

**ESTRATEGIAS DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA EN CENTROS  
EDUCATIVOS, CASO DE ESTUDIO, EDIFICIO FACULTAD DE CIENCIAS  
AMBIENTALES – UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**CRISTIAN DAVID TRUJILLO CARDONA**

**JHON FREDY SARMIENTO OCAMPO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

**PEREIRA**

**2.012**

**ESTRATEGIAS DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA EN CENTROS  
EDUCATIVOS, CASO DE ESTUDIO, EDIFICIO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES – UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**CRISTIAN DAVID TRUJILLO CARDONA**

**JHON FREDY SARMIENTO OCAMPO**

**Trabajo de grado para optar al título de Administrador Ambiental**

**Director Proyecto**

**Dr. Ing. Jhoniers Guerrero Erazo**

**Profesor Asociado**

**Decano Facultad de Ciencias Ambientales**

**Universidad Tecnológica de Pereira**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

**PEREIRA**

**2.012**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del Director

---

Firma del Evaluador

Pereira, Mayo de 2.012.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	4
LISTA DE TABLAS .....	6
LISTA DE GRÁFICOS .....	8
LISTA DE ANEXOS .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
1. <b>ACERCA DEL PROYECTO</b> .....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.2. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	14
1.4. OBJETIVOS .....	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.5. MARCO REFERENCIA.....	18
1.5.1. DEMANDA DE AGUA EN CENTROS EDUCATIVOS .....	19
1.5.2. ESTRATEGIAS PARA USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA .....	23
1.5.3. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS.....	27
1.5.4. NORMATIVIDAD .....	29
2. <b>DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	34
2.1. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	34
2.2. ÁREA DE ESTUDIO .....	35
2.3. PROCESO METODOLÓGICO.....	36
2.4. FASE DE DIAGNOSIS .....	37
2.4.1. MEDICIÓN DE CONSUMOS DE AGUA.....	38
2.4.2. CÁLCULO DE LA DOTACIÓN NETA .....	39
2.4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	40
2.5. FASE DE DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO .....	40
2.5.1. PRIORIZACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	44
2.6. FASE PROYECTIVA – PROPOSITIVA .....	46
2.7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	48
3. <b>DISCUSIÓN Y RESULTADOS</b> .....	50

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS HIDRÁULICOS Y SANITARIOS QUE COMPONEN EL SISTEMA.....	50
3.1.1. RED DE SUMINISTRO.....	50
3.1.2. INSTALACIONES SANITARIAS.....	51
3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONSUMIDORES DE ACUERDO CON EL USO DE AGUA.....	53
3.3. DIAGNÓSTICO DE CONSUMO .....	55
3.3.1. USO ASEO PERSONAL ESTUDIANTES.....	57
3.3.2. USO ASEO PERSONAL DE DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS.....	60
3.3.3. USO DE AGUA PARA LIMPIEZA.....	63
3.3.4. USO DE AGUA PARA BEBIDA DIRECTA: .....	64
3.3.4.1. USO DE AGUA CAFETERÍA DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS ...	64
3.3.4.2. CONSUMO DE AGUA BEBEDERO EDIFICIO FCA .....	66
3.3.5. USO DE AGUA PARA RIEGO DE JARDÍN.....	67
3.3.6. USOS SERVICIO LABORATORIOS .....	68
4. <b>DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA</b> .....	69
4.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	69
4.1.1. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS SELECCIONADAS.....	71
4.2. SELECCIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ESTRATEGIAS .....	77
4.2.1. APLICACIÓN DEL MODELO PARA LA PRIORIZACION DE ALTERNATIVAS.....	80
4.3. EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ESTRATEGIAS.....	84
4.3.1. VALOR ACTUAL NETO.....	84
4.3.2. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	85
5. <b>CONCLUSIONES</b> .....	87
5.1. RECOMENDACIONES .....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	92

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Comparativo consumos medios eficientes de agua en distintos sectores .....	21
Tabla 2 Consumos de agua per cápita en universidades de Colombia. ....	22
Tabla 3. Escala con valores para evaluar las preferencias relativas entre los elementos. ....	44
Tabla 4. Diseño Metodológico.....	49
Tabla 5. Elementos estructurales del edificio de la FCA. ....	50
Tabla 6. Instalaciones sanitarias en el edificio de la FCA. ....	52
Tabla 7. Descripción de los consumidores finales de acuerdo con el uso del agua en el edificio de la FCA. ....	54
Tabla 8. Instalaciones mínimas de fontanería para universidades o centros de educación superior. ....	57
Tabla 9. Instalaciones de fontanería para usos servicios docentes y administrativos FCA. ....	60
Tabla 10. Estrategias elegidas.....	70
Tabla 11. Estrategia: Adaptación de tecnologías ahorradoras de agua. ....	72
Tabla 12. Estrategia: Cambio de tecnologías obsoletas a tecnologías ahorradoras. ....	73
Tabla 13. Estrategia: Reparación de fugas.....	74
Tabla 14. Estrategia: Educación Ambiental. ....	75
Tabla 15. Estrategia: Cambio en los hábitos de consumo. ....	76
Tabla 16. Subcriterios para la evaluación de alternativas. ....	78
Tabla 17. Estrategias a jerarquizar .....	80
Tabla 18. Factor de priorización para las estrategias. ....	81
Tabla 19. Factor de priorización para los subcriterios. ....	82
Tabla 20. Síntesis de factor de priorización para estrategias. ....	82
Tabla 21. Condiciones financieras de las estrategias.....	84
Tabla 22. Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Beneficios Netos. ....	85
Tabla 23. Relación Costo – Beneficio.....	86

## **LISTA DE FIGURAS.**

Figura 1. Localización edificio de la Facultad Ciencias Ambientales. ....	35
<b>Figura 2. Proceso metodológico.....</b>	<b>37</b>
Figura 3. Dispositivos de Medición.....	39
Figura 4. Esquema conceptual Uso Eficiente de Agua.....	42
<b>Figura 5. Red distribución en el edificio de la FCA. ....</b>	<b>51</b>
Figura 6. Esquema de jerarquización. ....	79

## LISTA DE GRÁFICOS.

Gráfica 1. Instalaciones sanitarias en el edificio de la FCA. ....	52
Gráfica 2. Instalaciones sanitarias en el edificio de la FCA. ....	53
Gráfica 3. Demanda de agua por uso para el edificio de la FCA. ....	55
Gráfica 4. Dotación para el edificio de la FCA. ....	56
Gráfica 5. Consumo diario de servicio estudiantes FCA. ....	58
Gráfica 6. Fugas presentes en los baños de estudiantes.....	59
Gráfica 7. Dotación baño de estudiantes. ....	60
Gráfica 8. Consumo diario servicio docentes y administrativos de la FCA. ....	61
Gráfica 9. Fugas servicio docentes y administrativos de la FCA. ....	62
Gráfica 10. Dotación uso servicio docente y administrativo FCA.....	62
Gráfica 11. Consumo diario servicio aseo/ limpieza de la FCA.....	63
Gráfica 12. Dotación servicio aseo/ limpieza. ....	64
Gráfica 13. Consumo diario servicio preparación de alimentos de la FCA.....	65
Gráfica 14. Dotación para servicio cafetería docentes y administrativos. ....	65
Gráfica 15. Consumo diario servicio bebedero de la FCA. ....	66
Gráfica 16. Dotación de agua para bebida directa .....	67
Gráfica 17. Consumo diario uso servicio laboratorio.....	68
Gráfica 18. Jerarquización final de las alternativas .....	83



## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Factura de agua Universidad Tecnológica de Pereira.

Anexo 2. Red de acueducto principal edificio Facultad de Ciencias Ambientales.

Anexo 3. Ficha técnica recolección de información.

Anexo 4. Puntos de medición de consumo edificio de FCA.

Anexo 5. Registro diagnóstico de consumo.

Anexo 6. Población Facultad de Ciencias Ambientales.

Anexo 7. Inversión necesaria para las estrategias de educación ambiental y cambio en los hábitos de consumo.

Anexo 8: Aplicación del modelo AHP.

## INTRODUCCIÓN

El uso eficiente de agua a nivel mundial se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, considerándolo como un “recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente”, teniendo en cuenta que su “gestión debe basarse en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles” (Conferencia internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, Dublín 1.992).

Es bien sabido que un adecuado abastecimiento de agua potable es condición previa e indispensable para mantener la vida humana, los ecosistemas y lograr un desarrollo sostenible (Topfer, 1.998). Los usuarios del agua en abastecimientos urbanos se clasifican básicamente en institucionales, residenciales, comerciales, industriales y públicos. Cada uno de estos usuarios demanda el recurso de acuerdo a sus necesidades, El Sayed et al, (2.010) destacan que las autoridades de muchos países están luchando para satisfacer la creciente demanda del recurso hídrico y del saneamiento, y al mismo tiempo mantener la sostenibilidad del sistema de suministro urbano del recurso.

Dentro de los usos urbanos, llama la atención un uso específico debido a su comportamiento y dadas las magnitudes en los consumos de agua, en cuanto a dicho uso, se hace referencia al consumo y gestión del recurso hídrico en instituciones educativas, las cuales por su tamaño y demanda de agua (servicios, aseo, laboratorios, cafeterías, riego y jardín) son categorizados como altos consumidores del recurso. Para ilustrar, Bonet et al, (2.001) señalan que los usos del agua en centros universitarios de gran tamaño son similares a los usos que se dan en ciudades de tamaño medio y que comprender esto es importante para realizar procesos de gestión ambiental en las instituciones. Así mismo, con el fin de promover procesos de conservación y uso eficiente en centros educativos, Cheng y Hong (2.002) establecen las formas de utilización del agua en escuelas primarias y encuentran que muchas de estas tienen problemas por sus altos

consumos de agua por fallas en las tuberías e instalaciones defectuosas. Lo anterior hace mención a una inadecuada gestión del agua, entre algunos factores que agudizan el tema de la problemática en general. La contribución a la solución de dicha problemática debe partir de las bases de la gestión ambiental con actos individuales (escalas específicas), que conlleven a resultados colectivos.

El siguiente estudio es un aporte a los procesos de gestión ambiental que se desarrollan en las instituciones o centros educativos, como también a los procesos que se adelantan en materia ambiental en la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) tomando como caso de estudio el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales (FCA). El documento contiene el diagnóstico de la demanda del recurso hídrico y estrategias de uso eficiente y ahorro del agua.

El trabajo está dividido en cinco capítulos: 1. Acerca del proyecto; 2. Diseño metodológico; 3. Caracterización de la demanda del agua en la FCA; 4. Alternativas para el uso eficiente y ahorro del agua; 5. Conclusiones y recomendaciones. El primero contiene un análisis conceptual, normativo y retrospectivo acerca del evento y área de estudio, el cual ayudará a ubicarse de una mejor manera donde se trabajó para así generar las posibles estrategias de mejoramiento. El segundo capítulo lleva a cabo la metodología, que expone las diferentes técnicas e instrumentos que se emplearon para llevar a cabo los objetivos de la investigación. Los capítulos tres y cuatro desarrollan cada uno de los objetivos, en los cuales se exponen los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, el proceso de revisión documental y los resultados del estudio. En el capítulo quinto, se sintetizan elementos relevantes y fases posteriores al trabajo desarrollado por medio de las conclusiones y recomendaciones.

## **1. ACERCA DEL PROYECTO**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) aproximadamente 1.800 millones de habitantes del mundo entero en el año 2.050 se encontrarán en crisis debido a la creciente demanda del recurso hídrico (se proyecta una población mundial de 9.000 millones de habitantes). En el futuro la demanda del recurso hídrico crecerá a medida que la población aumente, al mismo tiempo éstos permanecerán estables en términos de la cantidad disponible, pero decrecerá la calidad del agua causado por la contaminación sobre el uso del recurso, amenazando la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, reduciendo así la disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad (Global Water Partnership, 2.000).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM 2.010) afirma que el país cuenta en general con una riqueza hídrica, tanto superficial como subterránea; aunque no está distribuida espacial y temporalmente de forma homogénea, en la mayoría de su territorio las condiciones hidrológicas, climáticas y topográficas garantizan una oferta de agua y una densa red hidrográfica. Sin embargo, en las regiones y municipios, en la mayoría de los casos, no se cuentan con políticas, metodologías e instrumentos claros de ordenamiento para el uso de los recursos hídricos.

Para prevenir una degradación continua de los recursos hídricos, se ha promovido una estrategia holística, conocida como Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), ésta busca asegurar un uso óptimo y sostenible del agua para el desarrollo económico y social, mientras se protege y mejora el valor ecológico del ambiente (GWP, 2.000). La GIRH es necesaria para combatir la escasez de agua

y el incremento de la contaminación, el cual permite incorporar un gran número de métodos y técnicas, entre ellas el uso eficiente y ahorro de agua.

El uso eficiente del agua plantea varios desafíos, entre ellos, una implicación directa hacia el seguimiento continuo y la evaluación del desempeño en el tiempo. Medir es la clave en cualquier acción de uso eficiente de agua, de esta manera se conoce la realidad y se establecen modelos para predecir y planear mejor el futuro, mediante una visión integral.

En este sentido, y, debido a que el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales y la Universidad Tecnológica de Pereira no cuenta con la información primaria referente a la dotación por usuario como tampoco con la tipificación de los usuarios finales del agua; se hace necesario caracterizar los hábitos de consumo e identificar aquellas actividades en las que existe un consumo excesivo del recurso, con el fin de generar herramientas tanto tecnológicas como de conducta o comportamiento social, que conduzcan a la reducción o prevención de fugas en la red al igual que a un cambio en la actitud de la población frente al consumo. Algunas investigaciones, desarrolladas por la Municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo en 2.010, plantean que el consumo de agua en centros educativos puede llegar a 5 L/usuario-día. La Universidad Tecnológica de Pereira posee un consumo promedio de 16,64 L/usuario-día (Plan de Manejo Ambiental UTP, 2009), consumo superior al propuesto por la investigación.

Otro aspecto a tener en cuenta es el costo mensual del servicio de agua, pues un metro cúbico ( $m^3$ ) en el año 2.011 valía \$1.155, y en alcantarillado \$953 por  $m^3$  (Aguas y Aguas de Pereira, 2.011. anexo 1), así la factura de consumo mensual para la Universidad Tecnológica de Pereira es de \$7`464.428.

## **1.2. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué estrategias pueden contribuir al uso eficiente y ahorro de agua en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) la crisis del agua, es causada por hábitos de consumo inadecuados. A nivel mundial el uso eficiente del agua se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos, debido a que la crisis del agua no es solo un problema de oferta, sino también, la ausencia de manejo integral y actitud racional frente al uso del recurso hídrico (UNESCO, 2.003).

Por lo tanto el uso eficiente del agua implica, comprender los hábitos de consumo para emprender acciones que permitan generar un cambio en el comportamiento del uso hacia la eficiencia, esto significa modificar prácticas y comportamientos de los usuarios, para maximizar el uso de la infraestructura existente y favorecer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales, ahorrando agua y minimizando la contaminación.

El Gobierno Nacional promueve acciones de manejo racional del agua a través de la Ley 373 de 1.997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua como un conjunto de proyectos y acciones dirigidas a los usuarios del recurso hídrico. Sin embargo esta política en la actualidad no se ha integrado efectivamente a los programas y proyectos diseñados en los centros educativos, debido a que estos no cuentan con las estrategias, herramientas y metodologías que le permitan materializar procesos continuos a través del tiempo. Así mismo, la falta de información primaria hace que no se definan indicadores de fácil verificación y seguimiento, transformándose en una limitante cuando se pretende implementar acciones de uso eficiente.

La Universidad Tecnológica de Pereira atiende una población de 16.820 personas (Registro y control UTP,2.011), entre estudiantes, administrativos y docentes con un consumo de agua de 3.541 m<sup>3</sup>/mes en promedio (Aguas y Aguas de Pereira,2.011), con necesidades de servicios sanitarios, de lavado y limpieza, alimentación, laboratorios, talleres y riego para zonas verdes, entre otras actividades extracurriculares; en recientes estudios desarrollados en el campus se ha establecido la dotación bruta por habitante al interior es de 16,64 L/usuario-día para el año 2.009 (consumo superior al eficiente, pues algunas investigaciones, tales como las desarrolladas por la Municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo en 2.010, plantean que el consumo de agua en centros educativos puede llegar a 5 L/usuario-día.), con pérdidas en la red y el sistema de distribución que alcanzan los 2.226 m<sup>3</sup>/mes, representando un costo de \$27'258.197 millones al año (Plan de Manejo Ambiental UTP, 2009).

Para el International Water and Sanitation Centre (IRC, 2.004), al gestionarse eficientemente el agua en el sistema de abastecimiento para consumo humano, se obtienen impactos positivos sobre la producción de aguas residuales, ya que los caudales disminuyen al tiempo que se incrementa la concentración de los contaminantes. Este hecho presenta ventajas importantes para el tratamiento biológico de aguas residuales, puesto que se incrementa la cantidad de sustrato por unidad de volumen, con lo cual los sistemas biológicos mejoran sus tasas de degradación, a la vez que se economiza espacio y volumen de tratamiento al requerirse sistemas más pequeños.

Las estrategias de uso eficiente y ahorro de agua se encuentran en función de las prácticas de ingeniería y las prácticas de conducta o comportamiento social. En este sentido los centros educativos representan espacios importantes para la formación de nuevos usuarios conscientes de la necesidad de usar de manera eficiente el recurso hídrico. Estas instituciones se han convertido en espacios relevantes a través del uso complementario de herramientas de sensibilización e intervenciones prácticas.

