, corrosión, cargas imprevistas, mala fabricación o instalación, todos ellos asociados a actividades de operación y mantenimiento de redes. En algunos casos se utiliza como sinónimo el término “agua no contabilizada”, sin embargo, esta última se refiere a la diferencia entre el agua producida por la empresa y el gasto medido (o facturado), expresado como porcentaje de la producción (Mays, 2002).

Es importante resaltar, que las pérdidas de agua constituyen uno de los principales problemas en sistemas de distribución de agua y un claro obstáculo a la sostenibilidad, por los potenciales impactos económicos, técnicos y sociales (Fallis, y otros, 2011).

Según (Battermann & Macke, 2001), “la reducción de las pérdidas de agua en las tuberías va más allá de la mejora en los métodos de medición, un programa de medición debe ir acompañado de una planificación de las actividades administrativas de la empresa de servicios de agua”. En muchos casos, las deficiencias en las áreas administrativas son responsables de un gran porcentaje de pérdidas de agua, refiriéndose en este caso a deficiencias en: la planificación en el mantenimiento de las redes y los medidores domésticos, imprecisiones en las lecturas, entre otros.

En Venezuela, de acuerdo a la información disponible, las aguas no contabilizadas oscilan entre 53 y 75% (Corporación Andina de Fomento (CAF), 2004), de los cuales las pérdidas de agua en la red debidas a roturas y fugas constituyen la mayor parte.

La medición es esencial en los programas de consumo y uso responsable del agua, pues a través de ella se pueden establecer metas reales de reducción en el consumo; en las metodologías de evaluación de edificaciones sostenibles, esta variable aparece dentro de los criterios que se deben cumplir para la certificación, los cuales especifican que debe existir medición general (macro-medición) y medición a nivel de todo el edificio (micro-medición) (BRE Global Limited & Building Research Establishment Limited , 2015) (Spain Green Building Council, 2014) (Certivía, 2014).

En referencia a la calidad del agua, las tuberías e instalaciones de almacenamiento de un sistema de distribución constituyen una red compleja de reactores químicos y biológicos incontrolados, que pueden producir variaciones significativas en la calidad del agua en el espacio y el tiempo, más aún si éstos no son operados de manera adecuada. Por esta razón, a medida que el agua fluye a través de la tubería, pueden ocurrir transformaciones y deterioro de la calidad del agua por interacciones con las paredes de la tubería, las cuales pueden ser de naturaleza física, química y microbiana (Mays, 2002).

Como se describió, los riesgos de alteraciones en la calidad del agua que circula por la red son elevados, por lo que la implementación de un apropiado programa de control y monitoreo se constituye en una herramienta útil para la vigilancia y el control de la calidad del agua en los sistemas de distribución y por consiguiente, para la protección de la salud pública. El monitoreo de las redes de distribución consiste en un proceso continuo y sistemático para realizar las actividades de control y vigilancia de la calidad del agua, mediante el cual se pueden detectar e identificar problemas y en consecuencia, recomendar medidas para su solución. Los resultados de un programa de monitoreo, permiten a los administradores del servicio de abastecimiento de agua, orientar la toma de decisiones, tanto en la operación y mantenimiento del sistema, como en la planeación, diseño y gestión del mismo (Montoya, Loaiza, Cruz, Torres, Escobar, & Delgado, 2009).

Los principales aspectos que deben considerarse en un plan de monitoreo de redes de distribución de agua potable, son la calidad del agua distribuida y su cantidad, incluyendo en este último lo que se refiere a la continuidad. La evaluación de la calidad se realiza a través de características físicas, químicas y bacteriológicas; y la de cantidad, como se mencionó previamente, mediante la determinación de características hidráulicas como presión y caudal.

### **II.1.2. Variables organizacionales, sociales y financieras:**

El sistema tarifario en la prestación de los servicios de agua potable constituye un elemento esencial; la estructura de costos para determinar las tarifas debe incluir los costos de administración, operación y mantenimiento, costos relacionados con las inversiones que se hagan en rehabilitaciones, reposición, expansión del servicio y la remuneración del capital invertido.

En las instituciones de educación superior, la gestión eficiente y sustentable del agua pasa en primera instancia por formar parte de la estructura organizacional, de manera que pueda contar con un presupuesto propio, que le de viabilidad financiera en la operación y mantenimiento. (Richardson & Lynes, 2007), afirman que existen dos temas recurrentes en la implementación de la sostenibilidad en las edificaciones en los campus universitarios: financieros y organizacionales; indican que se pueden obtener beneficios financieros directamente medibles, como el ahorro del agua y la energía, pero a la vez, se obtienen beneficios indirectos como la mejora en la imagen de la institución y el incremento en la productividad de empleados y estudiantes, como resultado del orgullo por alcanzar el manejo sostenible de la edificación. A este respecto, las ventajas financieras también pueden definirse como aquellas que resultan en "dinero ahorrado" y las que resultan en "dinero ganado" como resultado del nivel de "enverdecimiento" del edificio. Cabe resaltar que en Venezuela, las tarifas aplicadas a las instituciones universitarias, por lo bajo de sus montos, no parecieran representar un estímulo en dinero ahorrado, por lo que las ventajas financieras tendrían que apuntar hacia los beneficios indirectos.

Por su parte, en referencia a las barreras organizacionales para el éxito de la implementación de programas de sostenibilidad, aparecen como las más importantes, el liderazgo, las metas u objetivos de sustentabilidad y la colaboración entre administrativos y académicos. El liderazgo organizacional, con un proyecto sólido, que esté avalado y apoyado por las autoridades universitarias, se convierte en un componente crítico.

(Marinho, Goncalves, & Kiperstok, 2013) reportan que, a pesar de los importantes resultados alcanzados en el programa de conservación del agua implementado en una universidad al noreste de Brasil, el programa se enfrentó a continuas dificultades en la expansión de sus actividades, sobre todo porque no ha sido totalmente incorporado en las rutinas administrativas de la universidad, y la institución no tiene metas de gestión que se centren en el medio ambiente.

Por otra parte, actualmente se ha vuelto una tendencia en la gestión de los servicios públicos y especialmente los del agua, la interacción entre los ciudadanos y las instituciones, de manera que

la influencia de la participación de la sociedad en el funcionamiento y operación es cada vez más predominante.

Según la (Environmental Protection Agency (EPA), 2012), las instituciones pueden lograr un impacto positivo en su gestión, con un compromiso activo o asociación con las comunidades; los entes gestores del servicio de agua deben identificar oportunidades para consultar con los usuarios o diversos grupos de interés la planificación de sus actividades. En algunos casos un compromiso efectivo puede lograrse a través de encuentros con individuos claves dentro de las comunidades, por ejemplo, los centros de estudiantes, en las instituciones de educación superior. Desde el punto de vista del consumo y uso responsable del agua, los usuarios juegan un papel protagónico, pues de sus hábitos dependerá en gran medida la reducción en los consumos, por lo cual ellos deben estar consciente del valor del agua, y los administradores del servicio deberán encontrar las herramientas comunicacionales más adecuadas para transmitirlo.

De acuerdo con esto, la (Environmental Protection Agency (EPA), 2015) ha planteado un esquema de tres pasos básicos para comunicar el valor del agua:

1. Identificar las necesidades o problemas de su comunidad a través de encuestas, encuentros grupales u otras técnicas de recopilación de datos.
2. Desarrollar un mensaje y comunicarlo a través de campañas o esfuerzos de participación de la comunidad, incluyendo reuniones públicas y eventos, redes sociales, sitios web y aplicaciones de software para dispositivos móviles.
3. Seguir trabajando con su comunidad y ajustar los esfuerzos de comunicación en base a las nuevas necesidades y problemas.

A manera de resumen, en la figura 1 se muestra un esquema con los principales factores que influyen en el consumo de agua en los edificios, el cual resulta especialmente útil en los campus universitarios (Marinho, Goncalves, & Kiperstok, 2013). Como se aprecia, es necesario tomar en cuenta cuatro (04) variables principales: la demanda real de los usuarios, que dependerá de sus necesidades y deseos; el agua desperdiciada, por hábitos inadecuados o funcionamiento inadecuado de los dispositivos sanitarios; pérdidas y fugas por edad y falta de mantenimiento de las instalaciones sanitarias; y finalmente, el tipo de infraestructura disponible, es decir, dispositivos ahorradores o de bajo consumo de agua



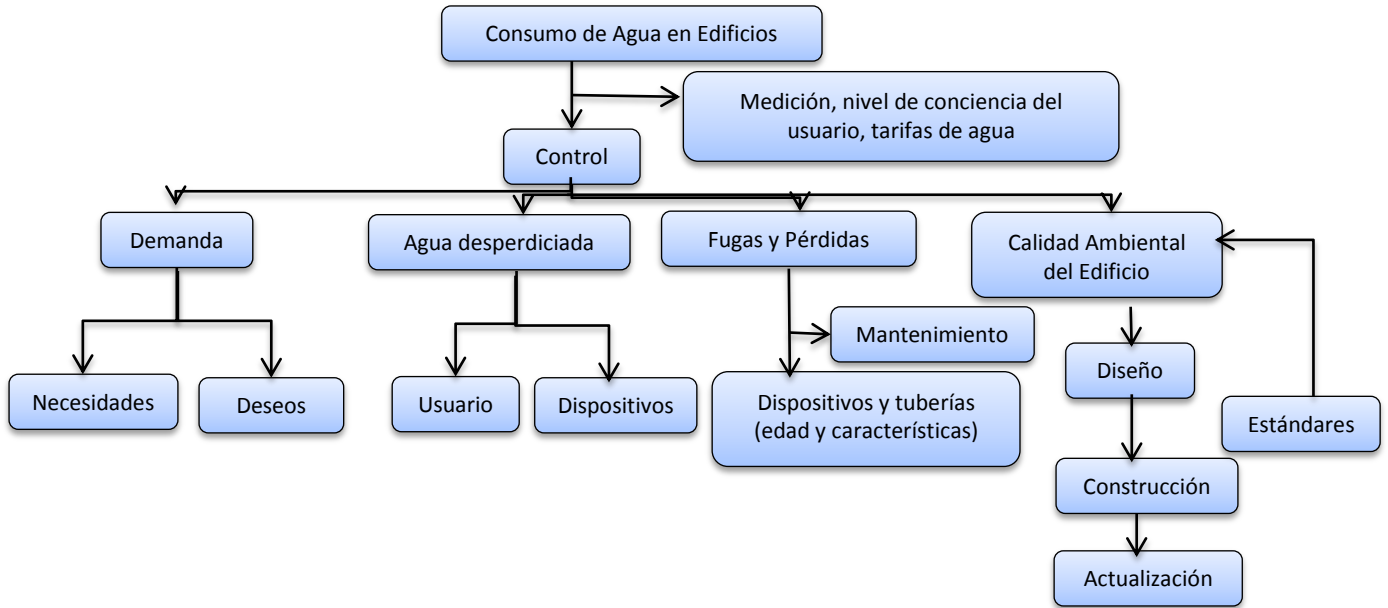


Figura 1. Principales factores que influyen en el consumo de agua en los edificios. Fuente: (Marinho, Goncalves, & Kiperstok, 2013)

## II.2. Sistema de Abastecimiento de Agua de la Ciudad Universitaria de Caracas.

Para suministrar agua a la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC), su sistema de abastecimiento interno se conecta mediante tres (03) aducciones principales a los sistemas Tuy, manejados por la hidrológica de la región capital, Hidrocapital.

La primera se ubica en la parte sur de la Plaza Venezuela, consiste en una tubería de 14 pulgadas de diámetro ( $\Phi = 14''$ ), conectada al sistema Tuy III, que pasa por debajo del puente que está sobre el río Guaire y cruza por debajo de la autopista, para luego dirigirse paralela al pasillo del arco, hacia la estación de bombeo que forma parte del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad universitaria. Esta acometida ha estado fuera de servicio prácticamente desde que se construyó.

La segunda se ubica en la entrada de las Tres Gracias, es una tubería de 14 pulgadas de diámetro ( $\Phi = 14''$ ) conectada al sistema Tuy I, que pasa por debajo del arco, sigue en línea recta hasta el estacionamiento central, donde cruza y se dirige paralela al pasillo cubierto de las banderas hasta la estación de bombeo. Esta aducción es la que actualmente surte de agua a toda la Ciudad Universitaria,

Las dos (02) tuberías descritas, llegan a la sala de bombas, que está conformada por cuatro (04) equipos de bombeo (actualmente solo dos (02) están operativos), desde donde el agua es enviada hacia dos (02) tanques de almacenamiento, ubicados en la parte alta del jardín botánico, a partir

de allí, el agua se distribuye por gravedad a la CUC. De acuerdo con (Pérez, 2004), la capacidad de los tanques de almacenamiento es de  $3.666 \text{ m}^3$ . Uno de los tanques, ubicado en la cota 948 m.s.n.m, es utilizado para distribuir el agua hacia la llamada Red alta, que corresponde a la zona donde se encuentran el Hospital Clínico Universitario (HCU), el Instituto Nacional de Higiene (INH), el laboratorio de vacunas virales, lavandería, calderas y la Oficina de Bienestar Estudiantil (OBE) de la UCV.

El otro tanque, ubicado en la cota 918 m.s.n.m, presta servicio al resto de las dependencias que conforman la CUC, incluyendo el jardín botánico, esta zona es llamada la Red baja.

De acuerdo a conversaciones sostenidas con personal encargado de la operación del acueducto, (Panté, 2016), se estima que la red alta consume entre el 70 y 80 % del agua que llega a la universidad.

La tercera aducción es un sistema independiente que suministra agua a la Facultad de Ciencias; corresponde a una tubería de ocho pulgadas ( $\Phi = 8''$ ) conectada al sistema Tuy I que pasa por el Paseo Los Próceres, se le conoce como Red de ciencias. Debe mencionarse, que la red está diseñada de tal manera que la Facultad de Ciencias se encuentra interconectada con los otros sistemas, por lo que realizando las maniobras adecuadas, puede ser abastecida en casos de emergencia.

Por otra parte, el Estadio Universitario y los estacionamientos de la plaza universitaria Simón Bolívar, no están conectados a los sistemas anteriores, si no que se alimentan directamente de la aducción del sistema Tuy I.

Además de las aducciones descritas, el SAA de la CUC fue concebido desde su construcción en los años cincuenta, para ser abastecido mediante una red de tres (03) pozos.

Tal como lo describe (Pérez, 2004) en su estudio titulado suministro de agua para la Ciudad Universitaria, y como lo confirma el jefe actual del Departamento de canalizaciones de la Dirección de Mantenimiento de la UCV, (Panté, 2016), el pozo identificado como N°1 se ubicaba en la parte este de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, dentro de la cerca del Estadio Olímpico, su producción era de 25 l/s, este caudal se conducía a través de una tubería de  $\Phi = 8''$ , se empalmaba con una de  $\Phi = 10''$  y finalmente conectaba a la sala de bombas con una tubería de  $\Phi = 12''$  (ver figura 2).

El pozo identificado como N°2, estaba ubicado donde actualmente funciona el estacionamiento de ingeniería estructural, que fue eliminado por la construcción de éste. El pozo producía un caudal de 25 l/s y se conectaba con el pozo N° 1 mediante 255 metros de tubería de  $\Phi = 8''$ .

El pozo identificado como N°3, se ubicaba en la parte sur del estadio de Beisbol, en las márgenes del Rio Valle, producía un caudal 10 l/s, el cual era conducido por una tubería de  $\Phi = 6''$  y luego de un recorrido de 300 metros se conectaba al pozo N°2.

Los tres pozos se conectaban en la Plaza Simón Bolívar y el caudal total ( $Q= 60$  l/s) era conducido hasta la estación de bombeo, donde se almacenaba en un tanque llamado de compensación (capacidad= $46\text{ m}^3$ ) para luego ser bombeado al tanque de la red baja.



Figura 2. Ubicación de los principales pozos construidos en la CUC. Fuente: Elaboración propia con datos tomados de (Pérez, 2004).

Se reporta adicionalmente la existencia de otros dos pozos, el Pozo N° 4 ubicado cerca de la estación del metro de la Plaza las Tres Gracias que funcionó como llenadero de cisternas, y el otro dentro del jardín botánico, en las proximidades de la cerca perimetral que colinda con la autopista; de estos pozos no se dispone de detalles de producción y al igual que los anteriores no están operativos.

En el año 1.996, se estableció un convenio entre Hidrocapital y la UCV a través del cual se ejecutó la construcción de tres (03) nuevos pozos. El Pozo 1 (P1), ubicado a 64 metros del antiguo pozo N°1, que de acuerdo con lo reportado por (Pérez, 2004) en su estudio, alcanzaba una producción de 25 l/s.

El segundo pozo (P2), situado en las cercanías del estacionamiento de las autoridades de la Facultad de Ingeniería, reportaba un caudal de 7 l/s, y el pozo 3 (P3) ubicado detrás de las gradas del estadio olímpico, producía 11 l/s.

Como se aprecia en la figura 2, los pozos P1 y P2 se conectaban a una tubería independiente de la red de distribución y conducían el agua hasta el tanque de compensación localizado en la estación de bombeo, sólo el agua del P1 era sometida a un proceso de desinfección para acondicionarla para el consumo humano. Este sistema de pozos era operado por Hidrocapital y actualmente se encuentra fuera de servicio.

Existe un componente adicional e independiente para abastecer de agua al jardín botánico; consiste en una tubería de  $\Phi = 6''$ , proveniente del Parque los Caobos, que atraviesa el cauce del Río Guaire, pasando luego por debajo de la autopista y llegando finalmente hasta la red del jardín.

### II.2.1. Sistema de Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ciencias.

Previamente se indicó que la Facultad de Ciencias cuenta con un Sistema de Abastecimiento de Agua independiente al de la CUC, el cual es llamado Red de Ciencias. En la figura 3 se aprecia un esquema general de la red de suministro: la aducción principal ( $\Phi = 8''$ ) proviene de una conexión al sistema Tuy I que pasa por el Paseo los Próceres y entra a la Facultad por las márgenes del estadio de Fútbol, donde además, se encuentra instalado un medidor de caudal, de allí se divide en cinco ramales secundarios conformados por tuberías de diámetros  $\Phi = 4,6$  y 8 pulgadas, que suman un aproximado de 1.330 metros de tubería. En la tabla 1 se muestran los detalles de cada una de las tuberías y nodos de consumo.

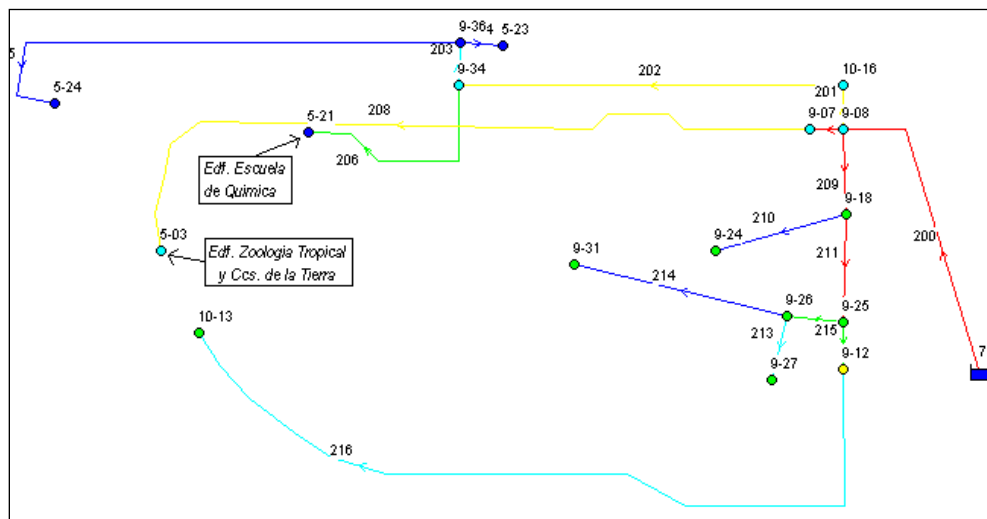


Figura 3. Esquema del Sistema de Abastecimiento de agua de la Facultad de Ciencias. Fuente: Tomado de (Avendaño & Serrano, 2004).

Tabla 1. Detalles del Sistema de Abastecimiento de agua de la Facultad de Ciencias. Tomado de: (Avendaño & Serrano, 2004).

Nodo inicial	Nodo Final	Edificación o dependencia	Tubería	Longitud (m)	θ (pulg)
9-08	S/ID-4	Embalse (medidor)	200	162,5	8
9-08	10-16	Jardinería	201	7,18	8
10-16	9-34	Jardinería	202	213,1	4
9-34	9-36	Jardinería	203	54,31	4
9-36	5-23	Jardinería	204	27,49	4
9-36	5-24	Gimnasio (Poliedrito)	205	137,89	4
9-34	5-21	Química	206	66,29	4
9-08	9-07	Jardinería	207	1	8
9-07	5-03	Edificio Aulas+ IZET+ Lab. Microscopía	208	327,84	6
9-08	9-18	Jardinería	209	33,21	8
9-18	9-24	Decanato	210	73,8	6
9-18	9-25	Jardinería	211	42,27	8
9-25	9-26	Jardinería	212	22,97	6
9-26	9-27	Galpón 9 (Esc. Computación, Tobías Laser, etc.)	213	22,63	6
9-26	9-31	Control de Estudio	214	90,63	6
9-25	9-12	Jardinería	215	26,21	8
9-12	10-13	Matemática, física, campo de futbol y beisbol	216	255,46	6

De acuerdo con lo reportado por (Avendaño & Serrano, 2004), bajo el esquema de funcionamiento actual, cuando la presión de entrada es de 25 psi, no es posible satisfacer la altura piezométrica requerida por el edificio más alto de la Facultad (Escuela de Química), lo que puede implicar problemas en el suministro e inadecuado funcionamiento de las piezas sanitarias (excusados y urinarios de fluxómetro). Esta misma condición se presentaría al ocurrir una contingencia de incendio, situación en la que se requeriría utilizar la conexión alternativa de las redes baja y alta.

### II.3. Dirección de Mantenimiento de la Universidad Central de Venezuela.

Hasta el año 2004 la operación y mantenimiento del SAA de la CUC era llevado a cabo por la Dirección de Servicios Generales de la UCV. Con la Declaración de la Ciudad Universitaria de Caracas, como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO, esta dirección desapareció del organigrama y la gestión del sistema pasa al Consejo de Preservación y Desarrollo (COPRED), el cual lo manejó hasta el año 2008.

En el año 2009 se crea la Dirección de Mantenimiento, dependencia que hasta el día de hoy se encarga de operar y mantener la red de abastecimiento, a través del Departamento de Redes y Canalizaciones de agua blanca, agua servida, drenajes y vapor (ver figura 4). Actualmente, esta dependencia cuenta con trece (13) personas para desarrollar todas las actividades, lo que, de acuerdo a lo expresado por su director (Panté, 2016), resulta insuficiente para realizar un manejo eficiente de la red. Esto se ve reflejado, por ejemplo, en la operación de la sala de bombas, la cual actualmente, es contralada en su totalidad por personal adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Salud.

La Dirección de Mantenimiento maneja y opera la red de distribución principal y dependencias centrales como el rectorado, la biblioteca, la Casona Ibarra, entre otras, pero en el caso de las facultades, institutos y centros de investigación, su función es establecer relaciones de coordinación y/o convenios conjuntamente con el COPRED para el desarrollo de planes, programas, proyectos y actividades de mantenimiento especiales. Sin embargo, es importante resaltar que los costos asociados a la facturación del agua son cubiertos por la dirección central. (UCV, 2009)

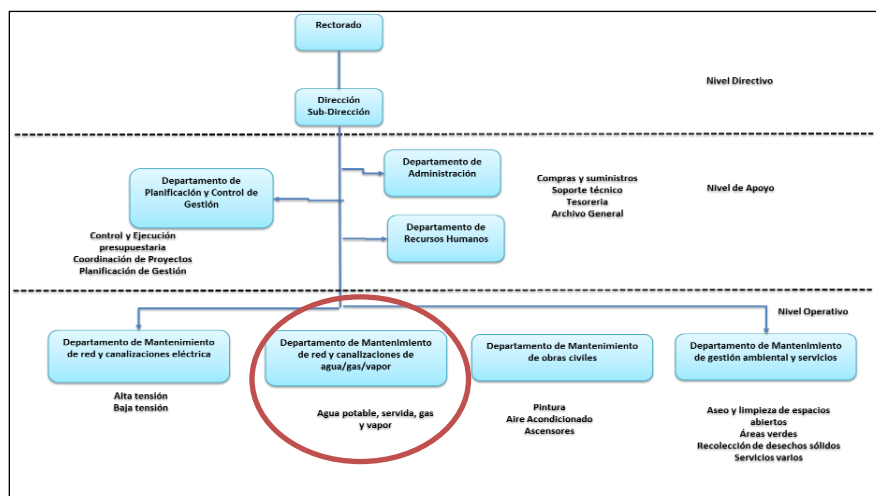


Figura 4. Estructura Organizativa del Departamento de Mantenimiento. Fuente: Modificado de: (UCV, 2009)

### **II.3.1. Departamento de Ingeniería y Mantenimiento de la Facultad de Ciencias.**

Es una dependencia adscrita a la Coordinación Administrativa de la facultad, conformada por tres (03) unidades: servicios generales, formulación de proyectos e inspección de obras. Según información extraída de la página web (Facultad de Ciencias, 2013), su misión es “Coordinar, ejecutar y supervisar trabajos de mantenimiento y conservación en espacios de uso común de la comunidad de la Facultad de Ciencias, dentro de un esquema de costos ajustados a la disponibilidad presupuestaria de la Coordinación Administrativa”. Para cumplir con su misión, cuenta once (11) personas entre personal administrativo y obrero.

Este departamento, es el encargado de gestionar todas las actividades relacionadas con la operación y mantenimiento del servicio de agua en la facultad, sin embargo, en lo que se refiere a la facturación del agua, los costos asociados son manejados por la Dirección de Mantenimiento de la UCV.

### **II.4. La Sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior.**

La idea de la incorporación de la sustentabilidad en los campos universitarios se inicia con la Declaración de Talloires en el año 1990, que es conocida como la primera declaración formal desde el ámbito de la educación superior y firmada por rectores de universidades de todo el mundo, en la que muestran su compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente (The Talloires Network, 2005). En ella, se comprometen a elaborar e implementar estrategias y programas que aseguren el cumplimiento de las acciones que establece el texto, que contempla diez (10) acuerdos, dentro de los que destacan, crear una cultura institucional de sostenibilidad e implementar prácticas institucionales de ecología. A partir de esta declaración, se crea la Red de Líderes Universitarios para un Futuro Sostenible, conocida como ULSF por sus siglas en inglés (ULSF, 2008) y a la cual está suscrita la UCV desde octubre de 2012.

El estudio de la sostenibilidad debe abordarse desde siete dimensiones críticas: misión institucional, estructura y planificación, currículo, extensión y servicio comunitario, investigación, desarrollo y docencia, oportunidades para estudiantes, reconocimientos y desarrollo del personal docente y operaciones, en esta última se incluyen prácticas ambientales y sostenibles tales como: conservación de energía, reducción de residuos, manejo del AGUA, materiales, mantenimiento, transporte, seguridad, comunicación, vulnerabilidad, etc (Clugston & Calder, 2003).

Con la creación del proyecto UCV Campus Sustentable en el año 2010, el cual busca dar impulso a la creación y consolidación de una cultura de responsabilidad ecológica, social y económica de la UCV, así como conducir el campus universitario a una nueva era de desarrollo sustentable, en

la que se disminuyan los niveles de impacto ambiental que el mismo causa, se ha adaptado el esquema propuesto por la USLF a las características de la UCV, tal como se muestra en la figura 5. Como se aprecia, abarca todas las áreas de la universidad, incluyendo, la misión institucional y gobernanza, que ya se había mencionado, son aspectos claves en el éxito de los programas de sustentabilidad (Siem, Barreto, & Cordero, 2016)

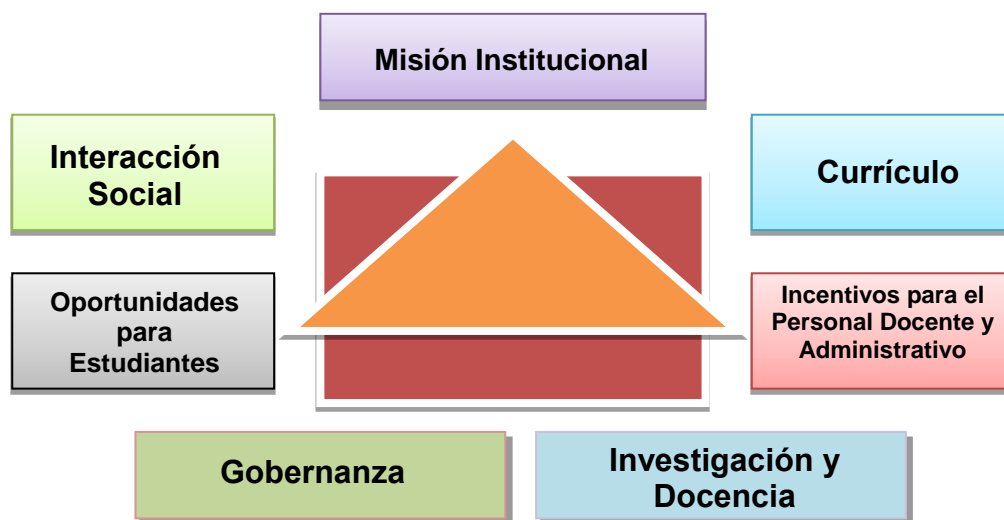


Figura 5. Dimensiones de la sustentabilidad para la UCV. Fuente: tomado de (Siem, Barreto, & Cordero, 2016)

Así mismo, en la propuesta de macro-proyecto campus sustentable UCV (Siem, Barreto, & Cordero, 2016), el cual aborda los componentes clave que forman parte del metabolismo urbano y que serán objeto de atención y desarrollo a través distintos ejes, en la figura 6 se muestra un esquema general de los mismos, y se resalta la necesidad de incluir un componente que permita darles direccionalidad.

En este sentido, al revisar diversos estudios en torno al tema, se ha detectado que un factor común en las instituciones de educación superior que han incorporado la variable ambiental dentro de su política institucional, es la creación de una figura dentro de su estructura organizacional que tenga basamento legal y en consecuencia cuente con los recursos técnicos y económicos para avanzar en las actividades y/o proyectos asociados, que les permitan concretar metas y objetivos que conduzcan el campus hacia la sustentabilidad.

En la figura 6 se aprecia que la Gestión del Agua, aparece dentro de los componentes considerados para el campus sustentable UCV, que en su definición indica como objetivo fundamental su conservación y uso eficiente.



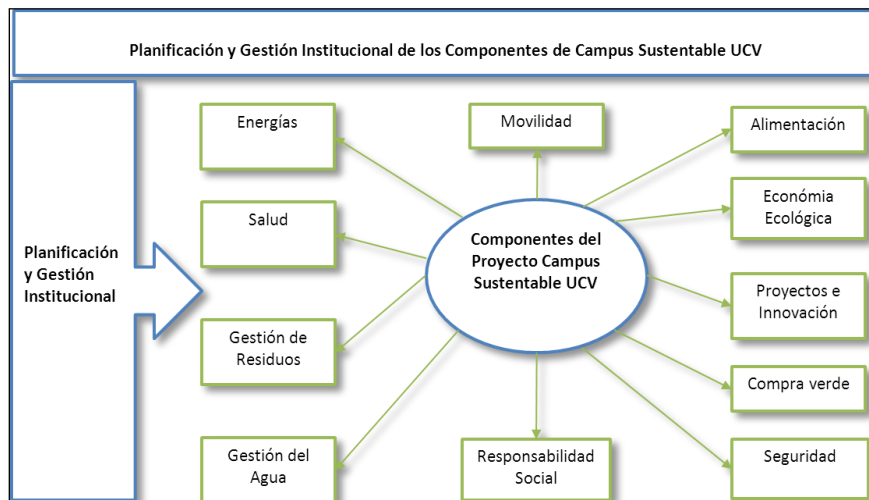


Figura 6. Componentes estratégicos del macro-proyecto Campus Sustentable UCV. Fuente: tomado de (Siem, Barreto, & Cordero, 2016)

#### II.4.1. Programas de consumo y uso eficiente del Agua en Campus Universitarios de América Latina

Las tendencias actuales de manejo y funcionamiento de los campus universitarios van dirigidos hacia la sostenibilidad, así, son muchos y variados los trabajos e investigaciones que reportan experiencias de Gestión Ambiental Sustentable en las instituciones de educación superior, y en las que el manejo del recurso agua aparece como uno de los elementos principales.

(González , Val, & García , 2008) realizaron un Diagnóstico del Sistema de Agua Potable de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), utilizando un diagrama: CAUSA- EFECTO, donde se identificaron los distintos factores que incidían en el comportamiento de la red de agua potable. Los resultados permitieron detectar los principales aspectos que debían corregirse para iniciar el camino hacia el manejo sustentable del recurso y lograr reducir el consumo de agua potable que se utiliza anualmente en el Campus. Este estudio sirvió de base para implantar un Programa de Manejo, Uso y Re uso del Agua en la UNAM (PUMAGUA) con la participación de toda la comunidad universitaria.

Al respecto, PUMAGUA se planteó tres objetivos: reducir el consumo de agua potable en 50 %, mejorar su calidad para garantizar que cumple con los estándares mexicanos de agua para consumo y estimular la participación de la comunidad universitaria en el uso y consumo responsable del agua (Gebriye & Concepcion, 2015)

También en México, (Villanueva, 2014) se planteó el diseño de un sistema de manejo ambiental en una dependencia de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con el objetivo de formular una guía para el personal de la dependencia, que mejorara el desempeño ambiental y la eficiencia de las operaciones cotidianas en lo que respecta a la energía, agua y recursos. En el caso del agua, se hizo un diagnóstico del consumo en un periodo de dos años, sobre la base de la facturación mensual, se revisaron las instalaciones y el uso que se le da al agua, y se determinó que el inmueble presentaba un manejo del agua medianamente eficiente.

El diseño e implementación de programas de Ahorro y Uso Eficiente del Agua son un factor común en las instituciones universitarias que tienen dentro de sus políticas mejoras en el desempeño ambiental. De la misma manera que en la Universidad Autónoma de Nuevo León, (Arroyave, 2012) realizó un diagnóstico del recurso agua en el Instituto Colegio Mayor de Antioquia, que contempló determinar la oferta y la demanda del agua, además del levantamiento de la información del estado de las instalaciones que demandan agua e información secundaria asociada a la cuenta de los servicios públicos, en términos del consumo de agua potable. A partir de esta información, se generó un marco de referencia del estado del recurso hídrico empleado en la institución y un conjunto de programas que se deben tener en cuenta para el mejoramiento del desempeño ambiental de la universidad.

Por su parte, (Trujillo & Sarmiento, 2012) indican en su trabajo sobre Estrategias de Uso eficiente y ahorro de agua en la Universidad Tecnológica de Pereira, que se requiere establecer los hábitos de consumo, lo que implica comprender, cómo se utiliza el agua, en qué cantidad (volúmenes de consumo) y en qué actividades (puntos de consumo estratégicos), con el fin de generar metodologías y herramientas que contribuyan a lograr la eficiencia en el consumo de agua. Además, en este trabajo se reportaron valores de consumo de agua per cápita en Universidades Colombianas que se ubicaron entre 16,6 y 41 l/usuario/día, inferiores a los establecidos en la normativa técnica colombiana, sin embargo, destacan que esta norma carece de estándares e indicadores de consumo, dotación e instalaciones sanitarias mínimas que permitan evaluar y comparar respecto al desempeño ambiental.

El plan de Ecoeficiencia en el Uso del Agua en la Universidad Nacional Agraria la Molina, partió de un estudio de línea base que incluía, dentro de los aspectos más resaltantes, el inventario de los equipos sanitarios y la aplicación de encuestas a alumnos, profesores y personal administrativo, con el fin de descubrir cuáles eran sus hábitos de consumo del agua potable. Según (Advincula, García, García, Toribio, & Meza, 2014), las piezas sanitarias encontradas eran antiguas y estaban

en mal estado, lo que implicaba elevados consumos de agua, no obstante, al estimar el per cápita para el personal administrativo y docente obtuvieron valores de 9,89 y 14,38 l/persona/día respectivamente, ubicándose muy por debajo de la norma que rige en el Perú (82,1 l/persona/día). Finalmente, a partir de las encuestas, el inventario realizado e indagación de información, se identificaron las prácticas inadecuadas, así como las oportunidades de mejora, a través de buenas prácticas y concientización de todos los usuarios.

El Sistema Institucional de Gestión Ambiental de la Universidad del Bosque, diseñó un Plan de Ahorro y Uso responsable del agua que buscaba la eficiencia en las operaciones que requerían de este recurso en la Universidad. Según (Romero, Moré, & Luna, 2013a), los objetivos del plan estuvieron encaminados al desarrollo de un diagnóstico del consumo de agua en la institución, la identificación de oportunidades de mejora y el desarrollo de estrategias para el ahorro y uso responsable del recurso. Utilizaron metodologías de las ramas de la administración y la ingeniería, como el análisis de Pareto y el método de Itacone, de la Psicología Organizacional, como el sistema de transformación autónomo de la conducta, entre otros, de forma que se generaran estrategias desde lo técnico hasta lo organizacional. Las conclusiones más relevantes, apuntaron a que las tecnologías con las que contaba la universidad, en su mayoría relegaban el consumo de agua al usuario, con lo que se incrementaba la posibilidad de generar oportunidades de desperdicio del recurso; que las fugas representaban un aspecto al que la universidad debía prestarle la mayor atención posible, dado que éstas contribuían en gran medida al aumento del consumo; y que un diagnóstico de agua periódico por actividad, podía contribuir en gran medida a identificar fallas y oportunidades de mejora que contribuyeran en la administración adecuada del agua en la institución.