El presente estudio es un aporte a la gestión del agua para centros educativos, lo cual implica un control eficiente y eficaz tanto en los sistemas de distribución, como en los consumidores. En este orden de ideas, a fin de iniciar un proceso de gestión del recurso hídrico en la Universidad Tecnológica de Pereira y, tomando como caso de estudio la Facultad de Ciencias Ambientales, se hace necesario identificar los usuarios del agua y sus hábitos de consumo, con el fin de generar procesos de comprensión y herramientas de gestión en torno a la uso del agua, que conduzcan a la reducción o prevención de fugas en la red de distribución al igual que un cambio en la actitud de la población frente al consumo responsable. El proyecto se enmarca dentro del Plan de Desarrollo Institucional 2.009-2.019, en el objetivo Desarrollo Institucional, Proyecto No. 1 “Desarrollo Físico Sostenible”, en la actividad Gestión y Sostenibilidad Ambiental y en la Política Ambiental de la Universidad Tecnológica de Pereira 2.010, que tienen por objeto generar procesos educativos, tecnológicos y de cultura ambiental que promuevan el desarrollo sustentable del campus y al Plan de Manejo Ambiental 2.009, el cual se plantea como estrategia administrativa para dar solución a problemáticas ambientales específicas y para proyectar el desarrollo institucional en el tema ambiental.

Este proyecto puede constituirse en herramienta de gestión para Administradores Ambientales, al ser de utilidad para los programas de uso eficiente y ahorro de agua que puedan ser implementados. De esta manera es importante destacar que dentro del perfil profesional del programa se encuentra ser gestor del desarrollo y de tecnologías ambientalmente apropiadas, de igual forma entre sus objetivos profesionales específicos esta el gestionar planes, programas y proyectos del sector agua potable y saneamiento; proponer alternativas de solución en el ámbito comunitario, institucional y técnico tanto a nivel local como regional; conocer la legislación y política ambiental para su apropiada inserción en los planes de desarrollo sostenible.



## **1.4.OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Formular estrategias de uso eficiente y ahorro de agua para la Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la demanda de agua en el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales.
- Definir estrategias para uso eficiente y ahorro de agua.
- Evaluar las estrategias definidas de uso eficiente y ahorro de agua para la Facultad de Ciencias Ambientales en términos financieros.

## **1.5. MARCO REFERENCIA**

Colombia ocupa el séptimo lugar en disponibilidad de recursos hídricos en todo el mundo, después de países como Brasil e Indonesia (Guerrero, 2.006); sin embargo la problemática mundial del agua ha impactado fuertemente provocando, inundaciones, contaminación, racionamientos y deficiencias en el acceso al agua potable; lo cual, es tal vez, una de las manifestaciones de mayor preocupación para las autoridades ambientales, debido a que ocasiona en la población problemas de morbilidad por saneamiento inadecuado e insalubridad.

La Gestión Integral de Recursos Hídricos es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (Global Water Partnership, 2.000). Así mismo, con base en el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2.010), la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) se define como un proceso donde intervienen diversos agentes sociales (instituciones públicas y privadas, comunidad, academia, organizaciones sociales, entre otras) los cuales analizan, evalúan, proponen y hacen cumplir normas y propuestas de mejoramiento relacionadas al recurso hídrico a través de diferentes mecanismos administrativos, investigativos, financieros, técnicos, legales, económicos, educativos y culturales, que garantice la sostenibilidad del recurso para las generaciones futuras.

La GIRH incorpora el uso eficiente y ahorro de agua, el cual implica toda actividad que está relacionada con utilizar de mejor manera el recurso, hacer más o lo mismo con menos cantidad de agua, lo que hace que el ahorro se convierta en una “fuente de agua” por si mismo, por lo tanto, se deben tomar medidas que permitan usar menos agua en cualquier proceso o actividad para la conservación y el mejoramiento de los recursos hídricos (Sánchez, L. 2.008).

La Global Water Partnership (GWP, 2.000) afirma que la gestión de la demanda es el conjunto de medidas multidisciplinares concretas a aplicar sobre un abastecimiento a lo largo de un período de tiempo determinado con el fin de lograr al final del mismo una mejora previamente evaluada en la eficiencia del consumo de agua.

El uso eficiente del agua es uno de los objetivos de la gestión de la demanda, incluye cualquier medida, ya sea preventiva o correctiva, que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por cada actividad y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua, al igual que cualquier reducción o prevención de pérdida de agua que sea de beneficio para la sociedad en su conjunto. Contiene tres aspectos importantes: el uso, la eficiencia y el agua. El uso significa que es susceptible a la intervención humana, a través de alguna actividad que puede ser productiva, recreativa o para su salud y bienestar. La eficiencia tiene implícito el principio de escasez, pues el agua dulce es un recurso escaso, finito y limitado, que debe ser bien manejado, de manera equitativa, considerando aspectos socioeconómicos y de género (Sánchez, L y Sánchez, A, 2.004).

### **1.5.1. DEMANDA DE AGUA EN CENTROS EDUCATIVOS**

Las pérdidas de agua en un sistema de distribución se clasifican en pérdidas técnicas y perdidas aparentes. Las primeras tratan de las pérdidas reales del recurso, pérdidas físicas que se presentan en los distintos componentes del sistema (sistemas de almacenamiento, conducciones, redes de distribución y acometidas), En cuanto a las perdidas aparentes, estas se derivan de los errores y la ausencia de micromedición (De la Vega, H y Espinoza, J, 1.991).

En cuanto al uso o demanda de agua, pueden clasificarse en usos consuntivos o usos no consuntivos. Los primeros son aquellos en donde el agua es empleada en diversas operaciones pero no es descargada a los sistemas de drenaje o

alcantarillado; los usos no consuntivos, es el agua empleada en operaciones rutinarias, la cual, ya utilizada, se descarga a la red de alcantarillado sanitario o se entrega para ser reutilizada en otros procesos (Víctor J. Bourguett, O. et al, 2.003)

La gestión del agua en instituciones o centros educativos implica un control eficiente y eficaz tanto en los sistemas de distribución, como en los consumidores de agua. Según Jorgensen et al, (2.009) es esencial reconocer las variables que influyen en el uso del recurso, por lo tanto, se requiere establecer los hábitos de consumo que implica comprender como el agua es utilizada, 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.

Se debe tener en cuenta que el uso eficiente plantea varios desafíos, entre ellos, una implicación directa hacia el seguimiento continuo y la evaluación del desempeño en el tiempo. Medir hace parte de las acciones de mayor relevancia de cualquier programa de uso eficiente, pues así se determinan los consumos horarios, mensuales, estacionales y medios. Los instrumentos más utilizados para la medición del agua son los contadores de tipo volumétrico y de velocidad, sus principales problemas están asociados al costo del instrumento de medición, la complejidad en la instalación y reparación del equipo in situ y el incorrecto dimensionamiento del medidor a instalar, que puede incrementar el deterioro de las partes internas a caudales excesivamente altos y/o el subdimensionamiento del volumen de agua por bajos caudales (Palau, 2.005).

El primer paso hacia la reducción del consumo de agua es el conocimiento de la situación actual, es decir, determinar la dotación neta, la cual corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un usuario sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto (RAS, 2.000), es necesario entonces, establecer si los usuarios se encuentran en un nivel de exceso o no. A continuación en la Tabla 1, se presentan datos de

referencia de consumos eficientes por usuario, para diferentes establecimientos, donde los menores consumos se encuentran en los centros educativos:

**Tabla 1. Comparativo consumos medios eficientes de agua en distintos sectores**

TIPO DE INSTALACIÓN	CONSUMO EFICIENTE DE AGUA
RESTAURANTE	30 L/usuario/día
BAR	8 L/usuario/día
CAFETERÍA	500 L/usuario/día
OFICINA	20 L/usuario/día
HOSPITAL	600 L/usuario/día
HOTEL	200 L/usuario/día
CENTRO EDUCATIVO	5 L/usuario/día
CENTROS DEPORTIVOS CON PISCINA	40 L/usuario/día
CENTROS DEPORTIVOS SIN PISCINA	20 L/usuario/día
AUTOLAVADO	75 L/usuario/día

Fuente: Municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo, 2.010.

De igual forma, fuentes latinoamericanas, como la Dirección Nacional de Urbanismo de Perú (2.011), determinó algunos estándares acerca del consumo de agua para instituciones educativas, los cuales pueden ser de 100 m<sup>3</sup>/mes y la dotación de 50 a 200 L/usuario-día. Según la Norma de Dotación de Agua del Distrito Federal de México (2.005), el consumo en centros de educación media superior no será inferior a 25 litros/usuario-día. En este sentido la Norma Técnica

Colombiana NTC 1500:2004 establece valores de 50 L/usuario-día. Sin embargo estos consumos dependen de las situaciones particulares de las instituciones educativas, como lo son, la presencia de fugas o goteos, tipo de unidades sanitarias o llaves, presión del agua, condiciones climáticas entre otras.

En la Tabla 2 se presentan valores de consumos per cápita en universidades de las principales ciudades del país. En comparación con estas instituciones, la Universidad Tecnológica de Pereira presenta valores bajos de consumo, sin embargo los valores de los centros educativos consideran usos como piscinas, los cuales no se encuentran incluidos en las actividades desarrolladas al interior del campus objeto de estudio.

**Tabla 2 Consumos de agua per cápita en universidades de Colombia.**

<b>UNIVERSIDAD</b>	<b>AÑO</b>	<b>CONSUMO</b>
<b>ANDES, BOGOTÁ</b>	2.001	21,4 L/usuario-día
<b>ANTIOQUIA, MEDELLÍN</b>	2.001	41 L/usuario-día
<b>DEL VALLE, CALI</b>	2.003	35 L/usuario-día
<b>TECNOLÓGICA DE PEREIRA</b>	2.008	16,64 L/usuario-día

Fuente: UNIVALLE (2.003) y Plan de Manejo Ambiental UTP (2.009)

Es posible inferir que estos centros educativos presentan grandes diferencias, obedeciendo a posibles manejos y usos diferentes del recurso al interior de estas instalaciones. Como se ha indicado anteriormente, no todo el caudal consumido en la red responde a un uso intencionado de agua, sino que existe una parte del consumo, denominado genéricamente “fugas”, que se debe a las deficiencias del sistema y que constituye por tanto una pérdida de agua.

De acuerdo con lo anterior, la micromedición de agua se convierte en una herramienta fundamental para contribuir al mejoramiento tecnológico, administrativo y económico de los centros educativos. Entendiendo ésta, como el conjunto de equipos, elementos y actividades que permiten obtener, analizar y divulgar datos operacionales relativos a los caudales, volúmenes, presiones y niveles de agua en los sistemas de abastecimiento (Ochoa y Bourguett, 2.001). En este sentido algunos métodos vinculados con la estadística descriptiva facilitan la organización de datos a través de tablas y representaciones gráficas, como resultado, según Wayne (2.002) estas técnicas de análisis descriptivo, permiten inferir características de la población, cuando existe una buena representación muestral, resumidos mediante el uso de porcentajes, medidas de tendencia central y dispersión.

### **1.5.2. ESTRATEGIAS PARA USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA**

La eficiencia y el ahorro están relacionados directamente con la racionalidad en el uso de agua, la cual parte de la concepción que tiene el usuario sobre la cantidad de agua que necesita para su subsistencia. Esta cultura del agua determina los niveles de consumo, que son característicos de cada contexto o población de usuarios, así como las diferentes medidas que deben ser abordadas en la consecución de un uso más razonable del recurso. De acuerdo con Green (2.003), la gestión de recursos hídricos debe responder a la elección entre dos estrategias: a) el aumento en oferta y b) la reducción de la demanda a través de la eficiencia en el uso de los recursos existentes. Para el autor, la elección de la estrategia más apropiada dependerá de las circunstancias locales.

La previsión del futuro requiere de estrategias como “el medio de adecuación de las actividades de una organización al entorno en el que opera”. (Estudio Nacional del Agua, 2.010), es decir, el punto de inflexión que permite poner en marcha el cambio y la transformación de la realidad.

En los procesos de producción es útil para el control de equipos, accesorios, zonas de riego, baños entre otros, pues es la forma de comparar y determinar si las medidas tomadas están siendo efectivas y en qué cantidad. Adicionalmente de esta manera se motivará la participación de trabajadores y usuarios en el ahorro y uso adecuado del recurso.

En los establecimientos y centros educativos se pierde gran cantidad de agua debido a la fuga en tuberías, accesorios hidráulicos y sanitarios. Tate (2.008) afirma que se presentan fugas en los muebles sanitarios, las llaves de lavado, regaderas, y una forma de detectar dichas fugas es el empleo de colorantes que permiten ubicar con precisión por dónde se está fugando el agua; el desgaste del empaque o las fugas por la tuerca superior, se reparan con facilidad lo que propicia importantes ahorros. Así mismo De la Vega y Espinosa (1.991) plantean que el control de fugas está relacionado con el mantenimiento permanente de las instalaciones, para ello determinan varios métodos de detección de fugas en la red entre las cuales se incluyen el método acústico, el de la presurización de la red, correlación y trazadores.

En el estudio realizado en la municipalidad de Zaragoza España (2.010), reducir el consumo de agua sin realizar grandes inversiones es posible simplemente con educación y conducta de ahorro adecuada, sin embargo existen otras alternativas, que de manera integrada permitirían obtener grandes avances. Las actividades para reducir el consumo del agua incluyen desde las actividades de control permanente sobre el sistema y la infraestructura de abasto, el uso de fuentes alternativas y de tecnologías, existentes en el mercado, que disminuyan el uso del agua.

Dentro de este paquete de medidas que cumplen con la meta de uso eficiente de agua, se destaca las alternativas tecnológicas, entre ellas, el uso de dispositivos ahorradores como aireadores y reductores volumétricos o de caudal, los cuales garantizan un ahorro del 40 a 50% dependiendo de la presión del agua; válvulas



para sanitarios de bajo consumo, que permiten ahorrar hasta un 50% de agua por descarga; uso de fuentes alternativas de abastecimiento (aguas lluvias) y tecnologías de bajo consumo para duchas, lavaplatos y procesos estratégicos de los laboratorios (prueba y calibración) que requieren el uso del recurso, ya que estas pueden representar un ahorro potencial promedio del 30% en el consumo de agua. Algunos de los dispositivos ahorradores de agua se pueden adaptar a los elementos ya existentes obteniendo reducciones hasta de 12.000 L/mes.

De igual forma es elemental el control permanente de fugas y de la infraestructura, ya que se presentan importantes pérdidas del recurso a causa de roturas y fugas presentes en las tuberías, accesorios hidráulicos y sanitarios. Según el Centro Panamericano de Ingeniería y Ciencias de Ambiente (CEPIS), un grifo desperdicia 80 litros de agua por día, lo que equivale a una pérdida de 2.4 metros cúbicos al mes ( $m^3$ /mes), así mismo, tanto las cisternas como los tanques altos deteriorados alcanzan pérdidas del recurso de 10.000 a 12.000 L/día.

De este modo, optimizar el manejo y uso racional del recurso trae consigo beneficios tanto ambientales como económicos. Según Arregui (2.007), los beneficios estimados que se exhiben son el ahorro en energía, optimización de procesos, menos agua residual y por lo tanto menos necesidad de capacidad instalada en tratamiento, así como una menor cantidad de agua facturada.

Al respecto Grisham y Flemming (1.998) destacan que, para que las acciones dirigidas al uso eficiente del agua tengan éxito se debe contar con la participación ciudadana. Para ello es indispensable establecer acciones de comunicación y educación, las cuales constituyen elementos de suma importancia. Algunas herramientas de las cuales se vale un programa de cultura del agua son el desarrollo de estrategias educativas, la conformación de clubes defensores del agua, y la realización de talleres de formación orientados a las comunidades. Si bien es cierto que estas estrategias han sido desarrolladas en la gran mayoría de programas de uso eficiente y ahorro de agua, debe señalarse que el seguimiento

de los alcances de estas, sobre los niveles de ahorro y eficiencia presenta grandes dificultades. Debido principalmente a la naturaleza cualitativa de los indicadores utilizados y a la ausencia en la mayoría de los casos de información detallada sobre el desarrollo de la estrategia.

La estrategia de educación ambiental, entendida como un proceso permanente en el que los individuos y la colectividad cobran conciencia de su medio y adquieren los conocimientos, los valores, las competencias, la experiencia y la voluntad; capaces de hacerlos actuar, individual y colectivamente (UNESCO-PNUMA, 1.987), juega quizás el papel más importante en el uso eficiente del agua en las diferentes actividades humanas, el cambio en los estilos de vida implica establecer estrategias que incida en el comportamiento ambiental. En este sentido Corraliza y Martín (2.000) explican diferencias registradas en los patrones de comportamiento ambiental a partir del concepto de estilo de vida, desarrollando análisis multivariados, establecen que el estilo de vida explica la conducta de despilfarro y responsabilidad ecológica. En efecto, una adecuada comunicación de los objetivos, ventajas y formas de participación debe venir complementada con programas de formación con diferentes niveles de profundidad para los distintos grupos de usuarios.

Estas estrategias educativas buscan el logro de consumos racionales y cambios en los hábitos de consumo, a través de la introducción de patrones de comportamiento que estimulen un uso eficiente del agua. Esto con el fin de reducir las dotaciones suntuarias (Zaragoza y Fundación Ecológica y Desarrollo, 2.010), sin disminuir el nivel de satisfacción de la población, además de formar nuevos ciudadanos. Se ha estimado a partir de experiencias de este tipo, ahorros del 15 al 25% del consumo total de agua (Grisham y Flemming, 1.998).

Frente a esta gama de alternativas posibles de uso eficiente y ahorro del agua, se hace más complejo el procesos de toma de decisiones o en la priorización de alternativas, debido a que generalmente se tienen múltiples objetivos, que se

contraponen entre ellos, generando entonces la necesidad de un método que permita comparar esos múltiples criterios.

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) es un método matemático que facilita la toma de decisiones en problemas en los cuales se involucran múltiples criterios (Bryson and Mobolurin, 1.994) en donde el conocimiento de los actores es tan importante como los datos utilizados en el proceso. Se pueden realizar análisis variados, en los cuales se contemplan situaciones netamente cuantitativas, por ejemplo un balance general, un análisis financiero, con situaciones cualitativas tales como el impacto ambiental, el grado de desarrollo social entre otros (Osorio y Orejuela, 2.008).

### **1.5.3. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS**

La evaluación de proyectos y de alternativas es el procedimiento a través del cual se comparan los resultados esperados, con los objetivos predeterminados, por medio de la utilización de criterios específicos de evaluación. Consecuentemente, la evaluación permite establecer sus bondades y determinar si es o no conveniente su ejecución o inversión (Rosero, 2.005). De igual forma las decisiones de inversión son muy importantes pues implican la asignación de grandes sumas de dinero y por un plazo largo. Siguiendo el autor, esencialmente se tiene en cuenta tres enfoques básicos de evaluación para alternativas y proyectos de inversión: evaluación económica, evaluación de impacto social y evaluación financiera.

Para Sabalza (2.006) es frecuente confundir el análisis o evaluación económica con la evaluación financiera. En el primer caso se integra en su análisis tanto los costes monetarios del proyecto como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con las mejoras en las condiciones de vida de un grupo. En tanto a la

evaluación financiera, esta tiene en cuenta únicamente la vertiente monetaria con el objetivo de considerar su rentabilidad en términos de flujos de dinero.

Con base en Infante (1.993), lo acostumbrado es que el análisis se inicie utilizando un enfoque financiero y luego se complementa al introducir los ajustes necesarios para convertirlo en una evaluación económica y social. Se relaciona con un análisis microeconómico en el cual frecuentemente, aunque no siempre, los precios del mercado se utilizan para valorar los requerimientos y los producidos de las alternativas; debido a que la cuantificación de los ingresos y egresos se hace en base a las sumas de dinero que el inversionista recibe, entrega o deja de recibir.

La evaluación de alternativas de inversión desde el punto de vista financiero es en esencia un intercambio de sumas de dinero. Es la oportunidad de entregar ciertas cantidades en momentos definidos, a cambio de recibir otras sumas o beneficios, en otros momentos, también específicos. En este sentido Orozco (2008), afirma que cuando se trate de escoger una alternativa entre varias opciones, es decir que una excluye a las demás, lo más sensato es evaluar la decisión para cada caso. En el contexto de la gestión de recursos hídricos se aplican una serie de métodos como apoyo al proceso de toma de decisiones, siendo los criterios de mayor aceptación el Valor Presente neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Beneficio Neto (BN). Lo anterior con el fin de contar con los suficientes elementos de juicio para tomar en forma acertada las decisiones de tipo financiero.

Así mismo, la economía ambiental brinda la herramienta de Análisis Costo-Beneficio, la cual permite medir, adicionar y comparar el total de los costos y beneficios involucrados en la vida útil de un proyecto. Para ello Field plantea I. Especificar en forma clara el proyecto, II. Describir en forma cuantitativa los insumos y resultados del proyecto, III. Calcular los costos y beneficios sociales de los insumos y resultados y IV. Comparar los costos y beneficios generados.

#### **1.5.4. NORMATIVIDAD**

En la actualidad se reconoce la necesidad de una normatividad ambiental que proteja el agua, es por ello que los gobernantes en Colombia, han tenido que implementar regulaciones a nivel legislativo y técnico que buscan que se optimice el recurso de manera que se utilice el agua en todos sus usos potenciales pero de una forma eficiente. Sánchez et al (2.004), plantea que la reglamentación para el uso eficiente del agua ha ganado espacio y se ve como una estrategia a largo plazo con acciones en diferentes niveles, dependiendo en muchos casos, del tamaño de la población. Así pues, a continuación mencionaran algunas vigentes para nuestro país.

En primer lugar se tiene la Constitución Política de Colombia la cual incorpora varios artículos relacionados a la protección del ambiente y el recurso hídrico como lo es el artículo 79. Garantizar un ambiente sano; el artículo 80. Planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y prevenir los factores que ocasionen riesgo a su conservación o conduzcan a su deterioro; velar por la solución de las necesidades insatisfechas de salud, educación, saneamiento ambiente y agua potable (art. 366).

La Ley 99 de 1.993, es otra norma de gran importancia para el país puesto que crea el Ministerio del Medio Ambiente como órgano rector de políticas y regulaciones, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA; define el marco legal y asigna funciones en relación con la formulación de la Política Nacional Ambiental, control de contaminación, cuantificación del recurso hídrico, seguimiento de la calidad del recurso hídrico, conservación de cuencas, instrumentos económicos y de financiación.

La Ley 142 de 1.994, por su parte, establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios los cuales son esenciales a la finalidad social del Estado y el

municipio es la entidad política y regional responsable de organizar su prestación, mientras que la nación y los departamentos cumplirán funciones de apoyo a la gestión.

En esta perspectiva la política ambiental en Colombia establece las herramientas para la consecución de un uso racional y eficiente del agua, brinda elementos técnicos, económicos, culturales y administrativos para tal fin, involucrando diversos actores, enfoques y metodologías. Si bien, el uso racional del agua es un elemento determinante para la sostenibilidad del recurso y es a través de la Ley 373 de 1.997 que se establecen los programas de uso eficiente y ahorro de agua, constituyéndose como una extensión del marco regulatorio planteado por la Ley 99 de 1.993 “Ley del Medio Ambiente” y la Ley 142 de 1.994 “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios.

El sentido social de la Ley 373 de 1.997, es disminuir la presión sobre el recurso en la utilización para el abastecimiento de la población, para la cual, las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego, drenaje, y demás usuarios del recurso hídrico (incluidos centros educativos), deben elaborar un conjunto de proyectos y acciones que se deben adoptar para optimizar el manejo del agua, denominados Programas para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA). Dichos PUEAA incluye dos componentes fundamentales, el primero corresponde al agua no contabilizada o buenas prácticas de operación y manejo de agua y el segundo al uso eficiente por parte de los usuarios del servicio o buenas prácticas en el consumo. Sin embargo se debe considerar que estos componentes varían de comunidad en comunidad, y deben responder a las condiciones sociales, económicas y ambientales de cada una de ellas.

En cuanto a la aplicación de la Ley 373, la comisión de regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico mediante la Resolución CRA 440 de 2.008 establece las excepciones a las metas de cobertura en la macro y micromedición

y mediante la Resolución CRA No 150 de 2.001 establece los consumos básicos y máximos de conformidad con lo establecido en esta ley. Así mismo, el Decreto 1575 de 2.007, establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, y el Decreto 475 de 1.998 expide normas técnicas de calidad del agua potable. De este modo las políticas ambientales en Colombia son asumidas como vectores impulsores de la gestión pública hacia el desarrollo sostenible. Sin embargo, el logro del desarrollo sostenible, no es responsabilidad exclusiva de la política ambiental, sino que corresponde a una acción integral de todos los actores de la sociedad.

Ahora bien, a partir del el año de 1.992 se torna necesario replantear las relaciones que hacen uso de todos los procesos tanto ecológicos, como biológicos, físicos, económicos y culturales por medio de la incorporación de la Agenda 21, el cual es un programa de las Organización de las Naciones Unidas para promover el desarrollo sostenible. En este sentido, por lo que se refiere a los instrumentos de planificación que existen para llevar a cabo las estrategias de uso eficiente y ahorro de agua en centros educativos, se tienen los objetivos de desarrollo del milenio, entre los que se plantea la sostenibilidad del medio ambiente. Este objetivo, (número siete) tiene varias metas con sus correspondientes indicadores. La primera meta: 7. A, señala la incorporación de los principios de desarrollo sostenible en las políticas y programas nacionales y la reducción de la pérdida de recurso del medio ambiente. La meta 7.C por su parte plantea reducir a la mitad para el año 2.015 la proporción de personas sin acceso sostenible a agua potable y servicios básicos de saneamiento y los dos indicadores que tiene en cuenta son en primer lugar la proporción de la población con acceso a mejores fuentes de agua potable y en segundo lugar la proporción de la población con acceso a mejores servicios de saneamiento.

Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos, tal como lo plantea Ernesto Guhl (2.007), se prevé que el mundo será un mundo de sed con más de 1.100 millones de personas sin acceso al agua potable en el años 2.015, así se redujera a la mitad la

población carente de agua potable como lo plantea las metas para el nuevo milenio.

En el contexto nacional se cuenta con Visión Colombia 2.019 la cual menciona en su meta N°6 promover el uso racional y eficiente del agua en los distintos sectores productivos, en los ámbitos rurales y urbanos que lo demandan. Por otra parte el Plan Nacional de Desarrollo 2.010 – 2.014 “Prosperidad Para Todos” plantea en su numeral 6 “Sostenibilidad Ambiental y Prevención del Riesgo” los lineamientos estratégicos en cuanto a la gestión ambiental para el desarrollo sostenible, entre otros, se encuentra el fortalecer la gestión del recurso hídrico, la evaluación de la calidad del agua, y las normas sobre pautas para la ordenación de las cuencas.

Analizando los instrumentos de planificación regional, se cuenta con el Plan de Desarrollo Municipal 2.008 – 2.011, el cual hace referencia al recurso hídrico, su saneamiento e índice de riesgo de la calidad de agua en la línea estratégica Pereira amable, programa Pereira verde, subprograma calidad ambiental. Además, se encuentra la Agenda para el desarrollo sostenible de la Ecorregión Eje Cafetero 2.007-2.019, la cual incorpora los acuerdos y propuestas construidos por los actores regionales. Entre sus líneas de acción relacionados al recurso hídrico se encuentran: agua potable y saneamiento hídrico; uso eficiente y racional del recurso; administración del recurso hídrico; otros usos alternativos del agua.

Risaralda también cuenta con un Plan Decenal de Educación 2.005 – 2.014 Ambiental el cual orienta la incorporación de la dimensión ambiental en los procesos de formación y aporta elementos y estrategias de planificación, coordinación, capacitación, investigación y comunicación para el desarrollo del territorio, las instituciones, organizaciones y comunidades. Entre las áreas programáticas que tiene el Plan Decenal se encuentra recursos hídricos y saneamiento básico (Plan Decenal de Educación, 2.005).



A nivel del área de estudio, encontramos la Política Ambiental de la UTP 2.010 “Generando espacios de sustentabilidad para la formación ambiental” el Plan de Manejo Ambiental 2.009 que permite identificar y gestionar los aspectos e impactos ambientales más significativos derivados del desarrollo de sus actividades. El Plan de Desarrollo Institucional 2.009-2.019, en el objetivo Desarrollo Institucional, Proyecto No. 1 “Desarrollo Físico Sostenible”, en el subproyecto Gestión y Sostenibilidad Ambiental. Los cuales tienen por objeto generar procesos educativos, tecnológicos y de cultura ambiental que promuevan el desarrollo sustentable del campus.

## **2. DISEÑO METODOLÓGICO**

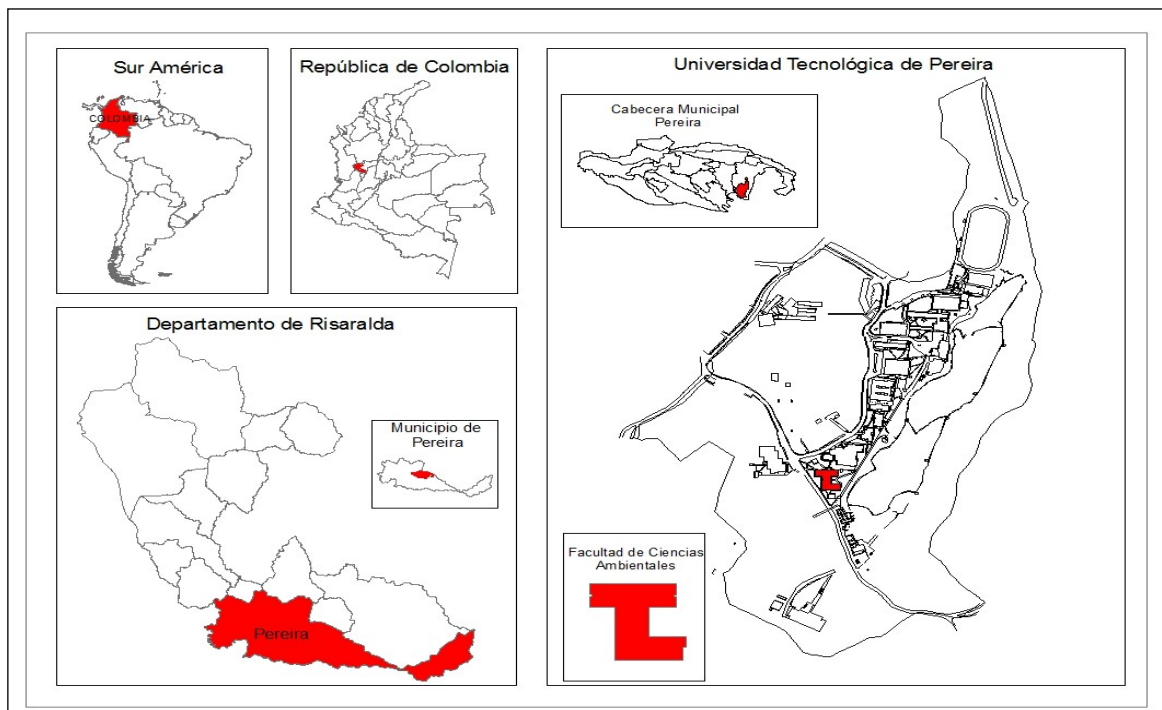
### **2.1. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La Facultad de Ciencias Ambientales debe ser pionera en proyectos ambientales sostenibles, ya que lidera la gestión ambiental, a través de la docencia, la investigación y la proyección social proporcionando a la UTP un punto de arranque para el establecimiento de actuaciones ambientales en el campus. Además es importante destacar que la Facultad se encuentra entre los edificios con mayores consumos dentro del campus universitario (9.816 L/d) ocupando el tercer lugar después de los edificios de Bellas Artes y el Bloque L, según el Plan de Manejo Ambiental de la Universidad Tecnológica de Pereira 2.009. Así mismo tanto los recursos técnicos, económicos y logísticos disponibles para el desarrollo de este tipo de procesos de investigación son limitados, por lo cual realizar el estudio en otro edificio o en todo el campus universitario requiere mayor demanda de estos. Por tal motivo la Facultad de Ciencias Ambientales se ajusta a los recursos disponibles.

Es importante mencionar que la cafetería principal utilizada para la elaboración de alimentos en la FCA no es tenida en cuenta en el presente estudio, debido básicamente a que la red que suministra el agua tanto al edificio y a la cafetería proviene de diferentes sistemas de abastecimiento; lo cual difiere al momento de realizar el balance hidráulico del sistema (anexo 2).

## 2.2. ÁREA DE ESTUDIO

El edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales (FCA) es parte integrador de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), localizada en la vereda "La Julita" sur oriente del municipio, departamento de Risaralda – Colombia a  $4^{\circ}63'69.11''$  de latitud norte y a  $74^{\circ}08'38.15''$  al oeste del meridiano de Greenwich (Figura 1); la temperatura promedio de la zona es de  $22^{\circ}\text{C}$ , la altura es de 1.411 m.s.n.m. Comprende un área de 5.185,02 m<sup>2</sup>. La Facultad de Ciencias Ambientales es un centro de educación superior científico-académica, líder, generadora y socializadora del saber ambiental en los niveles de pregrado, maestría y doctorado, la cual cuenta con una población para el año 2.011 de 1.124 personas entre estudiantes, docentes, y empleados (personal administrativo, personal de limpieza, seguridad y mantenimiento).

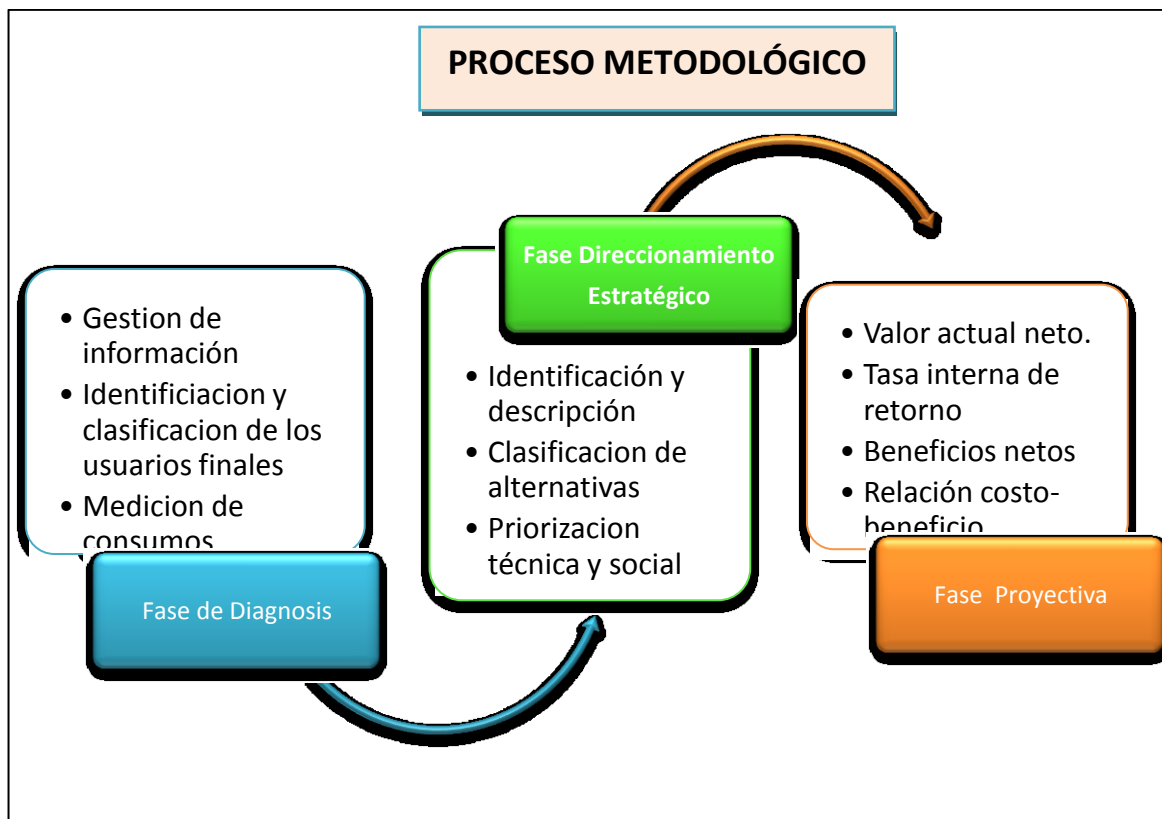


**Figura 1. Localización edificio de la Facultad Ciencias Ambientales.**

### **2.3. PROCESO METODOLÓGICO**

La presente investigación es de tipo proyectivo, ya que consiste en la “elaboración de una propuesta o modelo, como alternativa de solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social o de una institución, un área en particular del conocimiento a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras” (Hurtado, 1.998). Dicha situación es la formulación de estrategias para consumo eficiente y ahorro de agua en el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales. La línea base se centró en la Gestión de Tecnologías Ambientalmente Apropriadas, la Gestión Integral del Recurso Hídrico y la pertinencia sociocultural de la implementación de este tipo de proyectos.