#### **II.5. Métodos para priorizar estrategias en Análisis de Problemas.**

En los estudios de control de calidad o análisis de procesos, especialmente los de tipo diagnóstico, se requiere la utilización de herramientas de análisis, que permitan consolidar la información, identificando con ellas, los puntos críticos que están influenciando o causando un problema previamente definido. La organización adecuada de la información, garantiza el planteamiento de acciones preventivas y correctivas tendientes a producir mejoras en el proceso, dos (02) de los métodos más utilizados son, el Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) y el Principio de Pareto.

### II.5.1. Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto):

Es una técnica que permite organizar y representar las distintas causas de un problema, conocido con este nombre, por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa. También se le denomina diagrama de espina de pescado, por la forma en que se van colocando cada una de las causas o razones que originan un problema (ver figura 7). A través de él, se puede visualizar clara y rápidamente, la relación que tiene cada una de las causas, con las demás razones que inciden en el origen del problema, en ocasiones son causas independientes y en otras, existe una íntima relación entre ellas, por lo que pueden estar actuando en cadena (Office of Government Commerce, 2009).

El diagrama se puede elaborar de dos (02) formas, en la primera se trata de enlistar todos los problemas identificados, tipo “lluvia de ideas”, y de esta manera intentar jerarquizar cuáles son principales y cuáles son sus causas; la otra forma, consiste en identificar las ideas principales y ubicarlas directamente en los “huesos primarios”, y después comenzar a identificar causas secundarias, que se ubicarán en los “huesos pequeños” o ramales secundarios (Bermúdez & Camacho, 2010).

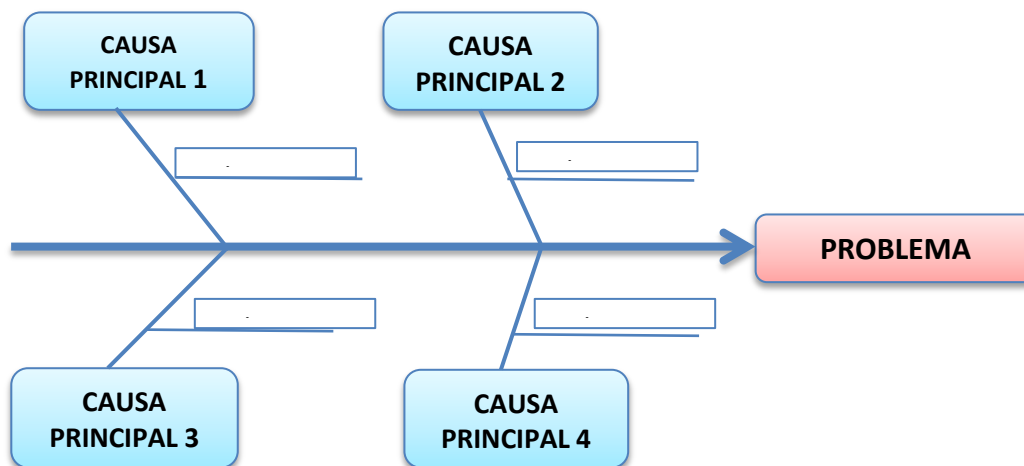


Figura 7. Ejemplo de Diagrama causa-efecto. Fuente: Elaboración propia.

### II.5.2. Diagrama de Pareto:

Es un método gráfico que permite definir los problemas más importantes en una determinada situación, y por consiguiente, las prioridades de intervención; también se conoce como diagrama 20-80, cuya interpretación es que, al solventar el 20 % de las causas, se resuelve el 80 % de la problemática estudiada.

La aplicación del Principio de Pareto, se hace por medio de la construcción de un histograma y su correspondiente acumulado, diversos autores recomiendan para su construcción los siguientes pasos (Fleitman, 2007) (Sánchez, Ilzarbe, & Dueñas, 2006):

1. Se elabora una tabla con los problemas o soluciones ordenados de mayor a menor importancia, incluyendo una columna que contenga el valor acumulado de las relevancias
2. Se trazan dos ejes, colocando en el eje horizontal los problemas o soluciones y en los ejes verticales, el histograma de frecuencia y el acumulado de la misma.
3. Se verifica el punto de corte del 80 % de la frecuencia acumulada con las propuestas del eje de las X.

En la figura 8 se muestra un ejemplo del diagrama de Pareto.

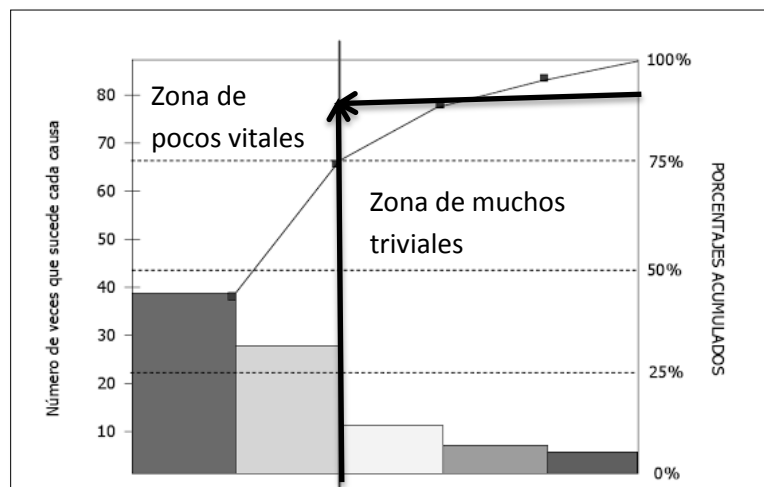


Figura 8. Ejemplo de Diagrama de Pareto para jerarquización de propuestas. Fuente: Modificado de (Miranda, Chamorro, & Rubio, 2007)

Existen otras herramientas como el sistema de solución creativa para problemas recurrentes ITACONE, creado para resolver problemas recurrentes que requieren el uso de técnicas creativas, teniendo en cuenta las particularidades culturales y socio-económicas de la comunidad latinoamericana. Los principios básicos del método consisten en identificar los elementos del problema a resolver (la situación insatisfactoria actual y la situación ideal); describir el problema a resolver, como la diferencia entre la situación insatisfactoria y la situación ideal y formular la hipótesis de las posibles causas que dan origen al problema (es una afirmación que se plantea como respuesta a un interrogante previamente establecida) (Romero & Moré, 2013b).

Por otra parte, para apoyar el proceso de selección y evaluación de alternativas, se utilizan las llamadas técnicas de análisis jerárquico, que consisten generalmente, en la elaboración de matrices, en las cuales se califica de forma sistemática y utilizando una escala numérica o de letras, los diferentes criterios y/o atributos previamente definidos (ver figura 9).

Se debe cuantificar el efecto de la alternativa para cada criterio, el método de completar la matriz consiste en responder al enunciado: ¿para cumplir el criterio (C) la alternativa propuesta es negativa o positiva?, esta pregunta permite cuantificar el efecto del criterio en la alternativa, es decir, medir el efecto de cruce criterio/alternativa. La escala puede variar entre tres (3) y cinco (5) niveles, por encima de este rango se complica la medición, y por debajo se pierde precisión (Fernández & Muguruza, 2015).

	C1	C2	C3	C4	Resultado
A1	4	4	4	4	8,1
A2	3	3	3	2	6,8
A3	0	1	1	4	3,7
A4	4	0	4	0	5
A5	3	2	2	2	5,6

Figura 9. Ejemplo de matriz para la valoración de alternativas. Fuente: Tomado de (Fernández & Muguruza, 2015)

### **CAPITULO III: METODOLOGÍA.**

El diseño metodológico de este estudio comprendió dos fases: revisión documental y trabajo de campo. Documental, porque una parte importante se apoyó en la revisión y análisis de investigaciones y experiencias previas, de las que se obtuvo parte de los insumos, y de campo, puesto que la información obtenida se contrastó con las condiciones actuales del sistema, a través de recorridos de reconocimiento. Ambas fases del estudio se desarrollaron de forma simultánea.

De acuerdo con los objetivos planteados, los pasos que se siguieron para su cumplimiento fueron:

#### **III. 1. Identificación de los patrones de suministro y consumo de agua en cada uno de los espacios que conforman la Facultad de Ciencias y contraste con valores típicos de instituciones universitarias que han establecido indicadores de desempeño ambiental sustentable para este recurso.**

Para la identificación de los patrones de suministro de agua se procesó y analizó la facturación mensual correspondiente a los años 2006-2007 y 2012-2015 (ver anexo A: Tablas A.1-A.6), cuyos registros corresponden en su mayoría a lecturas reales. Para complementar la información, se incluyó el promedio de una serie de mediciones realizadas por (Avendaño & Serrano, 2004).

Con la finalidad de verificar el caudal promedio, se tomaron lecturas diarias en el medidor N° V413891-32 ubicado en las márgenes del estadio de futbol y perteneciente a Hidrocapital (ver figuras B1 y B2 en el anexo B), durante el periodo de estudio comprendido entre el 23-06-2016 al 18-07-2016. Las lecturas se tomaron en la mañana (entre 7:50 y 8:16 am) y en la tarde (entre 4:00 y 6:00 pm) para establecer las correspondientes diferencias; para los consumos de fin de semana, se tomaron lecturas los días viernes en la tarde y lunes en la mañana. Los detalles de las lecturas tomadas se reportan en el anexo B.

Los consumos per cápita fueron calculados tomando en cuenta el caudal promedio obtenido del histórico de consumos previamente analizado y la población estudiantil de pre y post-grado; también se incluyó el personal docente administrativo y obrero.

Los datos de población estudiantil de pre-grado fueron suministrados por la oficina de control de estudios de la facultad, y los de post-grado se obtuvieron de la página web. En cuanto al personal docente, administrativo y obrero, la información fue proporcionada por la Secretaría de la Universidad.

Los valores de consumo per cápita de agua en universidades o campus universitarios se obtuvieron de documentos y/o datos de desempeño ambiental reportados en sus páginas web; en

algunos casos el per cápita fue obtenido directamente, en otros, fue estimado haciendo uso de datos de población y consumo de agua.

## **III.2. Identificación de la Gestión y Condiciones de Operación y Mantenimiento del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Facultad de Ciencias, incluyendo piezas sanitarias.**

### **III. 2.1. Inspección física al sistema de abastecimiento, piezas sanitarias y laboratorios.**

El diagnóstico de la gestión y condiciones de operación del sistema que suministra agua a la facultad, se hizo mediante entrevistas no estructuradas al personal del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento e inspecciones visuales a la red de tuberías, piezas sanitarias y laboratorios.

Las piezas sanitarias que se incluyeron en el diagnóstico fueron: lavamanos, excusados (pocetas), urinarios, duchas y grifos en los laboratorios. Para identificar el estatus de las mismas y su influencia sobre el consumo de agua, se estableció la siguiente clasificación: funcionando, sin funcionar y con fuga. Además, se contabilizaron las que poseían tecnología de bajo consumo.

Para estimar el porcentaje de agua que se pierde por fugas, se realizaron aforos en algunos de los lavamanos y grifos que presentaban algún tipo de goteo, así como también en las fugas encontradas en la tubería principal; la medición se hizo utilizando envase graduado y cronómetro. La estimación de la pérdida de agua por fugas en excusados y urinarios, se realizó sobre la base de sus características técnicas y lo reportado por otros autores.

La distribución aproximada del consumo de agua, se llevó a cabo utilizando información generada en trabajos previos, y para verificarla, se relacionó con el tipo de actividades que se desempeñan en cada una de las dependencias, de acuerdo con la clasificación de usos.

De esta manera, se tomaron en cuenta la cantidad de piezas sanitarias funcionando y con fuga, así como la cantidad y tipo de laboratorios (docencia e investigación), por ser los usos que representan el mayor consumo de agua.

Los laboratorios fueron inspeccionados visualmente y se comprobó su estatus en referencia al uso y consumo del agua, mediante entrevistas no estructuradas a los encargados de los mismos.

Así mismo, se realizó un estimado de la frecuencia de uso de los baños principales de estudiantes (pasillo y edificio de aulas), por considerarlos un punto importante de consumo de agua. Para ello, se escogieron periodos de veinte (20) minutos en horas del día al azar, y se contabilizó el número de usuarios que ingresaba a los sanitarios, con lo que se calculó el flujo de personas.



Se estimó la cantidad de agua que podrían consumir estos puntos, suponiendo que cada usuario que ingresaba al sanitario realizaba al menos una descarga en el urinario y/o poceta y asignando un caudal para la descarga; el valor establecido fue de 9 l/pulsada, por considerar que la mayoría de estos dispositivos eran de válvula (fluxómetro), con una data de instalación superior a veinte (20) años.

Finalmente, con la idea de verificar cómo influían las fugas de agua en los montos facturados, se procesaron y analizaron desde el punto de vista financiero, las facturas de los años 2014, 2015 y los primeros meses del 2016.

### III.2.2. La percepción del usuario como aspecto clave en la gestión

Como parte de la identificación de la gestión del servicio de agua en la Facultad de Ciencias, y teniendo como premisa el uso y manejo sustentable, se procedió a diseñar un instrumento para medir la percepción que el usuario tenía del mismo. Para ello, se realizó una revisión de los distintos factores que toman en cuenta las metodologías de evaluación de edificaciones sostenibles, así como de experiencias de manejo sustentable en otros campus universitarios.

De la revisión realizada y tomando en cuenta otros aspectos basados en criterio propio, se elaboró una encuesta conformada por veinte (20) preguntas (ver anexo C), unas de ellas con dos opciones de respuesta (por ejemplo si o no) y otras con varias opciones de respuesta. Este instrumento fue sometido a evaluación mediante el método de validación de expertos.

El grupo de expertos estuvo conformado por cuatro (04) docentes investigadores de la Facultad de Ingeniería y dos (02) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo; para su escogencia se tomó en consideración su experticia y experiencia en temas asociados al agua y la sustentabilidad.

La encuesta fue remitida a los expertos vía correo electrónico y luego de varias revisiones y mesas de trabajo, el instrumento fue sometido a evaluación, corrección y finalmente validación.

Se aplicó la encuesta a los usuarios del servicio clasificados por grupos como sigue: **GRUPO 1:** estudiantes, **GRUPO 2:** personal docente y de investigación y **GRUPO 3:** personal administrativo y obrero.

Para el cálculo del tamaño representativo de la muestra se utilizó la ecuación 1 (Wayne, 2004).

$$n = Z_{\alpha}^2 * \frac{N * S^2}{i^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * S^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

$n$  = Tamaño de la muestra representativa que se desea obtener

$N$  = Tamaño de la población

$Z\alpha$  = Valor correspondiente a la distribución de Gauss (siendo  $\alpha$  el nivel de confianza elegido).

Habitualmente los valores escogidos son  $Z\alpha = 1,96$  para  $\alpha = 0,05$  (nivel de confianza del 95 %) y  $Z\alpha = 2,57$  para  $\alpha = 0,01$  (nivel de confianza del 99 %)

$i$  = Error de la estimación, es el error que se prevé cometer. Por ejemplo, con un error del 10% y un nivel de confianza de  $\alpha = 0,05$ , si el parámetro estimado resulta del 80%, se tendrá una seguridad del 95% de que el parámetro real se sitúa entre el 70% y el 90%.

$S^2$  = Varianza o desviación típica.

Como la encuesta estaba conformada por preguntas con varias opciones de respuesta y no se conocía la media ni la desviación típica de la población, se realizó un muestreo piloto para cada grupo o categoría, y de esta manera se determinaron las varianzas de cada pregunta, tomándose el valor más desfavorable (más elevado) para la aplicación de la ecuación 1.

Por otra parte, una vez determinado el tamaño de la muestra para cada categoría, y en virtud de la forma en que se dividió la población, se aplicó la metodología de muestreo aleatorio estratificado por afijación óptima (Ayuntamiento de Madrid, 2011). En la tabla 2 se reportan los resultados obtenidos, y para detalles de los cálculos ver el anexo D.

Tabla 2. Varianzas y muestras obtenidas para cada categoría. Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Varianza más desfavorable ( $S^2$ )	Muestra por categoría (n)	Muestra final (muestreo aleatorio estratificado por afijación óptima)
Estudiantes	0,44	160	<b>260</b>
Docentes	0,29	89	<b>25</b>
Adm. y obreros	0,49	67	<b>31</b>
Total	1,22	316	<b>316</b>

Es importante resaltar, que las encuestas se realizaron acompañadas de entrevistas no estructuradas.

### **III.2.3. Calidad del Agua de Abastecimiento.**

Como ya se mencionó, la calidad del agua es uno de los parámetros críticos en el manejo de redes de distribución, por lo que a fin de verificar el estado actual del agua que recibe la FC-UCV, se planificó y ejecutó un programa de muestreo. Para la ubicación de los puntos, se tomó en cuenta el esquema interno de la red, de manera que pudiera captarse al menos una (01) muestra por cada ramal principal.

Se realizaron los análisis básicos indicadores de la calidad del agua: Cloro residual libre, turbiedad, pH, conductividad específica y bacterias Coliformes Totales y Fecales. Los análisis se llevaron a cabo de acuerdo a lo especificado en el Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater (Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater, 2005).

### **III.2. Estrategias de Gestión Sustentable para el manejo del Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV.**

Para ello se realizó la revisión bibliográfica de estrategias para la reducción en el consumo de agua implementadas en otras instituciones de educación superior.

Una vez recopiladas las estrategias, se seleccionaron aquellas que fueran aplicables al presente caso de estudio y, sobre la base de los resultados obtenidos en el diagnóstico, se construyó un diagrama de Ishikawa o causa-efecto, que permitió resumir las principales causas que afectan negativamente la gestión del servicio de agua en la FC-UCV (González , Val, & García , 2008).

A partir de esto último, se formularon recomendaciones para mejorar el desempeño actual de la gestión del agua en la FC-UCV, enmarcado en la sustentabilidad del servicio y apuntando hacia un consumo y uso responsable del agua.

Con la idea de jerarquizar las recomendaciones o propuestas de solución, se construyó una matriz, para la cual se establecieron cinco (05) criterios de evaluación y una escala de 1 a 3 para su valoración (ver tabla 3), los cuales fueron escogidos basados en criterio propio y en lo reportado por otros autores (Rodríguez J. , 2009).

Tabla 3. Criterios de valoración para la jerarquización de las recomendaciones propuestas. Fuente: Elaboración propia.

GESTIÓN INTEGRAL Y SUSTENTABLE DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA FC-UCV							
CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS					TOTALES
Causa principal		CAUSA DIRECTA	SOLUCIÓN	FACTIBLE	MEDIBLE	BAJO COSTO	
Sub-causas	Recomendación o propuesta de solución	Al producirse la causa se genera directamente el problema	Si esta causa desaparece el problema se resuelve	La solución que se plantea es técnica y económicamente factible	Se pueden medir los resultados de la solución que se plantea	La implementación de la solución es de bajo costo	
ESCALA DE VALORACIÓN PARA CADA CRITERIO: 1-3		DESCRIPCIÓN					
1		El criterio evaluado no cumple con su definición					
2		El criterio evaluado cumple medianamente con su definición					
3		El criterio evaluado cumple con su definición					

Las recomendaciones formuladas, fueron sometidas a la consideración de siete (07) expertos en el área de gestión del servicio de agua y sustentabilidad, quienes las calificaron con base en los criterios de valoración y la escala establecida, según se presentó en la tabla 3.

Una vez obtenidas las calificaciones de los expertos, las mismas fueron integradas de acuerdo al formato mostrado en la tabla 4, y se verificó la frecuencia con la que la recomendación obtuvo un puntaje  $\geq 13$  para su prioridad de aplicación.

Tabla 4. Formato para el resultado de la evaluación de las recomendaciones. Fuente: Elaboración propia.

GESTIÓN INTEGRAL Y SUSTENTABLE DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA FC-UCV									
CAUSAS	SOLUCIONES	RESULTADO DE LA VALORACIÓN DE EXPERTOS							FRECUENCIA
Causa principal		TOTAL EXPERTO 1	TOTAL EXPERTO 2	TOTAL EXPERTO 3	TOTAL EXPERTO 4	TOTAL EXPERTO 5	TOTAL EXPERTO 6	TOTAL EXPERTO 7	
Sub-causas	Recomendación o propuesta de solución								N° de veces en que la puntuación obtenida fue $\geq 13$
RESULTADOS DE LA VALORACIÓN		PRIORIDAD							
Si N° veces en que la medida obtuvo un puntaje $\geq 13$ estuvo entre 4 y 7		Alta (corto plazo)							
Si N° veces en que la medida obtuvo un puntaje $\geq 13$ estuvo entre 2 y 3		Media (mediano plazo)							
Si N° veces en que la medida obtuvo un puntaje $\geq 13$ estuvo entre 0 y 1		Baja (largo plazo)							

Con la idea de esquematizar la jerarquía de las medidas recomendadas, se elaboró un Diagrama de Pareto, mediante los siguientes pasos:

1. Se verificó la frecuencia con que el resultado de la valoración de los expertos fue  $\geq 13$ , es decir, aquellas propuestas que consideraron como prioritarias.
2. De acuerdo con los valores de frecuencia obtenidos, se ordenaron de mayor a menor prioridad.
3. Se calculó el porcentaje de frecuencia acumulada y se verificó el punto donde las medidas recomendadas alcanzaban aproximadamente el 80 % de la frecuencia acumulada.

## **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **IV.1. Diagnóstico estructural y funcional del Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV.**

#### **IV.1.1. Caracterización de los usos y consumo de agua en la FC-UCV.**

La Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela está conformada por seis (06) escuelas: Química, Física, Matemática, Computación, Geoquímica y Biología, cuenta además con cuatro (04) institutos de investigación, 01 cafetín (670 m<sup>2</sup>), más de 6.500 m<sup>2</sup> en instalaciones deportivas, tales como la cancha cubierta y los estadios de fútbol y beisbol y aproximadamente 7.600 m<sup>2</sup> de áreas verdes.

Sobre la base de la descripción previa y por la naturaleza misma de la facultad, es posible establecer una clasificación de los usos más representativos del agua, los cuales se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de usos del agua en la Facultad de Ciencias de la UCV. Fuente: Elaboración propia.

1	Aseo personal en Edificios (Lavamanos, sanitarios, urinarios, limpieza) y bebida
2	Laboratorios (Docentes y de Investigación)
3	Riego de áreas verdes e instalaciones deportivas

Tal como se describió en la metodología, de la revisión del histórico de consumos reportados en la facturación mensual durante los años 2006-2007 y 2012-2015 e incluyendo el promedio de una serie de mediciones realizadas por (Avendaño & Serrano, 2004), se determinó la demanda promedio de agua en la facultad.

En la figura 10, donde se reportan los promedios anuales de los periodos revisados, se aprecia que en general el caudal se mantuvo entre 4 y 5 l/s, a excepción del valor promedio para el año 2012 y del medido en el trabajo del 2004. De acuerdo a lo reportado por estos últimos y observación propia, estos valores atípicos pueden atribuirse a problemas por la interconexión de la red de abastecimiento de la FC-UCV con la red baja y alta de la universidad, que genera pases de agua y contrapresiones que alteran el funcionamiento del medidor. Al descartar estos valores, el caudal promedio del periodo analizado se ubicó en 4,72 l/s. Cabe resaltar, que la mayoría de las referencias consultadas señalan los errores de medición entre las principales causas de pérdidas de agua, calificadas como pérdidas aparentes.

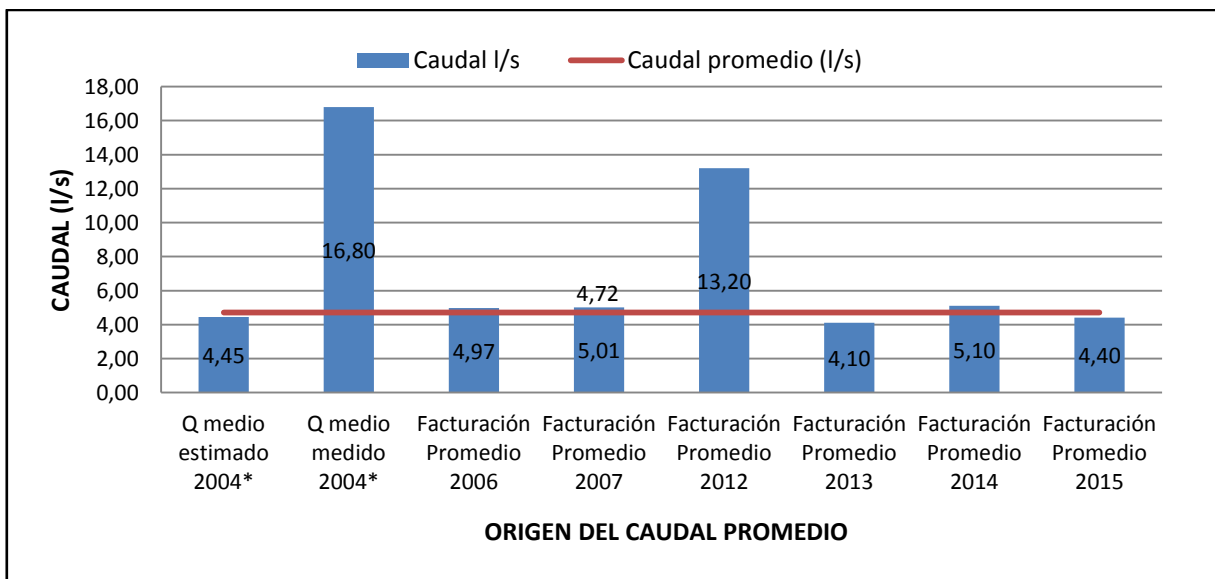


Figura 10. Consumos promedios anuales de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Fuente: Elaboración propia, sobre datos obtenidos de la facturación mensual de agua y \* (Avenida & Serrano, 2004).

A fin de cumplir con uno de los objetivos de este trabajo, se estimaron los valores de consumo per capita, para contrastarlos con los reportados por otras universidades. A partir de los datos suministrados por la oficina de control de estudios de la FC-UCV, para el primer semestre del año 2016 (periodo académico 2-2015) la matrícula estudiantil se ubica en 3.025 alumnos, distribuidos por escuela, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Matrícula de estudiantes de pre-grado de la FC-UCV semestre 2-2015. Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la oficina de control de estudios.

ESCUELA	N° Estudiantes
FÍSICA	354
QUÍMICA	640
MATEMÁTICA	276
BIOLOGÍA	576
COMPUTACIÓN	918
GEOQUÍMICA	261
<b>TOTAL</b>	<b>3.025</b>

En referencia al personal, la Facultad de Ciencias cuenta con 447 docentes, 207 empleados administrativos y 113 obreros (Dirección de Recursos Humanos UCV, 2016). Además, de acuerdo con datos extraídos de la página web, 767 personas cursan estudios de postgrado (361 doctorado, 357 maestría y 49 especialización), lo que totaliza una población de 4.559 personas.

Sobre la base de la información reportada previamente, el consumo per cápita de agua en la FC-UCV es aproximadamente 89 l/usuario/día, el cual a primera vista parece elevado, si se toma en cuenta que en la norma sanitaria venezolana (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo (MSASD), 1998a) se establece una dotación teórica de 40 l/estudiante/día para planteles educacionales y 70 l/persona/día para el personal.

De la misma manera, tal como se aprecia en la figura 11, este valor también es superior al contrastarlo con los reportados en documentos y/o páginas web de universidades latinoamericanas. Aquí vale mencionar, que es bajo el número de instituciones universitarias o campus universitarios que reportan valores de indicadores de sustentabilidad, encontrándose sólo algunos en universidades mexicanas, colombianas y españolas, mediante la búsqueda de información por la web.

Es importante resaltar, que para el caso de los consumos correspondientes a las universidades con las cuales se hace la comparación, los mismos tienen como factor común que provienen de instituciones de educación superior que han implementado algún tipo de programa asociado al consumo y manejo eficiente del agua, es decir, se esperaba conseguir valores más bajos que los típicos para calcular dotaciones. También se debe acotar, que no todos los valores mostrados fueron reportados directamente como consumos per cápita, si no que fueron estimados sobre la base de los consumos de agua y el número de estudiantes, tal como se hizo para la FC-UCV.

Si bien puede resultar osado comparar los consumos de una facultad con los valores reportados por una institución universitaria o campus universitario, ya que se infiere la gran variedad de actividades que se desarrollan a lo interno de cada una de ellas, la configuración de la FC-UCV permite considerarla como un pequeño campus, pues alberga la mayoría de las actividades que suelen desarrollarse en ellos. Esto justifica su escogencia para tomarla como caso de estudio y valida el uso de los valores de referencia de consumo eficiente en campus universitarios, para establecer las respectivas comparaciones.

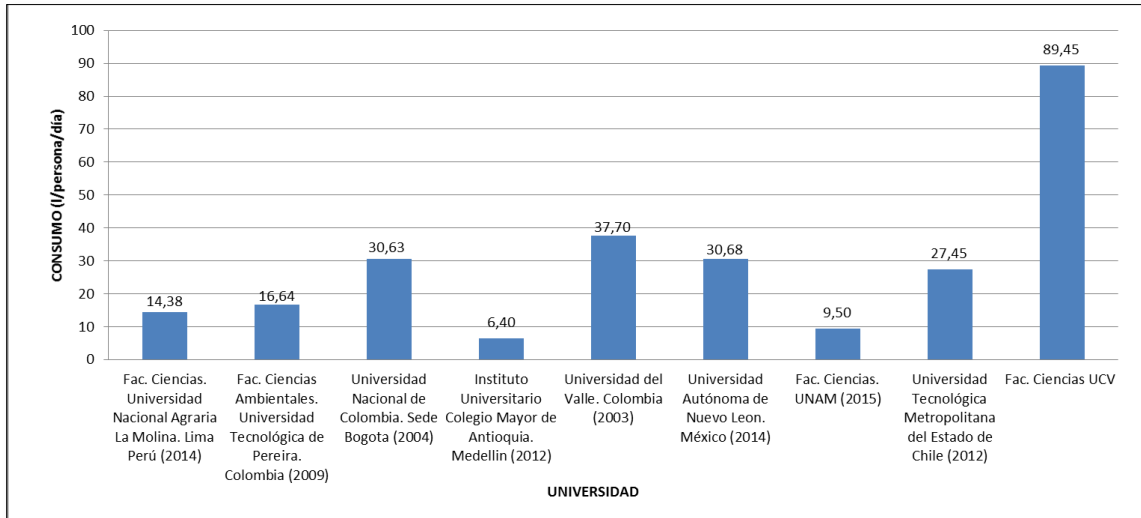


Figura 11. Consumos per cápita en Universidades Latinoamericanas. Fuente: Elaboración propia comparado con datos tomados de: (Advincula, García, García, Toribio, & Meza, 2014); (Trujillo & Sarmiento, 2012); (Aparicio & Tascón, 2003); (Ruiz, 2014); (PUMAGUA), 2015); (Villanueva, 2014) y (Mercado & Becerra, 2012)

Analizando los datos mostrados en la figura 11, resalta el valor de 6,4 l/persona/día del Instituto Universitario Colegio Mayor de Antioquia, que de acuerdo con (Arroyave, 2012), es aproximadamente ocho (08) veces más bajo comparado con la dotación per cápita requerida por la Norma Técnica Colombiana 1500 – Código de Fontanería, que establece una dotación de 50 l/persona/día.

En el reporte de la Universidad del Valle de Colombia, (Aparicio & Tascón, 2003), citado por (López, 2014), reportan un valor de 37,7 l/persona/día, y según sus autores, la principal causa de desperdicio de agua se encuentra en los aparatos de fontanería, en las válvulas de la red de abastecimiento y en las tomas de los edificios, representando el 45% del consumo mensual.

En la Universidad Nacional de Colombia, el consumo per cápita para el año 2000 se ubicaba por encima de 100 l/persona/día, sin embargo, se evidenció una disminución considerable en el consumo, sustentado en el plan de ahorro de agua, que contempló, entre otras actividades, la instalación de medidores y piezas sanitarias ahorradoras en toda la universidad, lográndose para el año 2003, que este valor alcanzara los 30,63 l/persona/día (Instituto de Estudios Ambientales, 2004).

Con miras a corroborar los resultados producto del procesamiento documental, la figura 12 muestra los resultados de procesar las lecturas diarias tomadas en el medidor durante el periodo del 23-06-2016 al 18-07-2016, el cual no pudo ser extendido debido a que a partir de esta fecha



dejó de funcionar. En ella se observa que el promedio está muy cercano al obtenido previamente, apenas menor a 0,2 l/s, lo que confirma el orden de magnitud del consumo de agua en la facultad. Además, se aprecia que los días de mayor y menor consumo son los martes y miércoles respectivamente. Al comparar los consumos de día (8 am - 5 pm), noche (5 pm - 8 am) y fin de semana (viernes 5 pm- lunes 8 am), se obtiene para la noche una disminución de 0,68 l/s y para los fines de semana de 0,88 l/s.

En la data de facturación analizada previamente, los meses de agosto de 2013 y 2014, que corresponden al periodo vacacional, mostraron una reducción en el consumo de 0,9 y 1,3 l/s respectivamente, y se confirmó que no se dictaron cursos intensivos (Ortega, 2016).

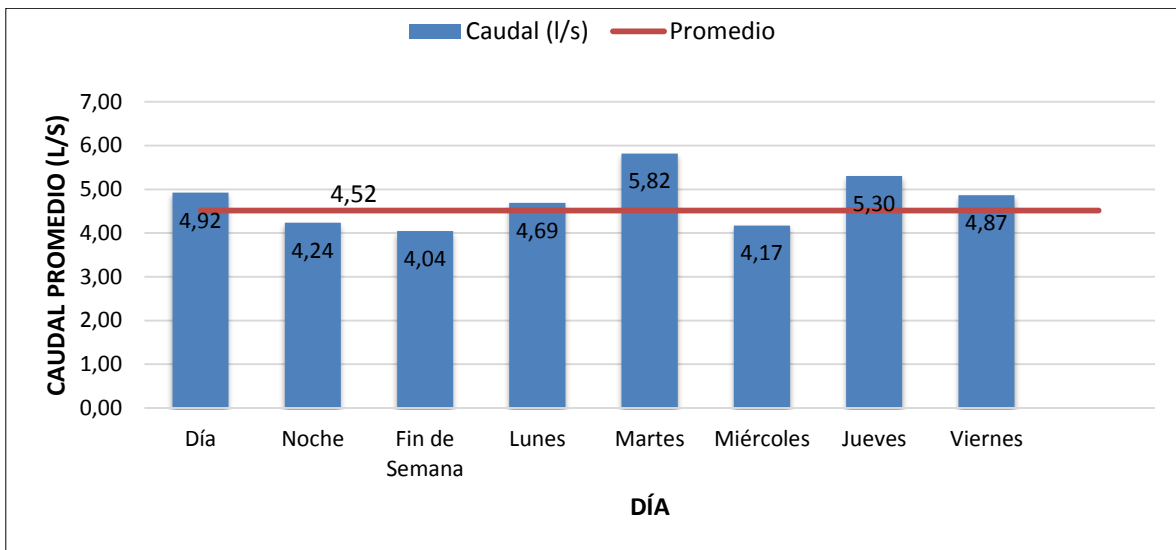


Figura 12. Caudal promedio de agua en el periodo del 23-06 al 18-07-2016. Fuente: Elaboración propia con lecturas tomadas en el medidor N°: 1202327.

Partiendo de que las actividades que demandan agua deberían disminuir tanto en la noche como durante los fines de semana, y suponiendo una reducción conservadora de al menos el 50 % de éstas, pues de 5 a 9 de la noche aún se desarrollan actividades como clases de postgrado y de investigación en los laboratorios (ocasionalmente), así como en los fines de semana, agregándole a éstos las actividades recreativas y deportivas (estadio de futbol y béisbol, poliedrito, auditorio Tobías Laser, entre otros), el consumo real en la FC-UCV debería ser de 1,76 l/s<sup>1</sup>, equivalente a aproximadamente el 39% del caudal promedio medido en el periodo de estudio, lo que sugiere pérdidas de agua en el orden del 61%.

<sup>1</sup> 1,76 l/s es el resultado de multiplicar por 2 la disminución del consumo los fines de semana (0,88 l/s), considerando que las actividades se reducen en un 50%.

De esta manera, el consumo per cápita que se había estimado inicialmente se modifica, no sólo por el caudal calculado por esta vía, sino porque de acuerdo a la información suministrada por (Ortega, 2016), la matrícula para el semestre en curso (1-2016), sufrió una disminución del 18 %, que se traduce en una población estudiantil de pregrado de 2.491 estudiantes, de modo que el valor por usuario sería 37,78 l/usuario/día, similar al de la Universidad del Valle de Colombia e inferior a la dotación establecida en la normativa venezolana (ver figura 13).