La investigación se desarrolló en tres fases. I. Diagnósis: incluye la exploración, contextualización y caracterización de la demanda de agua en el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales. II. Direccinamiento estratégico: identificación de oportunidades y selección de estrategias para el uso eficiente y ahorro de agua, en el área de estudio. III. Proyectiva y Propositiva: contiene la evaluación de estrategias de mejoramiento para el uso eficiente y ahorro de agua en el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales (Figura 2).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2. Proceso metodológico.**

## 2.4. FASE DE DIAGNOSIS

Con el propósito de entender las dinámicas que se dan en el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales entorno a la demanda de agua, se procedió a detectar aquellos elementos que conforman el sistema de distribución de agua potable como lo son las tuberías, estructuras y dispositivos (instalaciones sanitarias) que sirven para proveer al público de agua para el consumo humano y otras actividades; entre otras se caracterizaron obras de toma o acometida, tanques de almacenamiento y la red de distribución.

Con las técnicas (observación, visitas de campo, dialogo con estudiantes, docentes, personal de limpieza, mantenimiento) e instrumentos (fichas de campo,

registro de observación, registros de diálogos, registros fotográficos) se realizó un inventario de las instalaciones hidráulicas<sup>1</sup> para estimar la clase o tipo de instalación sanitaria (grifos o llaves, urinarios, inodoros, duchas), al igual que su estado, es decir si presentan o no fugas importantes o goteos, y si cuentan con algún tipo de equipamiento ya sea un reductor de caudal, aireador o tecla de interrupción de doble descarga (Anexo 3)

Así mismo se realizó una identificación y clasificación de los usuarios del agua con el fin de determinar en qué y cómo se usa el agua en cada punto de extracción identificado. De esta manera se especificó la función principal de cada área (servicios sanitarios, cocineta, laboratorios, jardín, aseo o limpieza), se identificaron los diferentes usos y se agruparon en categorías a las cuales por medio de conteos se les determino su intensidad de uso.

#### **2.4.1. MEDICIÓN DE CONSUMOS DE AGUA.**

Con el fin de cuantificar las características del consumo de agua para cada uno de los usuarios identificados en el centro educativo, se instalaron medidores volumétricos de media pulgada (1/2") modelo Altaír V4 R160 con un módulo radio IZAR CP 434 MHz (emisor de pulso) como se ilustra en la figura 3, los cuales envían los registro de datos de consumo de agua a la unidad concentradora de datos GPRS RECEIVER. El registro del consumo de agua se realizó de forma continua hora a hora, durante un periodo de 45 días (Anexo 4).

---

<sup>1</sup> Se define como instalación hidráulica el conjunto de tuberías y dispositivos colocados dentro del edificio, que hace llegar el agua hasta los muebles y accesorios que dan servicio a los usuarios.



**Figura 3. Dispositivos de Medición.**

Se efectuó la revisión diaria del medidor instalado en cada unidad de consumo al interior del centro educativo y la consulta continúa al concentrador central (centro de gestión de datos del abastecimiento) vía internet. La información fue recolectada, tabulada y analizada en el software IZAR TASK® y Excel, los cuales permitieron procesar los datos, y construir las curvas de demanda para cada usuario final.

#### **2.4.2. CÁLCULO DE LA DOTACIÓN NETA**

La dotación bruta corresponde a la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un usuario considerando las pérdidas que ocurran en el sistema de distribución, ahora bien, cuando no se consideran las pérdidas del sistema se obtiene la dotación neta, para ello, y de acuerdo a la información generada por el balance del sistema se determinaron las pérdidas de agua en la Facultad. La estimación de la dotación neta de cada uno de los consumidores finales identificados, se calculó determinando las pérdidas o fugas de agua en los horarios donde no existe demanda alguna del recurso, es decir, en los horarios nocturnos desde las 22:00 a las 5:00 horas.

### **2.4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Se seleccionó el análisis descriptivo como la técnica estadística utilizada para analizar la información, ya que permite describir las características existentes en un conjunto de datos llamado muestra, evaluando las variables de consumos de agua hora a hora de cada uno de los usuarios (micromedidores, *volmicro*), respecto al volumen total de agua que pasa por el macromedidor ubicado en la entrada principal del edificio. Mediante la herramienta del software Excel e Izar Task se cruzaron las variables identificadas, para caracterizar la demanda de agua en el centro educativo.

### **2.5. FASE DE DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO**

Para el proceso de búsqueda de estrategias se tuvo en cuenta oportunidades de uso eficiente y ahorro del agua, las cuales se evidenciaron en el diagnóstico realizado en la anterior fase de la investigación. Además se utilizó técnicas como el análisis de la información con el fin de identificar una serie de alternativas las cuales fueron agrupadas en dos categorías: alternativas de tipo tecnológico y alternativas culturales o de comportamiento social.

Estas categorías están compuestas a su vez por tres sistemas que integrados dan lugar a sinergias en las cuales se obtienen las estrategias para uso eficiente del recurso hídrico. Los sistemas según una adaptación del Instituto Mexicano de Tecnologías y el desarrollo de un modelo conceptual propio utilizando la metodología de Sistemas Blandos de Checkland son:

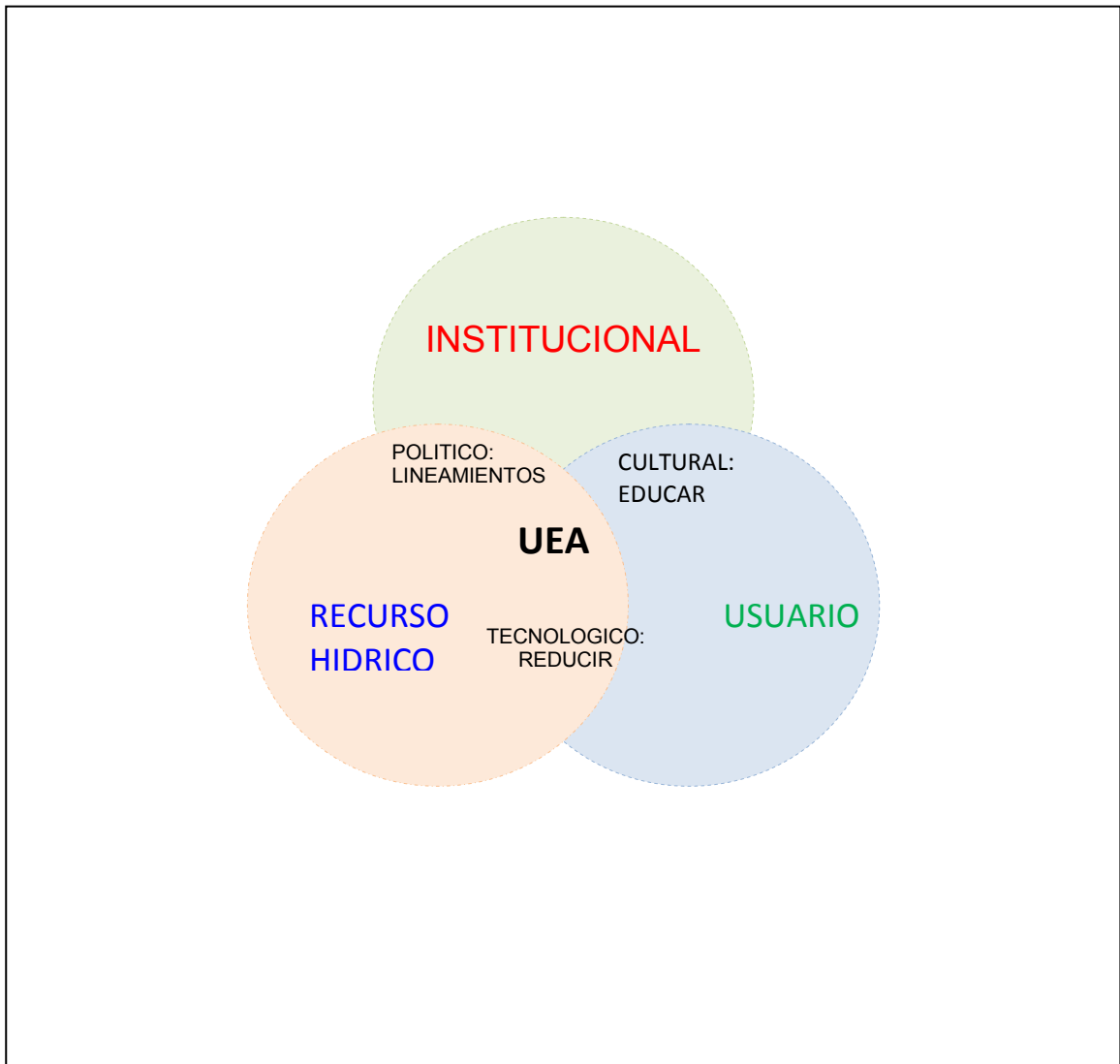
**Recurso Hídrico:** hace referencia al componente ambiental, refiriéndose al agua, como elemento básico para la prestación de servicio público, también incluye todo el sistema de captación y distribución de agua potable.



**Institucional:** son los entes encargados de la normatividad, regulación y control sobre la prestación o administración del recurso de agua potable. Estos pueden ser Ministerios, Corporaciones Autónomas Regionales, Alcaldías municipales, Comisiones reguladoras.

**Usuario:** Es la persona natural o jurídica en una localidad que se beneficia con la prestación del servicio público de abastecimiento de agua potable, los usuarios se puede clasificar en residenciales, institucionales, comerciales, agrícolas e industriales. Así mismo integra aquellos instrumentos de planificación ambiental que los usuarios formulan e implementan.

Estos tres sistemas forman una relación de interfases, entendiendo el concepto de interfaces como lo expone el arquitecto argentino Rubén Pesci (2.000), *“Las interfases entre sistemas, son el punto de mayor interés de los estudios y propuestas ambientales. En las interfases, dos o más sistemas se interceptan o interactúan, produciéndose la mayor concentración de intercambio de materia, energía e información, y por ello son los sitios privilegiados para comprender los ciclos de la naturaleza, sus energías y el aprendizaje para manejarse con su complejidad sistémica”* es así como estos sistemas interactúan entre ellos dando origen a las siguientes interfaces, siendo los principios rectores de las estrategias planteadas (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4. Esquema conceptual Uso Eficiente de Agua.**

**INTERFASE CULTURAL: EDUCAR:** es un proceso que permite al usuario y al sistema institucional comprender las interrelaciones existentes en su interfase, a partir del conocimiento reflexivo y crítico de la realidad social, política, económica y cultural, comprende todo un proceso cultural que tiene como principal herramienta la educación y formación ambiental teniendo como fin un cambio en los hábitos de consumo de los usuarios.

**INTERFASE REDUCIR:** esta interfase tiene dos componentes principales, el primero hace referencia a reparar, el cual tiene como objetivo la detección y eliminación de fugas existentes en el sistema hidráulico de distribución y/o en la red interna; y el segundo en la reducción por medio de la implementación de tecnologías ahorradoras de agua. Estos componentes tienen como objetivo principal la eficiencia en el consumo.

**INTERFASE LINEAMIENTOS:** se enfoca en la normalización, regulación y control de las entidades en el recurso hídrico, como resultado se tienen la normatividad vigente, planes de uso eficiente y ahorro de agua, planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, planes de gestión ambiental departamental, entre otros.

A su vez la interacción de los sistemas y sus interfaces permite, realizar un uso eficiente y ahorro de agua, ya que contempla los elementos necesarios para que exista un desarrollo sustentable. Pues se encontró que el sistema social está compuesto por los usuarios los cuales representan todo el sistema cultural, en cuanto al sistema ambiental lo integra el recurso hídrico representando todo el componente natural y finalmente el sistema institucional compuesto por los entes de regulación y control que representan toda la parte normativa en cuanto a legislación.

Es así como la figura 4 pretende interpretar y modelar los elementos y conceptos necesarios para desarrollar un uso eficiente y ahorro de agua, que se implemente en diferentes tipos de uso ya sea comercial, residencial, industrial e institucional, como el caso de la investigación en centros educativos.

### 2.5.1. PRIORIZACIÓN DE ALTERNATIVAS

Las estrategias pasan a ser priorizadas a través de la técnica de Análisis Jerárquico AHP (Analytic Hierarcgy Process), el cual resulta ser una herramienta útil en la toma de decisiones con un objetivo específico, en este caso, la elección de estrategias que permitan el uso eficiente y ahorro de agua en la Facultad de Ciencias Ambientales.

Las etapas del método AHP son las siguientes:

1. Descomponer el problema en una jerarquía de elementos interrelacionados, identificando: A) meta general, B) los criterios, C) las alternativas posibles.
2. Desarrollar la Matriz de Comparación por Pares (MCP) de alternativas para cada uno de los criterios estableciendo el rango (Rating) de importancia relativa entre ambas alternativas consideradas. El rango se establece en la Tabla 3.

**Tabla 3. Escala con valores para evaluar las preferencias relativas entre los elementos.**

ESCALA DE PREFERENCIAS	
PLANTEAMIENTO VERBAL DE LA PREFERENCIA	CALIFICACIÓN NUMÉRICA
extremadamente preferible	9
entre fuertemente y extremadamente preferible	8
muy fuertemente preferible	7
entre fuerte y muy fuerte preferible	6
fuertemente preferible	5
entre moderadamente y fuertemente preferible	4
moderadamente preferible	3
entre igualmente y moderadamente preferible	2
igualmente preferible	1

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Saaty, 2008.

Se puede aplicar un Rating recíproco (ej. 1/9, 1/5,...) se aplica cuando la segunda alternativa es preferida a la primera. El valor 1 es siempre asignado a la comparación de una alternativa con sí misma.

3. Desarrollar la matriz de normalización (MCN) dividiendo cada número de una columna de la matriz de comparación por pares por la suma de la columna.
4. Desarrollar el Vector de Prioridad para el criterio calculando el promedio de cada fila de la matriz Normalizada. Este promedio por fila representa el Vector de Prioridad de la alternativa con respecto al criterio considerado.
5. La Consistencia de las opiniones utilizadas en la Matriz de Comparación por pares pueden ser determinadas a través del cociente de Consistencia (RC). Un RC inferior a 0.10 es considerado aceptable. Para aquellos casos en que  $RC > 0.10$ , las opiniones y juicios deberán ser reconsiderados.

Para cada uno de los criterios se debe repetir las etapas 2 a 5.

6. Luego de que la secuencia 2 – 3 – 4 – 5 ha sido ejecutada para todos los criterios, los resultados obtenidos en 4 son resumidos en una Matriz de Prioridad (MP), listando las alternativas por fila y criterios por columna.
7. Desarrollar una Matriz de Comparación de Criterios por pares de manera similar a lo que se hizo para las alternativas en 2 – 3 – 4.
8. Desarrollar un vector de Prioridad Global multiplicando el vector de prioridad de los criterios (7) por la matriz de Prioridad de las alternativas (6).

Después de seguir estos ocho pasos se tienen las estrategias priorizadas, pues estas quedan en orden dependiendo de su ponderación y su valor próximo a 1, de

mayor a menor, por lo cual se selecciona o se trabaja con el orden que brinde la priorización.

## 2.6. FASE PROYECTIVA – PROPOSITIVA

Para medir el impacto que genera la implementación de alternativas, en este caso particular el relacionado con el uso eficiente y ahorro del agua, es deseable emplear herramientas que permitan identificar los esfuerzos en recursos invertidos como los resultados obtenidos y expresarlos en unidades de medida unificado para comprender la magnitud de los mismos. Para realizar este análisis se utilizaron tres criterios relacionados con la evaluación financiera de proyectos: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Beneficio Neto (BN).

El VPN Consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor actualizado de las inversiones y otros egresos de efectivo. La tasa que se utiliza para descontar los flujos es el rendimiento mínimo aceptable del inversionista (K), por debajo del cual los proyectos de inversión no deben efectuarse. En conclusión el VPN es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. El VPN es igual:

$$\text{VPN} = - P + \text{FNE}_1 / (1 + i)^1 + \text{FNE}_2 / (1 + i)^2 + \dots + (\text{FNE}_n + \text{VS}) / (1 + i)^n$$

Donde:

**FNE** = Flujo neto de efectivo

**i** = interés o crecimiento del dinero

**P** = la inversión inicial

**n** = numero de periodos

Las reglas de decisión del VAN para proyectos mutuamente excluyentes se escoge el proyecto o alternativa con el mayor VPN. En cuanto a alternativas independientes como es el caso de las estrategias de uso eficiente y ahorro de agua se rige por la siguiente regla:

- VAN > 0 Se elige el proyecto.
- VAN < 0 No se acepta el proyecto.
- VAN = 0 Financieramente no se elige, pero estratégicamente puede ser elegido.

La TIR mide la rentabilidad como un porcentaje. Corresponde a la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero, o que la tasa sea igual a la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

$$P = FNE_1 / (1+i)^1 + FNE_2 / (1+i)^2 + FNE_3 / (1+i)^3 + \dots + (FNE_n + VS) / (1+i)^n$$

Regla de decisión de la TIR:

- Para proyectos mutuamente excluyentes, se elige el proyecto con el TIR mayor.
- Para proyectos independientes, se usa la siguiente regla de decisión:
  - Si el TIR > K VAN > 0, Se elige la estrategia.
  - Si el TIR < K VAN < 0, No se elige el proyecto.
  - Si el TIR = K VAN = 0, no se elige el proyecto.

Para la comparación de costos y beneficios, los métodos propuestos son el cálculo del Beneficio Neto que se obtiene de la diferencia de los Costos Totales de los Beneficios Totales del VPN a 2012 (Beneficio Neto= Beneficios Totales – Costos Totales) y el cálculo de la relación de los mismos (Relación Beneficio/Costo = Beneficios Totales / Costos Totales).

En el análisis B/C se debe tener en cuenta tanto los beneficios como las desventajas de aceptar o no las alternativas. Es un método complementario, utilizado generalmente para evaluar inversiones y determinar la viabilidad de los proyectos en base a la razón de los beneficios y los costos asociados a la

estrategia. Para ello se contempló la ponderación realizada a los criterios de viabilidad técnica y social desarrollada en el AHP con el fin de estimar sus beneficios potenciales, así como la ponderación de los costos de inversión en los que se incurre para la implementación de la estrategia.

Según Medina (2.010) el análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, esto significa que:

$B/C > 1$  los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$  los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

$B/C < 1$  los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

## **2.7. DISEÑO METODOLÓGICO**

El proceso metodológico a utilizar en esta investigación se define en la Tabla 4, con base a los objetivos específicos (resultados) planteados con anterioridad y a partir de estos se formulan las actividades a las cuales les corresponde técnicas e instrumentos que ayudan a obtener los productos específicos de este trabajo.



**Tabla 4. Diseño Metodológico.**

FASE	OBJETIVO	PROCESO	PROCEDIMIENTO	TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO
DIAGNOSIS	OBJETIVO 1	Caracterizar la demanda de agua en la Facultad de Ciencias Ambientales	Organización Sistemática de la información	Gestión de Información	Matriz de Gestión de Información	Diagnóstico de consumos y pérdidas de agua.
			Identificación y Clasificación de los consumidores finales de acuerdo con el uso del agua.	Observación Focalizada	Guía de Observación	
				Entrevista	Fichas de Campo	
			Medición de consumos	sistema Información predial de consumo	Contador volumétrico Altair V4 R160 y emisor de pulso.	
			Balance del sistema	Análisis Cuantitativo	planos temáticos	
				Estadística descriptiva	software Excel e Izar Task	
DIRECCIONAMIENTO ESTRATEGICO	OBJETIVO 2	Definir Alternativas de mejoramiento para las estrategias de uso eficiente y ahorro de agua.	Identificación y descripción de alternativas	Revisión de Información Bibliográfica y virtual	Inventario de información Revisión documental	Descripción de alternativas de mejoramiento para el uso eficiente y ahorro del agua
			Clasificación de alternativas	Criterios y parámetros de decisión (sinergias)	Esquema conceptual	Documento con alternativas Seleccionadas
			Priorización de Alternativas	Análisis Jerárquico	Matriz <b>Multicriterio</b>	Documento con alternativas Priorizadas
PROYECTIVA	OBJETIVO 3	Evaluación de las estrategias establecidas en términos financieros	Evaluación de estrategias	Análisis Financiero y económico	Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Beneficios Netos (BN), Relación Costo Beneficio (B/C)	Estrategias Evaluadas

Fuente: Elaboración propia.

### 3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS HIDRÁULICOS Y SANITARIOS QUE COMPONEN EL SISTEMA.

La planta física de la Facultad de Ciencias Ambientales, fue construida en el año de 1.991, comprende un área construida de 5.185,02 m<sup>2</sup> con el paso de los años, la planta física ha ido sufriendo modificaciones paulatinas que se concentran especialmente en el último nivel, cuenta con 3 niveles más la azotea, en donde se encuentran los tanques de almacenamiento de agua. En la Tabla 5 se describe el número de secciones con las cuales está dividido el edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales. Como información adicional es importante mencionar que en la primera planta se encuentra el bebedero y en el segundo nivel la fotocopiadora.

**Tabla 5. Elementos estructurales del edificio de la FCA.**

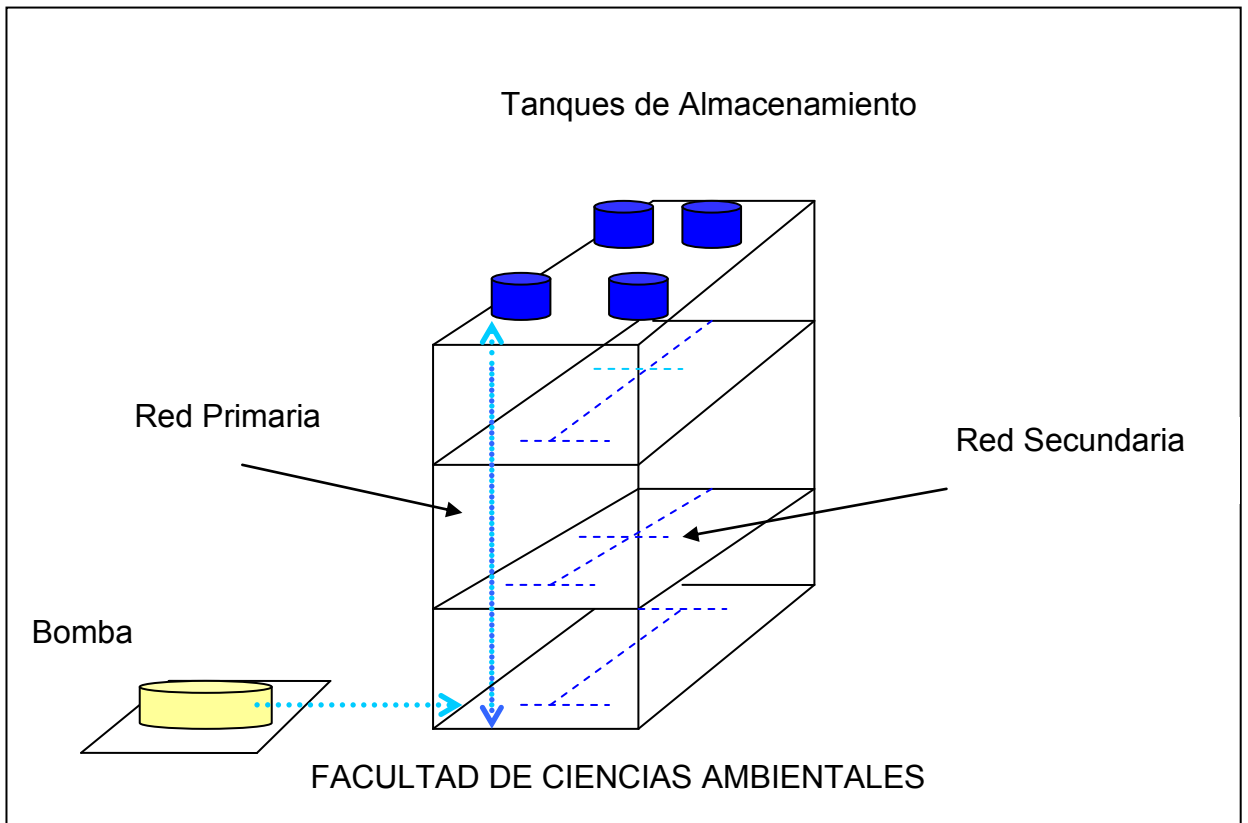
Planta	Área construida (m <sup>2</sup> )	Servicio aseo (poceta)	Baños	Oficinas	Aulas de clase	Salas audiovisual	Laboratorios	Cubículos profesores
<b>Piso 1</b>	2029.26	1	2	3	5	2	5	0
<b>Piso 2</b>	1600	1	4	10	5	1	2	30
<b>Piso 3</b>	1552.76	1	0	1	20	0	0	0
<b>Total</b>	<b>5283</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>30</b>

Fuente: Elaboración propia

##### 3.1.1. RED DE SUMINISTRO.

El sistema de abastecimiento de agua está compuesto en su mayoría por tubería primaria de tubería galvanizada de dos pulgadas (2") de diámetro, la cual abastece la red secundaria compuesta a en su mayoría por una tubería PVC de media pulgada (1 ½"). El sistema funciona con una bomba que impulsa el agua hasta la azotea del tercer piso en donde se encuentran cuatro tanques de almacenamiento

con capacidad de 500 litros cada uno, el agua es distribuida por la misma tubería de ingreso, hacia una red secundaria a lo largo del edificio (Figura 5).

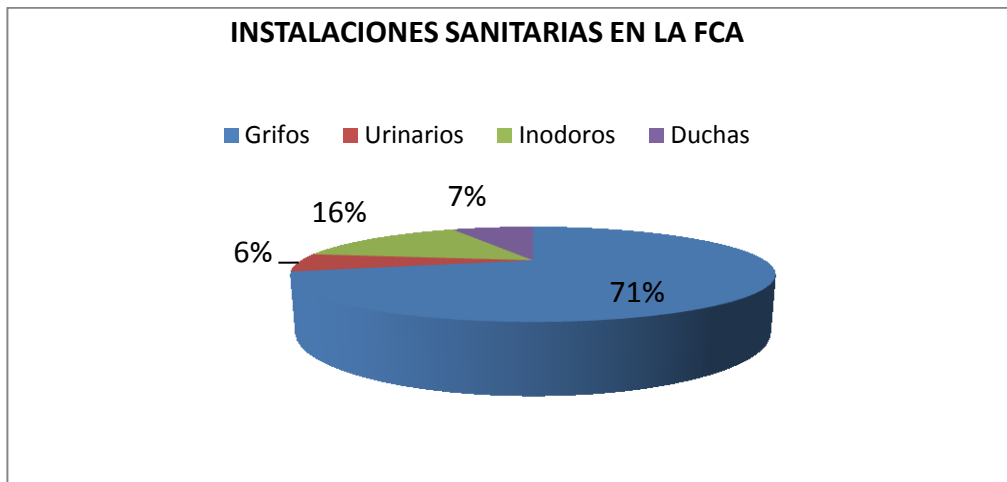


Fuente: Elaboración propia

**Figura 5. Red distribución en el edificio de la FCA.**

### **3.1.2. INSTALACIONES SANITARIAS.**

El edificio de la Facultad de Ciencias Ambientales (FCA) cuenta con 97 instalaciones sanitarias de las cuales el 71% corresponde a grifos (llave), el 16% corresponde a inodoros, seguido de los urinarios y duchas con un 6 y 7% respectivamente. Los usos donde existen menor proporción de instalaciones hidráulicas son para los usos de la cocina, limpieza y riego del jardín, como lo ilustra la Gráfica 1 y Tabla 6.



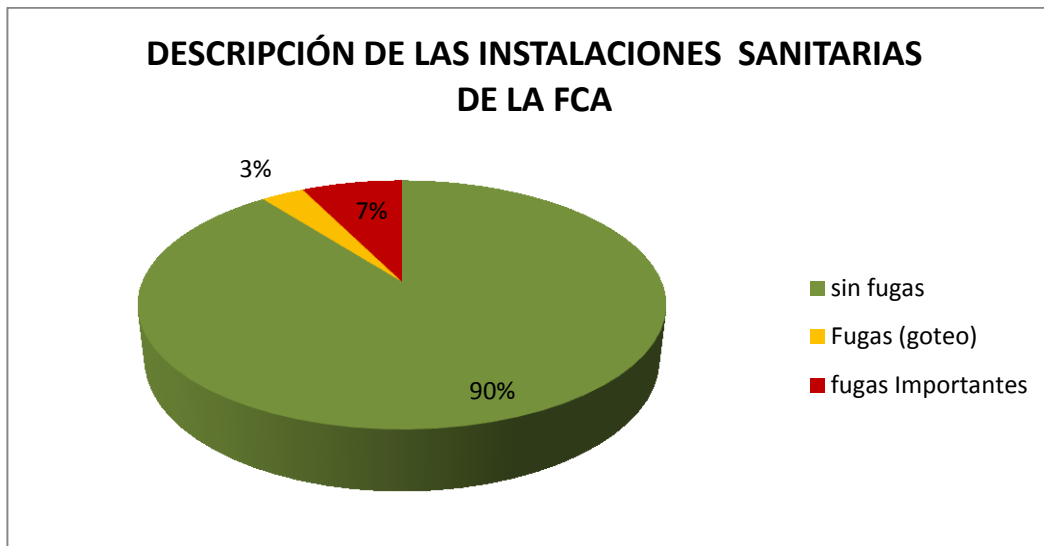
**Gráfica 1. Instalaciones sanitarias en el edificio de la FCA.**

**Tabla 6. Instalaciones sanitarias en el edificio de la FCA.**

INSTALACIONES	Grifos	Urinarios	Inodoros	Duchas
BAÑOS	12	6	15	2
LIMPIEZA	3	0	0	0
LABORATORIOS	52	0	0	5
COCINA	1	0	0	0
JARDIN	1	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>7</b>

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la inspección física realizada, el 90% de las instalaciones sanitarias presentes en el edificio no cuentan con fugas aparentes, sin embargo, el porcentaje restante de sus instalaciones presentan algún tipo de goteo (3%) o fugas importantes (7%) los cuales requieren de mantenimiento o reparación inmediata (Gráfica 2); ya que causan pérdidas de 7.479 L/d es decir el 48% del total de agua que ingresa al edificio ahora bien, el 89% de las instalaciones no cuentan con algún tipo de equipamiento u optimizador de consumo (reductor de caudal, aireador, o tecla de interrupción de doble descarga).



**Gráfica 2. Instalaciones sanitarias en el edificio de la FCA.**

### **3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONSUMIDORES DE ACUERDO CON EL USO DE AGUA.**

El uso más demandante de agua, en el edificio de la FCA, es uso consuntivo; agrupando en esta categoría la mayoría de los usos identificados en el edificio como los son laboratorios, bebedero, cocina, y riego para jardín. Con respecto a los usos para limpieza y aseo personal se catalogan como usos no consuntivos. Cabe considerar, que esta última categoría es la que cuenta con la menor cantidad de usos, pero es la que mayor volumen del recurso requiere. En la Tabla 7 se puede observar la descripción para cada uno de los usos, los cuales contemplan las instalaciones, el consumo, la frecuencia y el número de usuario para cada uso respectivamente.

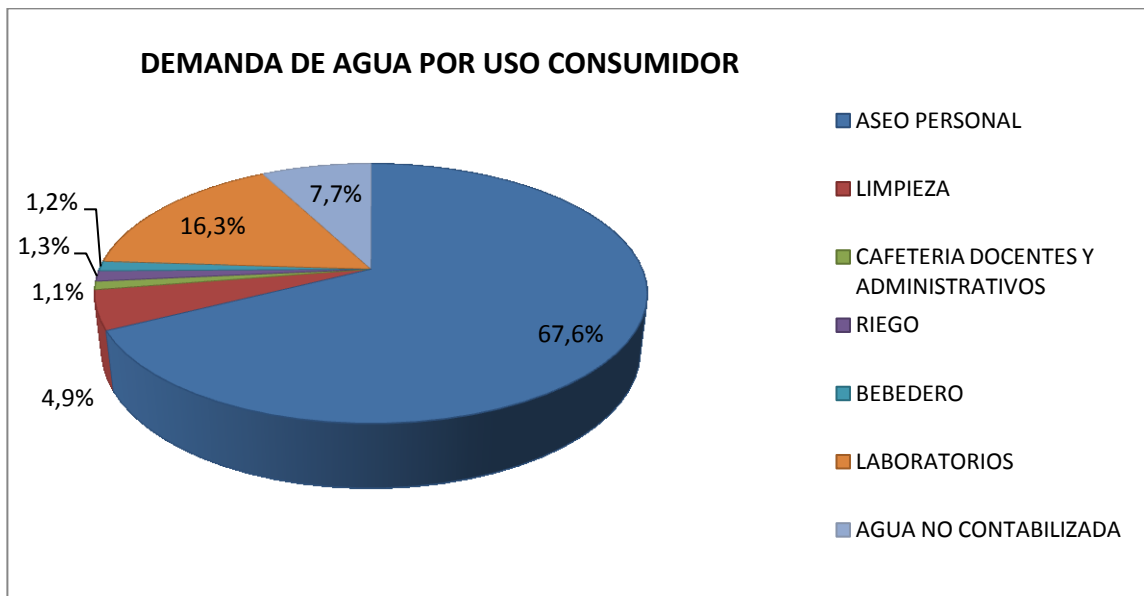
**Tabla 7. Descripción de los usuarios finales de acuerdo con el uso del agua en el edificio de la FCA.**

USO	DESCRIPCIÓN	INSTALACIONES	CONSUMO	FRECUENCIA	INTENSIDAD DE USO
<b>Aseo personal</b>	Es el principal uso que se presenta en el edificio de la FCA, cuyo objetivo, es satisfacer las necesidades básicas de aseo personal masculino y femenino tanto para estudiantes, docentes y administrativos.	6 baños, 2 duchas	1.755 L/día- baño	7:00 a 22:00 lunes a sábado y 7 a 12:00 los domingos	2.345 usuarios/día
<b>Limpieza</b>	Incluye el aseo interior del total del área construida del edificio (5185.02m <sup>2</sup> ), es decir superficies del primero, segundo y tercer piso, aseo laboratorios, servicios y auditorios.	3 Pocetas	254 L/día- Poceta	7:00 a 12:00 y de 13:00 a 18:00 de lunes a viernes.	0.022 L/m <sup>2</sup> *día
<b>Riego</b>	El agua se utiliza para actividades de riego en el jardín	1 llave ruleta	450 L/día*llave	9 a 10 am lunes a sábados	10 m <sup>2</sup> /día
<b>Agua para bebida directa</b>	Preparación alimentos: Este uso incluye solo la preparación del café o tinto, exclusivamente para docentes y personal administrativo del centro educativo	1 grifo	171 L/día	7:00 a 22:00 de lunes a viernes y 7:00 a 13:00 sábados	127 usuarios/día
	Para este uso se manipula el bebedero, el cual es un dispositivo instalado para suministrar un chorro vertical u oblicuo de agua a una altura adecuada para que una persona pueda beber	1 bebedero	187 L/día	7:00 a 22:00 de lunes a sábado y 7 a 12:00 los domingos	400 usuarios/día
<b>Laboratorios</b>	Este uso lo conforman los laboratorios de química ambiental, procesos biológicos y biotecnología, los cuales tienen como objeto la realización de ensayos y/o de calibraciones, incluido el muestreo	52 llaves 5 duchas	847 L/día- laboratorio	7 am a 7 pm de lunes a viernes	* sujeto a contratos

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. DIAGNÓSTICO DE CONSUMO

Al edificio de la FCA ingresa un promedio de agua de 15.581 L/día, cuando existe actividad académica. Los días en que existe mayor demanda del recurso son los lunes y viernes con un consumo promedio de 18.717 y 19.089 litros respectivamente, los jueves con un consumo de 13.388 litros y los sábados de 8.478 litros, son los días que presentan menores consumos. El Gráfica 3 muestra la distribución de la demanda de acuerdo a los diferentes usos (anexo 5).