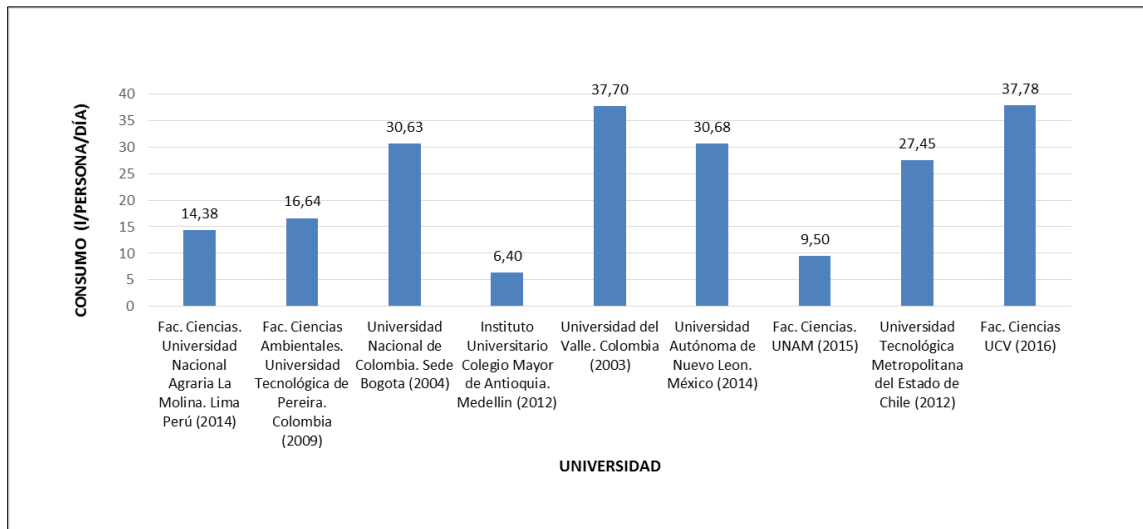


Figura 13. Nueva comparación de consumos per cápita en Universidades Latinoamericanas.

Fuente: Elaboración propia comparado con datos tomados de: (Advincula, García, García, Toribio, & Meza, 2014); (Trujillo & Sarmiento, 2012); (Instituto de Estudios Ambientales, 2004); (Arroyave, 2012); (Aparicio & Tascón, 2003); (Villanueva, 2014); (Ruiz, 2014); (PUMAGUA), 2015) y (Mercado & Becerra, 2012).

#### IV.1.2. Determinación de las pérdidas de agua en la FC-UCV.

Tomando en cuenta la valoración realizada en el apartado anterior, se estaría afirmando que el caudal restante, es decir, 2,76 l/s (61 %) correspondería a pérdidas de agua, situación que reafirmó la necesidad de complementar el estudio, mediante inspecciones visuales a la tubería principal y las piezas sanitarias, con lo que a su vez, se llevó a cabo el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema, que forma parte de uno de los objetivos de este trabajo.

En este sentido, se detectaron tres (03) fugas de agua en la tubería principal, la primera ubicada en la parte oeste del estadio de fútbol, la segunda bordeando el estacionamiento este y la tercera en la entrada de la escuela de física, de estas últimas se reportan imágenes en la figura 14.

La fuga de la escuela de física fue aforada, obteniéndose un valor promedio de desperdicio de agua de 1,36 l/s (para detalles referirse al anexo E), que representa el 30,1 % del promedio de caudal que entra en la FC-UCV.



Figura 14. Lado izquierdo: Fuga de agua detectada en la entrada de la Escuela de Física. Lado derecho: fuga de agua en el estacionamiento este. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, aunque la fuga del estacionamiento este no pudo ser estimada, se presume que pudiera estar en el orden del 25 % de la fuga ubicada en la escuela de física, lo que significa, que el agua que se pierde en estos dos puntos sería aproximadamente 1,70 l/s, que subiría el porcentaje anterior a 38 %, cantidad que equivale a la requerida para cubrir casi totalmente las necesidades del 100 % de los usuarios de la FC-UCV.

La inspección de las piezas sanitarias (lavamanos, excusados, urinarios, duchas y grifos en los laboratorios) en más del 90 % de las edificaciones (ver registro fotográfico en el anexo F), da como resultado la información presentada en la figura 15. En ella se aprecia que el 68 % de las piezas sanitarias se encuentra funcionando, aunque no necesariamente en óptimas condiciones, presentando deterioro muchas de ellas; otro 25 % está fuera de servicio, lo que implica una disminución importante de la disponibilidad y acceso a los usuarios, y el 7 % restante fueron detectadas con fugas o pérdidas de agua. Al respecto, (Trujillo & Sarmiento, 2012), detectaron que el 10 % de las instalaciones sanitarias de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira presentaban goteo y fugas importantes, y que la cantidad de agua perdida representaba el 48 % del total que ingresaba a la edificación, lo que indica que, aunque el porcentaje de piezas sanitarias que presentan fuga parecería bajo, cuando se asocia al caudal de agua desperdiciado, la perspectiva cambia, y es que allí podría estar incluido el 23 % de caudal restante que se está perdiendo.

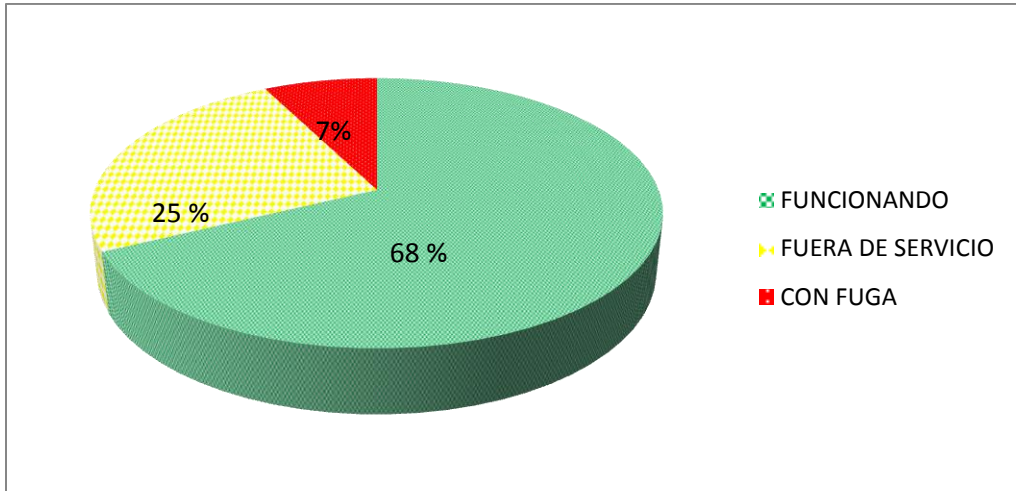


Figura 15. Estatus actual de las piezas sanitarias. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16, donde se observa el detalle por tipo de pieza sanitaria, resalta que los excusados (pocetas) son los que presentan el mayor porcentaje de fuga (12 %) y las duchas 0 %, aunque de estas últimas la cantidad instalada es baja, comparada con el resto de las piezas sanitarias y además, son de acceso limitado y poco uso.

Respecto al porcentaje de piezas sanitarias de bajo consumo, solo tres (03) de los ciento treinta (130) lavamanos inspeccionados, correspondían a este tipo de tecnología, lo que representa apenas el 2,3 %; además, no se detectaron dispositivos ahorradores en el resto de piezas sanitarias, lo que condiciona la posibilidad de ahorro de agua desde el punto de vista de la infraestructura disponible.

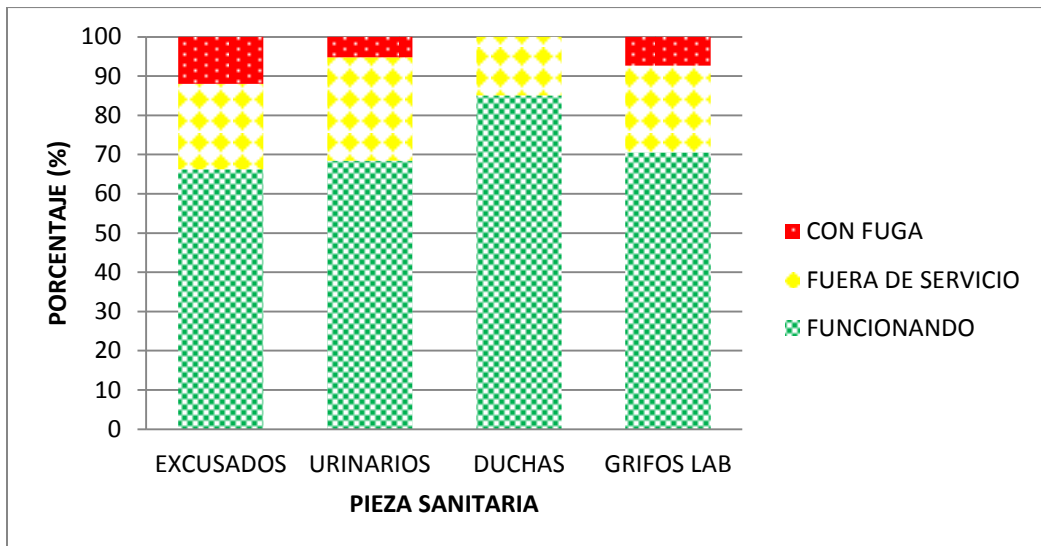


Figura 16. Detalle del estado actual de las piezas sanitarias. Fuente: Elaboración propia.

Para ilustrar, durante el trabajo de campo se estimaron las pérdidas de agua en dos (02) de los siete (07) lavamanos y cuatro (04) de los doce (12) grifos de laboratorio con fuga, los valores obtenidos se reportan en la tabla 7. (El detalle de los aforos se presenta en el anexo G). El total de agua que se pierde en estos puntos es de 1.568 litros por día, lo que se traduce, de acuerdo al per cápita previamente estimado, en la equivalente para suplir los requerimientos de 49 estudiantes.

Tabla 7. Estimado de pérdidas de agua en fugas de grifos. Fuente: Elaboración propia.

Ubicación de las piezas sanitarias	Caudal (l/d)
Lavamanos baño de damas planta baja Edif. Aulas	39,34
Lavamanos baño de damas piso 1 Edif. Aulas	1.467,74
Grifo Lab. Docentes Biología	2,82
Grifo Lab. IZET	11,29
Grifo Lab. Docentes Biología	25,43
Gripo Lab. Escuela química	20,93
Total	1.567,57

Así mismo, haciendo uso de las características técnicas de los excusados y urinarios, y la cantidad de estas piezas detectadas con fuga, el estimado de agua perdida pudiera estar en el orden de 0,95<sup>2</sup> l/s, que representa 21 % del promedio mensual, valor muy cercano al 23 % indicado anteriormente, y que además, se encuentra dentro de los rangos de desperdicio de agua asociados a piezas sanitarias reportados por otros autores: 18-21 % (Romero, Moré, & Luna, 2013a), 20-30 % (Advincula, García, García, Toribio, & Meza, 2014), 27% (Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2012) y 48 % (Trujillo & Sarmiento, 2012).

Vale resaltar, que las fugas de agua detectadas en la mayoría de las pocetas y los urinarios eran de consideración, incluso algunas presentaban aislamiento de la válvula de descarga (fluxómetro) lo que permitía el paso continuo de agua (grifo completamente abierto).

Durante la inspección que se hizo a los laboratorios, se observó una fuga de importancia en la tubería principal que abastece a los laboratorios docentes de la escuela de biología, situación que se presentó el fin de semana del 16 al 18 de julio, pero fue atendida (aislando el paso de agua), el día lunes 18, cuando se daba inició a las actividades de oficina. Esto implicó una considerable pérdida de agua durante el fin de semana, permaneciendo los laboratorios sin suministro durante dos (02) semanas, ya que la fuga fue reparada el día 02-08-2016. Se desconocen las causas que

<sup>2</sup> 0,95 l/s es el resultado de multiplicar la cantidad de excusados y urinarios con fuga (19) por el 5 % del caudal mínimo que consumen estas piezas en una descarga, que de acuerdo con las características técnicas es: 1 l/s

produjeron este retraso en la reparación, pero desde el punto de vista del usuario, es percibido como una falla en la gestión.

En el análisis previo, las estimaciones realizadas indicaron que aproximadamente el 38 % del caudal de agua que entró en la FC-UCV durante el periodo de estudio, se perdía en las dos (02) fugas de gran magnitud detectadas en la tubería principal.

Al indagar sobre la fecha en que comenzaron a presentarse estas pérdidas de agua, la misma no pudo ser precisada con exactitud, sin embargo, la mayoría de los usuarios que fueron interrogados, indicaron que al menos desde principios de este año, lo que se traduce en un periodo mayor a seis (06) meses, por lo que surgió la inquietud de verificar cómo esta situación había afectado desde el punto de vista de la facturación. Para ello, se revisaron y analizaron los montos mensuales de las facturas de los años 2014, 2015 y 2016.

En primer lugar, se verificó el sistema tarifario que regula el servicio, en el cual, de acuerdo con lo reseñado en las facturas, los precios y conceptos se rigen por lo dispuesto en la Gaceta Oficial N° 35.190 de Fecha: 14-04-1993, donde las tarifas se asignan conforme al uso. Para el caso de la Facultad de Ciencias corresponde a Comercial 01; además, se factura un cargo fijo y otro variable, este último dependerá del exceso de consumo al sobrepasar la dotación asignada (5.400 m<sup>3</sup>/mes o 2,08 l/s). El resumen de las tarifas se reporta en la tabla 8.

Es importante resaltar, que en la revisión de las facturas de los años 2014-2016, se verificó que las tarifas fueron modificadas a partir del mes de agosto de 2014, y se han mantenido hasta la actualidad, el primer semestre de 2014 fue facturado con la mitad de los montos mostrados en la tabla 8.

Tabla 8. Sistema de tarifas que se aplica al consumo de agua en la Facultad de Ciencias. Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de las facturas.

Usos	Cargo fijo	Cargo variable		
	Se calcula 1/6 de la dotación. Precio (Bs/m <sup>3</sup> )	Hasta la dotación Precio (Bs/m <sup>3</sup> )	Desde la dotación hasta 1,5 veces la dotación. Precio (Bs/m <sup>3</sup> )	Desde 1,5 veces la dotación en adelante. Precio (Bs/m <sup>3</sup> )
Comercial 01	4,275	4,275	7,6	13,3

De acuerdo con lo observado en la figura 17, para el año 2014 todos los montos de facturación se ubicaron por encima de los Bs. 70.000, ya que en todos los meses se presentó exceso en el consumo desde 1,5 veces la dotación en adelante; además se aprecia que, a pesar de que en agosto las tarifas sufrieron un incremento del 100 %, el valor facturado en este mes fue el más

bajo de los ocho (08) meses analizados, debido a que el consumo se redujo en 3.870 m<sup>3</sup>/mes respecto al promedio. Así mismo el caudal en los meses siguientes (septiembre, octubre y noviembre) fue más bajo que en el primer semestre de ese año, lo que favoreció que los montos facturados no se incrementaran junto con las tarifas.

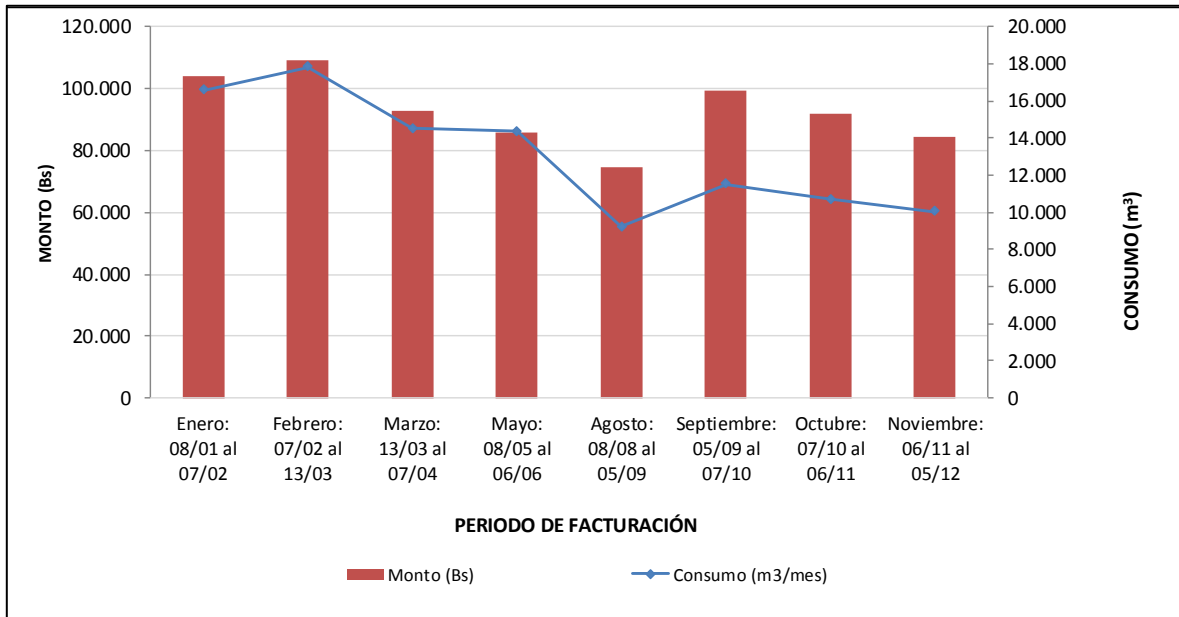


Figura 17. Consumo de agua mensual y monto facturado durante el año 2014. Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de las facturas.

Analizando los montos facturados en el año 2015, en la figura 18 se observa un incremento en los meses de abril y mayo con respecto al promedio del año anterior, de 171 y 215 % respectivamente, como consecuencia de los elevados consumos que se presentaron en estos meses (más del doble del promedio del año 2015), y el incremento en las tarifas ya mencionado.

Por el contrario, en los meses de julio, octubre y diciembre, el monto de facturación disminuyó en 550, 648 y 426 % respectivamente; la reducción observada, se debió a que los consumos bajaron, por ejemplo, hasta en 8.500 m<sup>3</sup> para el caso del mes de julio.

Cabe resaltar que los consumos de los meses de marzo, septiembre y noviembre aparecen como lecturas estimadas.

Dada las variaciones presentadas en el año 2015, pudiera presumirse fallas en el medidor o contrapresiones de la red baja, que hubieran alterado su funcionamiento.

Sobre la base de lo observado y detectado en el trabajo de campo, el incremento de abril y mayo pudiera atribuirse a las pérdidas de agua (fugas) y las drásticas disminuciones en los meses de julio, octubre y diciembre, a que el medidor pueda haber dejado de funcionar durante una parte

del periodo facturado, hipótesis que se refuerza en virtud de que justamente los meses siguientes a las reducciones, la facturación se realizó por estimaciones.

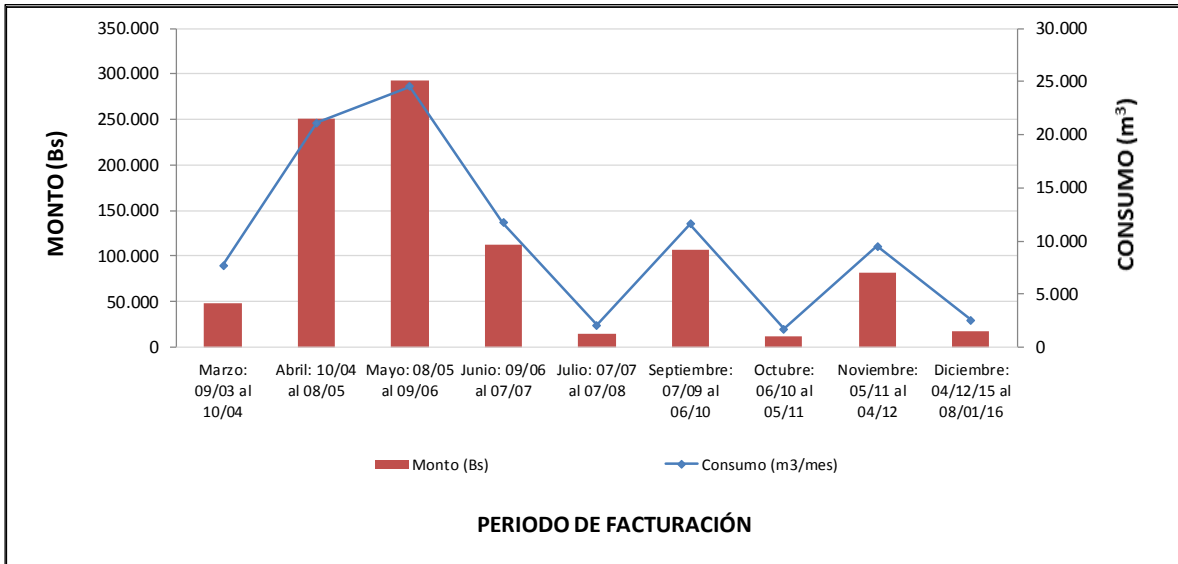


Figura 18. Consumo de agua mensual y monto facturado durante el año 2015. Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de las facturas.

La facturación de los primeros meses del año 2016, fue realizada sobre lecturas estimadas, lo que se tradujo en montos por debajo de los promedios de los dos (02) años anteriores (ver figura 19).

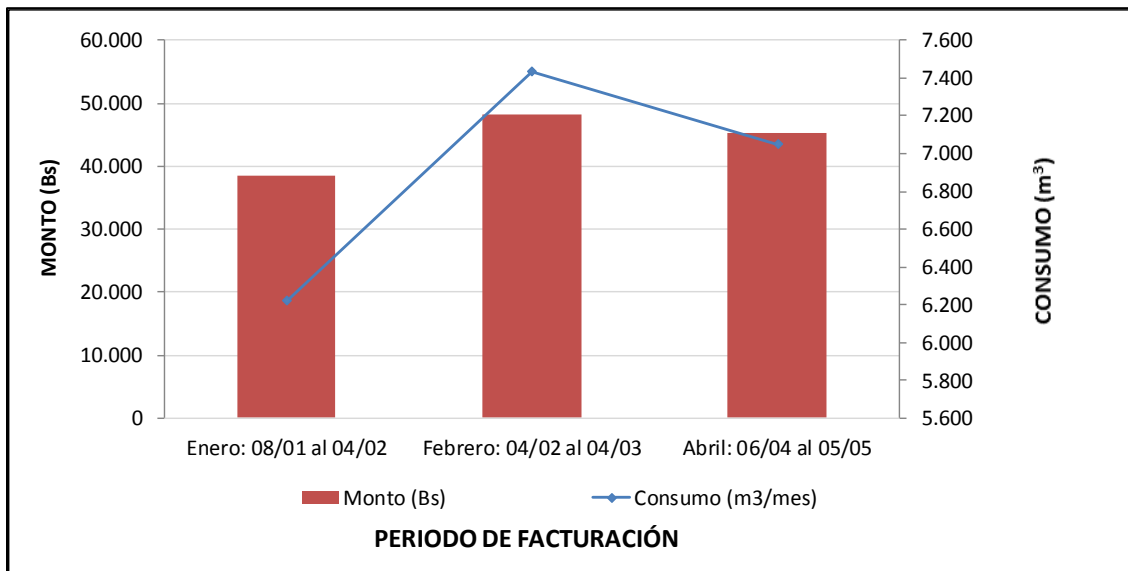


Figura 19. Consumo de agua mensual y monto facturado durante los meses de enero, febrero y abril del 2016. Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de las facturas.



Lo descrito en los apartados anteriores, deja en evidencia que las fugas o pérdidas de agua no se asocian a incrementos en los montos de la facturación, porque posiblemente siempre han estado presentes y representando un porcentaje importante del consumo de agua en la FC-UCV.

La revisión presentada, permite afirmar que no es el aspecto económico el que pudiera motivar la reducción de las pérdidas, tanto por lo bajo del valor de las tarifas, como por la no variación del monto total de manera significativa con la variación del consumo.

En consecuencia, este escenario estimula la apatía para establecer prácticas de consumo responsable del agua, por ejemplo, en la falta de celeridad para la reparación oportuna de las fugas. Una somera revisión de los costos actuales de repuestos para reparaciones en la red de abastecimiento y piezas sanitarias indicó, que resulta más costoso efectuar la reparación, que mantener la situación (fuga) controlada por largos periodos, en el caso de que ellas no afecten el normal desenvolvimiento de las actividades (caso de las dos fugas de gran magnitud detectadas).

#### **IV.1.3. Distribución de los consumos de agua.**

Otro aspecto importante a tomar en cuenta en el diagnóstico del sistema, es la identificación de los puntos de mayor consumo, y dado que no existe micro-medición interna, una buena aproximación se puede obtener tomando en cuenta las actividades que demandan mayor cantidad de agua, de acuerdo con la clasificación de usos mostrada previamente.

De esta manera, tal como ya se ha reseñado, (Avendaño & Serrano, 2004), analizaron minuciosamente la red de distribución de agua de la Ciudad Universitaria de Caracas, incluyendo la Facultad de Ciencias, para la que estimaron, el caudal promedio que ésta requeriría. Para llevar a cabo la simulación de la red de abastecimiento con el software de simulación de redes EPANET 2.0, la distribución de demandas base, se asignó de acuerdo al peso que cada tramo tenía sobre el caudal total; tomando esto como referencia, en la figura 20 se aprecia la repartición del caudal promedio obtenido de las mediciones tomadas, donde resalta que el mayor consumo se ubicaría en el tramo que suministra agua al Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET), el edificio de aulas y el laboratorio de microscopía, seguido por el edificio de la Escuela de Química y en tercer lugar el pasillo, que agrupa, entre otros, a los laboratorios docentes de la Escuela de Biología y la Escuela de Computación. Estos ramales en conjunto, consumirían más del 80 % del caudal.

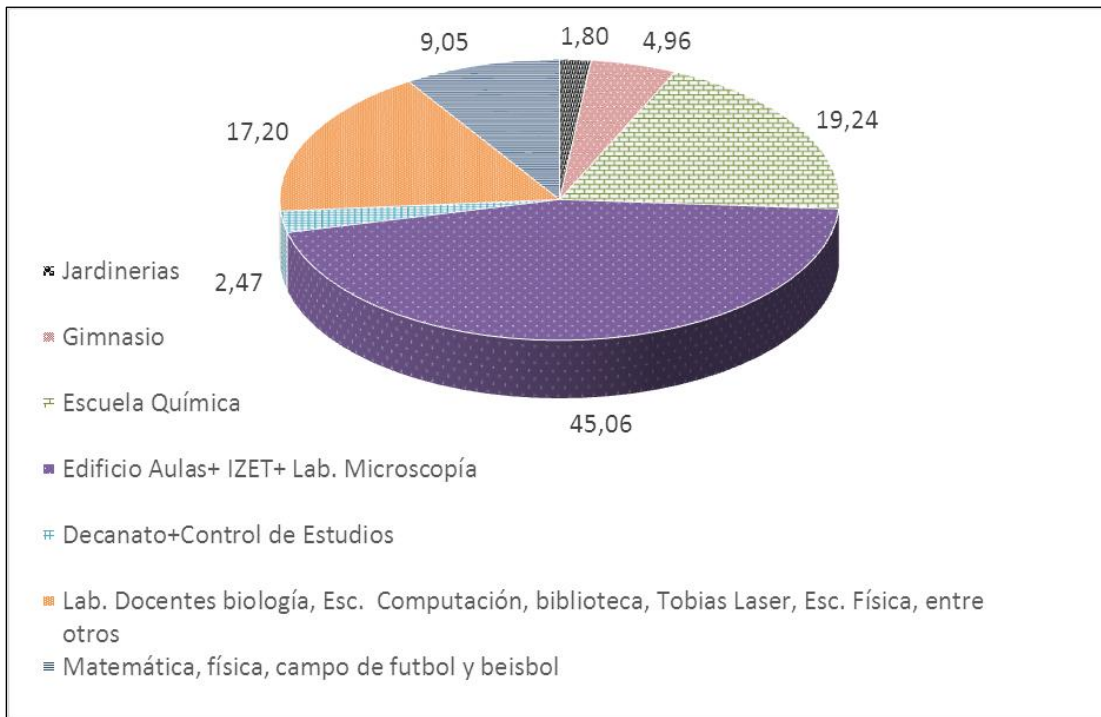


Figura 20. Distribución estimada de los consumos de agua en la Facultad de Ciencias. Fuente: Elaboración propia, sobre datos obtenidos de la facturación mensual de agua y el trabajo de (Avendaño & Serrano, 2004)

Así, se relacionó la distribución de los consumos con el tipo de actividades que se desempeñan en cada dependencia, con la finalidad de validar la división de caudales. Como se dijo, se tomaron en cuenta aquellas actividades que se supone implican mayor consumo: aseo personal, para lo que se contabilizaron la cantidad de piezas sanitarias (funcionando y con fuga) y laboratorios; los datos fueron obtenidos de las inspecciones realizadas.

Vale resaltar que según (Trujillo & Sarmiento, 2012), en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia, la mayor demanda de agua del edificio (67,6 %) correspondía al aseo personal y 16,3 % a los laboratorios.

En la figura 21, se observa que en el pasillo se concentra la mayor cantidad de piezas sanitarias (32,5 %), aquí se incluyen, la Escuela de Computación, los laboratorios docentes de Biología y un baño de estudiantes (damas y caballeros), entre otros.

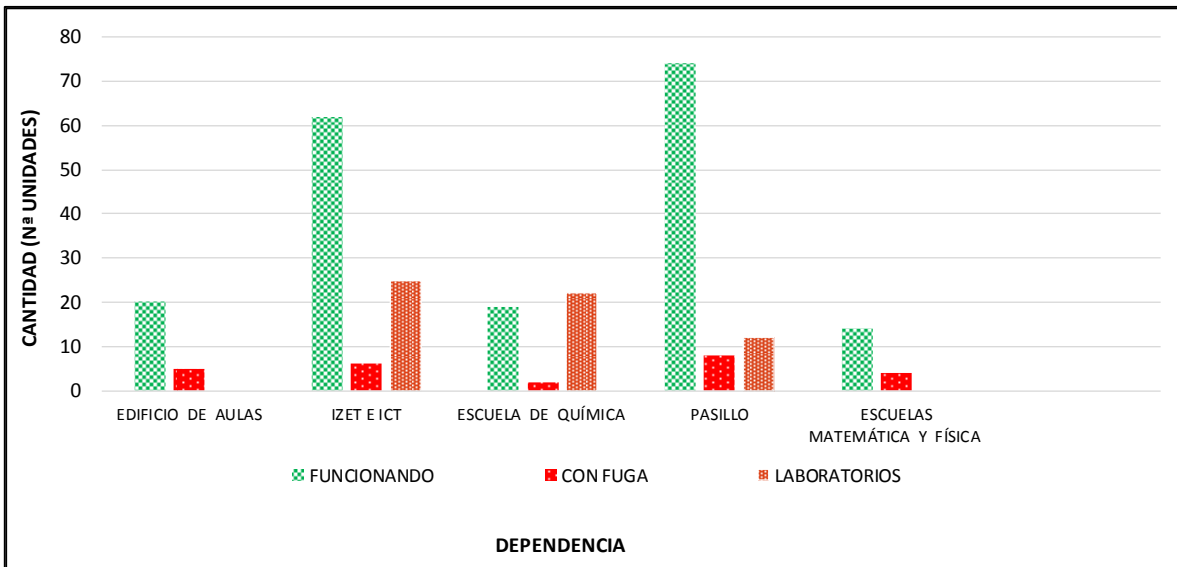


Figura 21. Distribución de piezas sanitarias y laboratorios que consumen agua en algunas dependencias de la Facultad de Ciencias. Fuente: Elaboración propia.

Los laboratorios docentes de la escuela de biología presentan bajo consumo de agua, sólo para preparación de medios y lavado de material los días que se realizan las prácticas.

El baño de estudiantes es un punto de consumo importante de agua, los resultados de frecuencia de uso indican, que en promedio se presenta un flujo de 34 usuarios/h en el baño de damas y 86 usuarios/h en el de caballeros (ver tabla 9 y para detalles el anexo H).

Tabla 9. Frecuencia de uso de los baños públicos (estudiantes). Fuente: Elaboración propia.

Sanitario	Flujo promedio (personas/hora)
Baño Damas Pasillo	34
Baño Caballeros Pasillo	86
Baño Damas Planta baja Edif. Aulas	26
Baño Damas Piso 1 Edif. Aulas	51
Baño Caballeros Piso 1 Edif. Aulas	28

Como ejemplo del consumo que se pudiera estar produciendo en los baños, si se supone que un urinario o excusado de válvula gasta 9 l/descarga (alto consumo, por la data de instalación) y que el promedio de los usuarios del baño de caballeros y damas lo descargó al menos una (01) vez, esto se traduciría en un caudal de 0,3 l/s, este valor representa el 17 % del que previamente fue estimado como caudal atribuido a los usuarios (1,76 l/s), sin incluir el uso de los lavamanos.

El tramo que comprende el IZET e ICT, en conjunto con el edificio de aulas alcanza el 36,9 % del total de piezas sanitarias, pero además, alberga la mayor cantidad de laboratorios, muchos de ellos de investigación.

En la inspección realizada se observó que, en el edificio IZET e ICT existen nueve (09) destiladores operativos y que laboratorios como el de Hidro-geoquímica y Agro-ecosistemas consumen cantidades importantes de agua. A partir del aforo de la descarga de dos (02) de los destiladores ubicados en estos laboratorios, se obtuvo un gasto promedio de 0,03 y 0,01 l/s respectivamente, valores que representan 3.252 y 2.511 l/d (ver detalles en el anexo I), que se desperdician en cada ciclo de funcionamiento de los destiladores, la frecuencia dependerá de las actividades y/o proyectos de investigación que se estén desarrollando.

Por su parte, en el edificio de aulas se encuentran tres (03) baños de estudiantes, dos (02) de damas y uno (01) de caballeros, con frecuencias de uso promedio de 26, 51 y 28 usuarios/h respectivamente. Estimando de la misma forma que se hizo para los baños de los pasillos, el consumo sería de 0,26 l/s que equivale al 14,8 % del caudal.

La Escuela de Química, se ubica en tercer lugar en cantidad de piezas sanitarias con 8,3 %, sin embargo, la mayoría de los sanitarios son de acceso limitado, sólo para docentes y el personal administrativo y obrero. A estos baños no se les hizo el seguimiento de frecuencia de uso, pero se estima que la cantidad de usuarios sea menor a la obtenida para los baños públicos de estudiantes; adicionalmente, en el edificio funcionan veintidós (22) laboratorios, todos dedicados a la investigación, con excepción del laboratorio de análisis de procesos.

En la inspección realizada al 77 % de los laboratorios (ver anexo J), se observó la existencia de doce (12) destiladores operativos, que los laboratorios ubicados en el piso 3 (orgánicos) utilizan cantidades de agua significativas, así como también la mayoría de los ubicados en el piso 1, por ejemplo, en el Lab. 154. Química del C1, se utiliza un aproximado de 30 l/d de agua destilada y realizan con frecuencia filtración por succión, caracterizada por su alto consumo de agua (similar a los destiladores).

En resumen, sobre la base del análisis presentado, se puede suponer que la distribución de caudales mostrada es acertada y acorde con las actividades consumidoras de agua en cada tramo.

#### **IV.1.4. Resultados de la percepción del usuario sobre la calidad del servicio de agua en la FC-UCV.**

El usuario representa uno de los aspectos claves que garantizan el éxito de una gestión integral y sustentable del servicio de agua, y esto no sólo implica que se sienta satisfecho, sino que es fundamental su participación activa; es así como fue concebido el instrumento diseñado, con la idea de medir la percepción que se tiene del servicio y estimar el uso que se hace de él.

Como se mencionó en la metodología, la encuesta fue aplicada por grupos, es decir, por separado a estudiantes, docentes y personal administrativo y obrero, se hizo de forma aleatoria y en la mayoría de los casos acompañadas de entrevistas no estructuradas. En la tabla 10, se muestra el resultado de la distribución de las encuestas, de las cuales, para el caso del grupo de los estudiantes, el mayor número de encuestados fueron de las escuelas de Química y Biología, que son la segunda y tercera en número de estudiantes; solo diez (10) de los doscientos sesenta (260) encuestados, pertenecían a la escuela de Geoquímica, lo que era de esperar, por ser la escuela con menor cantidad de estudiantes.

La distribución de las encuestas del personal docente, administrativo y obrero, fue más homogénea, posiblemente atribuido a que la cantidad de encuestados fue menor y que los mismos fueron contactados directamente en las dependencias.

Tabla 10. Distribución de las encuestas por categoría. Fuente: elaboración propia.

ESCUELA	CANTIDAD DE ENCUESTAS
FISICA	18
MATEMÁTICA	28
BIOLOGÍA	72
COMPUTACIÓN	40
QUÍMICA	92
GEOQUÍMICA	10
TOTAL	260
<b>DOCENTES</b>	
FISICA	2
MATEMÁTICA	4
BIOLOGÍA	2
COMPUTACIÓN	2
QUÍMICA	3
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA (ICT)	4
LAB. MICROSCOPIA	1
BIBLIOTECA	1
COOR. ACADÉMICA	1
INSTITUTO DE ZOOLOGÍA Y ECOLOGÍA TROPICAL (IZET)	5
TOTAL	25
<b>ADMINISTRATIVO Y OBRERO</b>	
FISICA	3
MATEMÁTICA	2
BIOLOGÍA	5
COMPUTACIÓN	3
QUÍMICA	2
ICT	2
IZET	3
BIBLIOTECA	3
ADM Y PPTO	2
COORD.INVESTIGACION	4
COOR. ACADÉMICA	2
TOTAL	31

En la figura 22 se presentan los resultados obtenidos sobre la percepción que se tiene del servicio de agua, tomando en cuenta los parámetros de cantidad, calidad y continuidad. En referencia a la cantidad, se aprecia que más del 60 % de los docentes y del personal administrativo y obrero lo

consideran bueno, a diferencia del grupo estudiantil que lo percibe de regular a malo en la misma proporción.