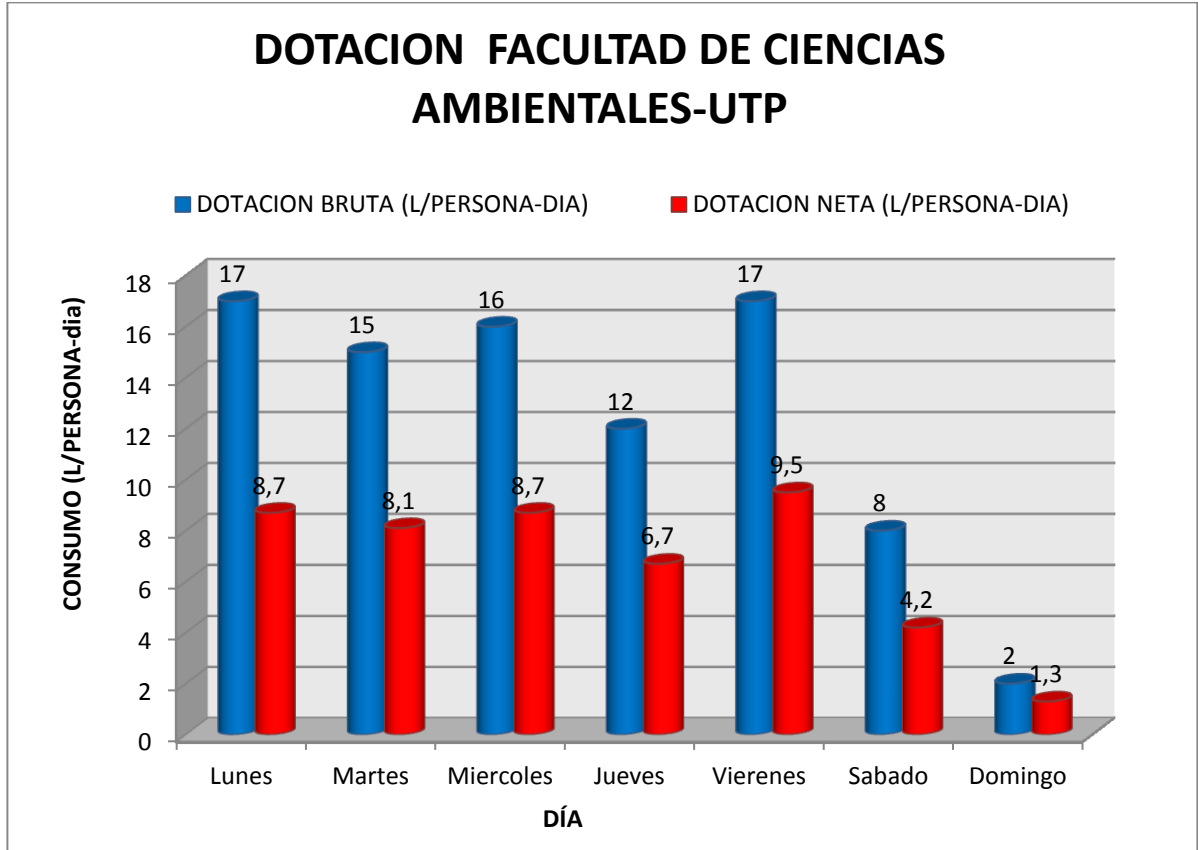


**Gráfica 3. Demanda de agua por uso para el edificio de la FCA.**

Ahora bien, la dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un usuario sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

En este sentido, y teniendo en cuenta que al edificio de la FCA ingresó una población de 1.124 personas para el segundo semestre del año 2.011, entre estudiantes (997 estudiantes), docentes, personal administrativo, limpieza, mantenimiento y seguridad (Anexo 6), la dotación bruta en promedio para el centro

educativo es de 13.8 litros por persona mientras que la dotación neta en promedio es de 7 litros (Gráfica 4).



**Gráfica 4. Dotación para el edificio de la FCA.**

No obstante, si se considera un escenario donde no se incluya el uso de los laboratorios, teniendo en cuenta que un gran número de los centros educativos del país no cuentan con este tipo de laboratorios lo cual demanda el 16% del total del agua que ingresa al edificio, la dotación bruta en promedio por persona sería de 11.5 litros y la dotación neta en promedio es de 5.8 L/persona-día.

En cuanto a los referentes al consumo de agua para centros educativos y cada uno de sus usos presentes, es evidente que la normatividad Colombiana y la academia carecen de estándares e indicadores ambientales que permitan comparar y evaluar la FCA en relación a patrones de consumo, dotación, e



instalaciones mínimas de fontanería con respecto a experiencias realizadas por otros centros educativos o frente a requerimientos y estándares ambientales a nivel nacional.

Teniendo en cuenta lo anterior, cabe resaltar, que el edificio de la FCA se encuentra dentro de los valores estimados de consumo en relación con el Código Colombiano de fontanería que es de 50 L/persona/día (NTC 1500).

### 3.3.1. USO ASEO PERSONAL ESTUDIANTES

Con respecto a la cantidad de aparatos sanitarios con los que cuenta el centro educativo para el uso servicio de estudiantes, este posee una (1) llave de lavabo por cada 93 personas, un (1) mueble sanitario y un (1) orinal (mingitorio) por cada 112 y 281 personas respectivamente (Tabla 8).

**Tabla 8. Instalaciones mínimas de fontanería para universidades o centros de educación superior.**

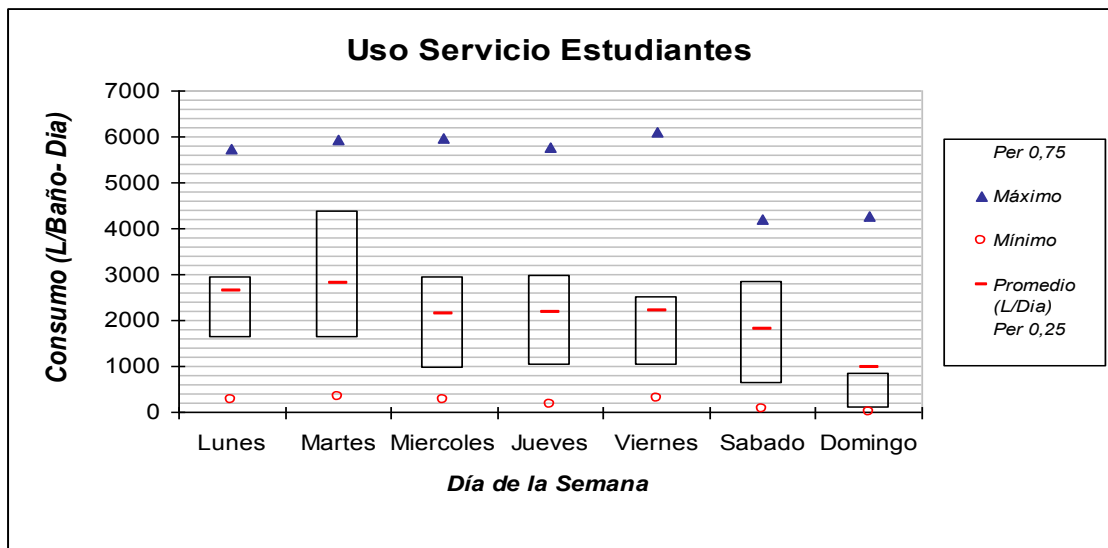
<b>FCA / NORMAS</b>	<b>LLAVE DE LAVABO (aparatos por persona)</b>	<b>MUEBLE SANITARIO (aparatos por persona)</b>	<b>ORINALES (aparatos por persona)</b>
<b>Norma Técnica Colombiana NTC 1500</b>	1 llave por cada 80 personas	1 por cada 70 personas	1 por cada 35 personas
<b>Facultad Ciencias Ambientales, servicio aseo estudiantes</b>	1 llave por cada 93 personas	1 mueble por cada 112 personas	1 orinal por cada 281 personas

Fuente: Elaboración propia.

Contrastando estos resultados con la Norma Técnica Colombiana NTC 1500, el edificio de la FCA presenta deficiencias en cuanto a la cantidad de instalaciones mínimas de fontanería, ya que posee un déficit de dos (2) llaves de lavabo, un (1) muebles sanitarios y diez (10) orinales.

Con base en el aforo realizado durante una (1) semana, en los horarios de las 7:00 a 22:00 horas de manera continua, se calculo la cantidad de usuarios de los baños es de 2.345 personas por día. Los usuarios del día sábado son 809 personas.

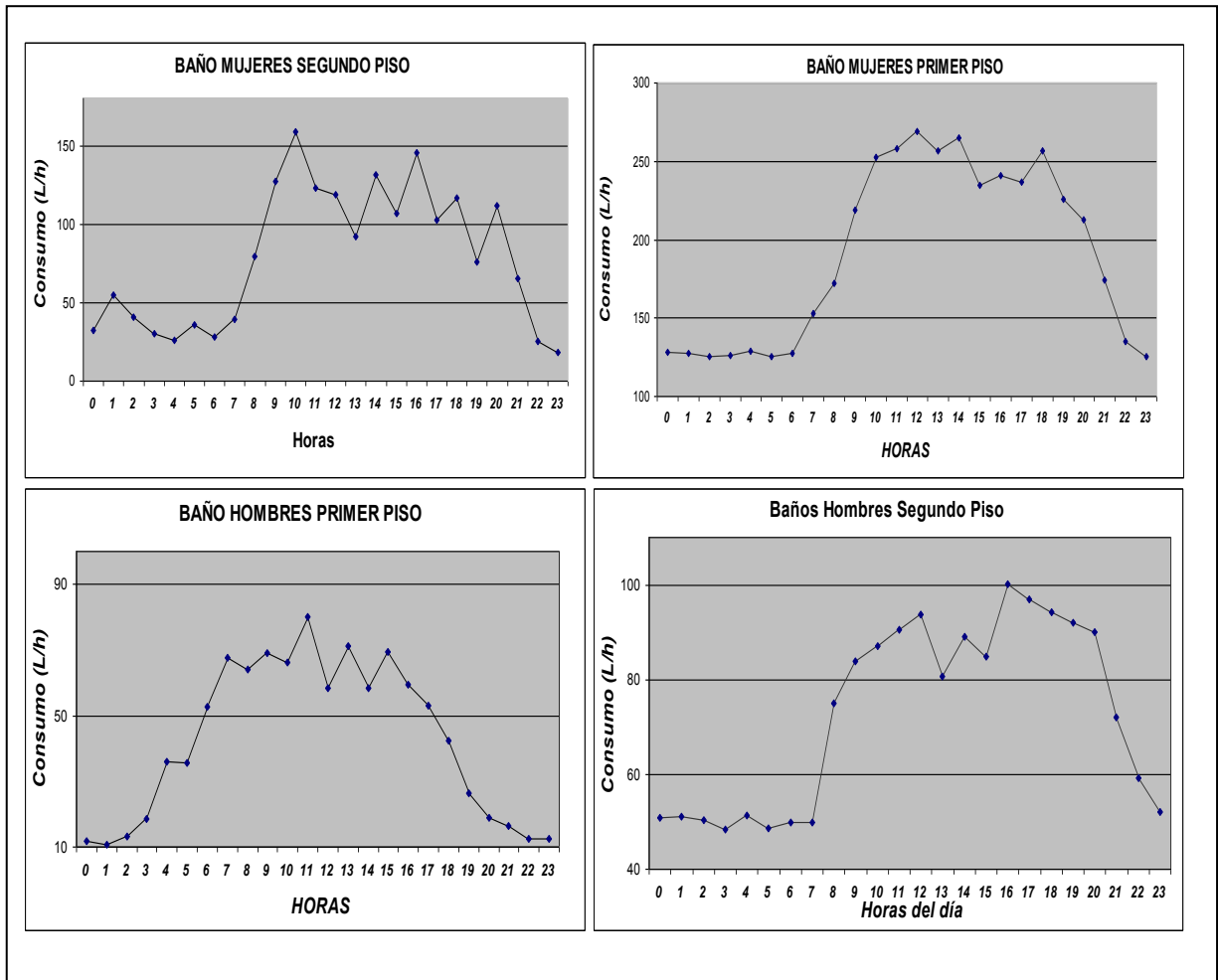
La siguiente gráfica, presenta las características del consumo de agua expresado en litros/día en el uso de los baños correspondiente a los estudiantes del edificio de la FCA. El promedio de consumo es de 2.285 L/baño-día, los días en que existe mayor demanda de agua son los lunes y martes con un consumo promedio de 2.621 y 2.802 L/día respectivamente. Los días que se presenta menor consumo son los sábados con 1.798,3 y los miércoles con 2.144 L/d. El valor máximo de consumo es el día martes con un pico de 6.108 L, y el valor mínimo es el sábado con 74 L.



**Gráfica 5. Consumo diario de servicio estudiantes FCA.**

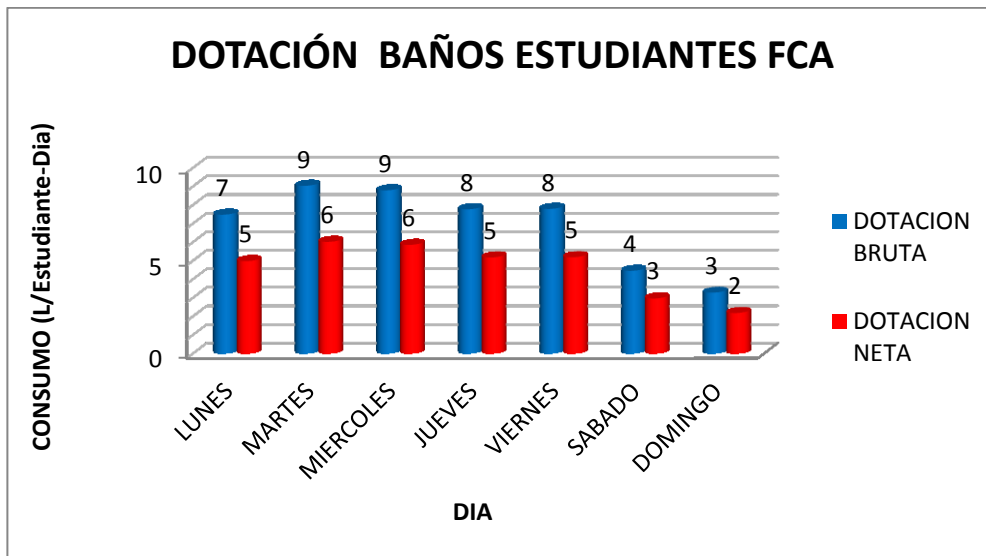
Si bien este uso consume el 64% del total de agua que ingresa al centro educativo, es importante resaltar que cuenta con la mayor proporción de pérdidas físicas, las cuales son el 33%, a causa del mal estado de las instalaciones sanitarias al igual que a un manejo inadecuado por parte de los usuarios. En el Gráfica 6 se ilustran las horas en las cuales existe consumo en el edificio de la FCA, es de notar los consumos en horarios en los cuales no hay usuarios en las

instalaciones. Los baños de hombres y mujeres primer piso cuentan con pérdidas del 25 y 58% respectivamente, mientras que los baños ubicados en el segundo piso poseen pérdidas de 30 y 54%.



**Gráfica 6. Fugas presentes en los baños de estudiantes.**

El agua requerida por los usuarios de los servicios de estudiantes para satisfacer sus necesidades de aseo personal es en promedio de 8 litros/día. Los valores se encuentran por debajo de los rangos establecidos por el Pacific Institute, en cuanto a los servicios de saneamiento e higiene, los cuales son de 25 y 15 L/persona-día respectivamente. En las instalaciones se pierde en promedio de 2 a 3 L/persona-día, determinando la dotación neta en 5 litros/persona-día Gráfica 7.



**Gráfica 7. Dotación baño de estudiantes.**

### 3.3.2. USO ASEO PERSONAL DE DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS

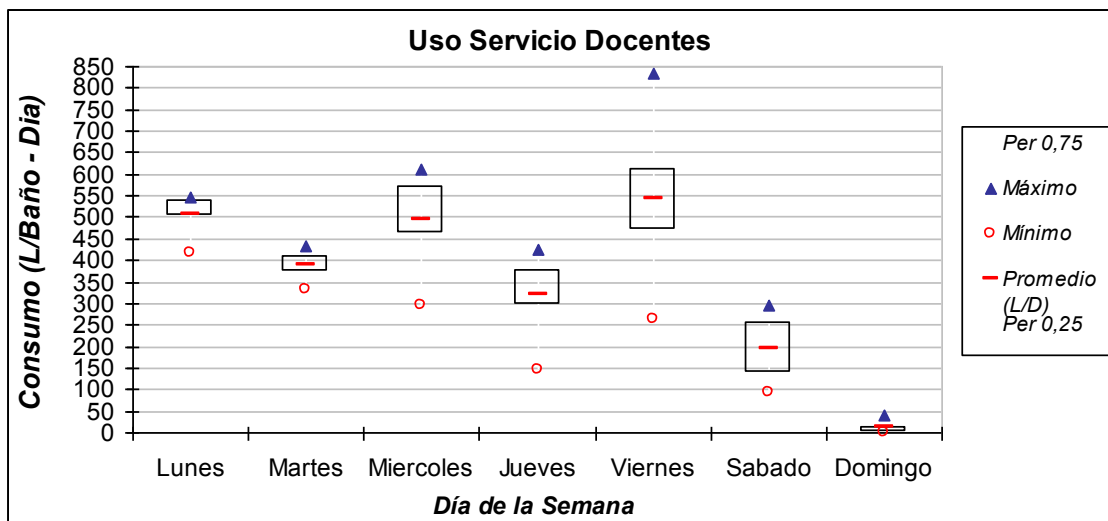
Acerca de la cantidad de aparatos sanitarios con los que cuenta cada baño de docentes administrativos, posee una (1) llave de lavabo y un (1) aparato sanitario por cada 11 docentes administrativos son suficientes de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 1500, las cuales establecen 1 mueble sanitario por cada 70 y una (1) llave de lavabo por cada 80 personas (Tabla 9).