La calidad es el parámetro peor valorado, y muestra uniformidad en la percepción que tienen las tres categorías, es así, como en todos los casos, más del 80 % de los encuestados manifestó que la calidad del agua que reciben es de regular a mala.

Para la continuidad, el resultado obtenido mostró un comportamiento similar a la cantidad, es decir, se observan discrepancias entre los grupos, para los estudiantes, la continuidad del agua en la facultad es de regular a mala en más del 70 %, mientras que el 74 % de los docentes y el 68 % del personal administrativo y obrero la consideran buena.

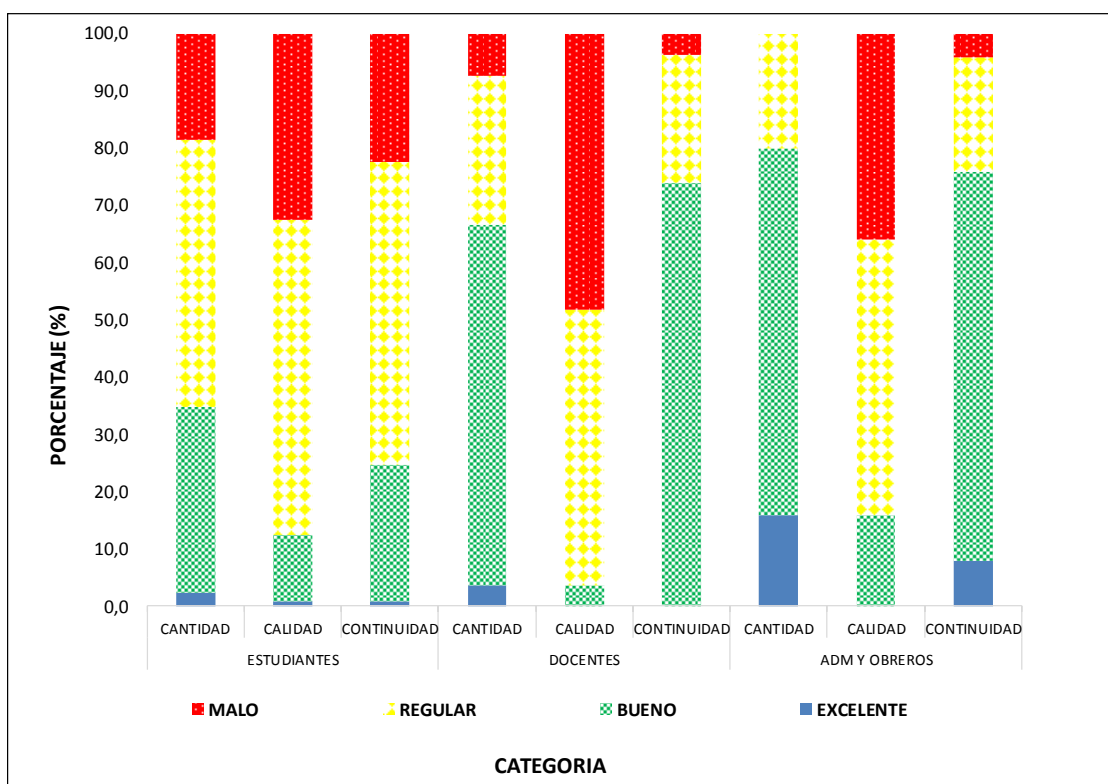


Figura 22. Resultados de la pregunta: ¿Cómo considera usted el servicio de agua en la facultad?.  
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la figura 23, se aprecia que el 58,5 % de los estudiantes, el 80 % de los docentes y el 54,8 % del personal administrativo y obrero, creen que la gestión del agua en la facultad no se hace de forma sostenible.

Al comparar estas dos primeras interrogantes se observa, por ejemplo, que a pesar de que la mayoría de los docentes consideran que reciben agua en cantidad suficiente y de forma continua, indican que no se hace un manejo eficiente y responsable del recurso, ni se fomenta la participación de los usuarios en la gestión.

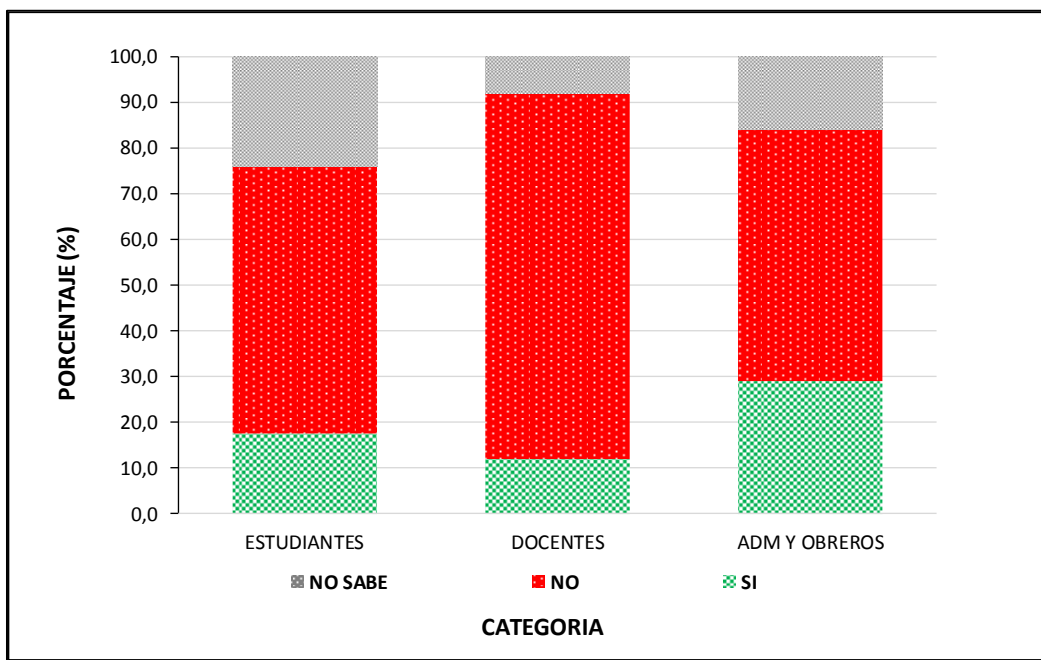


Figura 23. Resultados de la pregunta: ¿Considera usted que el manejo del agua dentro de la facultad se hace de forma sustentable? Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la percepción que tienen los usuarios sobre el estado actual de las piezas sanitarias se reportan en la figura 24, donde se aprecia que más del 70 % de los estudiantes y docentes, y el 58,1% del personal administrativo y obrero, creen que el funcionamiento es de regular a malo.

En cuanto a la suficiencia o disponibilidad, el resultado es el mismo, ya que la mayoría de los usuarios de los tres grupos, consideran en más del 70 % que es de regular a mala. (Osorio, 2016), informó de las carencias presupuestarias que afectan al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento de la Facultad, situación que no les permite mantener la operatividad del 100 % de las piezas sanitarias, lo que evidentemente afecta la disponibilidad.

La limpieza de las piezas sanitarias fue el parámetro que mejor se percibió de los tres evaluados, de esta manera, el 48,4 % de los encuestados en el grupo 3 opinan que es buena.



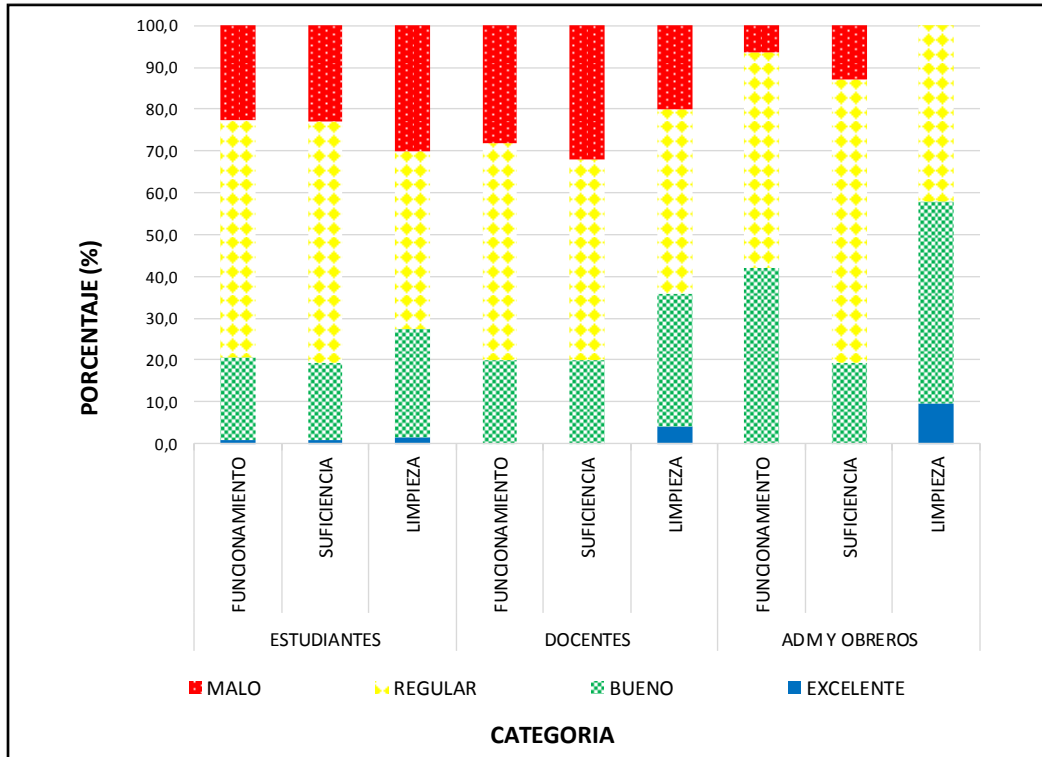


Figura 24. Resultados de la pregunta: ¿Cuál es el estado actual de las piezas sanitarias (WC (excusados), urinarios, lavamanos, entre otros) de la dependencia donde usted se desempeña?.  
Fuente: Elaboración propia.

El funcionamiento, suficiencia y limpieza de las piezas sanitarias, están altamente influenciados por la dependencia donde se desenvuelvan los encuestados, ya que por ejemplo, los sanitarios del personal docente y administrativo se encuentran con acceso restringido, pero para el caso de los estudiantes, estos tienen libre acceso y el flujo de personas es elevado, lo que evidentemente se ve reflejado en los parámetros que fueron sometidos a evaluación. Para la limpieza, influye además, el personal que se encuentre asignado a cada edificación, por lo que la valoración de este parámetro tiende a ser un reflejo del desempeño que éstos tengan en sus labores; a pesar de ello, los porcentajes obtenidos indican, que en general, la percepción del estatus actual de las piezas sanitarias es deficiente.

Al contrastar este resultado con los obtenidos de la inspección realizada a las piezas sanitarias, se confirma el impacto negativo que genera un dispositivo fuera de servicio, deteriorado o con fuga, ya que a pesar de que el 68 % de las piezas sanitarias se encontraban operativas, la percepción general de los usuarios propende hacia la deficiencia en el funcionamiento.

De acuerdo con los resultados que se muestran en la figura 25, el porcentaje de encuestados que manifiesta observar con frecuencia fugas de agua es elevado, oscilando entre el 63 y 80 %, y los dispositivos que presentan la mayor frecuencia son las tuberías principales y las piezas sanitarias (ver figura 26), resultados que concuerdan con lo observado en el trabajo de campo llevado a cabo paralelamente.

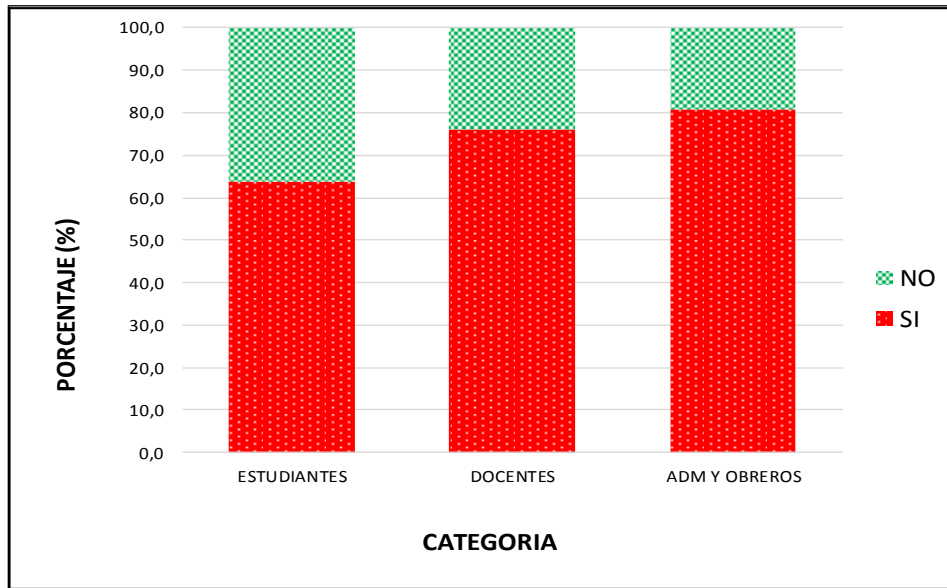


Figura 25. Resultados de la pregunta: ¿Es frecuente observar fugas o pérdidas de agua en algún dispositivo o instalación dentro de la facultad? Fuente: Elaboración propia

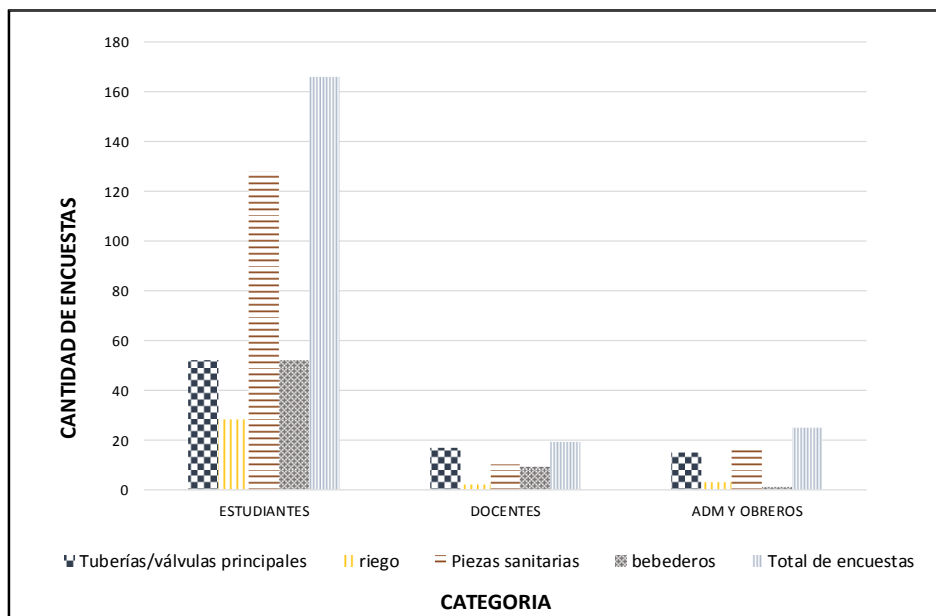


Figura 26. Resultados de la pregunta: Si la respuesta a la pregunta anterior fue positiva, por favor especifique en que dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a si las fugas que se detectan son reparadas de forma oportuna, se aprecian discrepancias entre los grupos: el 46 % de los estudiantes manifiesta no saberlo, mientras que los docentes en un 80 % y los empleados y obreros en un 54 %, afirman que no se reparan (ver figura 27). El desconocimiento evidenciado por los estudiantes es un reflejo de su poca participación o desinterés en la gestión del servicio. Los docentes y empleados generalmente se involucran más en este aspecto, ya que por desempeñar funciones administrativas, debe ser una práctica común, el reporte formal de la irregularidad al departamento respectivo.

(Advincula, García, García, Toribio, & Meza, 2014) obtuvieron resultados similares, encontrando que una de las prácticas que atenta contra el uso eco-eficiente del agua, es que entre el 80 y 100 % de los estudiantes no reportan las averías que se detectan en los sanitarios.

A pesar de este resultado, en las entrevistas que se realizaron con personal del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, (Osorio, 2016) indicó, que es una práctica habitual la conformación de reuniones de trabajo con los centros de estudiantes, por lo que se puede intuir, fallas en los canales de comunicación.

Cotejando este aspecto con lo reportado en el trabajo de campo, sobre las cuatro (04) fugas detectadas en tuberías principales, de las cuales, una fue reparada dos semanas después de su ocurrencia, y la otra, en aproximadamente seis meses, refleja que la percepción se aproxima a lo observado.

En el caso de las piezas sanitarias, la fuga no es reparada, sino que el dispositivo es aislado y sacado de servicio, lo que implica una disminución en la suficiencia o disponibilidad.

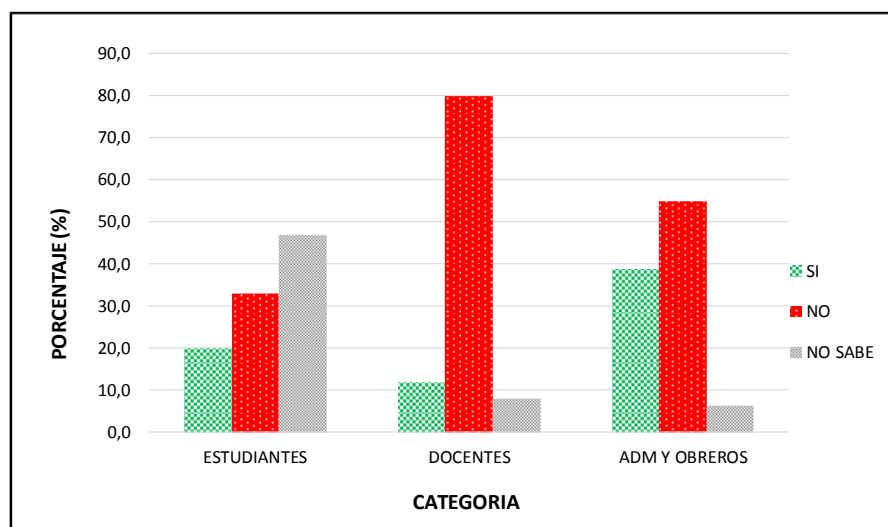


Figura 27. Resultados de la pregunta: ¿Se reparan oportunamente las fugas una vez que se han detectado? . Fuente: Elaboración propia

Como se sabe, la FC-UCV cuenta dentro de su estructura organizacional con el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, que depende de la Coordinación Administrativa, el cual se encarga del manejo del servicio de agua; sin embargo, los resultados de la encuesta, indican que un porcentaje importante de los usuarios no sabe que existe o simplemente indicaron que no había un departamento encargado del manejo del agua. En la figura 28 se aprecia que apenas el 13,8 % de los estudiantes conocen de su existencia, por el contrario, el 80 % de los empleados que fueron entrevistados indicaron que sí, lo que puede ser atribuido a lo mencionado anteriormente, y es que generalmente al momento de producirse una falla en el servicio, los trámites para la correspondiente notificación son realizados por el personal administrativo.

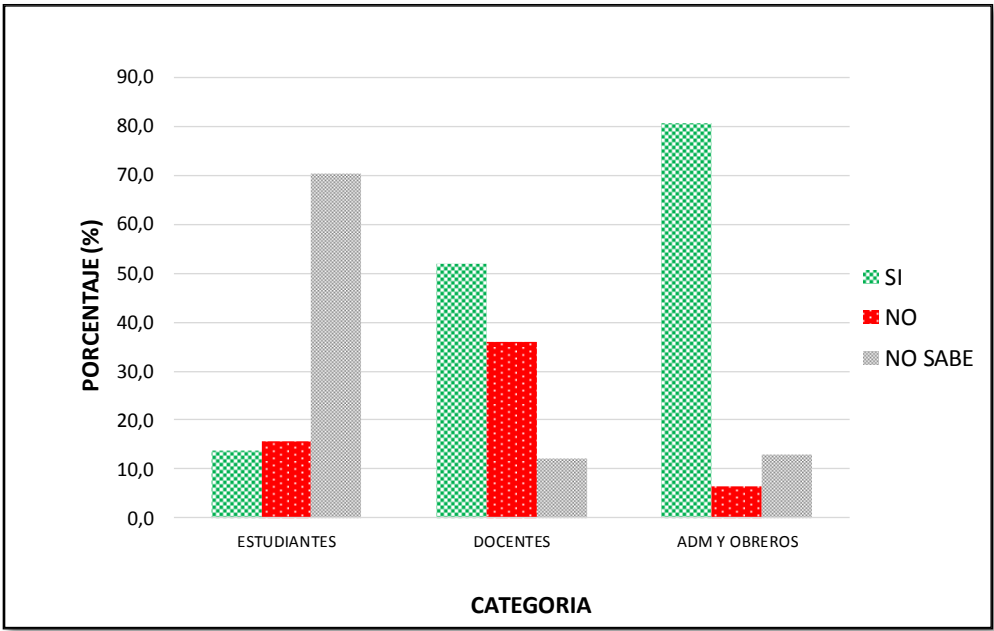


Figura 28. Resultados de la pregunta: ¿Existe una Dependencia/Departamento en la facultad donde puede reportar una falla (fugas, alteraciones de la calidad, ausencia, entre otros) del servicio de agua?. Fuente: Elaboración propia

Por su parte, al interrogar sobre si dentro del departamento hay un funcionario encargado del manejo del agua, el resultado fue uniforme en los tres grupos: NO SABE, tal como se observa en la figura 29. Debe resaltarse, que a partir de las entrevistas que se realizaron con personal de este departamento (Osorio, 2016), se conoció que no hay un funcionario designado específicamente a la gestión del agua, por lo que al presentarse una eventualidad, por ejemplo, rotura de tuberías, se designa al personal obrero que cumple las otras funciones de mantenimiento para solventar la situación.

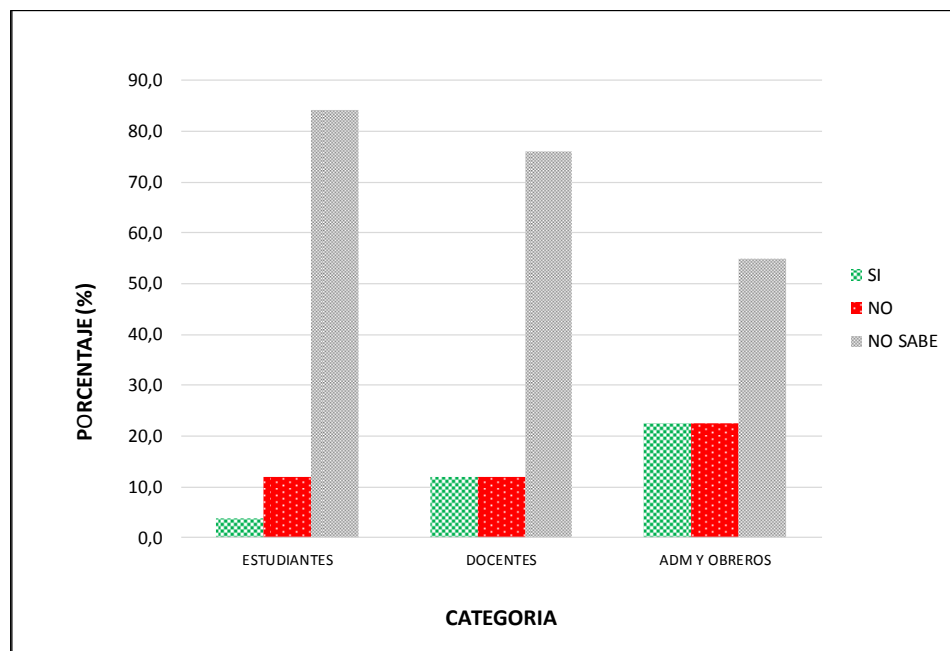


Figura 29. Resultados de la pregunta: ¿Existe un funcionario encargado del manejo del agua en la facultad?. Fuente: Elaboración propia.

Cuando se habla de manejo sustentable del agua en una edificación, esto se asocia directamente al uso y consumo responsable del mismo, de allí la importancia de verificar si los dispositivos que más utilizan agua (piezas sanitarias), facilitan el ahorro o disminución en el consumo, de este modo, al consultar a los encuestados si las duchas y demás piezas sanitarias de las que hacen uso en la facultad tienen criterios de eficiencia energética y correspondían a piezas de bajo consumo. La mayoría respondió que no (ver figuras 30 y 31), lo que se asemeja a lo observado en las inspecciones realizadas, pues como ya se mencionó, sólo el 2,3 % de los lavamanos y ningún otro de los dispositivos corresponden a piezas ahorradoras.

Debe mencionarse, que durante la aplicación de las encuestas pudo detectarse en los estudiantes desconocimiento sobre lo que son los dispositivos de bajo consumo, así como también, que comentaran que no existían duchas en los baños, esto último se explica porque la mayoría de las duchas que hay en la facultad, se ubican en sanitarios destinados a docentes y empleados.

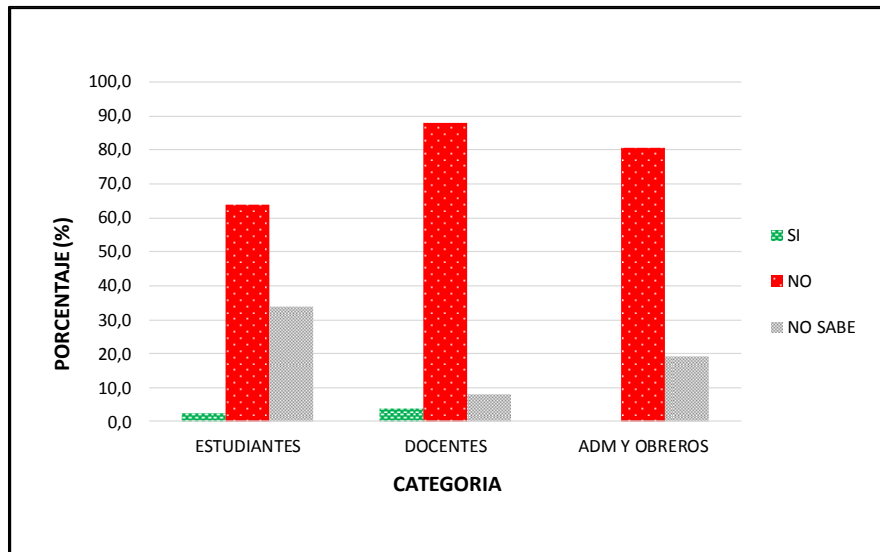


Figura 30. Resultados de la pregunta: ¿Existen sistemas de control de consumo de agua en duchas?, como: Botones de duración limitada y control de temperatura con criterios de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia

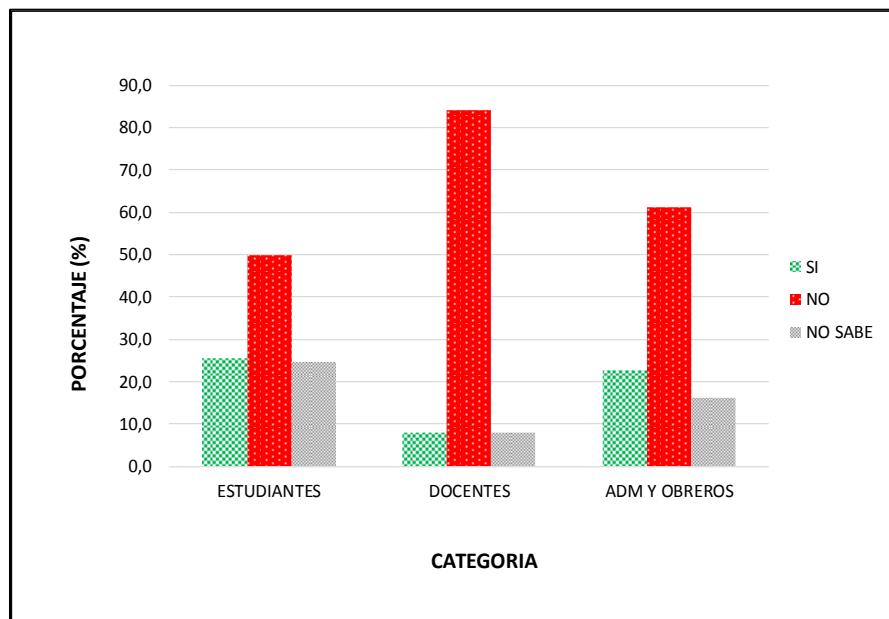


Figura 31. Resultados de la pregunta: ¿Existen piezas sanitarias (lavamanos, urinarios, WC) de bajo consumo dentro de la dependencia donde usted se desempeña en la facultad? Fuente: Elaboración propia.

Otra de las aristas fundamentales en el manejo sustentable del agua, es la sensibilización sobre la importancia de este recurso y su uso responsable. Se deben establecer acciones de comunicación y educación para garantizar el éxito de los programas de conservación, no obstante, tal como se aprecia en la figura 32, los encuestados manifestaron en más del 80 % que no se realizan este tipo

de actividades, lo que era de esperar, pues al no existir una persona encargada directamente de la gestión del agua, resulta poco probable la práctica de campañas informativas asociadas al tema. Sin embargo, se pudo observar en algunos de los puntos donde se encuentran ubicados los bebederos (rehabilitados recientemente), avisos como el de la figura 33, cuya autoría se atribuye uno de los centros de estudiantes y que tienen como fin principal orientar sobre el uso adecuado del mismo. Se menciona este caso, ya que ampliando el contenido de los carteles con puntos clave sobre el cuidado del agua e incrementando los lugares de divulgación, éstos pueden convertirse en una buena iniciativa de concienciación.

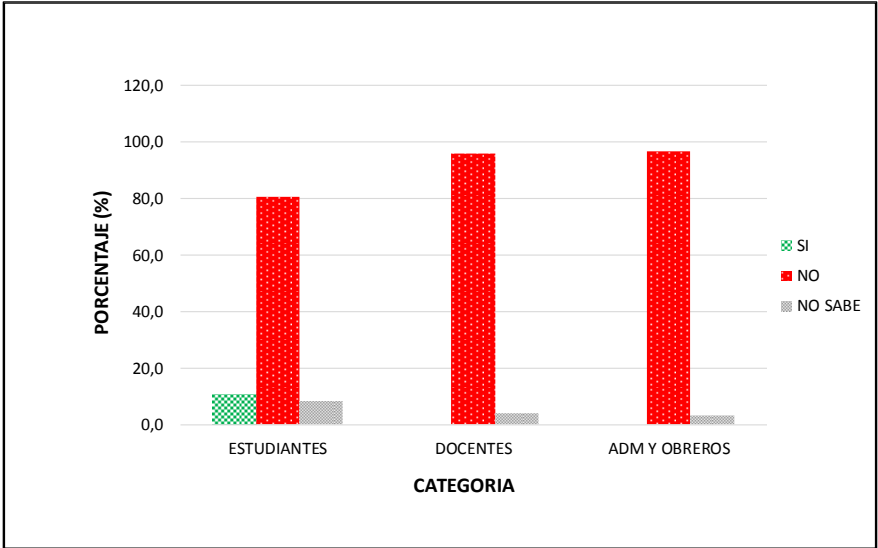


Figura 32. Resultados de la pregunta: ¿Se realizan de forma frecuente actividades de sensibilización y concienciación sobre el ahorro de agua en la facultad? Fuente: Elaboración propia

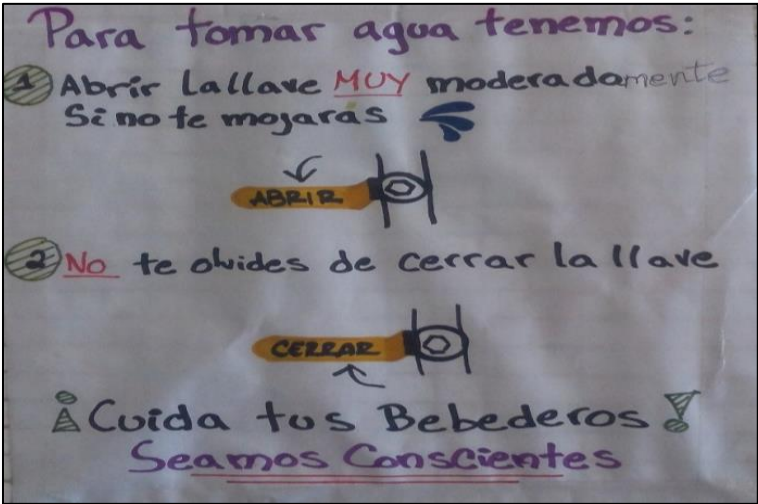


Figura 33. Aviso informativo detectado en uno de los bebederos del Edificio de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

El riego de jardines y áreas verdes se considera otro punto focal en la sostenibilidad del recurso agua, por las cantidades excesivas que se pierden si no se realiza adecuadamente. En este sentido, los encuestados fueron interrogados sobre la eficiencia del sistema de riego en la facultad, y los resultados que se reportan en la figura 34, reflejan variabilidad de la respuesta entre los grupos, el 42,3 % de los estudiantes indicaron que el riego de jardines es eficiente, por el contrario, el 68 % de los docentes y el 45 % de los empleados consideran que no.

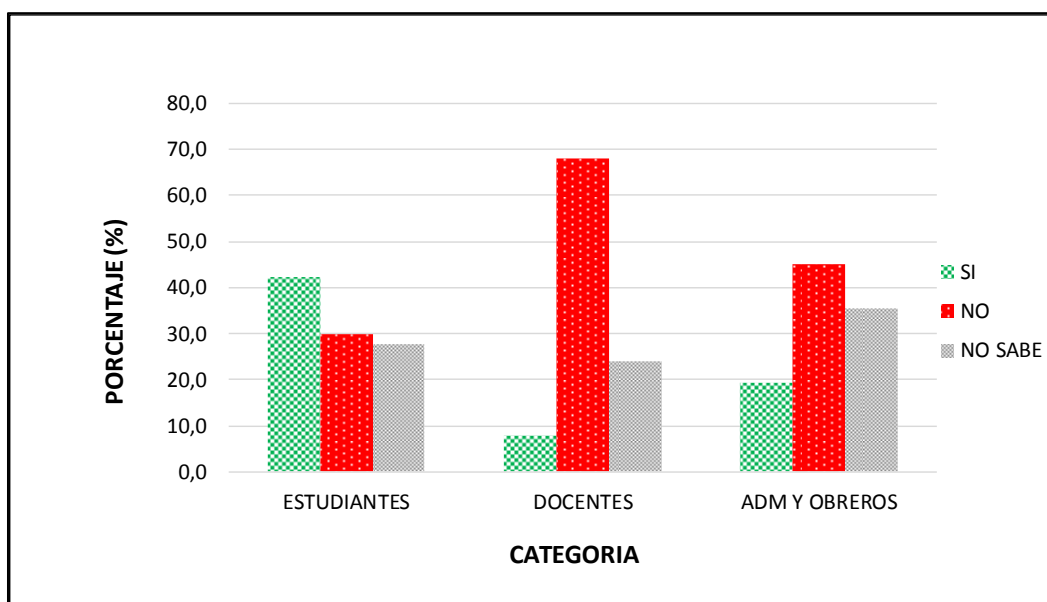


Figura 34. Resultados de la pregunta: ¿Se realiza de forma eficiente el riego de jardines: (goteo programado, riego nocturno)? Fuente: Elaboración propia

En referencia a la frecuencia de riego, la percepción que tienen la mayoría de los usuarios de los tres grupos, es que se realiza dos (02) veces por semana (ver figura 35), pero debe mencionarse, que durante la aplicación de la encuesta, treinta y cuatro (34) estudiantes, once (11) docentes y siete (07) empleados, no marcaron ninguna de las opciones ofrecidas como respuesta, apreciándose observaciones como: “poco frecuente”, “nunca” y “rara vez”, pudiendo atribuirse esto, a que la encuesta se aplicó en el inicio del periodo de lluvias, lo que pudo haber incidido en la frecuencia de riego y/o percepción de los usuarios.

No obstante, este resultado concuerda con la información aportada por un funcionario adscrito al Departamento de Mantenimiento, (Osorio, 2016) indicó, que el riego de los jardines se lleva a cabo sin seguir un cronograma establecido y que el mismo obedece a la disponibilidad y disposición del personal obrero, además, se confirmó que no se ejecuta el riego nocturno; que tiene como ventaja un mejor aprovechamiento del agua, por la ausencia de evaporación en el



horario diurno, así como la reducción de las presiones en la red, que redundaría en una disminución de las pérdidas por fuga (Garzón & Thornton, 2006).

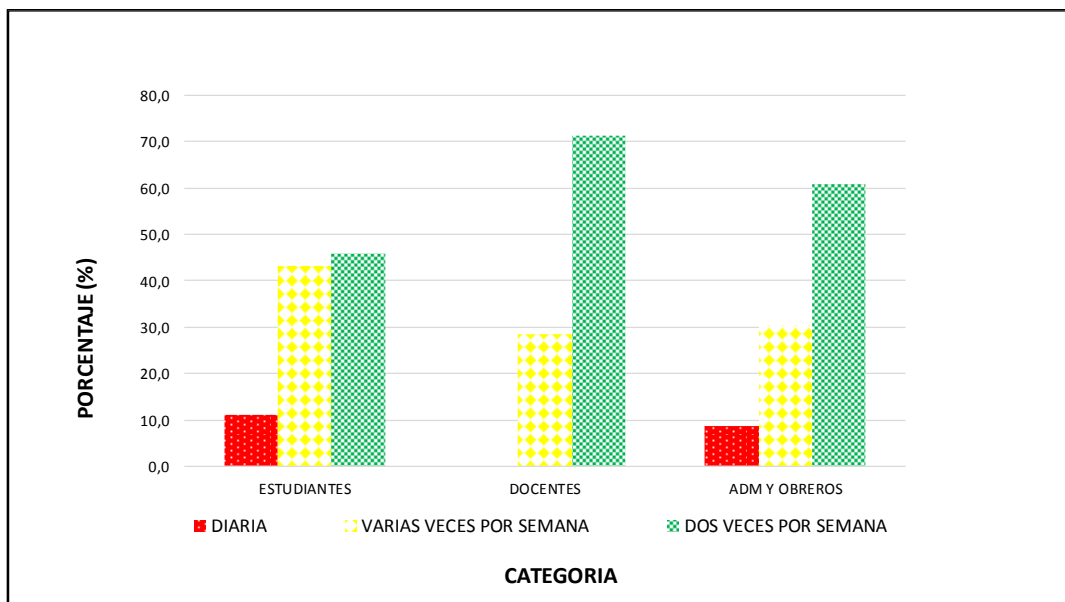


Figura 35. Resultados de la pregunta: ¿Con qué frecuencia observa que se realiza el riego de las áreas verdes? Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados parecieran indicar que a pesar de que la facultad cuenta con más de 7.600 m<sup>2</sup> de áreas verdes, los gastos de agua asociados a su mantenimiento no son representativos, al menos, durante el periodo de realización de este estudio. No obstante, considerando la magnitud del área verde y que la información disponible es escasa, es recomendable profundizar el análisis en trabajos posteriores.

En la figura 36 se muestran los resultados obtenidos sobre la percepción que tienen los usuarios de la calidad del agua que se recibe en la facultad. En general, todos los parámetros evaluados (apariciencia, color, sabor y olor) son percibidos en su mayoría de forma negativa (a excepción del olor para el caso de los estudiantes) y coinciden con los resultados obtenidos para la primera pregunta de la encuesta. Además, de los encuestados que reportaron percibir alteraciones, la mayoría indica que la frecuencia con que ocurre es elevada, más del 70 % manifiesta que entre siempre y a menudo (ver figura 37).

La calidad del agua es el parámetro que directamente puede influir en la salud de la población, y pese a que los parámetros evaluados son organolépticos, diversos estudios han demostrado la relación entre la turbidez del agua y su calidad microbiológica, así (De Sousa, Colmenares, & Correia, 2008) y (Kelly, Minalt, Culotti, Pryor, & Packman, 2014) indican, que el crecimiento bacteriano puede afectar la turbidez, el sabor, olor y color del agua distribuida. Las alteraciones en

la calidad del agua, pueden ocurrir por deterioro de las tuberías de abastecimiento, lo que se refuerza, cuando se presentan ciclos de racionamiento del servicio.

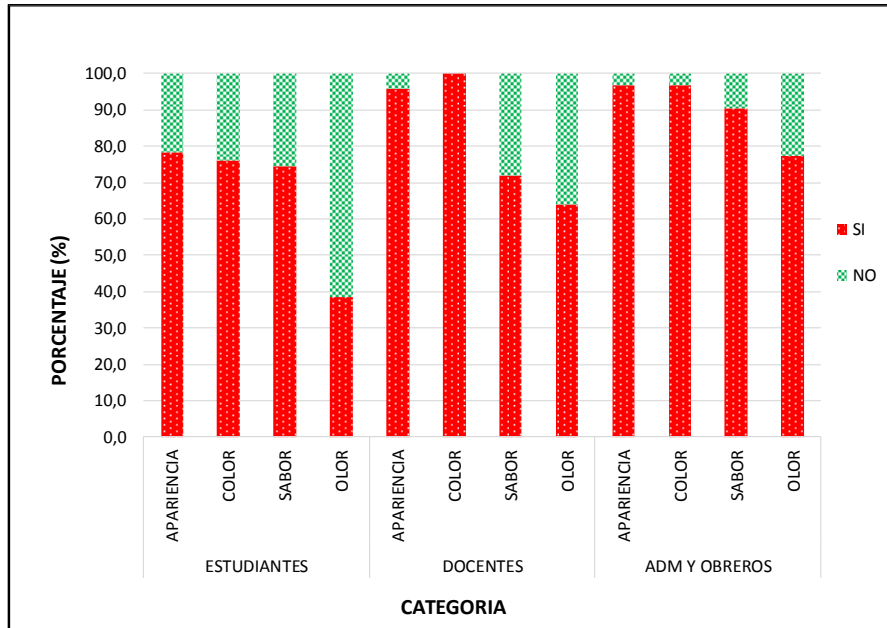


Figura 36. Resultados de la pregunta: ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua de suministro? Fuente: Elaboración propia.

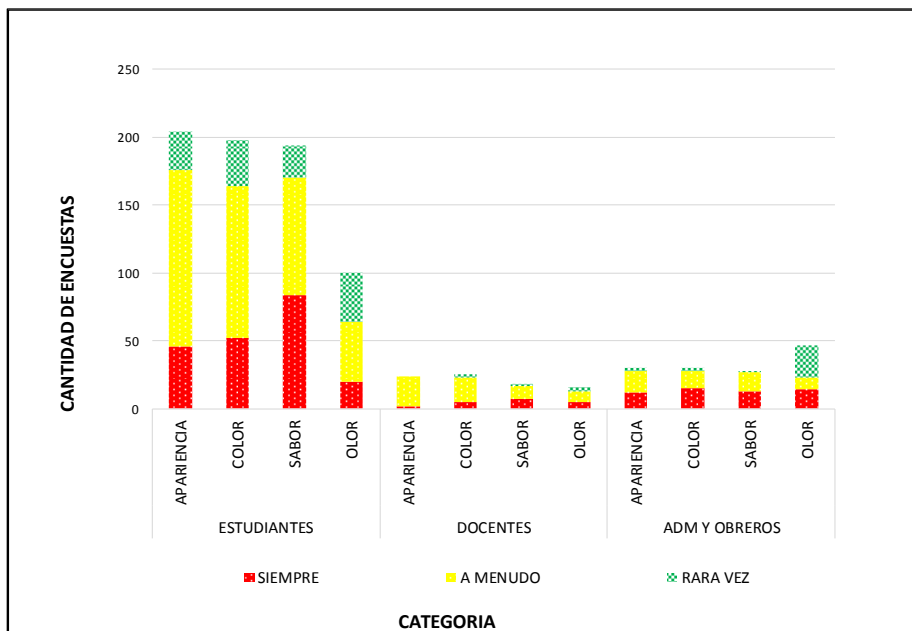


Figura 37. Resultados de la pregunta: ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua de suministro? Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados en la figura 38, confirman que el principal uso del agua en la facultad es en los sanitarios, lo que los convierte en un punto clave a la hora de implementar un programa de manejo y uso responsable del agua.

Por otra parte, se aprecia que, aunque el agua es percibida como de mala calidad, una cantidad importante de los estudiantes encuestados (67,7 %) manifestó utilizarla para bebida.

El agua para docencia e investigación fue el tercer uso en cantidad de encuestas, sin embargo, no implica que la cantidad sea baja, ya que como se mencionó en apartados previos, existen laboratorios con altos consumos de agua, lo que supone también otro punto de atención.

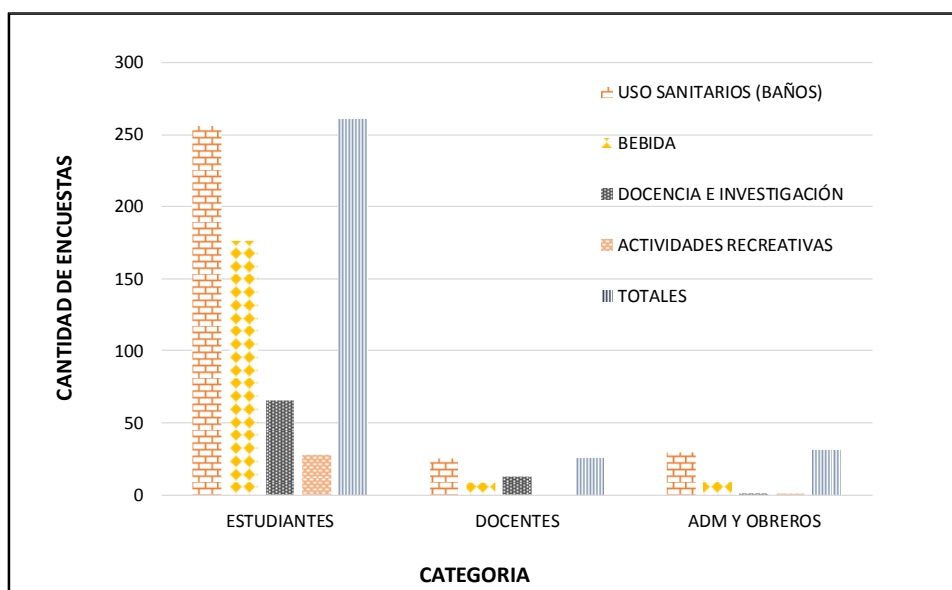


Figura 38. Resultados de la pregunta: ¿Durante su permanencia en la facultad, en cuáles de las siguientes actividades utiliza agua? Fuente: Elaboración propia

Los encuestados también fueron interrogados sobre la cantidad de agua que consideran consumen diariamente en la facultad; en la figura 39 se aprecia que el 79 % de los estudiantes, el 48 % de los docentes y el 68 % del personal administrativo, manifestaron que su consumo es bajo (menor a 20 litros), y éste, de acuerdo con lo evidenciado en la pregunta anterior, se utilizaría principalmente en los baños, de hecho, mientras se realizaba la encuesta, una práctica frecuente de los encuestados era contabilizar el número de veces que acudían al sanitario y con ello dar respuesta a la pregunta.

Los docentes fueron los que en mayor porcentaje indicaron consumos entre medio y alto, posiblemente debido a que además del uso en los baños, le agregan el agua utilizada en el desarrollo de actividades de investigación.

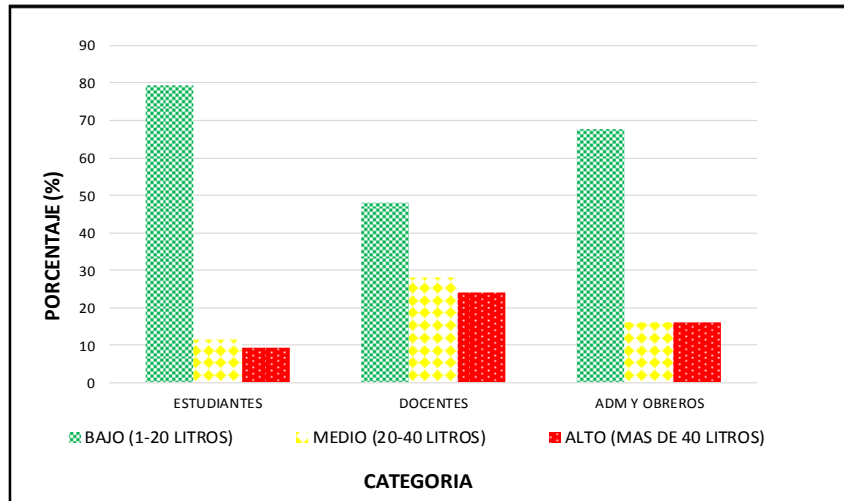
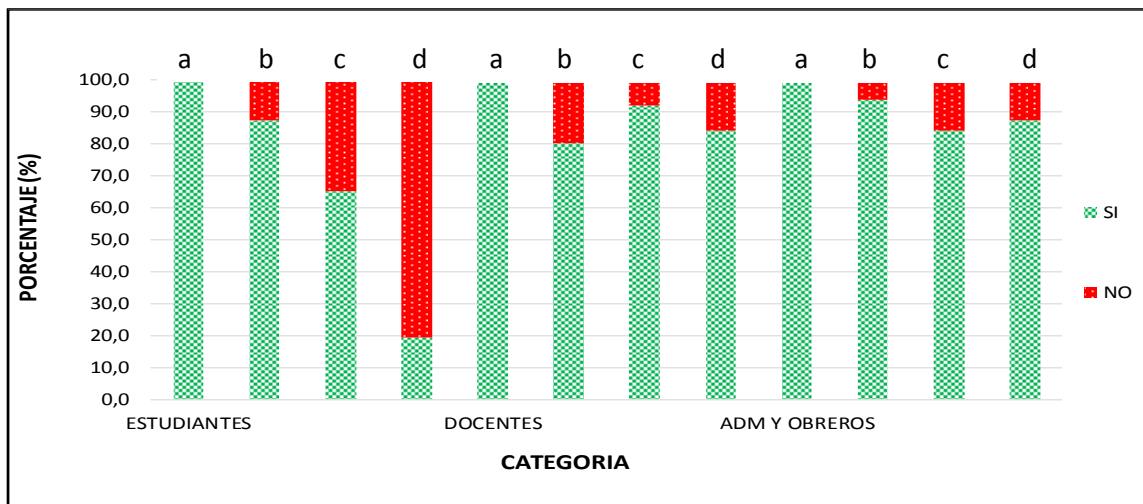


Figura 39. Resultados de la pregunta: ¿Cuánto cree Ud. es su consumo diario de agua en la facultad? Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las medidas que pudieran implementar los usuarios para colaborar en el uso y consumo racional, en la mayoría de los casos, incluso en la primera pregunta, el 100 % de los tres grupos indicaron ponerlas en práctica (ver figura 40), excepto en la pregunta relativa a si se reportan las fugas cuando son detectadas, en la cual el 80 % de los estudiantes dice no hacerlo, atribuyéndolo a que no saben dónde notificarlo, lo que está directamente asociado a los resultados mostrados en las figuras 27 y 28.



a. Cierra la llave de los grifos mientras no los usa	b. Al cerrar la llave de los grifos verifica que no queden goteando
c. Al bajar la válvula del WC/urinario verifica que no quede agua corriendo	d. Al observar una fuga de agua la reporta oportunamente

Figura 40. Resultados de la pregunta: ¿Usted implementa alguna medida para hacer un uso racional del agua mientras permanece en la facultad? Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la figura 41 se aprecia que el mayor porcentaje de los encuestados consume agua procedente del hogar, seguido del agua de los bebederos de la facultad, en este punto se detectaron algunas inconsistencias, ya que de los ciento setenta y seis (176) estudiantes que señalaron utilizar agua para bebida, solo ciento veinte (120) indicaron que la procedencia del agua de consumo era de los bebederos, esto pudiera atribuirse a que en algunas de las encuestas se marcaban las dos (02) opciones, por lo que es posible que la de los bebederos sea utilizada de forma opcional u ocasionalmente.

A su vez, resalta el hecho del bajo porcentaje de estudiantes que utilizan agua embotellada, lo que pudiera estar asociado a los costos que ello implica, y representa desde el punto de vista de los desechos sólidos un resultado positivo, pues se traduce en menor cantidad de envases plásticos en la basura.

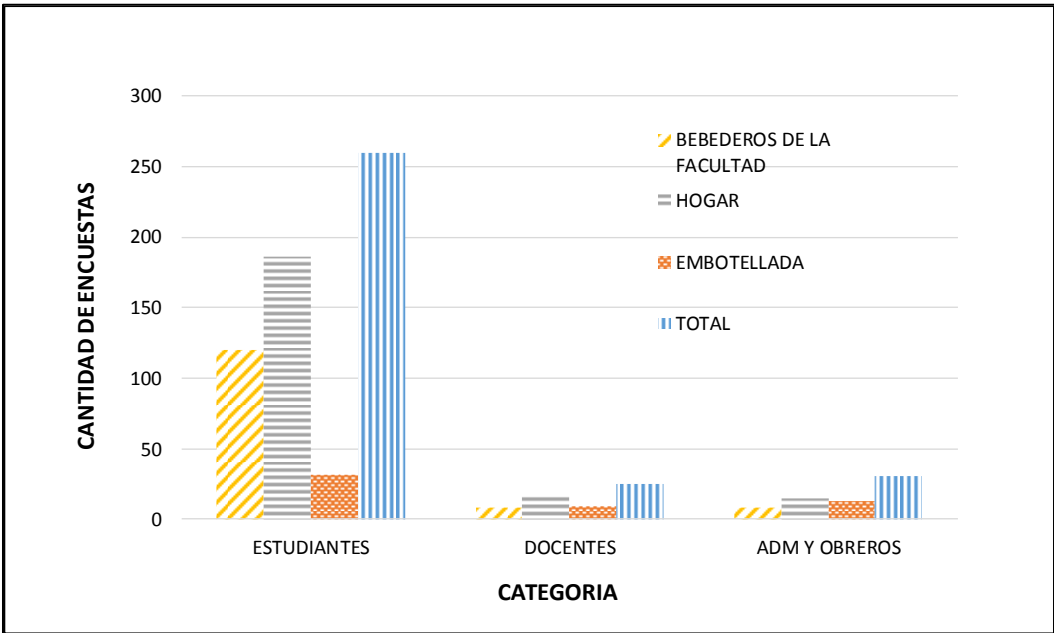


Figura 41. Resultados de la pregunta: ¿Cuál es la procedencia del agua que ingiere mientras permanece en la facultad? Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, los resultados mostrados en las figuras 41 y 42 indican la receptividad que tienen los usuarios ante la posibilidad de implementar un programa de uso y consumo responsable del agua; se aprecia que el 100 % de los encuestados estaría de acuerdo con ello, sin embargo, más del 40 % de los estudiantes manifestaron que no participarían de forma activa, actitud que podría atribuirse al temor por un incremento en sus actividades extra curriculares, demandantes de tiempo.

Al respecto, (Mallinson, Quider, Singh, Voegelé, & Welk, 2013), encontraron que los estudiantes de la Universidad de Dalhousie, apoyarían la aprobación de estrictas leyes sobre la conservación

del agua, así como que entendían el rol que tenían en la conservación de la misma, implementando, por ejemplo, medidas como cerrar un grifo que ha quedado goteando, sin embargo, la respuesta fue más neutral cuando se les interrogó sobre la propuesta de un aumento en los impuestos para el financiamiento de proyectos de conservación del agua.

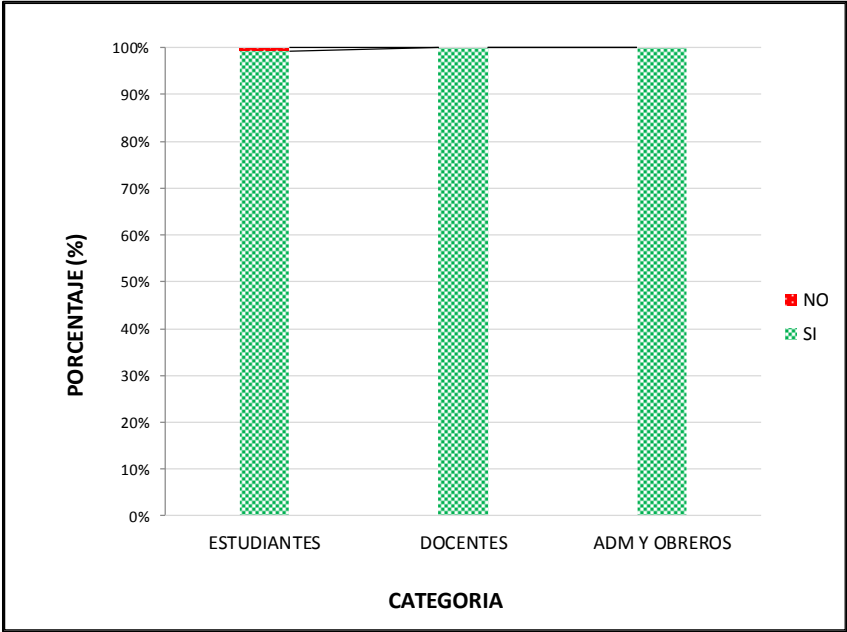


Figura 42. Resultados de la pregunta: ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de un programa de uso y consumo eficiente del agua en la facultad? Fuente: Elaboración propia

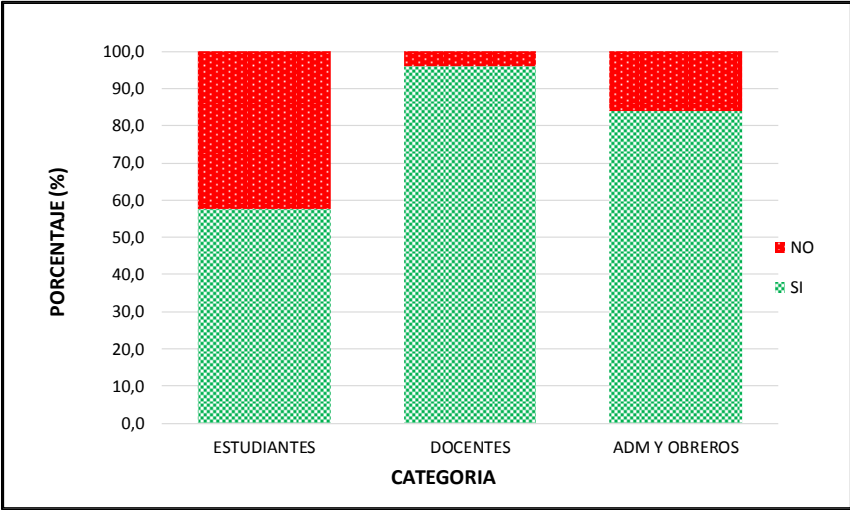


Figura 43. Resultados de la pregunta: ¿participaría de forma activa en el mismo? Fuente: Elaboración propia

Dada la importancia que tiene la participación de la comunidad en el éxito de los programas de sostenibilidad, deberán tomarse en cuenta recomendaciones como las aportadas por (Bajracharya & Too, 2013), quienes encontraron que para incrementar la tasa de participación de los usuarios, los proyectos deben incluir lo que llamaron las seis (06) P: factor psicológico (valor y preocupación por el ambiente), físico (disponibilidad de dispositivos ahorradores), personal (tiempo disponible), percepción (normas sociales), precio (costo asociados a la incorporación de prácticas sostenibles) y las políticas de gestión (apoyo de los gestores del servicio).

#### IV.1.5. Calidad del Agua de Abastecimiento

Como se reportó previamente, el parámetro del agua de abastecimiento peor valorado por los usuarios de la FC-UCV es la calidad, los encuestados manifestaron observar con elevada frecuencia alteraciones en los parámetros organolépticos, por lo que, con la idea de confirmar estos resultados y además completar el diagnóstico, se capturaron muestras en seis (06) puntos representativos del sistema de distribución. En la tabla 11 se reportan los sitios de muestreo y en el anexo K imágenes de la actividad.

Tabla 11. Sitios de muestreo para determinar la calidad del agua de consumo. Fuente: Elaboración propia

Nº muestra	Sitio de muestreo	Fecha y hora de captación
01	Grifo Dirección Escuela Física	09-11-16/9:30 am
02	Bebedero piso 1 IZET	09-11-16/9:48 am
03	Bebedero piso 1 Edif. Aulas	09-11-16/10:08 am
04	Grifo Lab. Docentes Esc. Biología	09-11-16/10:15 am
05	Grifo parte trasera cafetín	09-11-16/10:28 am
06	Grifo Edificio Esc. Química. Lab 141	09-11-16/10:38 am

En la figura 44 se muestran los resultados obtenidos para los análisis de cloro residual libre, turbiedad y pH, los cuales fueron comparados con los valores establecidos en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable (Gaceta Oficial de la República de Venezuela 36.395, 1998), donde se aprecia, que el primer parámetro presentó 100 % de incumplimiento, porque ninguna de las muestras analizadas reportó la presencia de cloro residual libre, lo que es contrario a la norma, en su artículo 7, que indica: “El agua potable destinada al abastecimiento público deberá contener en todo momento una concentración de cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución entre 0,3 y 0,5 mg/L”. Según (Rodgers & Boczek, 2011), la presencia de un desinfectante residual en el sistema de distribución es crítica para mantener un suministro de agua potable segura, porque su función es proteger el agua que circula por la red ante posibles recontaminaciones.

Por su parte, (Hallan, West, Forster C, & Simms, 2001) reportaron en sus investigaciones, que la actividad de las biopelículas que crecen en las paredes de las tuberías, se inhibía con una concentración de cloro residual libre de aproximadamente 0,2 mg/l. Así mismo, (Xin, Da-ming, Jing-yao, Ukita, & Hong-bin, 2003), indican que durante el tiempo que el agua permanece en la red, el cloro utilizado como desinfectante disminuye su concentración al reaccionar con materia orgánica, inorgánica y productos de corrosión adheridos a la pared de la tubería, limitando el número de células sobre las que puede actuar.

Para el caso de la turbiedad, en dos (02) de las seis (06) muestras analizadas, los valores superaron el máximo aceptable, que se ubica en 5 UNT; el resto de las muestras presentaron turbiedades muy cercanas a este valor.

Actualmente, las tendencias en la calidad del agua potable conducen a obtener un agua con turbiedades por debajo de una (1) UNT, como garantía de una desinfección eficiente, disminuyendo así el riesgo de presencia de microorganismos (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2006).

En referencia a los valores de pH obtenidos, todas las muestras cumplieron con el rango establecido en la normativa venezolana.

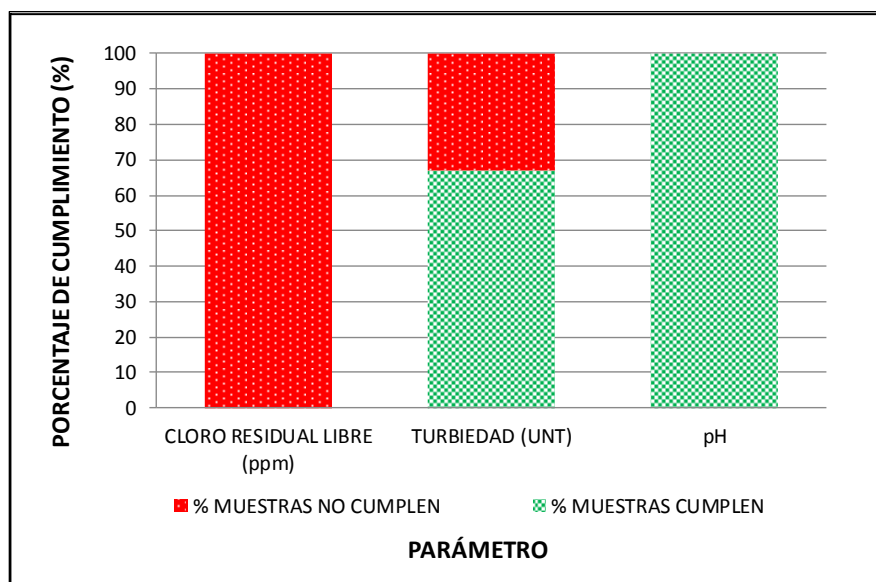


Figura 44. Resultados obtenidos para el análisis de cloro residual libre, turbiedad y pH. Fuente: Elaboración propia.

En los resultados de los análisis microbiológicos, tal como se muestra en la figura 45, las muestras reportaron ausencia de bacterias Coliformes Totales y Fecales, por lo que al compararlo con la norma se presenta 100 % de cumplimiento. Sin embargo, se observó crecimiento de bacterias



atípicas, en el primer caso, en cuatro (04) de las seis (06) muestras y en el segundo, en dos (02) de ellas.

La presencia de bacterias atípicas reviste gran importancia, pues se ha comprobado su capacidad de inhibir el crecimiento del grupo Coliforme, es decir, sobre la base de estos resultados, no se podría garantizar la potabilidad del agua analizada.

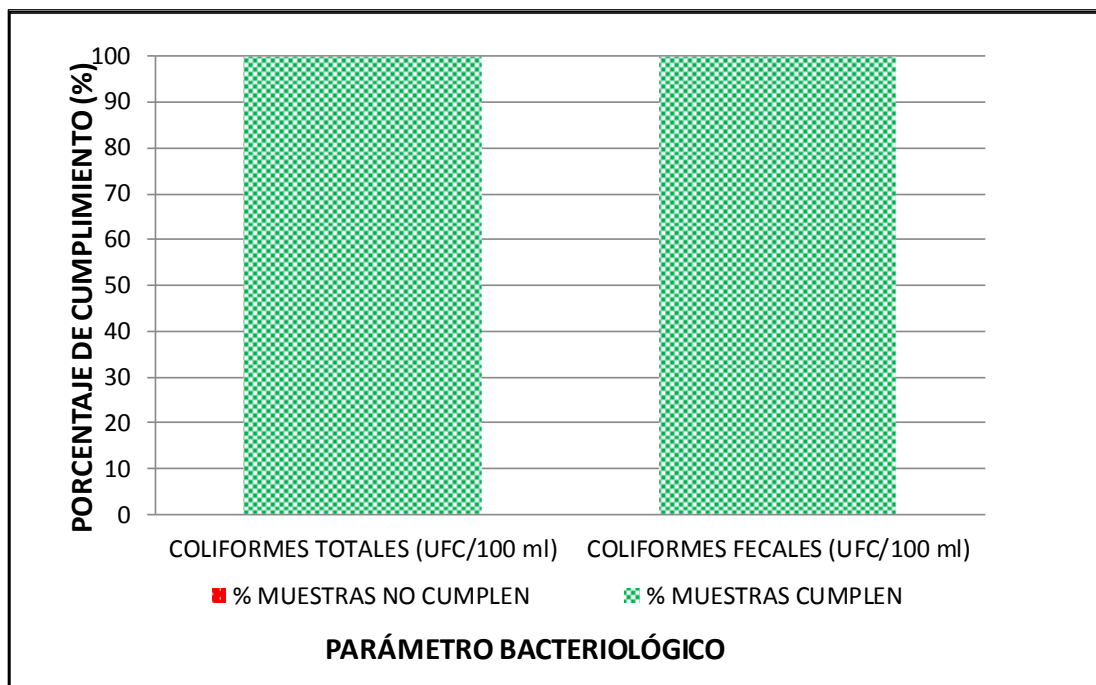


Figura 45. Resultados obtenidos para el análisis de bacterias Coliformes Totales y Fecales. Fuente: Elaboración propia.

## **IV.2. Estrategias para mejorar la Gestión del Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV.**

El diagnóstico realizado, permitió identificar las principales causas que traen como consecuencia que el servicio de agua en la FC-UCV no sea manejado de forma sustentable, éstas fueron agrupadas en variables o aspectos principales: Estructura organizacional (variable organizacional), operacional (ausencia de medición y control de pérdidas) y social (percepción del usuario). Las variables principales y sus causas se resumen en el diagrama mostrado en la figura 46.

Haciendo uso del diagrama, se planteó una recomendación para controlar o eliminar las causas que generaban el problema principal sobre el cual se realizó el análisis; así, por ejemplo, al detectar que dentro de las causas que generaban desperdicio de agua se encontraba el mal funcionamiento de las piezas sanitarias, se recomendó implementar un programa de mantenimiento correctivo y preventivo de piezas sanitarias, siguiéndose este proceso para cada una de las causas, tal como se reporta en la tabla 12.

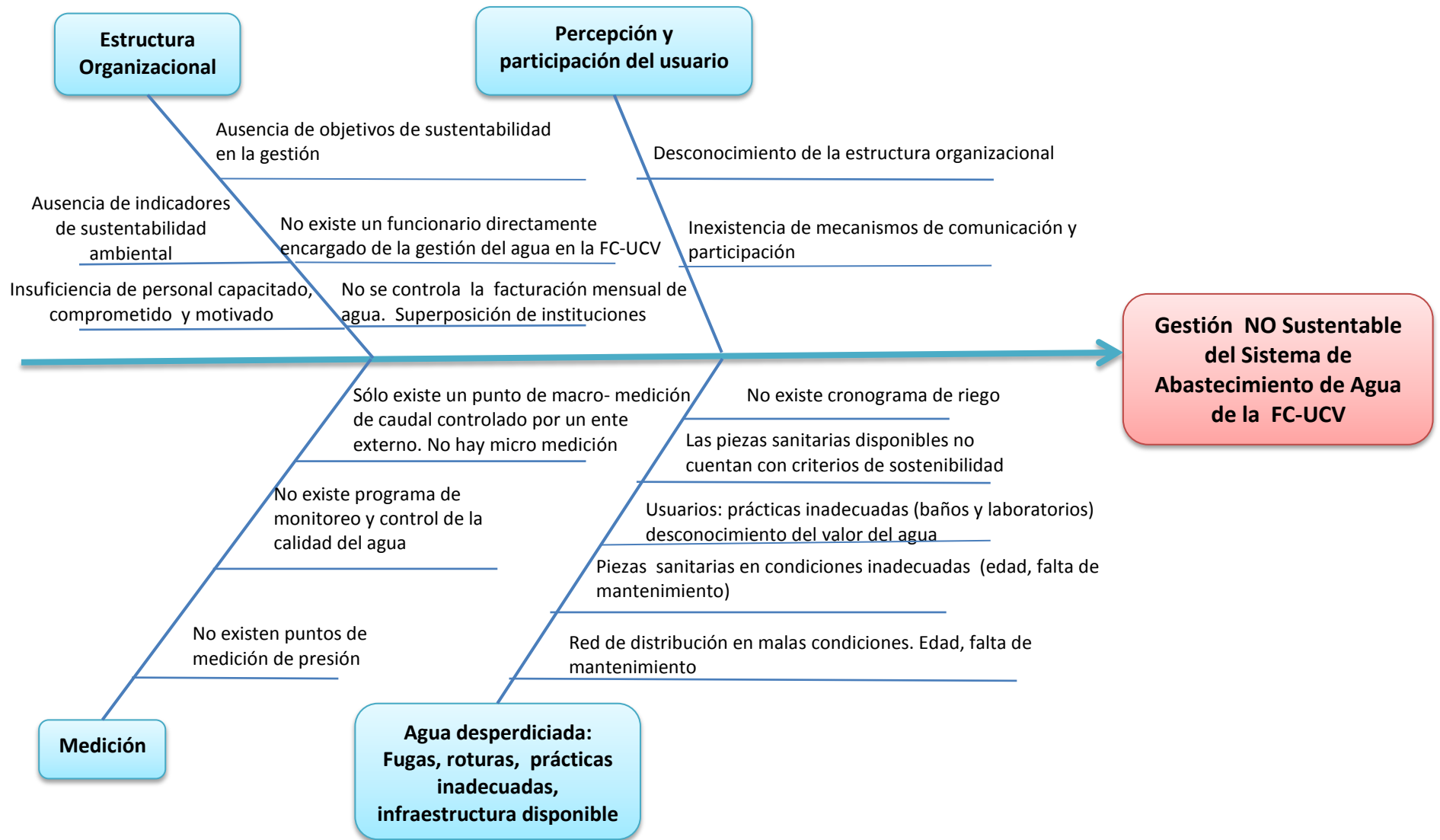


Figura 46. Diagrama causa-efecto del diagnóstico realizado al Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV. Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Estrategias recomendadas para cada causa detectada en el Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV. Fuente: Elaboración propia.

<b>CAUSAS</b>	<b>ESTRATEGIA RECOMENDADA</b>
<b>ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL</b>	
No existe un funcionario directamente encargado de la gestión del agua	Crear unidad de gestión ambiental en la que se incluya la gestión del agua, con un funcionario responsable para su manejo.
Ausencia de objetivos de sustentabilidad en la gestión	Elaborar objetivos de sustentabilidad en la gestión del agua
Ausencia de indicadores de sustentabilidad	Formular indicadores de gestión que permitan medir el cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad
No se controla la facturación mensual de agua (superposición de instituciones)	Establecer formatos para controlar y gestionar la facturación mensual de los consumos del agua
Insuficiencia de personal capacitado, comprometido y motivado	Incorporar nuevo personal al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, deben incluirse capacitación y estímulos para que se comprometan con la gestión.
<b>MEDICIÓN</b>	<b>ESTRATEGIA RECOMENDADA</b>
Sólo existe un punto de macro- medición de caudal controlado por un ente externo. No hay micro medición	Instalar sistema de macro y micro- medición propio en puntos estratégicos del sistema
No existen puntos de medición de presión	Instalar puntos de medición de presión (manómetros)
No existe programa de monitoreo y control de la calidad del agua	Diseñar un programa de monitoreo y control de la calidad del agua que se distribuye.
<b>AGUA DESPERDICADA</b>	<b>ESTRATEGIA RECOMENDADA</b>
Malas condiciones de la red de distribución (edad, falta de mantenimiento, calidad del agua)	Implementar programa de mantenimiento correctivo y preventivo en la red de distribución
Piezas sanitarias en condiciones inadecuadas (edad, falta de mantenimiento)	Implementar programa de mantenimiento correctivo y preventivo de piezas sanitarias
Prácticas inadecuadas de los usuarios (sanitarios y laboratorios). Desconocimiento del valor del agua	Implementar programa de educación ambiental, con énfasis en el valor del agua
Las piezas sanitarias disponibles consumen mucha agua	Implementar programa de cambio de piezas sanitarias por tecnologías de bajo consumo
No existe cronograma de riego	Elaborar cronograma de riego con criterios de sostenibilidad
<b>PERCEPCIÓN Y PARTICIPACIÓN DEL USUARIO</b>	<b>ESTRATEGIA RECOMENDADA</b>
No conocen la existencia del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento	Diseñar mecanismos de comunicación para mantener informados a los usuarios sobre la gestión
Inexistencia de mecanismos de comunicación y transmisión de la información	Diseñar mecanismos de comunicación para mantener informados a los usuarios sobre la gestión

A continuación se describen cada una de las estrategias recomendadas para mejorar la Gestión del Sistema de Abastecimiento de Agua de la FC-UCV, con el objetivo de que la misma se realice de forma integral y sustentable.