**Tabla 9. Instalaciones de fontanería para usos servicios docentes y administrativos FCA.**

MUEBLE SANITARIO	USO SERVICIO DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS FCA
LLAVE DE LAVABO	1 llave por cada 11 docentes y administrativos
EXCUSADOS	1 excusado por cada 11 docentes y administrativos
ORINALES	X

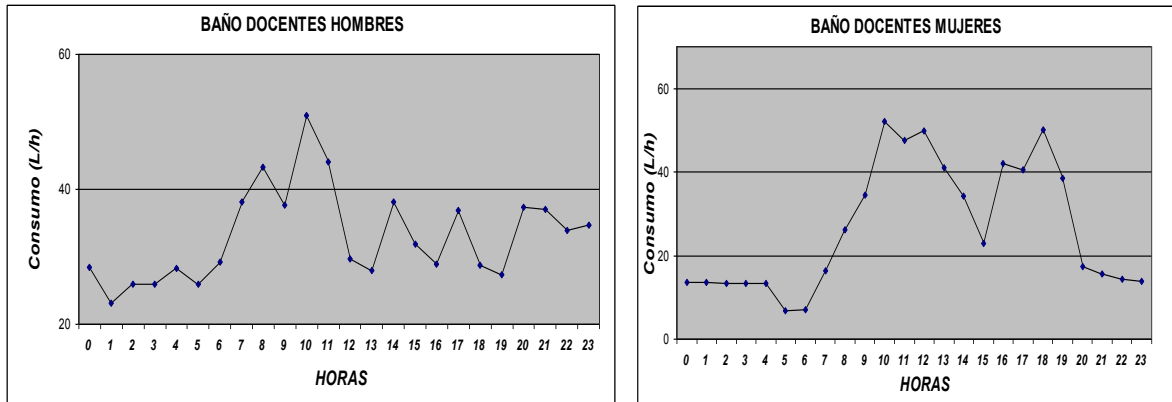
Fuente: Elaboración propia.

Del total de recurso hídrico que ingresa al edificio, este uso consume el 5.7%. La siguiente gráfica, representa el consumo promedio de agua expresado en litros/día en el uso de aseo personal correspondiente a los docentes y administrativos del edificio de la FCA. El promedio de consumo en días por cada baño es de 407 litros, los días en que existe mayor demanda de agua son los lunes y viernes con un consumo promedio de 506 y 540 litros/día respectivamente. En los días que presentan menor consumo son los sábados con 194 L/día, y los jueves con 319 L/día.



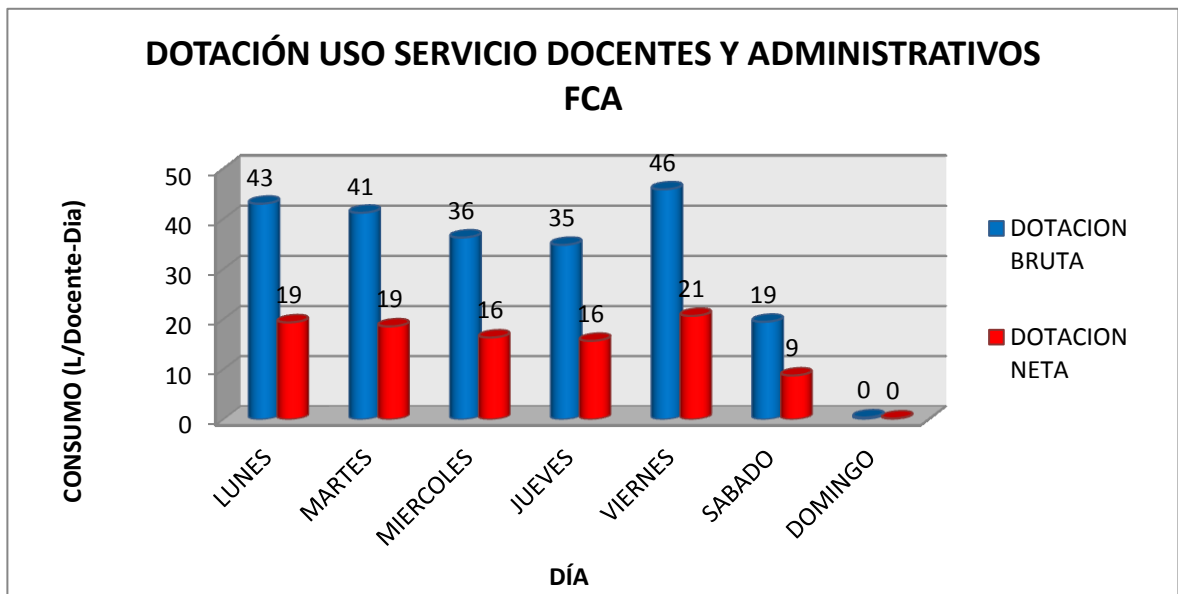
**Gráfica 8. Consumo diario servicio docentes y administrativos de la FCA.**

Este uso presenta la mayor proporción de pérdidas físicas de todos los usos identificados, con un 55%, debido principalmente a un manejo inadecuado y a fallas en las instalaciones hidráulicas. En el Gráfica 9 se ilustra las horas en las cuales existe consumo en el edificio de la FCA, se puede notar que existen consumos en los horarios en los cuales no hay usuarios en las instalaciones. El baño masculino presenta pérdidas físicas del 72%, en tanto el baño femenino alcanza el 38% de pérdidas físicas de agua.



**Gráfica 9. Fugas servicio docentes y administrativos de la FCA.**

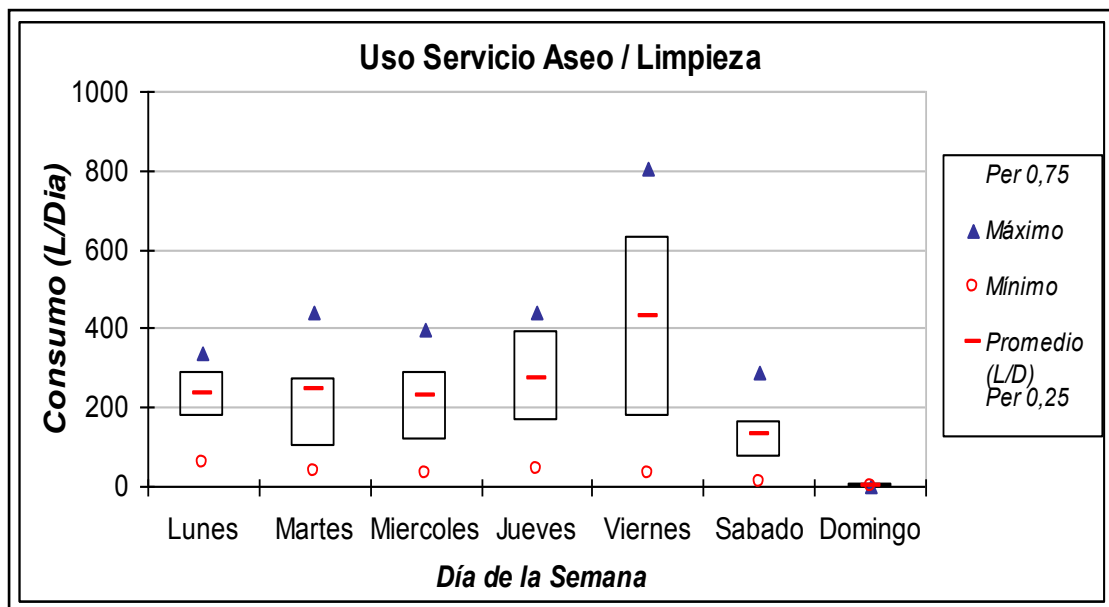
El máximo de agua requerida por los usuarios para el aseo personal es de 37 L/día. Es de resaltar que en las instalaciones destinadas a satisfacer este uso, se detectaron niveles de desperdicio o perdidas del orden de 20 a 25 L/usuario-día, teniendo en cuenta estos valores se puede calcular la dotación neta en 14 L/usuario-día en promedio (Gráfica 10), los valores elevados de perdidas hacen que la ineficiencia en el consumo para este uso sea del orden del 40 a 67% con respecto a los estándares establecidos por el Pacific Institute.



**Gráfica 10. Dotación uso servicio docente y administrativo FCA.**

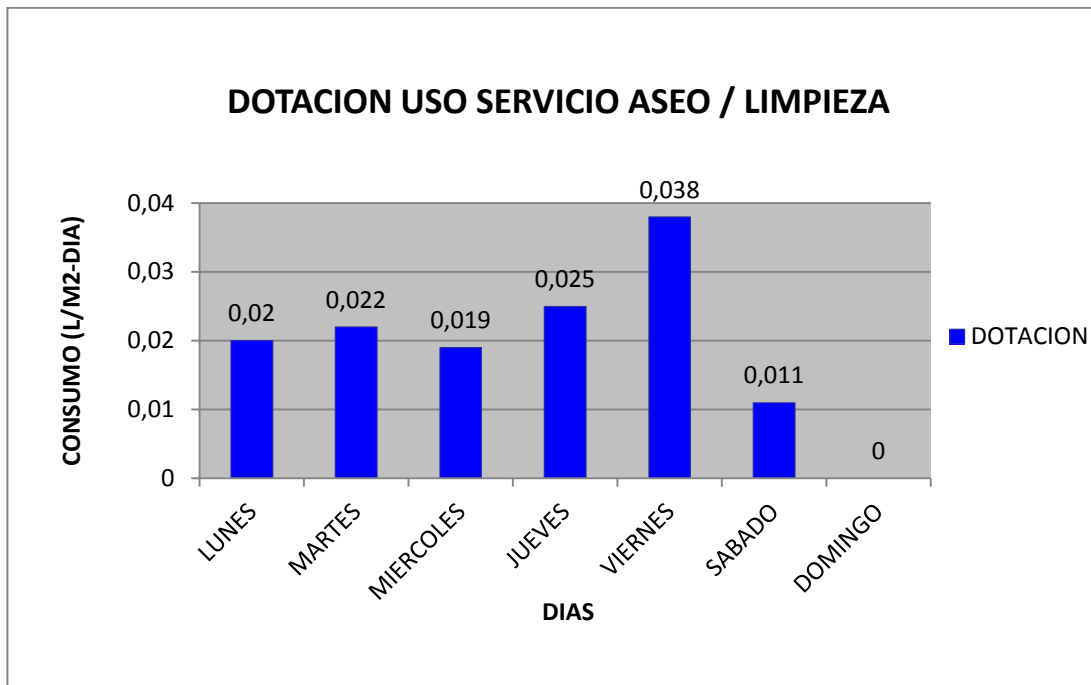
### 3.3.3. USO DE AGUA PARA LIMPIEZA

Este uso demanda el 5% del agua que ingresa al centro educativo, además, no presenta pérdida física alguna. La siguiente gráfica, representa el consumo promedio de agua expresado en L/día en el uso correspondiente al aseo de las instalaciones físicas del edificio de la FCA. De lunes a sábado se encontró un promedio de consumo de 256 L/d, ya que los domingos no existe jornada de aseo. Los días en que existe mayor demanda de agua son los jueves y viernes con un consumo promedio de 274 y 426 L/d respectivamente. Mientras que el menor consumo, exceptuando el día domingo, se presenta el sábados con 130 L/d, el consumo máximo se presenta los días viernes con un valor de 805 L/d, mientras que el valor mínimo se ubica el día sábado con un valor de 13 L/d.



Gráfica 11. Consumo diario servicio aseo/ limpieza de la FCA.

El agua requerida para satisfacer las necesidades de limpieza y aseo es de 0.022 L/m<sup>2</sup>\*día (Gráfica 12).



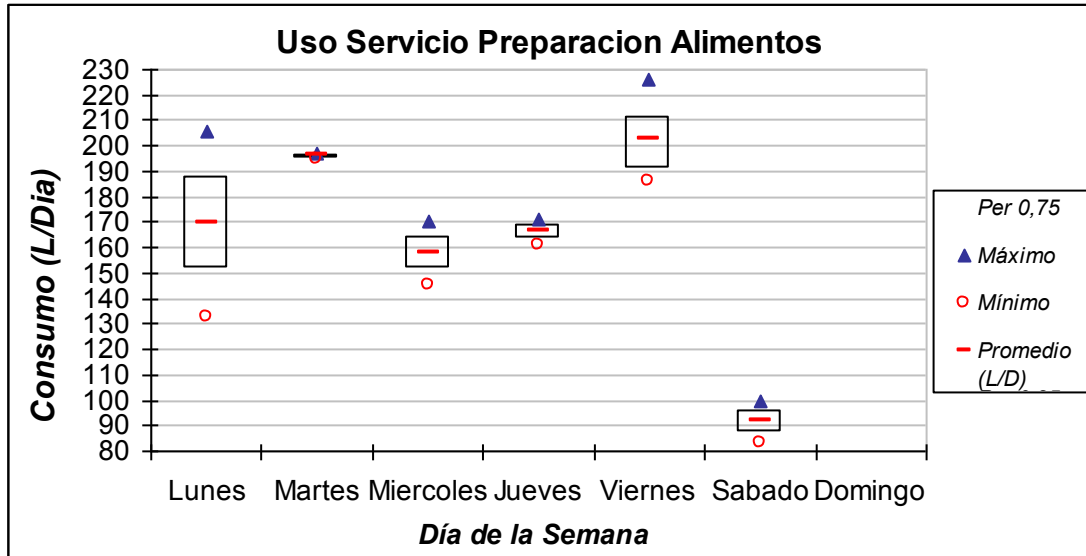
**Gráfica 12. Dotación servicio aseo/ limpieza.**

### **3.3.4. USO DE AGUA PARA BEBIDA DIRECTA:**

#### **3.3.4.1. USO DE AGUA CAFETERÍA DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS**

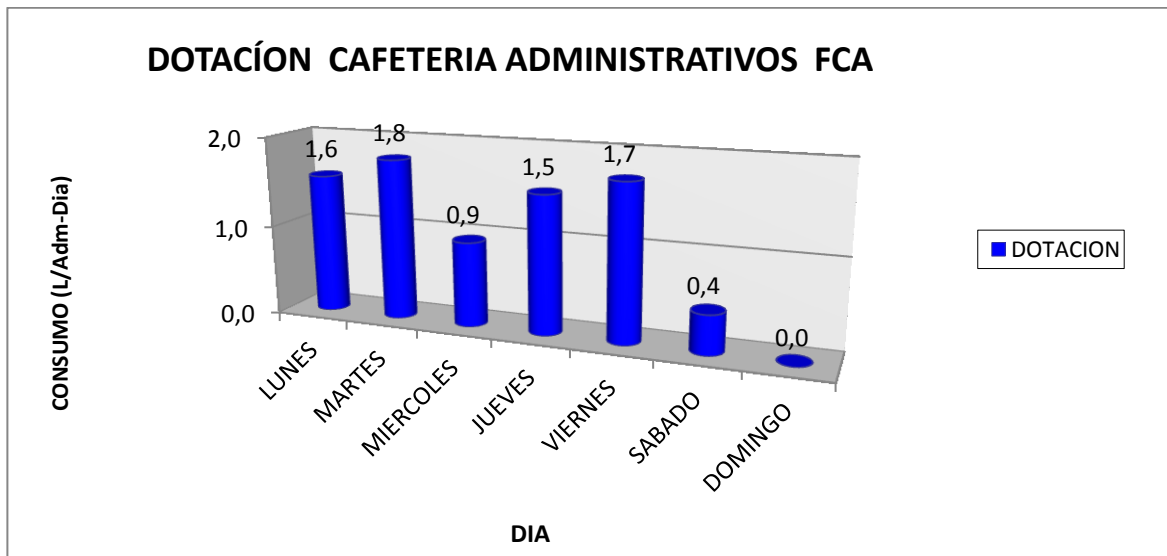
Para este uso se demanda el 1.1% del total de agua que ingresa al edificio de la FCA, resaltando, que en las instalaciones donde se realiza esta actividad no se presentan pérdidas físicas. La siguiente gráfica, representa el consumo promedio de agua expresado en litros/día en el uso correspondiente a la cocineta del edificio de la FCA. El promedio de consumo es de 157 L/día, los días en que existe mayor demanda de agua son los martes y viernes con un consumo promedio de 196 y 202 L/día respectivamente. El día que presenta menor consumo es el sábado con 91,5 L/d, el valor máximo de consumo es el día viernes con un pico de 226 L, y el valor mínimo es para el sábado con 83 L.





**Gráfica 13. Consumo diario servicio preparación de alimentos de la FCA.**

Segun el Codigo Colombiano de Fontanería (NTC 1500) la dotación de agua para cafés, cafeterías y restaurantes es de 4 L/comensal-día. Para la presente demanda el volumen de agua requerida por los usuarios es de 1,3 L/persona-día (Gráfica 14).