#### **IV.2.1. Estructura Organizacional.**

##### *IV.2.1.1. Coordinación de Sustentabilidad Ambiental*

Para que las distintas iniciativas que se emprendan en el ámbito de la gestión ambiental sostenible, tengan viabilidad, sean exitosas y se incorporen en las rutinas establecidas en el campus, necesariamente se requiere de una figura institucional propia, lo que implica la inclusión de una unidad de sostenibilidad dentro de la estructura organizativa de la FC-UCV.

De la revisión de páginas web de universidades venezolanas y latinoamericanas, se pudo verificar que en algunos casos la dirección de sustentabilidad ambiental existe como parte de la estructura, por ejemplo, en la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas-Venezuela (UCAB, 2016). En otras, como la UNAM, México, aparece como un programa estratégico con sus respectivos proyectos, dentro del Plan de desarrollo institucional, en el que se especifica que cuenta con los ajustes de orden legal, administrativo y programático de las diversas instancias y órganos que conforman la estructura académica y administrativa de la Institución, la Honorable Junta de Gobierno, las Secretarías de la Rectoría, las tres Coordinaciones y las Direcciones de las entidades académicas y dependencias universitarias (Graue, 2016)

En la UCV, se presentó a principios del 2016 la propuesta para la formulación y ejecución del proyecto UCV Campus Sustentable, con su respectiva unidad ejecutora que direcciona la Universidad hacia un Campus Sustentable, que cumpla con el requerimiento exigido nacional e internacionalmente sobre la materia en referencia (Siem, Barreto, & Cordero, 2016)

Los antecedentes mencionados, pueden servir como insumo para dar inicio a un proyecto de gestión ambiental en la FC-UCV, que incluya dentro de sus componentes la gestión del agua.

En este sentido, tomando en cuenta lo presentado anteriormente y la estructura organizativa de la facultad, en la figura 47 se muestra una propuesta de diagrama organizacional, en el que se incluye la incorporación de la unidad ejecutora ambiental, bajo dos esquemas, el primero como una coordinación adicional a las existentes, que a su vez estaría conformada por sub unidades como: agua, energía, residuos, compra verde, educación y divulgación ambiental, entre otros, y la segunda, como una unidad adscrita a la coordinación administrativa.

Debe resaltarse, que el diagrama mostrado es una sugerencia inicial; una propuesta concreta, debe estar soportada sobre estudios a profundidad que determinen la viabilidad de la misma.

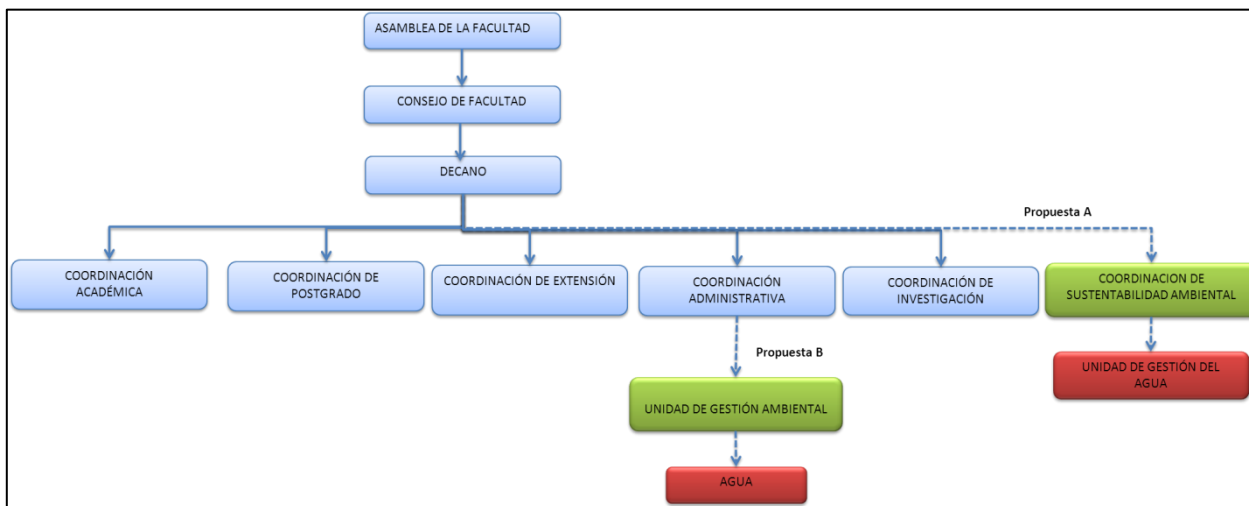


Figura 47. Organigrama de la FC-UCV con las propuestas de inclusión de las unidades de Gestión Ambiental. Fuente: Elaboración propia, sobre datos tomados de (Universidad Central de Venezuela, 2008)

#### IV.2.1.2. Objetivos de Sustentabilidad en la Gestión del Agua

La unidad ejecutora propuesta para la gestión del agua, debe diseñarse con una misión y visión, así como unos objetivos claros. Sobre la base del diagnóstico realizado, a continuación se presentan de forma general, un ejemplo de visión, así como algunos objetivos que se consideran indispensables para una gestión sustentable del servicio de agua en la FC-UCV y que en parte engloba el resto de las medidas recomendadas.

Como ejemplo de visión, se muestra la elaborada para el proyecto UCV campus sustentable, que puede ser fácilmente adaptada a las condiciones de la facultad:

*“La Ciudad Universitaria de Caracas será reconocida por su valoración del recurso agua, a través del manejo eficiente y responsable, contando con una plataforma tecnológica de vanguardia, políticas de mantenimiento preventivo y correctivo actualizadas, metodología de riego de áreas verdes y reuso eficiente, fomentando la participación de la comunidad universitaria en la gestión y trabajo coordinado con los actores externos”.*

Objetivo general:

Formular un programa de manejo, consumo y uso responsable del agua en la FC-UCV.

Objetivos específicos:

- Reducir el agua desperdiciada por fugas, roturas, hábitos inadecuados y mal funcionamiento de las piezas sanitarias.
- Instalar un sistema de macro y micro medición de caudal.

- Implementar un programa de monitoreo y control de la calidad del agua que se distribuye.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la red de distribución y piezas sanitarias.
- Implementar un programa de sustitución de las piezas sanitarias actuales por tecnologías de bajo consumo.
- Implementar un programa de educación ambiental con énfasis en el valor del agua.
- Diseñar estrategias para la comunicación y divulgación de las actividades desarrolladas por la unidad de gestión del agua.
- Impulsar estrategias para incrementar la participación de los usuarios en la gestión del agua.
- Disminuir el consumo de agua en un porcentaje específico en un periodo de tiempo.

#### IV.2.1.3. Indicadores de Sustentabilidad en la Gestión del Agua

Los indicadores son parámetros, generalmente numéricos, que a partir de datos previamente definidos y organizados, permiten llevar a cabo el seguimiento, evaluación, monitoreo y control de una gestión, plan, programa o proyecto; son por lo tanto, un instrumento de planificación, organización, dinamismo y reajuste. A través de ellos se puede obtener una expresión que cuantifica el estado de la característica o hecho que quiere ser controlado, con ello se representa de manera objetiva lo que sucede en un sistema (Ruiz, Guzmán, & Lluís de la Rosa, 2007)

De acuerdo con (Leiva, Rodríguez, & Martínez, 2012), la aplicación de sistemas locales de indicadores de sostenibilidad ambiental, permite identificar y evaluar soluciones tecnológicas para mejorar el desempeño ambiental en los campus universitarios, y constituyen una herramienta para evaluar los sistemas de gestión ambiental con verdadero fundamento científico.

La construcción de un indicador requiere de la recopilación de información a profundidad del sistema en estudio, valorando los distintos aspectos que puedan influir en el contexto para el cual están siendo diseñados, y además, su definición puede ser un proceso complejo que debe ser abordado por especialistas.

Entendiendo la utilidad de los indicadores, su construcción es esencial para medir el éxito de la gestión del agua en la FC-UCV, esta actividad requerirá de trabajos de investigación adicionales al aquí desarrollado, sin embargo, para ejemplificar, en la tabla 13 se muestran dos indicadores que podrán utilizarse como guía en estudios posteriores.

Tabla 13. Indicador tipo para medir la gestión del agua en la FC-UCV. Fuente: Elaboración propia

Nº	INDICADOR	COMPONENTE	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	FORMULA	UNIDAD DE MEDIDA	DEFINICIÓN DEL INDICADOR	FRECUENCIA DE EVALUACIÓN
1	Efectividad en la instalación de piezas sanitarias de bajo consumo (EIPSA)	Número de piezas sanitarias ahorradoras que fueron instaladas (NPSAI)	Cantidad de piezas sanitarias ahorradoras que fueron instaladas	$EIPSA = \left( \frac{NPSAI}{NTPSAP} \right) * 100$	%	Capacidad de la FC-UCV para sustituir las piezas sanitarias actuales por dispositivos de bajo consumo	Anual
		Número total de piezas sanitarias ahorradoras que fue planificada y presupuestada para instalar en el periodo de tiempo establecido (NTPSAP)	Cantidad total de piezas sanitarias ahorradoras que fue planificada y presupuestada para instalar en el periodo de tiempo establecido				
2	Eficiencia en la reducción en el consumo de agua (ERCA)	Volumen de agua facturado en el periodo de estudio actual (m <sup>3</sup> ), Ejemplo: Un año. (VAFA)	Cantidad de agua que entró a la FC-UCV en el periodo de estudio actual	$ERCA = \left( \frac{VAFANT - VAFA}{VAFANT} \right) * 100$	%	Porcentaje de reducción en el consumo anual de agua	Anual
		Volumen de agua facturado en el periodo de estudio anterior (m <sup>3</sup> ), Ejemplo: Un año. (VAFANT)	Cantidad de agua que entró a la FC-UCV en el periodo de estudio anterior				

#### IV.2.1.4. Control y gestión de la facturación mensual de agua

Otro de los problemas detectados en el diagnóstico, es lo que se denominó: “superposición de instituciones”, lo que hace que en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento de la FC-UCV exista desconocimiento absoluto de los consumos mensuales de agua y los costos asociados; con este antecedente, es imposible plantearse metas de ahorro.

En este sentido, se hace necesario establecer mecanismos de comunicación con la Dirección de Mantenimiento Central, de manera que las facturas puedan ser manejadas por el Departamento de Mantenimiento de la FC-UCV, así como también conexión directa con la Gerencia Comercial de la Hidrológica que suministra el servicio, para que la notificación de fallas y/o averías pueda realizarse de forma más expedita.

Es notoria, por ejemplo, la frecuencia con que el medidor instalado, por ser de tecnología electromagnética, queda fuera de servicio por desgaste de la batería. Esta situación pudiera solventarse mediante comunicación directa con la hidrológica, ya sea porque al notificar la novedad el personal acuda a resolverla, o que mediante capacitación, la facultad reponga la batería, evitando con ello, la paralización del medidor por largos periodos de tiempo.

Lo ideal es que además de manejar los costos mensuales, éstos puedan contrastarse con la toma de lecturas diarias en el medidor.



Para facilitar el procesamiento de la información, en el anexo L se presenta un formato tipo de ayuda para la ejecución de esta actividad, el cual fue utilizado en el presente estudio para el procesamiento y análisis de los periodos de facturación.

#### IV.2.1.5. Incorporación de personal capacitado y comprometido.

El déficit de personal capacitado y comprometido con la gestión en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, es otra de las causas que hacen de la misma alejarse de la sustentabilidad.

Mejorar la gestión del agua, en el contexto de sostenibilidad, implica que además de crear una unidad dedicada exclusivamente al manejo del agua, con objetivos definidos y unos indicadores para evaluación y control, se cuente con capital humano capacitado, para lo que será necesario definir la estructura y tamaño de la unidad, así como el perfil y las funciones que debe desempeñar el personal que sea seleccionado.

(Bourguett, y otros, 2003), definieron un perfil general para constituir el recurso humano con que debe contar un programa de consumo y uso responsable del agua; de esta manera, debe existir un responsable de la unidad, personal obrero (plomeros), personal de relaciones públicas, dibujante y técnico en informática. Además, indican que para mantener al equipo de trabajo motivado y comprometido, se debe informar sobre objetivos y actividades a desarrollar, capacitar, concertar y supervisar.

La universidad, por su esencia, puede preparar y capacitar al personal que formará parte de un programa de gestión sustentable del agua.

#### **IV.2.2. Programa de medición.**

Como se ha mencionado, una de las principales variables que influyen en la gestión del agua es la medición; de esta manera, se logra controlar el sistema tanto hidráulica como sanitariamente. En la FC-UCV se requiere la implementación de un programa de medición de los tres parámetros básicos: Caudal, presión y calidad del agua.

##### IV.2.2.1. Medición de Caudal.

El objetivo de la instalación de un sistema de macro y micro medición de caudal es conocer con precisión los volúmenes de agua que ingresan a la FC-UCV, la distribución de los consumos en las distintas dependencias y actividades, así como la que se pierde por fugas y roturas, de esta manera, se podrán establecer metas reales de reducción en el consumo.

El diseño e implementación de un sistema de medición de caudal, requiere de un estudio técnico y económico muy amplio, es fundamental tomar en cuenta variables como: tipo de medidor

(funcionamiento, características técnicas y diámetro más adecuado), sitio de instalación (representatividad, arreglo o configuración) y operación y mantenimiento (preventivo y correctivo).

En este sentido, los medidores pueden ser de lectura tradicional, que es aquella que se realiza in situ, de forma visual y por ende requiere de un operario; y la automática, en que el proceso de captación de la información del contador se realiza por medio de una comunicación digital. Cuando se le añaden los medios para que ese intercambio de datos no requiera de la presencia de una persona en la ubicación del contador, se tiene un Sistema de Lectura a Distancia o Sistema de Telelectura (Rodríguez C. , sf), que corresponden a la llamada gestión inteligente del agua. Los medidores también se pueden clasificar por el tipo de tecnología, así, se tienen los mecánicos de pulso, electromagnéticos, los ultrasónicos (portátiles), entre otros.

En el caso de la FC- UCV, se recomienda la instalación de un macro medidor propio en la tanquilla de entrada, es decir, donde se encuentra ubicado actualmente el dispositivo de medición de la Hidrológica que suministra el servicio. Es deseable que en la selección del medidor, se tome en cuenta un tipo de tecnología que incluya una unidad electrónica de transmisión remota, que permita acceder a los datos desde cualquier lugar y en tiempo real, haciendo la toma de lectura independiente de un operador o funcionario, lo que resulta ventajoso, dados los niveles de inseguridad personal en el campus, que impiden las mediciones en horarios nocturnos. Al respecto, (González, Val, & Rocha, 2010) seleccionaron medidores de tipo electromagnético con unidad electrónica para transmisión de datos en el Sistema Integral de Medición de Agua Potable en Ciudad Universitaria de la UNAM.

Para la micro-medición, se sugiere inicialmente la instalación de medidores a la entrada de las principales dependencias, tal como se muestra en la tabla 14, los diámetros indicados están basados en las estimaciones realizadas previamente y en lo reportado por otros autores (González F. , Val, Rocha, & Segundo, sf); sin embargo, esto no debe ser tomado como definitivo, pues en la escogencia de contadores de agua se requiere conocer variables imprescindibles como las pérdidas de carga (ocasionadas por el equipo), caudales mínimo, medio y máximo, entre otros.

Se recomiendan contadores volumétricos con módulo de radio (emisor de pulso) que envíen los registros a una unidad concentradora, tal como los utilizados por (Trujillo & Sarmiento, 2012), en su estudio.

Tabla 14. Puntos sugeridos para la instalación de micro medidores en la FC-UCV. Fuente:  
Elaboración propia.

Ubicación del micro-medidor	Diámetro pulgadas (mm)
Toma de entrada edificio de aulas	1" (25 mm)
Toma de entrada Edificio Escuela de Química	¾" (20 mm)
Toma de entrada IZET e ICT	¾" (20 mm)
Ramal de suministro al pasillo (Biblioteca, Tobías Laser, Escuela Computación, entre otros)	1" (25 mm)
Toma de entrada Edificio escuelas de Física y Matemática	¾" (20 mm)

El sistema indicado, generalmente se compone de los contadores macro y micro, un equipo central denominado concentrador, que recibe la señal de los medidores, y un servidor, el cual recibe los datos mediante comunicación GPRS y los almacena.

Debe resaltarse, que la instalación de un sistema de teledetección o medición inteligente puede resultar muy costoso en términos económicos, sin embargo, se recomienda por la importancia y el impacto positivo que tendría en la gestión.

Por esta razón, una alternativa que puede implementarse de forma inmediata, sin la necesidad de una inversión económica, sería utilizar el macro-medidor que se encuentra instalado y establecer una rutina diaria de toma de lecturas, las mismas deberán ser en periodos cortos de tiempo, por ejemplo, a primera hora de la mañana (7:00 am), al medio día (12:00 pm) y en la medida de lo posible, en horas donde las actividades se hayan reducido considerablemente (7:00 pm), así se podrá confirmar el comportamiento mostrado por el sistema durante el desarrollo del presente trabajo. Como ayuda, en el anexo M se presenta un formato tipo para realizar el control de esta actividad.

Se recomienda además, ejecutar mantenimiento a la tanquilla donde está instalado el medidor y las zonas aledañas. Como se aprecia en la figura B2 del anexo B, actualmente el lugar presenta condiciones inadecuadas de seguridad e higiene, lo que trae como consecuencia, entre otros aspectos, dificultad para acceder al mismo.

#### IV.2.2.2. Medición de Presión.

Como ya se ha mencionado, la presión es una variable de control hidráulico de redes que permite manejar adecuadamente los niveles de servicio, además, la gestión de la presión es muy utilizada para la reducción de pérdidas de agua.

En la FC-UCV, es necesario la instalación de manómetros en distintos puntos de la red de distribución, se sugieren los mismos que para el caso del sistema de medición de caudal. En cuanto al tipo de dispositivo, los de glicerina son los más comúnmente utilizados, el rango recomendable es entre 0 y 100 psi, que cubre las presiones que se manejan en el sistema, según lo reportado por (Avendaño & Serrano, 2004).

#### IV.2.2.3. Monitoreo y Control de la Calidad del Agua

Los resultados de la percepción del usuario sobre la calidad del agua de abastecimiento indicaron que es muy frecuente observar alteraciones en la apariencia, color, sabor y olor, posiblemente debido a los cronogramas de regulación del servicio, que se han hecho habituales en la ciudad de Caracas. Siendo que este tipo de alteraciones pudieran estar asociadas a un agua comprometida microbiológicamente, y que a su vez, puede traer consecuencias negativas en la salud de los usuarios, así como también, en los equipos usados en los laboratorios, es recomendable la implementación de un programa de monitoreo y control de la calidad del agua que se distribuye en la FC-UCV.

La universidad cuenta con personal y laboratorios especializados en el área, que puedan prestar apoyo en su diseño e implementación, tomando como referencia la normativa venezolana (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo (MSDSA), 1998b). En la tabla 15 se muestran algunos de los parámetros a tomar en cuenta de acuerdo con la norma.

Tabla 15. Principales parámetros a tomar en cuenta para el diseño de un programa de monitoreo y control de la calidad del agua de abastecimiento en la FC-UCV. Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de las NSCAP.

Frecuencia de muestreo para análisis bacteriológicos (población menor a 5.000 hab)	Una (01) muestra mensual
Parámetros organolépticos (aspecto, sabor, olor, color, turbiedad y pH), conductividad específica y cloro residual.	Una (01) muestra diaria
Parámetros físico-químicos adicionales	Una (01) muestra trimestral
Puntos de muestreo	Una (01) muestra en cada ramal principal

Entendiendo la situación organizativa, presupuestaria y financiera de la universidad, que incide en los tiempos de implementación de este tipo de medidas, se presenta una alternativa adicional que pudiera representar una opción a corto plazo, que consiste en solicitar a la empresa que suministra el servicio (Hidrocapital), la captación y análisis de muestras en puntos estratégicos dentro de la facultad, como parte de los programas de control de auditoría en redes de

abastecimiento. De esta manera, si la empresa detecta alguna alteración, inmediatamente puede implementar los correctivos a que hubiera lugar. Sería ideal que la FC-UCV pudiera tener acceso a los resultados para su divulgación a los usuarios, obteniendo con esto, transparencia en la gestión y estímulo para involucrar a la comunidad en la misma.

Un punto final a resaltar, es que la Red de Distribución de agua de la universidad está georeferenciada, con lo que se pueden incorporar los sistemas de información geográfica en el programa de medición, herramienta tecnológica de gran utilidad en la gestión del agua.

### **IV.2.3. Control de pérdidas, hacia la reducción del agua desperdiciada.**

#### IV.2.3.1. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la red de distribución.

El hecho de que se hayan detectado tres (03) fugas de importancia causadas por roturas en la red de abastecimiento, y adicionalmente se presentara otra durante el periodo de inspección física, denota el deterioro de la tubería por obsolescencia, que ocasiona importantes pérdidas de agua, y pudiera estar influyendo en las alteraciones de la calidad del agua, percibidas por los usuarios y verificadas mediante el muestreo de comprobación.

En este sentido, se recomienda la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la red de distribución, lo que puede implicar sustitución de tramos de tuberías y/o de los dispositivos instalados, por ejemplo, las válvulas.

Es recomendable que el programa esté basado en un estudio minucioso de la red, que incluya, además de inspecciones visuales, el monitoreo y control de las fugas, para establecer la frecuencia con que éstas ocurren y los posibles puntos recurrentes, que deberán ser tomados como críticos y prioritarios.

#### IV.2.3.2. Programa de mantenimiento preventivo y correctivo de piezas sanitarias

Como se determinó en este estudio, los sanitarios son los puntos de mayor consumo de agua en la FC-UCV. La constante manipulación de las piezas sanitarias, especialmente aquellas que se encuentran en los baños de libre acceso, incrementan las posibilidades de deterioro, lo que trae como consecuencia, que la pieza se dañe y quede fuera de servicio, o que no funcione adecuadamente y se convierta en un dispositivo por el cual se desperdicia agua. Por esta razón, implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de las mismas, es imprescindible para disminuir los consumos de agua.

El mantenimiento debe hacerse sobre la base de una planificación anual, de manera que sea incluido en el presupuesto del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento.

Para el mantenimiento correctivo, deberá realizarse un diagnóstico específico del tipo de falla que presenta cada pieza, para determinar el repuesto que se requiere adquirir, así, se generará un listado sobre los que se elaborará el costo total.

Para el mantenimiento preventivo, lo deseable es que se cuente en inventario con algunos de los dispositivos que suelen presentar mayor recurrencia de falla, por ejemplo: kit de empaaduras, diafragma de urinario, kit de palanca, juntas, entre otros.

#### IV.2.3.3. Programa de cambio y/o adaptación de las piezas sanitarias existentes por tecnologías de bajo consumo.

Implementar un programa de cambio y/o adaptación de las piezas sanitarias existentes, por unas que al utilizarse gasten menos agua, es una forma de asegurar la reducción en el consumo, sin dejar la responsabilidad, en los hábitos de los usuarios.

La reducción puede conseguirse de dos (02) formas, sustituyendo la pieza o adaptándola para reducir el volumen normal de trabajo. Según (Bourguett, y otros, 2003), existen dispositivos que restringen el caudal o el volumen de descarga de los excusados, urinarios y lavamanos.

En la FC-UCV, la mayoría de las piezas sanitarias son de válvula (fluxómetro), sin embargo, en algunas dependencias existen excusados de tanque, en los que los gastos de agua tienden a ser mayores, generalmente oscilan entre 15 y 20 l/descarga, en ambos casos, es posible la adaptación de la pieza para reducir la cantidad de agua.

#### **Excusados (pocetas) de tanque y válvula:**

El ahorro se puede conseguir de distintas formas, por limitación de descarga o doble descarga, estos son los que dan la posibilidad de tener una descarga para sólidos y otra para líquidos, este mecanismo se puede implementar tanto en las pocetas de tanque como en las de válvula. En las primeras ubicando algún dispositivo para dividir el tanque o instalando un segundo contenedor dentro del tanque, y en los segundos; sustituyendo la válvula por una dual, como la mostrada en el lado izquierdo de la figura 48.

En este tipo de tecnología, el funcionamiento por descarga presurizada, se realiza conectando sistemas que generen presión de aire para descargar la pieza de forma combinada, es decir, con agua y aire. Otra forma de lograr el ahorro, consiste en interrumpir o prolongar la descarga, en esta solución se comienza la descarga del tanque y si se vuelve a pulsar la palanca, se interrumpe la descarga antes de que se vacíe totalmente el tanque (García & Valencia, 2005).

Otra técnica muy conocida y de fácil implementación en las pocetas de tanque, es introducir un envase que desplace y reduzca el volumen (ver lado derecho de la figura 48)



Figura 48. Lado izquierdo: Fluxómetro doble descarga. Lado derecho: Esquema de reducción de consumo de agua en excusados de tanque. Fuente: tomado de (Sloan, 2016) y (Bourguett, y otros, 2003)

**Urinarios:** En estos dispositivos la descarga de agua es más baja que en las pocetas, pues están diseñados sólo para evacuar líquidos. No se pudo conocer con exactitud cuál era el valor de la descarga en los urinaros de la FC-UCV, sin embargo, dada la data antigua de instalación, pudieran estar en el rango de 6 a 9 l/descarga, mientras que los disponibles actualmente en el mercado, van desde los 3 a 0,5 l/descarga, incluso existen los que funcionan sin agua. En la figura 49 se muestran dos alternativas de este tipo (Sloan, 2016), resaltándose que ambas son de la misma marca de la mayoría de las piezas instaladas.



Figura 49. Urinaros de bajo consumo disponibles en el mercado. Fuente: Tomado de (Sloan, 2016).

**Lavamanos y grifos:** En los lavamanos también se pueden realizar modificaciones para reducir los gastos de agua, por ejemplo, adaptar reductores de flujo o aireadores que ayuden a dispersar el chorro de agua, aprovechándose mejor el volumen de agua que descargue la pieza. En caso de que técnicamente la adaptación resulte compleja o muy costosa, la opción sería la sustitución por

llaves de pulso o con sensores infrarrojos para controlar la descarga. En la figura 50 se muestran ejemplos de las tecnologías disponibles.



Figura 50. Lavamanos de bajo consumo disponibles en el mercado. Fuente: Tomado de (Sloan, 2016).

Por otra parte, debe mencionarse que durante el desarrollo de la fase de inspección física, se visitaron los sanitarios de las nuevas edificaciones en construcción; en ellas se pudo verificar, que tanto los excusados como los urinarios que se están instalando, corresponden a tecnología de bajo consumo (ver en el anexo N las imágenes correspondientes), los primeros de 4,8 l/descarga y los segundos de 3,8 l/descarga, con lo cual se tiene una referencia dentro de la facultad.

#### IV.2.3.4. Cronograma y Sistema de riego con criterios de sostenibilidad.

A pesar de que durante el desarrollo de este trabajo, el riego pareciera no haber tenido un impacto importante en los consumos de agua, posiblemente porque se realizó durante el periodo de lluvias, la FC-UCV cuenta con una extensa área verde y jardines, que rondan aproximadamente los 7.600 m<sup>2</sup>, en este sentido, para mantenerla en buenas condiciones, se requiere un volumen de agua considerable, que tenderá a ser más representativo durante el periodo de sequía.

De esta manera, es recomendable la planificación del riego mediante la implementación de un cronograma para esta actividad, estableciendo rutinas semanales, zonificando por sector o por los requerimientos de agua de las distintas especies de plantas presentes. Además, es necesario tomar en cuenta los horarios, por ejemplo, evitar el riego entre las 10:00 am y 4:00 pm. Los expertos recomiendan que se realice en horarios nocturnos, pero en virtud de los altos niveles de inseguridad personal y que la facultad no cuenta con personal obrero asignado para este horario, se podría realizar en las primeras horas de la mañana; una mejor opción, la representa una automatización del sistema de riego, adaptando un temporizador con válvula integrada, que permita regar las plantas sin la presencia de un operario.

El cambio del sistema actual, por uno que consuma menores cantidades de agua, como los de goteo, también puede ser una alternativa a tomar en cuenta.



#### **IV.2.4. Programa de educación ambiental con énfasis en el valor del agua y estrategias de comunicación e información.**

Los resultados de la encuesta sobre la percepción que el usuario de la FC-UCV tiene de la gestión del servicio de agua permitieron verificar dos aspectos fundamentales, su baja participación en la gestión y fallas en los mecanismos de comunicación y divulgación de la información, siendo el primero, en parte dependiente del segundo.

Los mecanismos de comunicación deben estar dirigidos a la divulgación de información de dos tipos: la asociada a la importancia del recurso agua, su uso y consumo responsable, eventos y la relacionada con las actividades o trabajos que realizan los gestores del servicio en pro de su mantenimiento y mejora; la idea es que pueda implementarse una gestión compartida del servicio de agua, y en esto, la integración de los usuarios, depende en gran medida de un programa de comunicación eficaz y eficiente.

De acuerdo con lo desarrollado en el marco referencial, las campañas informativas pueden realizarse a través de:

##### IV.2.4.1. Carteleras informativas.

En la mayoría de las dependencias de la FC-UCV existen estos dispositivos, pueden utilizarse para colocar información educativa sobre el valor del agua, también podrían instalarse algunas carteleras dedicadas exclusivamente a los temas asociados agua, a las que podrían asignársele una identificación llamativa como: "EL RINCON DEL AGUA". Lo ideal es que la información pueda difundirse en el mayor número de sitios posible, sin embargo, dada la baja disponibilidad de recursos, deben escogerse puntos estratégicos como el pasillo y el edificio de aulas. Las campañas educativas sobre el valor y la importancia del agua, pueden realizarse mediante la formulación y ejecución de proyectos de servicio comunitario.

##### IV.2.4.2. Encuentros con la comunidad.

Los encuentros frecuentes con líderes de las comunidades son comunes hoy en día para los gestores de los servicios públicos, en ellos se pueden detectar las necesidades más apremiantes, involucrar a la comunidad en la resolución de problemas y establecer líneas estratégicas de acción. De la información recabada en el diagnóstico, se pudo conocer que el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento realiza encuentros con los centros de estudiantes al menos dos (02) veces por mes, sin embargo, pareciera que los resultados de estos encuentros no están llegando de forma efectiva a los usuarios, lo que hace necesario mejorar los canales y herramientas de comunicación, muchas de las cuales se mencionaron previamente o se irán nombrado en los apartados

siguientes. Adicionalmente, es recomendable que en los encuentros también haya representación profesoral y de los empleados y obreros.

#### IV.2.4.3. Eventos públicos.

Otro mecanismo que puede ser utilizado para transmitir la importancia del agua, es la realización de eventos en los cuales se interactúe directamente con los usuarios, donde se incluyan, no sólo actividades de tipo académico, como foros, seminarios y ponencias sobre investigaciones asociadas al agua, sino además, aquellas de tipo recreativas, como juegos, competencias, concursos, etc.

Un ejemplo es el evento que realiza el Departamento de Aguas de la Ciudad de New York y su comité de extensión (New York State, 2015), quienes organizan cada año el concurso llamado: “saberes del agua”. Es un concurso local, regional y estatal que se ha realizado por más de 28 años, y en el que el público participa en actividades como medir y juzgar las características del agua de distintas compañías que suministran el servicio.

Otro ejemplo es el concurso promovido por el Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM, denominado: **reUNAMos** acciones por el agua (Programa de Reuso, Uso y Consumo de Agua en la UNAM (PUMAGUA), 2014), en él se incentiva a los estudiantes a presentar propuestas para mejorar el manejo del agua en su facultad o escuela. Luego que se reciben los trabajos, se realiza el encuentro donde los alumnos presentan sus proyectos.

Este tipo de eventos constituyen parte del quehacer diario de la Universidad, los cuales generalmente se realizan con ayuda de entes externos a través de alianzas estratégicas, por lo que se considera que la implementación de medidas como ésta, son factibles de poner en práctica en la FC-UCV.

#### IV.2.4.4. Medios electrónicos.

Cada vez es más preponderante el rol que juegan las llamadas tecnologías de información y comunicación (TIC) como vía de interacción. Existe una gran variedad de herramientas que permiten llegar a la gente con mucha facilidad, tal es el caso de redes sociales como: facebook, twitter, instagram, entre otros, a través de los cuales es posible divulgar información de interés y entregar un mensaje de forma masiva, rápida y económica a un gran número de personas. Un ejemplo dentro de la UCV, es el Proyecto UCV Campus Sustentable, el cual recientemente presentó su sitio web y una nueva identidad gráfica, que le ha permitido posicionarse cada vez más en las actividades de divulgación e información sobre los temas asociados a la sustentabilidad.

Además de las páginas web y los blogs, las aplicaciones para teléfonos también se presentan como una herramienta de mucha utilidad. Un ejemplo es el de Aqua America, operadora del servicio de agua en estados como Pennsylvania, Ohio, y Carolina del Norte, donde crearon una aplicación móvil, que contiene, entre otros aspectos, 21 consejos para la conservación y uso del agua (AQUA, 2016). En la figura 51 se aprecia una imagen de la web interactiva.

De la misma manera, la Universidad de Redlands en California, al estar expuesta constantemente a la presión de la comunidad universitaria para que se disminuyera el desperdicio de agua y se enfocara en establecer un campus más sostenible, creó un Geo-foro bajo la plataforma de arcGIS, con el fin de que los estudiantes con teléfonos inteligentes pudieran reportar el lugar exacto de una fuga. De esta manera, los gestores del servicio podrían tener ojos por todo el campus y a la vez se estimularía la co-responsabilidad de la gestión (ESRI, 2014).



Figura 51. Aplicación para teléfonos creada por Aqua América. Fuente: Tomado de (Environmental Protection Agency (EPA), 2015)

Desarrollar este tipo de tecnología es completamente factible en la FC-UCV, por ejemplo, mediante trabajos especiales de grado o pasantías con los estudiantes de la Escuela de Computación. Aplicaciones como ésta pueden resultar muy atractivas, especialmente para los estudiantes, pudiéndose incluir en ellas, reportes de calidad del agua, consumos mensuales, eventos, juegos, reportes y quejas, entre otros.

#### IV.2.4.5. Buzón de sugerencias, reportes de quejas y auditorias de servicios:

Las auditorias de servicio, como la aplicación periódica de una encuesta, así como la incorporación de los muy conocidos buzones de sugerencias, permitirá al Departamento encargado de la Gestión del Agua conocer la opinión y propuestas de los usuarios ante problemáticas puntuales.

Cada una de las estrategias presentadas, fue sometida a la valoración de expertos para su correspondiente jerarquización. En los resultados, que se presentan en la tabla 16, se aprecia que las dos (02) medidas que presentaron mayor frecuencia de puntuación por encima de trece (13) puntos, corresponden a elaborar objetivos e indicadores de sustentabilidad, lo que significa que, de acuerdo con la mayoría de los expertos, son las recomendaciones que deberían implementarse a corto plazo o de forma inmediata.

Las medidas que le siguieron a las anteriores en orden de importancia fueron: establecer formatos para controlar la facturación de agua, implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de las piezas sanitarias y diseñar mecanismos para mantener informados a los usuarios sobre la gestión, que serían consideradas como de implementación a mediano plazo.

Así mismo, implementar un programa de educación ambiental y elaborar un cronograma de riego con criterios sostenibles, se ubican como de aplicación a mediano plazo, ya que solo dos (02) de los siete (07) expertos, las calificaron con puntuaciones por encima de trece (13) puntos.

El resto de las medidas, sólo obtuvieron una (01) o ninguna calificación por encima de trece (13) puntos, quedando como de aplicación a largo plazo.

Vale resaltar, que uno de los criterios que influyó notablemente en la valoración, fue el asociado a los costos de implementación de la medida; de esta manera, se observa que, por ejemplo, la instalación de un sistema de macro micro-medición de caudal, así como la sustitución y/o adaptación de las piezas sanitarias por tecnologías de bajo consumo, de acuerdo a los resultados, serían de aplicación a largo plazo, a pesar de que las mismas generarían un impacto positivo en la gestión.

Tabla 16. Resultados de la valoración de las estrategias recomendadas. Fuente: Elaboración propia.

ID	ESTRATEGIA RECOMENDADA	EXPERTOS							FRECUENCIA $\geq 13$
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Crear unidad de gestión ambiental en la que se incluya la gestión del agua	13	11	11	12	9	11	10	1
2	Elaborar objetivos de sustentabilidad en la gestión del agua	15	12	14	13	13	11	11	4
3	Formular indicadores de gestión que permitan medir el cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad	14	12	13	13	12	11	13	4
4	Establecer formatos para controlar y gestionar la facturación mensual de los consumos del agua	12	9	15	14	12	13	12	3
5	Incorporar nuevo personal al Departamento de Ing y Mantenimiento	13	11	9	12	12	11	10	1
	<b>ESTRATEGIA RECOMENDADA</b>								
6	Instalar sistema de macro y micro- medición propio en puntos estratégicos del sistema	11	10	10	12	8	12	11	0
7	Instalar puntos de medición de presión (manómetros)	12	9	8	11	7	10	12	0
8	Diseñar un programa de monitoreo y control de la calidad del agua que se distribuye.	12	13	9	12	10	11	11	1
	<b>ESTRATEGIA RECOMENDADA</b>								
9	Implementar programa de mantenimiento correctivo y preventivo en la red de distribución	12	13	8	12	12	10	12	1
10	Implementar programa de mantenimiento correctivo y preventivo de piezas sanitarias	13	13	8	14	10	10	11	3
11	Implementar programa de educación ambiental, con énfasis en el valor del agua	14	11	12	12	13	12	12	2
12	Implementar programa de cambio de piezas sanitarias por tecnologías de bajo consumo	11	11	11	14	9	9	12	1
13	Elaborar cronograma de riego con criterios de sostenibilidad	14	9	12	12	11	9	14	2
	<b>ESTRATEGIA RECOMENDADA</b>								
14	Diseñar mecanismos de comunicación para mantener informados a los usuarios sobre la gestión	13	13	13	12	9	11	12	3
15	Diseñar mecanismos de comunicación para mantener informados a los usuarios sobre la gestión	14	13	13	12	9	11	12	3

Los resultados de la valoración realizada a las estrategias recomendadas, permitieron construir un Diagrama de Pareto, el cual se reporta en la figura 52, donde se puede visualizar de una forma más clara, el escenario de aplicación del compendio de medidas. Se observa que, el grupo de medidas que fueron consideradas de aplicación a corto y mediano plazo (50 % del total), presentan un 80 % de frecuencia acumulada; es decir, que siete (07) de las catorce (14) recomendaciones, tienen el mayor peso en la resolución de la problemática, ubicándose a la izquierda del gráfico mostrado en la figura 52, mientras que las siete (07) medidas restantes, se ubicaron en el lado derecho del gráfico, que constituye la llamada zona de “muchos triviales”. Sin embargo, como ya se mencionó, dentro del grupo de recomendaciones que se ubican en la zona de poca importancia, influyó el costo de aplicación de la misma.

Además, debe recordarse, que en el detalle o descripción de las medidas, se incluyeron algunas recomendaciones que pueden implementarse de forma inmediata, aunque la estrategia global haya quedado relegada para aplicación a largo plazo.

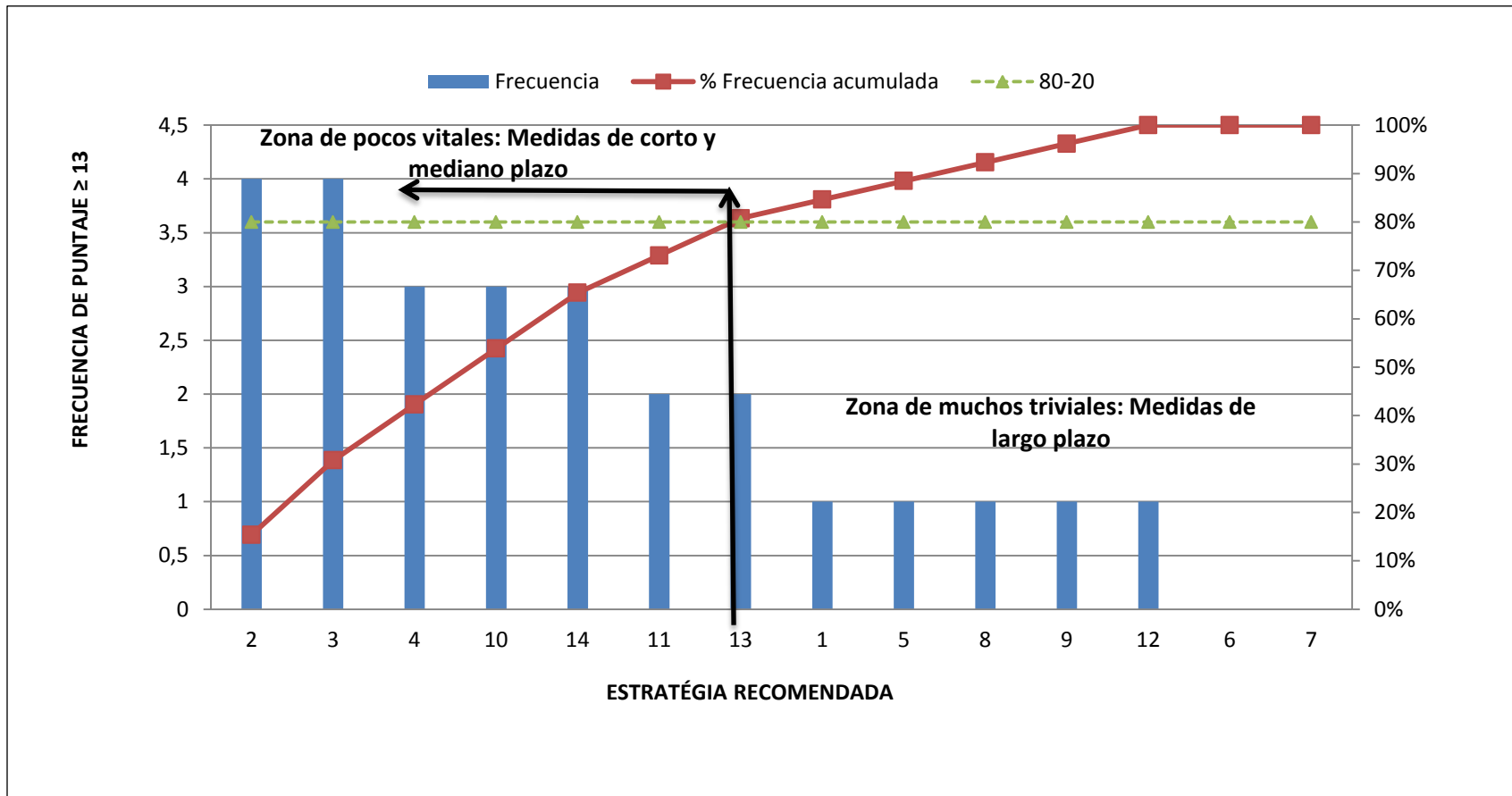


Figura 52. Diagrama de Pareto aplicado a las estrategias recomendadas. Fuente: Elaboración propia

## **CONCLUSIONES**

- El caudal de agua que entra en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela se ubica entre 4,5 y 5 l/s.
- El consumo asociado a los usuarios es de aproximadamente 1,76 l/s, que corresponde a 39 % del total que ingresa, lo que sugiere pérdidas de agua del orden del 61 %, asociadas principalmente a fugas por roturas en las tuberías y mal funcionamiento de las piezas sanitarias, situación que los usuarios manifiestan observar con frecuencia y que se verificó no influye en los costos de facturación.
- El consumo per cápita de agua en la Facultad de Ciencias es aproximadamente 37,78 l/usuario/día, valor inferior al estipulado en la norma sanitaria venezolana y cercano a los reportados por universidades latinoamericanas que han iniciado programas de consumo y uso responsable del agua.
- El principal uso del agua en la FC-UCV es en los sanitarios, el agua utilizada para bebida y docencia e investigación se ubican en segundo y tercer lugar.
- El agua de bebida proviene principalmente del hogar, aunque también es utilizada la de los bebederos disponibles, y muy pocos estudiantes usan agua embotellada, lo que implica menor cantidad de envases plásticos en la basura.
- El 79 % de los estudiantes y 68 % del personal administrativo y obrero manifiesta que su consumo diario de agua es bajo, mientras que 52 % de los docentes lo considera de medio a alto, posiblemente por la inclusión de actividades de docencia e investigación en los laboratorios.
- El ramal de mayor consumo de agua en la FC-UCV está conformado por el tramo IZET, ICT y edificio de aulas, seguido por la escuela de química y en tercer lugar el denominado galpón 9 (Escuela de Computación, laboratorios docentes de Biología, auditorio Tobías Laser, biblioteca, entre otros).
- El estatus actual de las piezas sanitarias es considerado por la mayoría de los usuarios como deficiente en términos de funcionamiento, suficiencia y limpieza. La inspección física determinó que el 68 % se encontraba funcionando, mientras que 25 % estaba fuera de servicio y el 7 % restante tenía algún tipo de goteo (fuga). Las pocetas presentaron el mayor porcentaje de fuga (12 %).
- El 50 % de los estudiantes, 84 % de los docentes y 61,3 % de los empleados y obreros indican que no existen piezas sanitarias de bajo consumo, en el primer grupo se detectó



desconocimiento sobre el significado y funcionamiento de estos dispositivos. La inspección física reveló que solo 2,3 % de los lavamanos son de bajo consumo, ninguna de las piezas restantes presentaba tecnología ahorradora.

- Los usuarios de la Facultad de Ciencias consideran que el servicio de agua no se maneja de forma eficiente y responsable, ni se fomenta la participación de los usuarios en la gestión, sin embargo, más del 60 % de los docentes y personal administrativo y obrero, consideran que la cantidad y continuidad del agua que reciben es buena, los estudiantes perciben estos mismos parámetros como de regulares a malos en el mismo porcentaje.
- El 70,4 % de los estudiantes mostraron desconocimiento sobre la existencia de un Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, situación que se asocia directamente a la baja participación que tienen éstos en la gestión del servicio, incluyendo la disposición para reportar fugas cuando son detectadas.
- Las actividades de sensibilización y concienciación sobre el ahorro de agua presentan baja frecuencia de ejecución; el 96,8 % del personal opina que no se realizan.
- Los usuarios perciben que el riego de las áreas verdes es una actividad poco frecuente, información que fue confirmada por el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento. Además, el grupo estudiantil manifiesta desconocimiento sobre el significado de riego eficiente de jardines.
- La frecuencia con la que los usuarios de la FC-UCV, observan alteraciones en los parámetros organolépticos del agua (apariencia, color, sabor y olor) es elevada, razón por la que más del 80 % de ellos tienen una percepción negativa de la calidad, lo que no influye en que un número importante de estudiantes manifieste usarla para bebida.
- El 100 % de las muestras analizadas resultaron inconformes para la presencia de cloro residual libre, mientras que el 33 % superó el valor máximo aceptable de turbiedad, establecido en las NSCAP.
- A pesar de que el 100 % de las muestras cumplieron con el indicador microbiológico, se observó crecimiento de bacterias atípicas totales y fecales en algunas de ellas.
- La mayoría de los usuarios asegura que implementa algún tipo de medida para hacer un uso racional del agua, destacando que 100 % de los encuestados indica cerrar la llave de los grifos mientras no los usa.
- Existe desconocimiento de los conceptos asociados a la sustentabilidad, con marcado énfasis en los estudiantes.

- Los usuarios se mostraron receptivos ante la posibilidad de la implementación de un programa de uso y consumo responsable del agua, sin embargo, los estudiantes expresaron cautela para participar de forma activa.
- La falta de información y/o fallas en la divulgación influye en la percepción negativa que los usuarios tienen de la gestión del agua y limita la participación e incorporación de los mismos en el uso y consumo responsable de este recurso.
- La implementación de políticas de sostenibilidad en relación a la gestión del agua debe incluir mecanismos que estimulen la participación de los distintos actores.
- El 80 % de la problemática del manejo del agua en la FC-UCV, mejoraría con la aplicación a corto y mediano plazo de siete (07) de las catorce (14) medidas recomendadas. El costo de las estrategias, fue determinante para establecer su prioridad de implementación.

## **RECOMENDACIONES**

El trabajo realizado ha quedado como un estudio de línea base sobre el estatus actual de la gestión y condiciones del servicio de agua en la FC-UCV en términos de la sustentabilidad, lo que significa que se requieren estudios adicionales para profundizar en cada una de los aspectos tomados en cuenta en la investigación, por esta razón se recomienda:

- Realizar un estudio detallado del manejo de agua en los laboratorios, verificando no solo las cantidades que se consumen, si no la calidad del agua de desecho, para detectar oportunidades de ahorro y reutilización, con miras a establecer prácticas sustentables.
- Evaluar el impacto que tendrá la incorporación de las nuevas edificaciones sobre los consumos de agua.
- Analizar detalladamente los consumos de agua asociados a la extensa área verde que forma parte de la facultad, verificando las cantidades requeridas por tipo de especie de planta.

Además, se recomienda:

- Reparar a la brevedad la fuga de agua detectada en el estacionamiento este de la facultad
- Dada la frecuencia y variabilidad de las fugas de agua en las piezas sanitarias, es deseable establecer una rutina de inspección física diaria o semanal a las mismas, especialmente en los sanitarios de libre acceso.
- Extender los estudios de línea base sobre la gestión y manejo del agua a cada uno de los espacios que conforman la CUC, con énfasis en los puntos que han sido considerados históricamente como altos consumidores.

## **REFERENCIAS**

- Advincula, O., García, S., García, J., Toribio, K., & Meza, V. (2014). Plan de Ecoeficiencia en el Uso del Agua Potable y Análisis de su Calidad en las áreas académicas y administrativas de la Universidad Nacional Agraria la Molina. *Ecología Aplicada*. 13(1). 43-55. Recuperado en mayo de 2016, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162014000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162014000100005&script=sci_arttext)
- American Society of Mechanical Engineers. (2008). *Ceramic plumbing fixtures*. Canada. Recuperado en noviembre de 2016, de <http://files.asme.org/Catalog/Codes/PrintBook/16018.pdf>
- Aparicio, A., & Tascón, C. (2003). *Diagnóstico y Recomendaciones para el control de pérdidas en el sistema de Abastecimiento de Agua existente en la Universidad del Valle, sede Ciudad Meléndez (Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil)*. Universidad del Valle. Citado por Lopez, N. (2014). *Programa de uso racional y eficiente del agua en la Universidad del Valle-Meléndez. Presentado a la sección de Servicios Varios Universidad del Valle*. Santiago de Cali. Recuperado en mayo de 2016, de <http://docplayer.es/18194649-Programa-de-uso-racional-y-eficiente-del-agua-en-la-universidad-del-valle-melendez-presentado-por-natalia-lopez-moreno-ingeniera-sanitaria.html>
- AQUA. (2016). *aquaamerica*. Recuperado en noviembre de 2016, de <https://www.aquaamerica.com/our-states/our-states-overview.aspx>
- Arocha, S. (2011). *Acueductos: Fundamentos Teórico-Prácticos*. Caracas: OIKOS.
- Arroyave, J. (2012). *Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia*. Facultad de Arquitectura e Ingeniería. Medellín. Recuperado en junio de 2016, de [http://www.colmayor.edu.co/archivos/payuea\\_iu\\_colegio\\_mayor\\_de\\_ant\\_hdjm3.pdf](http://www.colmayor.edu.co/archivos/payuea_iu_colegio_mayor_de_ant_hdjm3.pdf)
- Avendaño, E., & Serrano, S. (2004). Análisis de la Red de Distribución de Agua de Ciudad Universitaria. (Trabajo Especial de Grado). Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas.
- Ayuntamiento de Madrid. (2011). *Criterios de Orientación para la realización de encuestas de satisfacción del Ayuntamiento de Madrid*. Madrid. Recuperado en junio de 2016, de <http://www.madrid.es/UnidadWeb/UGNormativas/Normativa/2011/ficheros/AnexoIIIInstruccionesEncuestas.pdf>
- Bajracharya, B., & Too, L. (2013). Sustainable Campus: engaging the community in sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(1), 57-71. Recuperado en noviembre de 2016, de <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJSHE-07-2013-0080>

- Battermann, A., & Macke, S. (2001). *Strategy to Reduce Technical Water Losses for Intermittent Water Supply Systems*. Recuperado en octubre de 2016, de <http://sdteffen.de/diplom/thesis.pdf>
- Bermúdez, E., & Camacho, J. (2010). El uso del diagrama causa-efecto. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, *XL(3 y 4)*, 127-142. Recuperado en octubre de 2016, de <http://www.redalyc.org/pdf/270/27018888005.pdf>
- Bourguett, V., Casados, J., Mireles, V., González, E., Hansen, M., Buenfil, M., y otros. (2003). *Manual para el uso eficiente y racional del agua. ¡Utiliza sólo la Necesaria!* Recuperado en noviembre de 2016, de <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Reduccion%20de%20la%20Demanda/Manual%20Uso%20eficiente%20y%20racional%20del%20agua.pdf>
- BRE Global Limited, & Building Research Establishment Limited . (2015). *BREEAM In-Use International. Technical Manual*. Watford. Inglaterra. Recuperado en febrero de 2016, de [http://www.breem.com/filelibrary/Technical%20Manuals/SD221\\_BIU\\_International\\_2015\\_Re-issue\\_V2.0.pdf](http://www.breem.com/filelibrary/Technical%20Manuals/SD221_BIU_International_2015_Re-issue_V2.0.pdf)
- Certivéa. (2014). *HQE. Référentiel Technique Bâtiment Durable*. Recuperado en marzo de 2016, de [http://www.themavision.fr/upload/docs/application/pdf/2014-02/referentiel\\_nf\\_hqe\\_tertaiaire\\_exploitation.pdf](http://www.themavision.fr/upload/docs/application/pdf/2014-02/referentiel_nf_hqe_tertaiaire_exploitation.pdf)
- Clugston, R., & Calder, W. (2003). *Progress Toward Sustainability in Higher Education*. Recuperado en diciembre de 2016, de [http://www.ulsf.org/pdf/dernbach\\_chapter\\_short.pdf](http://www.ulsf.org/pdf/dernbach_chapter_short.pdf)
- Cobra. (sf). *Griferías*. Recuperado en octubre de 2016, de [http://www.griferiascobra.cl/catalogonew/1\\_griferia.pdf](http://www.griferiascobra.cl/catalogonew/1_griferia.pdf)
- Corporación Andina de Fomento (CAF). (2004). Venezuela, Análisis del Sector Agua Potable y Saneamiento. Informes sectoriales de infraestructura. *Año 2 (2)*. Recuperado en octubre de 2016, de <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/396/15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Sousa, C., Colmenares, M., & Correia, A. (2008). Contaminación Bacteriológica en los Sistemas de Distribución de Agua Potable: Revisión de las Estrategias de Control. *Boletín de Malariología y Salud ambiental*. *48(1)*, 17-26. Recuperado en diciembre de 2016, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482008000100002](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000100002)
- Dirección de Recursos Humanos UCV. (2016). Vice Rectorado Administrativo.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2012). *Planning for Sustainability. A Handbook for Water and Wastewater Utilities*. Seattle. United State. Recuperado en marzo de 2016, de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-01/documents/planning-for-sustainability-a-handbook-for-water-and-wastewater-utilities.pdf>

- Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *Rural and Small Systems Guidebook to Sustainable Utility Management*. Recuperado en octubre de 2016, de [https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/rural\\_and\\_small\\_systems\\_guidebook\\_-\\_may\\_2016\\_508.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/rural_and_small_systems_guidebook_-_may_2016_508.pdf)
- Environmental Protection Agency (EPA). (2015). *Communicating the Value of Drinking Water Services. Using Campaigns and Community Engagement Efforts*. Recuperado en octubre de 2016, de [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa810s15001\\_0.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa810s15001_0.pdf)
- ESRI. (2014). *Report Campus Water Leaks*. Recuperado en noviembre de 2016, de <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d75637c2aa564c99bebceca8a1d24118>
- Facultad de Ciencias. (2013). *Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela*. Recuperado en mayo de 2016, de <http://www.ciens.ucv.ve/coordad/dingyman.html>
- Fallis, P., Hübschen, K., Oertlé, E., Ziegler, D., Klingel, P., Knobloch, A., y otros. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión*. Eschborn: GIZ. Recuperado en octubre de 2016, de <https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2011-es-guia-reduccion-perdidas-agua-resolucion-baja.pdf>
- Fernández, A., & Muguruza, C. (2015). *Ordenación del Territorio: Análisis y Diagnóstico*. Recuperado en octubre de 2016, de [https://books.google.co.ve/books?id=4D\\_LCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=ORDENACION+DEL+TERRITORIO:+ANALISIS+Y+DIAGNOSTICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiKpen-z8\\_RAhXDNSYKHem9C8UQ6AEIGDAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=4D_LCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=ORDENACION+DEL+TERRITORIO:+ANALISIS+Y+DIAGNOSTICO&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiKpen-z8_RAhXDNSYKHem9C8UQ6AEIGDAA#v=onepage&q&f=false)
- Fleitman, J. (2007). *Evaluación Integral Para Implantar Modelos de Calidad*. Pax México. Recuperado en diciembre de 2016, de [https://books.google.co.ve/books?id=j-B7FE7eWAYC&pg=PA63&dq=diagrama+de+Pareto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwid6OKxzJrRAhUHYSYKHSOSA\\_c4ChDoAQgeMAE#v=onepage&q=diagrama%20de%20Pareto&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=j-B7FE7eWAYC&pg=PA63&dq=diagrama+de+Pareto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwid6OKxzJrRAhUHYSYKHSOSA_c4ChDoAQgeMAE#v=onepage&q=diagrama%20de%20Pareto&f=false)
- García, W., & Valencia, M. (2005). *Sistema para disminuir el consumo de agua en los aparatos sanitarios. (Proyecto de Grado)*. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. . Recuperado en noviembre de 2016, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5594/2/116939.pdf>
- Garzón, F., & Thornton, J. (2006). *Influencia de la Presión en las Pérdidas de Agua en Sistemas de Distribución*. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta del Este Uruguay. Recuperado en octubre de 2016, de <file:///D:/Users/Usurio/Downloads/Presion%20y%20Perdidas%20de%20Agua-Uruguay.pdf>

- Gebriye, S., & Concepcion, M. (2015). *Sustainability of Integrated Water Resources Management. Water Governance, Climate and Ecohydrology. London.* (Springer, Ed.) Recuperado en diciembre de 2016, de [https://books.google.co.ve/books?id=H3qBCgAAQBAJ&pg=PA4&dq=Sustainability+of+Integrated+Water+Resources+Management.+Water+Governance&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Sustainability%20of%20Integrated%20Water%20Resources%20Management.%20Water%20Governance](https://books.google.co.ve/books?id=H3qBCgAAQBAJ&pg=PA4&dq=Sustainability+of+Integrated+Water+Resources+Management.+Water+Governance&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Sustainability%20of%20Integrated%20Water%20Resources%20Management.%20Water%20Governance)
- González , F., Val, R., & García , J. (2008). *Diagnóstico del Sistema de Agua Potable de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México. XX Congreso Nacional de Hidráulica. Toluca. México.* Recuperado en mayo de 2016, de [http://eias.utralca.cl/isi/coordinadores/rafael\\_val/articulo\\_completo\\_fgv1.pdf](http://eias.utralca.cl/isi/coordinadores/rafael_val/articulo_completo_fgv1.pdf)
- González, F., Val, R., & Rocha, J. (2010). *Sistema Integral de Medición de Agua Potable en Ciudad Universitaria de la UNAM. PUMAGUA. Congreso Latinoamericano de Hidráulica . Punta del Este.* Recuperado en octubre de 2016, de [http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/articulo%20completo\\_fgv.doc](http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/articulo%20completo_fgv.doc)
- González, F., Val, R., Rocha, J., & Segundo, J. (sf). *Manual de Selección, Instalación y Mantenimiento a Medidores de agua fría. Universidad Nacional Autónoma de México. PUMAGUA.* Recuperado en noviembre de 2016, de [http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/manuales/manual\\_medidores.pdf](http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/manuales/manual_medidores.pdf)
- Graue, E. (2016). *Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad. Plan de Desarrollo Institucional 2015-2019.* Recuperado en noviembre de 2016, de [http://www.puma.unam.mx/web\\_2/interiores/uni\\_sustentable/info/Plan%20de%20Desarrollo%20Institucional\\_2015-2019\\_UNAM.pdf](http://www.puma.unam.mx/web_2/interiores/uni_sustentable/info/Plan%20de%20Desarrollo%20Institucional_2015-2019_UNAM.pdf)
- Hallan, N., West, J., Forster C, & Simms, J. (2001). The Potential for Biofilm Growth in Water Distribution Systems. *Water Research, 35(17), 4063-4071.* Recuperado en noviembre de 2016, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135401002482>
- Helvex. (2015). *Catálogo Green.* Recuperado en noviembre de 2016, de [http://www.helvex.com/sites/default/files/catalogosolucionesinstitucional\\_2015.pdf](http://www.helvex.com/sites/default/files/catalogosolucionesinstitucional_2015.pdf)
- Instituto de Estudios Ambientales. (2004). *Universidad Nacional de Colombia. Diagnóstico Ambiental del Campus.* Recuperado en mayo de 2016, de <http://contratacion.bogota.unal.edu.co/documentos/CON-BOG-010-2013/pdf/CON-BOG-010-2013-ANEXO%206%20-%20PRM%20IV.%20DIAGNOSTICO%20infinal%20campus%20ambiental.pdf>
- Kelly, J., Minalt, N., Culotti, A., Pryor, M., & Packman, A. (2014). Temporal Variations in the Abundance and Composition of Biofilm Communities Colonizing Drinking Water Distribution Pipes. *PLOS ONE, 9(5), e98542.* Recuperado en diciembre de 2016, de <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0098542>

- Leiva, J., Rodríguez, I., & Martínez, P. (2012). Indicadores de sostenibilidad ambiental en universidades: una herramienta para la identificación y evaluación de soluciones tecnológicas. *AFINIDAD LXIX.558*. 120-125. Recuperado en noviembre de 2016, de <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/268387/355956>
- Mallinson, A., Quider, E., Singh, P., Voegelé, C., & Welk, A. (2013). *Assessment of Water Usage and Conservation Concerns on Carleton Campus, Dalhousie University*. Recuperado el Mayo de 2016, de [https://www.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/science/environmental-science-program/ENVS%203502%20projects/2013/Water\\_Audit\\_Carleton\\_Campus\\_Final\\_Paper.pdf](https://www.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/science/environmental-science-program/ENVS%203502%20projects/2013/Water_Audit_Carleton_Campus_Final_Paper.pdf)
- Marinho, M., Goncalves, M., & Kiperstok, A. (2013). Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. *Journal of Cleaner Production*, 1-9. Recuperado en noviembre de 2016, de <http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/Water%20conservation%20as%20a%20tool%20to%20support%20sustainable%20practices%20in%20a%20Brazilian%20Public%20university.pdf>
- Mays, L. (2002). *Manual de Sistemas de Distribución de Agua*. Madrid: McGraw-Hill.
- Mercado, O., & Becerra, C. (2012). *Huella Hídrica Universidad Tecnológica del Estado Metropolitano de Chile (UTEM)*. Recuperado en mayo de 2016, de [https://www.google.com/search?q=consumo+de+agua+universidad+tecnologica+metropolitana+del+estado+de+chile+2012&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gfe\\_rd=cr&ei=8EaKWJqcFKHI8Aexi5E4#](https://www.google.com/search?q=consumo+de+agua+universidad+tecnologica+metropolitana+del+estado+de+chile+2012&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gfe_rd=cr&ei=8EaKWJqcFKHI8Aexi5E4#)
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo (MSASD). (1998a). Normas Sanitarias para Proyectos de Instalaciones, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo (MSDSA). (1998b). *Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable*. Gaceta Oficial N° 36.395.
- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*. Madrid: Delta Publicaciones. Recuperado en noviembre de 2016, de <https://books.google.co.ve/books?id=KYSMQYqAbYC&pg=PA80&dq=Como+construir+el+diagrama+de+Pareto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj47IeW2JrRAhVDNSYKHRkXCXo4HhDoAQg8MAU#v=onepage&q=Como%20construir%20el%20diagrama%20de%20Pareto&f=false>
- Montoya, C., Loaiza, D., Cruz, C., Torres, P., Escobar, J., & Delgado, L. (2009). Propuesta metodológica para la localización de estaciones de monitoreo de calidad de agua utilizando sistemas de información geográfica. *Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, 129-140. Recuperado en noviembre de 2016, de <file:///D:/Users/Usuario/Downloads/15967-54005-1-PB.pdf>



- New York State. (2015). *New York State. Department of Health*. Recuperado en noviembre de 2016, de <https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/twtc/>
- Office of Government Commerce. (2009). *Operación del Servicio*. London. Recuperado en diciembre de 2016, de [https://books.google.co.ve/books?id=htb2mp3A2WAC&pg=PA225&dq=diagrama+de+ishikawa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiNu\\_\\_Tx5rRAhVEKCYKHbK0A18Q6AEIPTAF#v=onepage&q=diagrama%20de%20ishikawa&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=htb2mp3A2WAC&pg=PA225&dq=diagrama+de+ishikawa&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiNu__Tx5rRAhVEKCYKHbK0A18Q6AEIPTAF#v=onepage&q=diagrama%20de%20ishikawa&f=false)
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016). Recuperado en Enero de 2016, de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable. Primer Apéndice a la Tercera Edición. Recomendaciones. Volumen 1*. Recuperado en Diciembre de 2016, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- Ortega, M. (2016). Comunicación Oficial. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. División de Control de Estudios.
- Osorio, S. ( 09 de Junio y 04 de Octubre de 2016). Comunicación personal.
- Panté, O. (25 de Febrero de 2016). comunicación personal.
- Pérez, J. (2004). Suministro de Agua para la Ciudad Universitaria. *Manuscrito no publicado. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas*.
- Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (PUMAGUA). (2015). Recuperado en mayo de 2016, de [http://www.pumagua.unam.mx/balance\\_consumo\\_historico\\_fc.html](http://www.pumagua.unam.mx/balance_consumo_historico_fc.html)
- Programa de Reuso, Uso y Consumo de Agua en la UNAM (PUMAGUA). (2014). *PUMAGUA. Agua Saludable, acción de todos*. Recuperado en noviembre de 2016, de [http://www.pumagua.unam.mx/comunicacion\\_reunamos\\_2014.html](http://www.pumagua.unam.mx/comunicacion_reunamos_2014.html)
- Richardson, G., & Lynes, J. (2007). Institutional motivations and barriers to the construction of green buildings on campus. A case study of the University of Waterloo, Ontario. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(3), 339-354. Recuperado en octubre de 2016, de <http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/14676370710817183>
- Rodgers, M., & Boczek, L. (2011). Microbes and water quality in developed countries. *Encyclopedia of Environmental Health*, 749-756. Recuperado en diciembre de 2016, de [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=203113](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=203113)

- Rodríguez, C. (sf). *Nuevas tecnologías en la gestión del agua. Uso del contador electrónico. Congreso Nacional del Medio ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible. EMASESA, Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A.* Recuperado en noviembre de 2016, de [http://www.ecourbano.es/imag/07102010\\_124925.pdf](http://www.ecourbano.es/imag/07102010_124925.pdf)
- Rodríguez, J. (2009). Mejora de los Niveles de Productividad, Calidad y Desempeño del Area de Producción de una Empresa perteneciente al Mercado de Soluciones de Impresión y Copiado. (Trabajo Especial de Grado). Universidad Católica Andrés Bello. Caracas.
- Romero, J., & Moré, R. (2013b). Sistema de solución creativa para problemas recurrentes-ITACONE. *Ingeniería y Competitividad*, 15(1), 1-13. Recuperado en octubre de 2016, de <http://revistaingenieria.univalle.edu.co:8000/index.php/incompe/article/view/435/392>
- Romero, J., Moré, R., & Luna, L. (2013a). Ahorro y uso responsable del agua en el sistema institucional de gestion ambiental SAURA en la Universidad El Bosque. *Revista de Tecnología/ Journal Technology*, 20-44. Recuperado en octubre de 2016, de [http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista\\_tecnologia/volumen12\\_numero1/004\\_articulo\\_tecnologia\\_UB.pdf](http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen12_numero1/004_articulo_tecnologia_UB.pdf)
- Ruiz, R. (2014). *Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Facultad de Ciencias. Plan de Desarrollo 2014-2018.* Recuperado en mayo de 2016, de <http://www.fciencias.unam.mx/nosotros/plan/planes/Plan%20de%20Desarrollo%202014%202018%20versi%C3%B3n%20web%201.pdf>
- Ruiz, R., Guzmán, J., & Lluís de la Rosa, J. (2007). *Dirección Empresarial Asistida. Cómo Alinear Estratégicamente su Organización. Visión Net. Madrid.* Recuperado en diciembre de 2016, de [https://books.google.co.ve/books?id=4vt91DNrQg4C&pg=PA2&dq=que+son+los+indicadores+de+gestion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjdv87tzJzRAhVCRyYKHbC2BLc4ChDoAQg\\_MAK#v=onepage&q=que%20son%20los%20indicadores%20de%20gestion&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=4vt91DNrQg4C&pg=PA2&dq=que+son+los+indicadores+de+gestion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjdv87tzJzRAhVCRyYKHbC2BLc4ChDoAQg_MAK#v=onepage&q=que%20son%20los%20indicadores%20de%20gestion&f=false)
- Sánchez, M., Ilzarbe, L., & Dueñas, R. (2006). *Teoría y Práctica de la Calidad. Madrid.* Recuperado en diciembre de 2016, de <https://books.google.co.ve/books?id=cUjBxymwhuQC&pg=PA101&dq=Como+construir+el+diagrama+de+Pareto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiw-uOOzprRAhVQfiYKHemaB1EQ6AEIQDAG#v=onepage&q=Como%20construir%20el%20diagrama%20de%20Pareto&f=false>
- Siem, G., Barreto, S., & Cordero, E. (2016). Proyecto UCV Campus Sustentable. Propuesta para su formulación. Manuscrito no publicado. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas.
- Sloan. (2016). <http://www.ecologicalsuppliers.com/>. Recuperado en noviembre de 2016, de [http://www.ecologicalsuppliers.com/catalogos/sloan\\_catalogo.pdf](http://www.ecologicalsuppliers.com/catalogos/sloan_catalogo.pdf)

- Sloan Valve Company. (2015). *Instrucciones de Instalación para Fluxómetros Expuestos Sloan para Sanitario y Mingitorio*. Recuperado en octubre de 2016, de [https://www.sloan.com/download/packager/file?filename=0816558\\_SP.pdf](https://www.sloan.com/download/packager/file?filename=0816558_SP.pdf)
- Spain Green Building Council. (2014). *LEED. Operación y Mantenimiento de Edificios*. Recuperado en enero de 2016, de [http://www.spaingbc.org/files/LEED%20v4%20BO\\_M%20ESP.pdf](http://www.spaingbc.org/files/LEED%20v4%20BO_M%20ESP.pdf)
- Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. (2005). 21 edición.
- The Talloires Network. (2005). *The Talloires Declarations. On the Civic Roles and Social Responsibilities of Higher Education*. Recuperado en diciembre de 2016, de <http://talloiresnetwork.tufts.edu/wp-content/uploads/TalloiresDeclaration2005.pdf>
- Trujillo , C., & Sarmiento, J. (2012). *Estrategias de Uso Eficiente y Ahorro de Agua en Centros Educativos, Caso de Estudio, Edificio Facultad de Ciencias Ambientales-Universidad Tecnológica de Pereira*. (Trabajo de Grado). Pereira. Recuperado en junio de 2016, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2769/333912T866;jsessionid=BCEC5862707F799303B5EE99D84A47C8?sequence=1>
- UCAB. (2016). *Universidad Católica Andrés Bello*. Recuperado en noviembre de 2016, de [http://w2.ucab.edu.ve/tl\\_files/Organigrama/Visio-Organigrama%20Actualizado%20Octubre2016.pdf](http://w2.ucab.edu.ve/tl_files/Organigrama/Visio-Organigrama%20Actualizado%20Octubre2016.pdf)
- UCV. (2009). *Universidad Central de Venezuela*. Recuperado en abril de 2016, de <http://www.ucv.ve/organizacion/rectorado/direcciones/direccion-de-mantenimiento-dm/organizacion/estructura-organizacional.html>
- UCV Campus Sustentable . (2016). *UCV, CAMPUS SUSTENTABLE*. Recuperado en noviembre de 2016, de <http://www.ucvsustentable.com.ve/nosotros/>
- ULSF. (2008). *Association of University Leaders for a Sustainable Future*. Recuperado en octubre de 2016, de [http://www.ulsf.org/pdf/Spanish\\_TD.pdf](http://www.ulsf.org/pdf/Spanish_TD.pdf)
- Universidad Central de Venezuela. (2008). *Manual de Organización*.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2012). *Diagnóstico Ambiental. Instituto Nacional de Bellas Artes. Escuela Nacional de Pintura, Cultura y Grabado "La Esmeralda". Programa Universitario de Medio Ambiente*. Recuperado en junio de 2016, de <http://docplayer.es/14320145-Diagnostico-ambiental.html>
- Villanueva, H. (2014). *Diseño de un Sistema de Manejo Ambiental en una Dependencia de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ingeniería Civil. Nuevo León. Recuperado en mayo de 2016, de <http://eprints.uanl.mx/4460/1/1080253808.pdf>

Wayne, D. (2004). *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. México: Limusa. Recuperado en junio de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/225693705/Wayne-W-Daniel-Bioestadistica-Base-Para-El-Analisis-Ciencias-Salud-4Ed>

Xin, L., Da-ming, G., Jing-yao, Q., Ukita, M., & Hong-bin, Z. (2003). *Modeling of Residual Chlorine in Water Distribution System*. *Journal of Environmental Sciences*, 15(1), 136-144. Recuperado en diciembre de 2016, de [http://www.jesc.ac.cn/jesc\\_En/ch/reader/create\\_pdf.aspx?file\\_no=20030124&year\\_id=2003&quarter\\_id=1&falq=1](http://www.jesc.ac.cn/jesc_En/ch/reader/create_pdf.aspx?file_no=20030124&year_id=2003&quarter_id=1&falq=1)

## ANEXOS

### Anexo A. Histórico de consumos mensuales de agua en la Facultad de Ciencias en los años: 2006 – 2007 y 2012-2015.

**Tabla A1.** Consumo mensual de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Año: 2006. Fuente:  
Elaboración propia, con datos tomados de las facturas de Hidrocapital. Medidor N°: 1202327.

Mes	Días facturados	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /d	l/s
Enero: 06/01 al 06/02	31	12.011	387,5	4,5
Febrero: 06/02 al 07/03	29	12.283	423,6	4,9
Marzo: 07/03 al 06/04	30	12.145	404,8	4,7
Abril: 06/04 al 08/05	31	12.746	411,2	4,8
Mayo: 08/05 al 07/06	30	11.801	393,4	4,6
Junio: 07/06 al 10/07	33	17.026	515,9	6,0
Julio: 10/07 al 07/08	28	12.607	450,3	5,2
Agosto: 07/08 al 07/09	31	13.726	442,8	5,1
Septiembre: 07/09 al 06/10	29	10.943	377,3	4,4
Octubre: 06/10 al 07/11	32	13.222	413,2	4,8
Noviembre: 07/11 al 06/12	29	12.469	430,0	5,0
Diciembre: 06/12/07 al 08/01/07	33	14.301	433,4	5,0
<b>PROMEDIO</b>		<b>13.205</b>	<b>429,7</b>	<b>5,0</b>

**Tabla A2.** Consumo mensual de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Año: 2007. Fuente:  
Elaboración propia, con datos tomados de las facturas de Hidrocapital. Medidor N°: 1202327.

Mes	Días facturados	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /d	l/s
Enero: 08/01 al 06/02	29	14.117	486,8	5,6
Febrero: 06/02 al 07/03	29	16.388	565,1	6,5
Marzo: 07/03 al 10/04	34	16.431	483,3	5,6
Abril: 10/04 al 08/05	28	13.740	490,7	5,7
Mayo: 08/05 al 07/06	30	13.337	444,6	5,1
Junio: 07/06 al 09/07	32	10.660	333,1	3,9
Julio: 09/07 al 07/08	29	9.136	315,0	3,6
Octubre: 05/10 al 07/11	33	13.629	413,0	4,8
Noviembre: 07/11 al 06/12	29	12.413	428,0	5,0
Diciembre: 06/12/07 al 08/01/08	33	12.185	369,2	4,3
<b>PROMEDIO</b>		<b>13.204</b>	<b>432,9</b>	<b>5,0</b>

**Tabla A3.** Consumo mensual de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Año: 2012. Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de las facturas de Hidrocapital. Medidor N°: 1202327.

Mes	Días facturados	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /d	l/s
Octubre: 05/10 al 07/11	33	34.488	1.045,1	12,1
Noviembre: 07/11 al 06/12	29	36.007	1.241,6	14,4
<b>PROMEDIO</b>		<b>35.248</b>	<b>1.143,4</b>	<b>13,2</b>

**Tabla A4.** Consumo mensual de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Año: 2013. Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de las facturas de Hidrocapital. Medidor N°: 1202327.

Mes	Días facturados	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /d	l/s
Mayo: 08/05 al 06/06	29	9.035	311,6	3,6
Junio: 06/06 al 08/07	32	10.429	325,9	3,8
Julio: 08/07 al 07/08	30	9.473	315,8	3,7
Agosto: 07/08 al 06/09	30	8.420	280,7	3,2
Septiembre: 06/09 al 08/10	32	8.075	252,3	2,9
Octubre: 08/10 al 07/11	30	11.872	395,7	4,6
Noviembre: 07/11 al 06/12	29	12.394	427,4	4,9
Diciembre: 06/12/07 al 08/01	33	17.606	533,5	6,2
<b>PROMEDIO</b>		<b>10.913</b>	<b>355,4</b>	<b>4,1</b>

**Tabla A5.** Consumo mensual de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Año: 2014. Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de las facturas de Hidrocapital. Medidor N°: 1202327.

Mes	Días facturados	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /d	l/s
Enero: 08/01 al 07/02	30	16.597	553,2	6,4
Febrero: 07/02 al 13/03	34	17.843	524,8	6,1
Marzo: 13/03 al 07/04	25	14.539	581,6	6,7
Mayo: 08/05 al 06/06	29	14.370	495,5	5,7
Agosto: 08/08 al 05/09	28	9.235	329,8	3,8
Septiembre: 05/09 al 07/10	32	11.503	359,5	4,2
Octubre: 07/10 al 06/11	30	10.693	356,4	4,1
Noviembre: 06/11 al 05/12	29	10.059	346,9	4,0
<b>PROMEDIO</b>		<b>13.105</b>	<b>443,5</b>	<b>5,1</b>

**Tabla A6.** Consumo mensual de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Año: 2015. Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de las facturas de Hidrocapital. Medidor N°: 1202327.

Mes	Días facturados	m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /d	l/s
Marzo: 09/03 al 10/04	32	7.686	240,2	2,8*
Abril: 10/04 al 08/05	28	21.114	754,1	8,7
Mayo: 08/05 al 09/06	32	24.502	765,7	8,9
Junio: 09/06 al 07/07	28	11.733	419,0	4,8
Julio: 07/07 al 07/08	31	2.053	66,2	0,8**
Septiembre: 07/09 al 06/10	29	11.568	398,9	4,6*
Octubre: 06/10 al 05/11	30	1.692	56,4	0,7**
Noviembre: 05/11 al 04/12	29	9.507	327,8	3,8*
<b>PROMEDIO</b>		<b>11.232</b>	<b>378,5</b>	<b>4,4</b>

\*Valor estimado, \*\*Medidor con falla.

Anexo B. Imágenes del medidor de agua y hoja de control para el Periodo del 23-06-2016 al 18-07-2016.



Figura B1. Lado izquierdo: Imagen del medidor de agua N° V413891-32. Lado derecho: lectura tomada el día 15-07-2016. Fuente: Elaboración propia.



Figura B2. Condiciones actuales de la tanquilla donde se ubica el medidor de agua. Fuente: Elaboración propia.



Tabla B1. Lecturas tomadas en el medidor de agua N° V413891-32 en el periodo del 23-06 al 18-07-2016. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	HORA	LECTURA (m <sup>3</sup> )	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	CAUDAL (l/s)	Velocidad (m/s)
23/06/2016	10:09	605110	14,76	4,10	0,22
23/06/2016	17:01	605230	14,93	4,15	0,23
24/06/2016	15:50	605575	14,72	4,09	0,22
26/06/2016	10:16	606198	13,62	3,78	0,22
27/06/2016	8:00	606487	13,71	3,81	0,21
27/06/2016	18:09	606659	13,05	3,63	0,23
28/06/2016	7:54	606876	16,75	4,65	0,26
28/06/2016	18:16	607060	13,20	3,67	0,21
29/06/2016	8:01	607273	13,93	3,87	0,22
29/06/2016	17:44	607426	11,08	3,08	0,17
30/06/2016	8:07	607656	28,95	8,04	0,46
30/06/2016	16:07	607825	11,46	3,18	0,17
01/07/2016	8:06	608025	11,16	3,10	0,17
01/07/2016	16:55	608143	10,74	2,98	0,17
04/07/2016	7:58	609043	15,57	4,33	0,25
04/07/2016	17:01	609198	14,64	4,07	0,22
06/07/2016	8:08	609839	16,54	4,59	0,26
06/07/2016	17:46	609977	12,84	3,57	0,19
07/07/2016	8:07	610176	16,78	4,66	0,30
07/07/2016	17:30	610338	16,68	4,63	0,25
08/07/2016	8:16	610570	15,72	4,37	0,24
08/07/2016	17:48	610751	14,01	3,89	0,22
11/07/2016	7:50	611669	12,73	3,54	0,20
11/07/2016	18:02	611838	13,77	3,83	0,23
12/07/2016	8:03	612052	15,61	4,34	0,24
12/07/2016	17:21	612237	16,97	4,71	0,25
13/07/2016	7:46	612443	12,21	3,39	0,19
13/07/2016	17:03	612582	13,62	3,78	0,22
14/07/2016	8:16	612828	16,85	4,68	0,26
14/07/2016	16:57	612992	18,90	5,25	0,27
15/07/2016	8:00	613237	16,65	4,63	0,26
15/07/2016	17:13	613423	16,53	4,59	0,26
18/07/2016	7:51	614235			

**Anexo C. Encuesta que fue aplicada para medir la percepción del Usuario sobre la gestión del agua en la Facultad de Ciencias.**

El Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCV ha diseñado el presente instrumento con la finalidad de medir la percepción del usuario sobre la calidad del servicio de agua en la Facultad de Ciencias y el manejo que usted hace del mismo. Este instrumento fue diseñado con fines académicos, en apoyo al estudio titulado: **Análisis de la Sustentabilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua de la CUC. Caso: Facultad de Ciencias.**

A continuación, se le presentan una serie de preguntas cortas y sencillas a las cuales debe responder marcando con una X, la respuesta que considere adecuada.

Grupo: 1. Estudiantes  2. Docentes  3. Administrativo y Obrero

Dependencia: \_\_\_\_\_

De la gestión del sistema de abastecimiento de agua

1. ¿Cómo considera usted el servicio de agua en la facultad?

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Cantidad				
Calidad				
Continuidad				

2. Entendiendo el concepto de Gestión sostenible del Agua como: La valoración del recurso agua, a través de su manejo eficiente y responsable así como el fomento de la participación de los usuarios en la gestión. ¿Considera usted que el manejo del agua dentro de la facultad se hace de forma sustentable?

SI  NO  NO SABE

3. ¿Cuál es el estado actual de las piezas sanitarias (WC, urinarios, lavamanos, entre otros) de la dependencia donde usted se desempeña?

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Funcionamiento				
Suficiencia				
Limpieza				

4. ¿Es frecuente observar fugas o pérdidas de agua en algún dispositivo o instalación dentro de la facultad?

SI  NO

5. Si la respuesta a la pregunta anterior fue positiva, por favor especifique en que dispositivo:

Tuberías/válvulas principales  riego  piezas sanitarias  bebederos

6. ¿Se reparan oportunamente las fugas una vez que se han detectado?

SI  NO  NO SABE

7. ¿Existe una Dependencia/Departamento en la facultad donde puede reportar una falla (fugas, alteraciones de la calidad, ausencia, entre otros) del servicio de agua?

SI  NO  NO SABE

8. ¿Existe un funcionario encargado del manejo del agua en la facultad?

SI  NO  NO SABE

9. ¿Existen sistemas de control de consumo de agua en duchas?, como: Botones de duración limitada y control de temperatura con criterios de eficiencia energética.

SI  NO  NO SABE

10. ¿Existen piezas sanitarias (lavamanos, urinarios, WC) de bajo consumo dentro de la dependencia donde usted se desempeña en la facultad?

SI  NO  NO SABE

11. ¿Se realizan de forma frecuente actividades de sensibilización y concienciación sobre el ahorro de agua en la facultad: información impresa y web sobre consumo de agua, campañas de sensibilización sobre el correcto uso del agua, charlas de eficiencia de uso de agua en los laboratorios, entre otros?

SI  NO  NO SABE

12. ¿Se realiza de forma eficiente el riego de jardines: (goteo programado, riego nocturno)?

SI  NO  NO SABE

13. ¿Con qué frecuencia observa que se realiza el riego de las áreas verdes?

Diaria  Varias veces por semana  Dos veces por semana

14. ¿Ha percibido usted alguna alteración en la calidad del agua de suministro?

	SI	NO	
Apariencia (turbia)			
Color (amarillenta)			
Sabor (Con sabor característico)			
Olor (Con olor característico)			
En los aspectos donde su respuesta fue positiva, indique la frecuencia:			
	Siempre	A menudo	Rara vez
Apariencia (turbia)			
Color (amarillenta/opaca)			
Sabor (Con sabor característico)			
Olor (Con olor característico)			

Del uso del agua

15. ¿Durante su permanencia en la facultad, en cuáles de las siguientes actividades utiliza agua?

Uso sanitarios (baños)  Bebida  Docencia e Investigación  Actividades recreativas

16. ¿Cuánto cree Ud. es su consumo diario de agua en la facultad?

Bajo (1-20 litros)  Medio (20-40 litros)  Alto (más de 40 litros)

17. ¿Usted implementa alguna medida para hacer un uso racional del agua mientras permanece en la facultad?

	SI	NO
Cierra la llave de los grifos mientras no los usa		
Al cerrar la llave de los grifos verifica que no queden goteando		
Al bajar la válvula del WC/urinario verifica que no quede agua corriendo		
Al observar una fuga de agua la reporta oportunamente		

18. ¿Cuál es la procedencia del agua que ingiere mientras permanece en la facultad?

Bebederos de la facultad  Hogar  Embotellada

19. ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de un programa de uso y consumo eficiente del agua en la facultad?

SI  NO

20. ¿Si la respuesta anterior fue positiva, participaría de forma activa en el mismo?

SI  NO

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**Anexo D: Procedimiento de cálculo del tamaño de la muestra.**

**Ejemplo de cálculo Grupo 1: estudiantes**

$$n = Z_{\alpha}^2 * \frac{N * S^2}{i^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * S^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra representativa que se desea obtener

N=Tamaño de la población (3.025 estudiantes)

Z $\alpha$ = Valor correspondiente a la distribución de Gauss Z $\alpha$ = 1.96 para  $\alpha$ = 0,05

i= Error de la estimación (10 %)

S<sup>2</sup>= Varianza o desviación típica.

***Calculo de la varianza (S<sup>2</sup>).***

Para los casos en que la muestra piloto (n<sub>p</sub>) es ≤ 30, se recomienda estimar la cuasi varianza mediante la siguiente ecuación:

$$S_{np-1}^2 = \frac{\sum(X_i - X)}{np - 1}$$

Donde:

n<sub>p</sub>= Número de muestras de la encuesta piloto (10)

S<sup>2</sup><sub>n-1</sub>= Cuasi varianza

X<sub>i</sub>=Encuesta i

X=promedio

Ejemplo de cálculo para la pregunta 7: ¿Existe una Dependencia/Departamento en la facultad donde puede reportar una falla (fugas, alteraciones de la calidad del agua, falta de agua, entre otros) del servicio de agua?

n <sub>p</sub> =10												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1	SI									1		1
2	NO								2		2	4
3	NO SABE	3	3	3	3	3	3	3				21
	(X <sub>i</sub> -X)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	-0,6	-1,6	-0,6	26
	(X <sub>i</sub> -X) <sup>2</sup>	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,36	2,56	0,36	2,6

$$S_{np-1}^2 = \frac{0,16 + 0,16 + 0,16 + 0,16 + 0,16 + 0,16 + 0,16 + 0,36 + 0,36 + 2,56 + 0,36}{9} = 0,49$$

A partir de la cuasi varianza se procede a calcular la varianza como se muestra a continuación:

$$S_{np-1}^2 = \frac{n_p}{n_p - 1} * S^2$$

Donde:

$S^2$ = varianza

$$S^2 = 0,49 * \frac{9}{10} = 0,44$$

Se siguió el mismo procedimiento para cada una de las preguntas con varias opciones de respuesta y se escogió el valor más desfavorable para cada grupo (ver tabla D1)

Tabla D1. Varianzas calculadas para las preguntas con varias opciones de respuesta

Pregunta	Estudiantes		Docentes		Administrativos y obreros	
	cuasi varianza ( $S_{n-1}^2$ )	varianza ( $S^2$ )	cuasi varianza ( $S_{n-1}^2$ )	varianza ( $S^2$ )	cuasi varianza ( $S_{n-1}^2$ )	varianza ( $S^2$ )
1ª	0,28	0,25	0,18	0,16	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>
1b	0,40	0,36	0,27	0,24	0,32	0,29
1c	0,10	0,09	0,23	0,21	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>
2	0,10	0,09	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>
3ª	0,46	0,41	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	0,46	0,41
3b	0,44	0,40	0,27	0,24	0,40	0,36
3c	0,28	0,25	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	0,44	0,40
6	0,28	0,25	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>
<b>7</b>	<b>0,49</b>	<b>0,44</b>	0,18	0,16	0,46	0,41
8	0,23	0,21	0,18	0,16	0,46	0,41
9	0,23	0,21	0,10	0,09	0,08	0,07
10	0,10	0,09	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>
11	0,46	0,41	0,00	0,00	0,10	0,09
12	0,44	0,40	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>
13	0,44	0,40	0,27	0,24	0,18	0,16
16	0,00	0,00	0,18	0,16	0,40	0,36

Con el valor de varianza más desfavorable se calcula el tamaño de la muestra para cada categoría:

$$n_{estudiantes} = 1.96^2 * \frac{3.025 * 0.44}{0,1^2 * (3025 - 1) + 1.96^2 * 0.44} = 160$$

Aplicando el mismo procedimiento para las otras categorías se obtuvo para el grupo 2 una muestra de 89 docentes y para el grupo 3 de 67 empleados y obreros, para una muestra total de 316 usuarios.

Una vez determinada la muestra para cada grupo, se aplicó la metodología de muestreo estratificado por afijación óptima, los valores obtenidos se reportan en la tabla D2.

Tabla D2. Aplicación del método de muestreo estratificado por afijación óptima.

Categoría /grupo	Población (N)	Proporción población (%) <b>A</b>	Varianza (S <sup>2</sup> ) <b>B</b>	Proporción S <sup>2</sup> <b>C= A*B</b>	Nueva proporción (%). D	Muestra por categoría (n)	Muestra final= 316*D
Estudiantes	3025	79,77	0,44	0,351	82,39	160	<b>260</b>
Docentes	447	11,79	0,29	0,034	7,96	89	<b>25</b>
Adm y obreros	320	8,44	0,49	0,041	9,60	67	<b>31</b>
Total	3792	100,00	1,22	0,426	100,00	316	<b>316</b>

**Anexo E. Valores obtenidos del aforo realizado a la fuga detectada en la Escuela de Física.**

Tabla E1. Resultados del aforo realizado a la fuga detectada en la Escuela de Física. Fuente:  
Elaboración propia.

Medida	Volumen (l)	Tiempo (s)	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
1	10	8,15	1,23	4,42
2	10	7,31	1,37	4,92
3	10	7,03	1,42	5,12
4	10	7,38	1,36	4,88
5	10	7,22	1,39	4,99
6	10	7,10	1,41	5,07
<b>PROMEDIO</b>			<b>1,36</b>	<b>4,90</b>

**Anexo F. Registro fotográfico de la inspección realizada a las piezas sanitarias.**

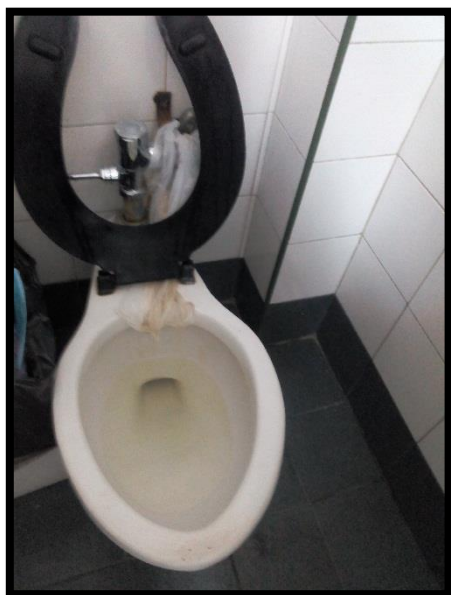


Figura F1. Imágenes del estado actual de las piezas sanitarias. Poceta con fuga y Urinario fuera de servicio. Fuente: Elaboración propia



Figura F2. Imágenes del estado actual de las piezas sanitarias. Lavamanos con fuga y poceta fuera de servicio. Fuente: Elaboración propia



**Anexo G. Detalles del aforo realizado a las fugas detectadas en los lavamanos y grifos de los laboratorios.**

Tabla G1. Resultados obtenidos del aforo realizado a los lavamanos y grifos de los laboratorios.

Fuente: Elaboración propia.

Caudal estimado fuga lavamanos baño damas edif aulas. Fecha: 18-07-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/min)	Q (l/d)
1	50	1,83	27,32	39,34
2	50	1,83	27,32	39,34
3	50	1,83	27,32	39,34
PROMEDIO			27,32	39,34
Caudal estimado fuga grifo lab docentes Biología (Lab 9). Fecha: 18-07-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/min)	Q (l/d)
1	2	1,04	1,92	2,77
2	2	1,00	2,00	2,88
PROMEDIO			1,96	2,82
Caudal estimado fuga lavamanos baño damas edif aulas (Planta baja). Fecha: 28-07-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/s)	Q (l/d)
1	156	9,14	17,07	1474,66
2	156	9,25	16,86	1457,12
3	156	9,16	17,03	1471,44
PROMEDIO			16,99	1467,74
Caudal estimado fuga grifo laboratorio de Síntesis Organometálicos. Escuela de Química. Fecha: 01-08-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/s)	Q (l/d)
1	9	30,06	0,30	25,87
2	6	30,47	0,20	17,01
3	7	30,38	0,23	19,91
PROMEDIO			0,24	20,93
Caudal estimado fuga grifo laboratorio de Agroecosistemas. IZET. Fecha: 02-08-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/s)	Q (l/d)
1	4	30,59	0,13	11,30
2	4	30,73	0,13	11,25
3	4	30,48	0,13	11,34
PROMEDIO			0,13	11,29
Caudal estimado fuga grifo de cuarto de lavado y esterilización de los Lab docentes de Biología. Fecha: 03-08-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/s)	Q (l/d)
1	9	30,43	0,30	25,55
2	9	30,57	0,29	25,44
3	9	30,72	0,29	25,31
PROMEDIO			0,29	25,43

**Anexo H. Resultados de la Frecuencia de uso de los principales sanitarios públicos en la FC-UCV.**

Tabla H1. Frecuencia de uso de los baños públicos (estudiantes). Fuente: Elaboración propia.

Baño Damas Pasillo					
FECHA	HORA	N° personas	Tiempo (min)	Flujo (Personas/min)	Flujo (Personas/h)
18-07-16	8:20	12	20	0,6	36
27-07-16	8:57	10	20	0,5	30
02-08-16	11:02	12	20	0,6	36
Promedio		11	20	1	34
Baño Caballeros Pasillo					
27-07-16	8:36	42	20	2,1	126
02-08-16	11:25	22	20	1,1	66
03-08-16	11:18	22	20	1,1	66
Promedio		29	20	1	86
Baño Damas Planta baja Edif. Aulas					
28-07-16	15:14	4	20	0,2	12
01-08-16	8:37	11	20	0,55	33
03-08-16	10:25	11	20	0,55	33
Promedio		9	20	0	26
Baño Damas Piso 1 Edif. Aulas					
27-07-16	15:37	9	20	0,45	27
01-08-16	8:15	5	20	0,25	15
03-08-16	10:49	37	20	1,85	111
Promedio		17	20	0,85	51
Baño Caballeros Piso 1 Edif. Aulas					
27-07-16	15:37	5	20	0,25	15
01-08-16	8:15	6	20	0,3	18
03-08-16	10:50	17	20	0,85	51
Promedio		9	20	0	28

### Anexo I. Resultados de los aforos realizados a los destiladores.

Tabla I1. Frecuencia del aforo realizado a destiladores del IZET e ICT. Fuente: Elaboración propia.

Caudal estimado de agua de descarga destilador Lab Agro-ecosistemas. Fecha: 02-08-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/s)	Q (l/d)
1	233	5,91	39,42	3406,29
2	209	5,51	37,93	3277,24
3	230	6,47	35,55	3071,41
PROMEDIO				3251,65
Caudal estimado de agua de descarga destilador Lab Hidro-geoquímica. ICT. Fecha: 02-08-16				
Medida	Volumen (ml)	Tiempo (min)	Q (ml/s)	Q (l/d)
1	162	5,76	28,13	2430,00
2	161	5,65	28,50	2462,02
3	177	5,79	30,57	2641,24
PROMEDIO				2511,09

**Anexo J. Hoja de Inspección a los laboratorios.**

Tabla J1. Planilla de inspección a los Laboratorios docentes de la Escuela de Biología.

NUMERO	LABORATORIO	FUNCIONANDO (F)	SIN FUNCIONAR (SF)	CON FUGA (CF)	TOTAL
1	Lab Nª 1, 2, 3 y 4. Biología vegetal/Biología animal	6	2	0	8
2	Lab Nª 5 y 6. Genética (Microbiología)	4	0	0	4
3	Lab. Nª 7 y 8. Ecología Animal-Biología de Vertebrados	2	0	0	2
4	Cuarto de lavado y esterilización	4	0	1	5
5	Preparación de medios	1	0	0	1
6	Ecología vegetal/taxonomía de plantas superiores	4	0	0	4
7	Depósito ecología Nª 1	1	0	0	1
8	Depósito (parasitología, protozoología y helmintología)	1	0	0	1
TOTALES PLANTA BAJA		23	2	1	26
PISO 1					
9	Lab. Nª 9. Bioquímica. Fisiología Vegetal	0	1	1	2
10	Lab. Nª 10. Bioquímica	0	1	1	2
11	Lab. Nª 11. Biología celular	2	1	0	3
12	Lab. Nª 12. Fisiología animal	3	0	0	3
13	Cuarto de equipos	1	0	0	1
TOTALES PISO 1		6	3	2	11
TOTALES		29	5	3	<b>37</b>

ID	PLANTA BAJA					
	LABORATORIO	GRIFOS			TOTAL	OBSERVACIONES
		FUNCIONANDO (F)	SIN FUNCIONAR (SF)	CON FUGA (CF)		

<b>1</b>	Lab Nª 1, 2, 3 y 4. Biología vegetal/Biología animal	6	2	0	8	
<b>2</b>	Lab Nª 5 y 6. Genética (Microbiología)	4	0	0	4	
<b>3</b>	Lab. Nª 7 y 8. Ecología Animal-Biología de Vertebrados	2	0	0	2	
<b>4</b>	Cuarto de lavado y esterilización	4	0	1	5	
<b>5</b>	Preparación de medios	1	0	0	1	
<b>6</b>	Ecología vegetal/taxonomía de plantas superiores	4	0	0	4	
<b>7</b>	Depósito ecología Nª 1	1	0	0	1	
<b>8</b>	Depósito (parasitología, protozoología y helmintología)	1	0	0	1	
TOTALES PLANTA BAJA		23	2	1	26	
<b>PISO 1</b>						
<b>9</b>	Lab. Nª 9. Bioquímica. Fisiología Vegetal	0	1	1	2	
<b>10</b>	Lab. Nª 10. Bioquímica	0	1	1	2	
<b>11</b>	Lab. Nª 11. Biología celular	2	1	0	3	
<b>12</b>	Lab. Nª 12. Fisiología animal	3	0	0	3	
<b>13</b>	Cuarto de equipos	1	0	0	1	
TOTALES PISO 1		6	3	2	11	
TOTALES		29	5	3	<b>37</b>	

Tabla J2. Planilla de inspección a los Laboratorios del edificio de la Escuela de Química.

ID	LABORATORIO	GRIFOS				OBSERVACIONES
		FUNCIONANDO (F)	SIN FUNCIONAR (SF)	CON FUGA (CF)	TOTAL	
1	Lab 141. Centro de Catálisis Petróleo y Petroquímica/Sulfuros metálicos	1	1	0	2	
2	Lab 138. Dr. Orlando Leal. Catálisis homogénea				0	
3	Infrarrojo				0	
4	Lab.136. CCCP. Destilación simulada	0	0	0	0	
5	Lab.133. CCCP. Análisis térmico	0	0	0	0	
6	Lab.132. Química del C1. Tamices moleculares				0	No se inspeccionó por estar cerrado, indicaron que los grifos están fuera de servicio por fuga en los desagües
7	Lab.129 y 130. CCCP. Tratamiento de Efluentes				0	Se realiza filtración por succión, lo que implica gasto importante de agua.
8	Lab.128. CCCP. Tamices Moleculares				0	Existen tres destiladores y los procesos desarrollados utilizan cantidades importantes de agua, aproximadamente 30 l/d. No se trabaja en las noches ni los fines de semana.
9	Lab. 152. Química del C1	0	0	1	1	
10	Lab. Polímeros	1	2	0	3	
TOTALES PISO 1		2	3	1	6	
<b>PISO 2</b>						
11	Lab. Síntesis Organometálica	4	4	2	10	
12	Lab. Electrónica (instrumentación)	0	0	0	0	
13	Lab. 230. Electroquímica	2	0	0	2	

14	Lab. 226. Fuerzas electromotrices	2	0	0	2	
15	Cuarto de agua (destiladores)	2	0	0	2	
16	Lab. 221. Calorimetría	2	0	0	2	
TOTALES PISO 2		12	4	2	18	
<b>PISO 3. ORGÁNICOS (ALTOS CONSUMOS DE AGUA)</b>						
17	Lab. 317. Productos naturales	3	1	0	4	Existen cinco destiladores conectados en serie. Los procesos desarrollados utilizan cantidades importantes de agua
18	Lab. 337. Productos naturales	6	0	1	7	Funciona solo en horario de oficina. Los procesos que se desarrollan requieren cantidades importantes de agua, también se usa para lavado de material
19	Lab. 321. Productos naturales	0	2	0	2	
20	Lab. 338. Físicoquímica hidrocarburos	4			4	Funciona un destilador, el gasto aproximado de agua destilada son 10 L. Se realiza filtración por succión que requiere grandes cantidades de agua, este proceso de filtración puede durar 1 día. No se trabaja ni en las noches ni los fines de semana
TOTALES PISO 3		13	3	1	17	
21	Lab. Análisis de Procesos (Galpón frente al Poliedrito)	4	0	0	4	Laboratorio de docencia. Se observaron 19 puntos de agua en servicio pero de uso no frecuente. Funciona un destilador que produce: 150 l/h y el consumo semanal del oscila entre 20 y 30 l.
22	Análisis de crudo	2	0	0	2	Se realiza filtración por succión (alto consumo agua)
TOTALES GALPÓN		6	0	0	6	
TOTALES		33	10	4	47	

Tabla J3. Planilla de inspección a los Laboratorios del Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET)

PLANTA BAJA						
ID	LABORATORIO	GRIFOS				OBSERVACIONES
		FUNCIONANDO (F)	SIN FUNCIONAR (SF)	CON FUGA (CF)	TOTAL	
1	Lab. Invertebrados y conservación de anfibios y reptiles	2	1	0	3	Laboratorio de investigación, cuenta con un destilador que se enciende 1 vez por semana
2	Lab. Zooplancton	1	2	0	3	No hay destilador, el uso del agua es solo para lavado de material. El trabajo de noche y fines de semana es ocasional
3	Lab. Agroecosistemas	2	3	2	7	Funciona un destilador, los procesos que se desarrollan utilizan cantidades importantes de agua, también se usa para lavado de material. Indican mala calidad del agua que deteriora los destiladores, por lo que fue instalado un nuevo sistema de filtración dentro del lab. El trabajo de noche y fin de semana es ocasional. tomas de agua de las campanas no funcionan
4	Lab. Mamíferos				0	
5	Lab. Vertebrados terrestres (Museo biología)	1	1	0	2	



	Colección museo (Invertebrados)	2	0	0	2	
	Colección museo (anfibios y reptiles)	1	0	0	1	
	Colección de Peces	3	0	0	3	
TOTALES PLANTA BAJA		12	7	2	21	
PISO 1						
<b>6</b>	Lab. Ecología/plantas acuáticas vasculares	2	0	1	3	Existe un destilador y solo funciona en horario de oficina
<b>7</b>	Lab. Biosistemática de peces	2	0	0	2	Trabaja solo horario de oficina, poco gasto de agua.
<b>8</b>	Lab. Microbiología ambiental	2	0	0	2	Existe un destilador, se utiliza poca agua (1 botellón de 30-40 l cada 3 días). El agua se utiliza principalmente para lavado de material.  Se trabaja ocasionalmente los fines de semana
<b>9</b>	Lab. Biología vectores	1	1	0	2	Existe un destilador que está fuera de servicio, el uso del agua es bajo, principalmente para lavado de material. Trabaja solo horario de oficina
<b>10</b>	Lab. Entomología	2	0	0	2	Uso del agua es bajo, principalmente para lavado de material. Trabaja solo horario de oficina

<b>11</b>	Insectario	1	0	0	1	
<b>12</b>	Lab. Ecología de la vegetación	1	1	0	2	Existe un destilador que está fuera de servicio. Poco uso de agua, principalmente lavado de material. Trabaja horario de oficina
<b>13</b>	Lab. 116. Peces	2	0	0	2	Existe un destilador. Uso de agua para preparación de soluciones y lavado de material
TOTALES PISO 1		13	2	1	16	
<b>14</b>	Lab. Ecosistemas marino costeros	2	0	1	3	
	Viveros lab ecología plantas acuáticas	1	0	0	1	
TOTALES AFUERA		3	0	1	4	
TOTALES		28	9	4	41	

Tabla J4. Planilla de inspección a los Laboratorios del Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT)

PISO 2						
ID	LABORATORIO	GRIFOS				OBSERVACIONES
		FUNCIONANDO (F)	SIN FUNCIONAR (SF)	CON FUGA (CF)	TOTAL	
1	Lab. 210. Prospección Geoquímica	1	0	0	1	No hay destilador. Utilizan agua del lab. Geoquímica Ambiental, bajo consumo. Trabaja horario de oficina
	Lab. 210 B.	0	1	0	1	
2	Lab. 212 A. Geoquímica Ambiental	3	0	0	3	Existe un destilador. Bajo consumo de agua.
3	Lab. 213. Docencia	2	2	0	4	
4	Lab. 209 A. Plasma ICP-OES	1	1	0	2	
	Lab. 209 C. Cromatografía gases	1	0	0	1	
	Espectroscopia de masas	0	0	0	0	
	Infrarrojo	0	0	0	0	
	Pirólisis	0	0	0	0	
	Carbono Total	0	0	0	0	
5	Lab. Difracción de RX	1	0	0	1	
6	Lab. Geoquímica Orgánica I	5	6	0	11	Se usa un equipo llamado Randal que utiliza agua para condensación de vapores (parecido a un destilador). Uso de agua destilada y lavado de material. Los grifos están fuera de servicio por fugas en los desagües.
7	Lab. Geoquímica Orgánica II	4	0	0	4	
TOTALES PISO 2		18	10	0	28	
PISO 3						
8	Lab. 326. Absorción atómica/cromatografía iónica	0	0	1	1	Existe un desionizador. Bajo consumo de agua, para lavado de material. Trabajo en

						horario de oficina
<b>9</b>	Lab. 325. Hidrogeoquímica	2	2		4	Existe un destilador, las actividades que se realizan ameritan gastos importantes de agua. Trabajo ocasional en las noches.
<b>10</b>	Lab. 324. Suelos	4	0	0	4	No hay destilador, utilizan agua destilada del lab de hidrogeoquímica. Bajo gasto de agua, para tamizado y lavado de material. Trabajo ocasional los fines de semana
<b>11</b>	Lab. Petrología	1	0	0	1	
TOTALES PISO 3		7	2	1	10	
TOTALES		25	12	1	38	

**Anexo K. Imágenes del muestro de comprobación de la Calidad del Agua en la FC-UCV.**



Figura K1. Captación de muestras en la Dirección de la Escuela de Física y bebedero del Edificio de Aulas. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo L. Formato para control de facturación mensual de agua en la FC-UCV.**

Tabla L1. Formato tipo para el control de la facturación en la FC-UCV. Fuente: Elaboración propia.

CONTROL DE LA FACTURACIÓN MENSUAL DE AGUA. FACULTAD DE CIENCIAS UCV												
NIC	1202327	COMENTARIOS DEL PERIODO:										
DOTACIÓN (m <sup>3</sup> /mes)	5400											
AÑO	xxx											
N° Factura	Periodo de factura (Mes)	Días facturados	CONSUMOS			MONTOS DE FACTURACIÓN (Bs)					Observaciones	
			m <sup>3</sup> /mes	m <sup>3</sup> /d	l/s	Cargo fijo	Consumo agua hasta dotación	Consumo desde dotación hasta 1,5 dotación	Consumo despues de 1,5 dotación	IVA		Total

**Anexo M. Formato para el control de toma de lecturas en el medidor de agua en la FC-UCV.**

Tabla M1. Formato tipo para el control del medidor de agua FC-UCV. Fuente: Elaboración propia.

AÑO										
MES										
RESPONSABLE										
<b>HOJA DE CONTROL DIARIO. MEDICIÓN DE CAUDAL. FACULTAD DE CIENCIAS-UCV</b>										
FECHA	HORA	DIFERENCIA DE TIEMPO ENTRE LECTURAS (h)	DIFERENCIA DE TIEMPO ENTRE LECTURAS (s)	LECTURA IN SITU EN EL MEDIDOR	DIFERENCIA ENTRE LECTURAS (m <sup>3</sup> )	CAUDAL (l/s)	LECTURA IN SITU EN EL MEDIDOR			OBSERVACIONES
				LECTURA MEDIDOR (m <sup>3</sup> )			CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	CAUDAL (l/s)	VELOCIDAD (m/s)	
22-XX-20XX	07:00	12:00-07:00= A	A*3600	B	C-B=D	D/A*3600				
	12:00			C						
	19:00									
22-XX-20XX	07:00									
	12:00									
	19:00									
22-XX-20XX	07:00									
	12:00									
	19:00									

Anexo N. Imágenes de las piezas sanitarias instaladas en las nuevas edificaciones que formaran parte de la FC-UCV.



Figura N1. Urinarios instalados en las nuevas dependencias de la FC-UCV. Fuente: Elaboración propia.



Figura N2. Caudal de descarga de las pocetas instaladas en las nuevas dependencias de la FC-UCV. Fuente: Elaboración propia.