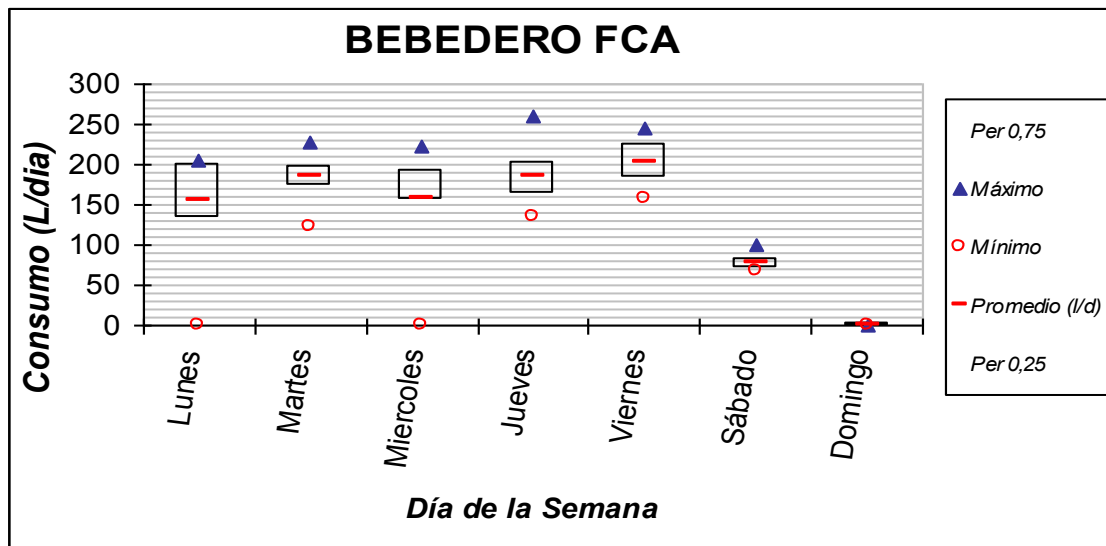


**Gráfica 14. Dotación para servicio cafetería docentes y administrativos.**

### 3.3.4.2. CONSUMO DE AGUA BEBEDERO EDIFICIO FCA

Para este uso fue necesario realizar un aforo continuo durante una semana en los horarios de las 7:00 a 22:00 horas, en el cual se estableció que el número de usuarios en promedio para el bebedero es de 400 personas día. Este uso consume el 1,21% del total de agua que ingresa al centro educativo. Presenta pérdidas físicas que sobrepasan el 6%, a causa del mal estado del dispositivo hidráulico que dosifica el agua.

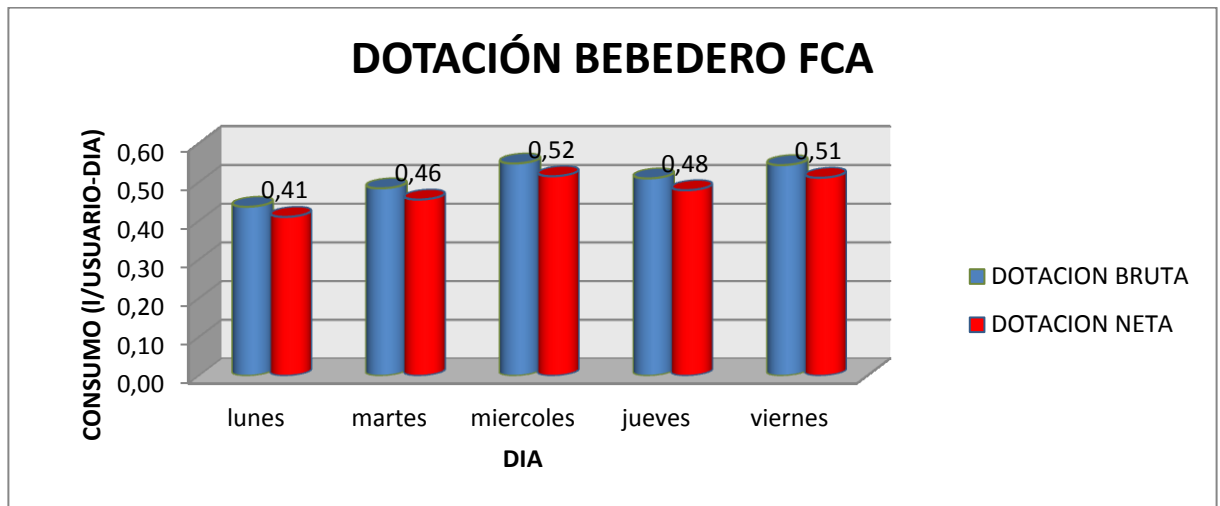
En la siguiente gráfica se observa el consumo promedio de agua expresado en litros/día en el uso de servicios correspondiente al bebedero del edificio de la FCA. El consumo promedio es de 160 L/día, la mayor demanda se presenta los días jueves y viernes con un consumo de 184 y 202 L/día respectivamente. El consumo menor es el día sábado con 78 L/día. En cuanto a los valores máximos de consumo se presenta el día jueves con un pico de 261 litros y el valor mínimo es el sábado con 63 litros.



**Gráfica 15. Consumo diario servicio bebedero de la FCA.**

El agua requerida por los usuarios en el servicio del bebedero es de 0.50 L/usuario-día. Los días en que mayor volumen del recurso se requiere son los

miércoles con 0.55 L/d, mientras que los lunes es de 0.44 L/d. Para este uso se pierde en promedio 9.84 L/d, permitiendo así, estimar la dotación neta de 0.47 L/usuario-día como se ilustra en el siguiente gráfico.



**Gráfica 16. Dotación de agua para bebida directa**

Para el Código Colombiano de fontanería (NTC 1500) la proporción de bebederos para universidades o centros de educación para adultos es de un aparato por cada 150 personas y una fuente adicional por cada trescientas (300) personas. En este sentido el único bebedero con el que cuenta el centro educativo es insuficiente para satisfacer las necesidades mínimas de beber agua a toda la comunidad educativa.

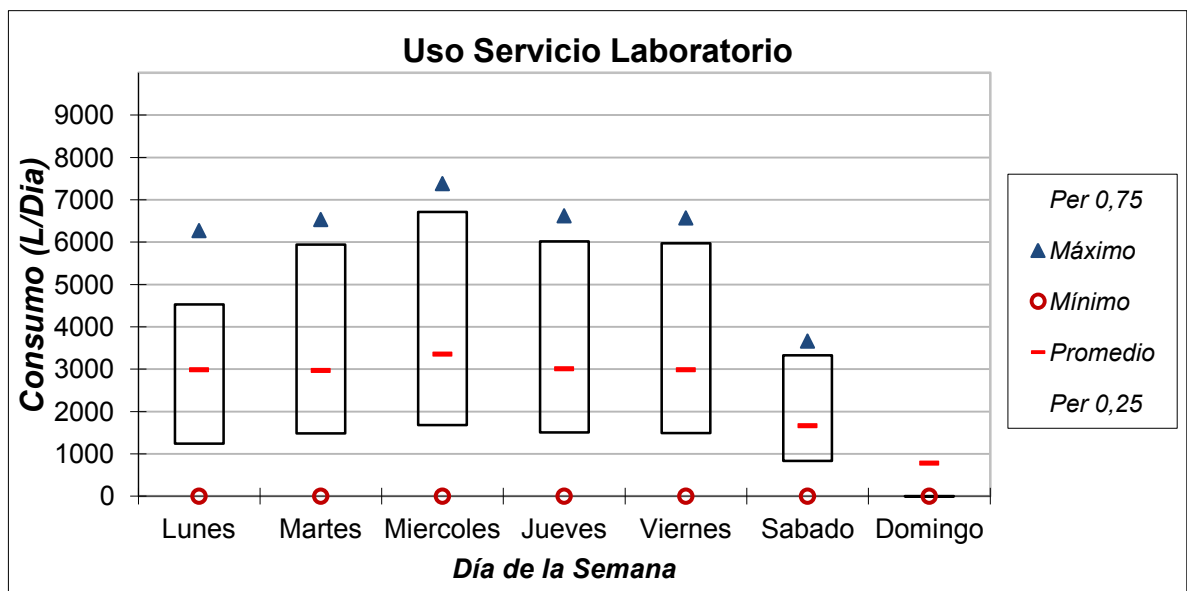
### **3.3.5. USO DE AGUA PARA RIEGO DE JARDÍN**

Este uso demanda el 1.3% del agua que ingresa al centro educativo, de acuerdo a las estimaciones realizadas mediante la medición a la única llave que se utiliza para realizar el riego del jardín. Los consumos promedios son de 450 L/d, la cantidad de agua utilizada en riego por m<sup>2</sup> es 45 L, volúmenes excesivos en comparación con los estándares trazados por el Distrito Federal de México y la

Norma Técnica Colombiana NTC 1500 para jardines y áreas verdes, los cuales no superan los 5 y 2 L/m<sup>2</sup>-día.

### 3.3.6. USOS SERVICIO LABORATORIOS

Los laboratorios de ensayo y calibración del edificio de la FCA – UTP demandan el 16.3% del recurso agua que ingresa el centro de educación superior. La siguiente gráfica, representa el consumo promedio de agua expresado en L/día en el uso de servicios correspondiente a los laboratorios de la FCA-UTP. La caja central indica el rango donde se concentra el 50% de los datos correspondiente al presente uso, el promedio de consumo es de 820 L/día-laboratorio, los días en que existe mayor demanda de agua son los miércoles y jueves con un consumo promedio de 1.118 y 1.003 L/día respectivamente. El día que presenta menor consumo es el domingo con 260 L/d.



Gráfica 17. Consumo diario uso servicio laboratorio.

## **4. DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA**

### **4.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Como se describió en el esquema conceptual existen tres interfases que sustentan las estrategias de uso eficiente de agua. Encontrando así que existe cinco (5) estrategias de uso eficiente y ahorro del agua, las cuales emergen de las interfases: R. Hídrico – Usuario e Institucional – Usuario. En cuanto a la interfase Institucional – R. Hídrico no se contemplaron las estrategias que emergen de esta interfase ya que la investigación se limita a centros educativos y no tiene campo de acción en los lineamientos de política que puedan surgir a escala mayor. Finalmente se agruparon en dos categorías, las estrategias de tipo tecnológico y las de tipo cultural (Tabla 10). Es importante resaltar, para el presente estudio, que el sistema Usuario lo integran, tanto el Edificio de la FCA como aquellos instrumentos de planificación ambiental por las cuales se rige la Facultad, como lo son el plan de desarrollo 2.009 - 2.019, la Política Ambiental 2.010 y el Plan de Manejo Ambiental 2.009 entre otros, planteados por la Universidad Tecnológica de Pereira.

**Tabla 10. Estrategias elegidas.**

<b>Sistema</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Interfase</b>	<b>Relación con Instrumentos de Planificación de La UTP</b>
<b>Tecnológico</b>	Adaptación de tecnologías ahorradoras de agua	Tecnológico - Reducir	Fortalecen dos (2) de las cinco (5) acciones del componente recurso hídrico como parte integral del Plan de Manejo Ambiental, así como al Plan de Desarrollo Institucional en su objetivo desarrollo institucional proyecto N 1 “Desarrollo Físico Sostenible”, en la actividad Gestión y Sostenibilidad Ambiental y en la Política Ambiental la cual tienen por objeto generar procesos tecnológicos que promuevan el desarrollo sustentable del campus.
	Cambio de tecnologías obsoletas a tecnologías ahorradoras		
	Reparación de fugas		Apoya y promueve al Plan de Manejo Ambiental en su acción “mantenimiento y revisiones periódicas” y a la Política Ambiental en su compromiso de implementar técnicas que propicien acciones de sustentabilidad.
<b>Cultural</b>	Educación Ambiental	Cultural - Educar	Propician y consolidan cuatro (4) de las nueve (9) acciones del componente recurso hídrico y el componente educación ambiental como parte integral del Plan de Manejo Ambiental, así como al Plan de Desarrollo Institucional en su objetivo bienestar institucional proyecto N. 1 y 2 en la actividad dimensión social y ambiental y los principios de cultura y sustentabilidad ambiental expuestos en la Política Ambiental de la UTP 2010.
	Cambio en los Hábitos de Consumo		

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.1. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS SELECCIONADAS**

Como principio básico para la selección de estas cinco (5) estrategias se tuvo presente la fase de diagnóstico, y los resultados obtenidos. Estas estrategias son adaptaciones de otras metodologías y el esquema conceptual que son sustento primordial del presente documento. A continuación se describe cada una de ellas en las siguientes tablas.

**Tabla 11. Estrategia: Adaptación de tecnologías ahorradoras de agua.**

<b>Nombre de la estrategia</b>	Adaptación de tecnologías ahorradoras de agua
<b>Interface</b>	Tecnológico - Reducir
<b>Aparato/aplicación que conforma la estrategia</b>	Aireador, bolsa agua cisterna, presa para cisterna y mecanismo de doble descarga.
<b>Descripción (objeto)</b>	Estrategia de tipo tecnológico, tiene como objeto la instalación de dispositivos que reduzcan el caudal o el volumen de descarga. Permite mejoras o readaptaciones en los sistemas o componentes hidráulicos tradicionales, tales como inodoros, regaderas, llaves de lavabo y aspersores para riego que consumen volúmenes considerables de agua. Se pueden adaptar o modificar para reducir el volumen estándar de trabajo. Su instalación es de gran facilidad y lo puede realizar el usuario y en cuanto a su mantenimiento es mínimo.
<b>Reducción obtenida para la FCA(%)</b>	35 a 55 %
<b>Costo de implementación de la tecnología o técnica</b>	\$ 1'338.700*

\*El precio es para todas las instalaciones del edificio de la FCA (69 llaves, 16 sanitarios, 6 urinarios, 7 duchas) el precio por batería<sup>2</sup> es de \$79.500, precios ajustados inventario Grival 2011.

<sup>2</sup> Batería: conjunto de 1 llave, 1 sanitario, 1 ducha, 1 urinario



**Tabla 12. Estrategia: Cambio de tecnologías obsoletas a tecnologías ahorradoras.**

<b>Nombre de la estrategia</b>	Cambio de tecnologías obsoletas a tecnologías ahorradoras
<b>Interface</b>	Tecnológico - Reducir
<b>Aparato/aplicación que conforma la estrategia</b>	Ducha y sanitario de bajo consumo, Monomando y fluxómetro eléctrico y orinal seco.
<b>Descripción (objeto)</b>	Estrategia de tipo tecnológico, tiene como objeto reemplazar tecnologías obsoletas por tecnologías de bajo consumo. Cuando se observan demasiados inconvenientes al adaptar equipos antiguos con dispositivos ahorradores, conviene evaluar la posibilidad de reemplazar dichos equipos por otros que ya están diseñados para trabajar con bajo consumo. Se pueden adaptar o modificar para reducir el volumen estándar de trabajo. Su instalación es de media facilidad ya que se puede requerir de un técnico y en cuanto a su mantenimiento es alto ya que presenta equipos eléctricos.
<b>Reducción obtenida para la FCA(%)</b>	45 a 60%
<b>Costo de implementación de la tecnología o técnica</b>	\$ 19'153.000*

\*El precio es para todas las instalaciones sanitarias o de fontanería de la FCA (69 llaves, 16 sanitarios, 6 urinarios, 7 duchas) y el precio por batería es de \$763.000, precios ajustados inventario Grival 2011.

**Tabla 13. Estrategia: Reparación de fugas.**

<b>Nombre de la estrategia</b>	<b>Reparación de fugas</b>
<b>Interface</b>	Tecnológico - Reducir
<b>Aparato/aplicación que conforma la estrategia</b>	<b>Personal técnico</b>
<b>Descripción (objeto)</b>	<b>Estrategia para controlar las fugas presentes, tiene como objeto la reparación de las fugas presentes en el sistema o el mantenimiento preventivo.</b>
<b>Reducción obtenida para la FCA (%)</b>	<b>48 %*</b>
<b>Costo de implementación de la tecnología o técnica</b>	<b>\$212.000**</b>

\* Fugas presentes y agua no contabilizada en el diagnóstico de la demanda.

\*\*Precio para el 10 % de las instalaciones sanitarias o de fontanería que presentan fugas.

**Tabla 14. Estrategia: Educación Ambiental.**

<b>Nombre de la estrategia</b>	Educación Ambiental
<b>Interface</b>	Cultural - Educar
<b>Aparato/aplicación que conforma la estrategia</b>	Taller, congreso, foro, capacitación, seminario.
<b>Descripción (objeto)</b>	Estrategia de tipo cultural, tiene como objeto realizar campañas, talleres, foros de educación ambiental. Educación en materia del recurso hídrico busca crear opinión y consciencia responsable por parte de los usuarios, con medios de comunicación comprometidos y con actores sociales involucrados responsables con la protección y mejoramiento del entorno. Su implementación es de mediana complejidad ya que se puede requerir de asistencia profesional.
<b>Reducción obtenida para la FCA (%)</b>	15 a 25%
<b>Costo de implementación de la tecnología o técnica</b>	\$5.200.000*

\*Precios adaptados de la guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de educación ambiental bajo un enfoque participativo, Ramírez, 2011 (anexo 7).

**Tabla 15. Estrategia: Cambio en los hábitos de consumo.**

<b>Nombre de la estrategia</b>	Cambio en los hábitos de consumo
<b>Interface</b>	Cultural - Educar
<b>Aparato/aplicación que conforma la estrategia</b>	Taller, congreso, foro, capacitación, seminario.
<b>Descripción (objeto)</b>	Estrategia de tipo cultural, tiene como objeto modificar los comportamientos de los usuarios para lograr un uso eficiente del recurso hídrico en la FCA. Estos cambios son netamente de conducta y estos pueden incluir: minimizar el consumo para que disminuyan las perdidas, revisar que estén totalmente cerradas las llaves de grifos, reportar al personal de mantenimiento correspondiente cualquier fuga o falla en los inodoros, mingitorios, grifos, bebederos y demás. Por último ajustar el riego de prados y jardines a calendarios y horarios con baja evaporación en el día. Su implementación es de baja complejidad y en cuanto a su mantenimiento puede ser periódico.
<b>Reducción obtenida (%)</b>	20 a 25 %
<b>Costo de implementación de la tecnología o técnica</b>	\$1'300.000*

\*Precios adaptados de la guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de educación ambiental bajo un enfoque participativo, Ramírez, 2011 (anexo 7).

## **4.2. SELECCIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ESTRATEGIAS**

Con el fin de seleccionar las estrategias de mejoramiento, se aplica el método de análisis jerárquico (anexo 8), el cual ofrece la posibilidad de priorizar alternativas en la toma de decisiones con un objetivo específico en este caso, la elección de estrategias que permitan el uso eficiente y ahorro de agua en el edificio de la FCA (figura 6). Para esta priorización se establecieron 2 criterios, y estos a su vez cuentan con subcriterios que se describen en la Tabla 16.

**Viabilidad Técnica:** hace referencia al grado de innovación técnico necesario para reducir el consumo de agua y que este sea eficiente y en corto tiempo.

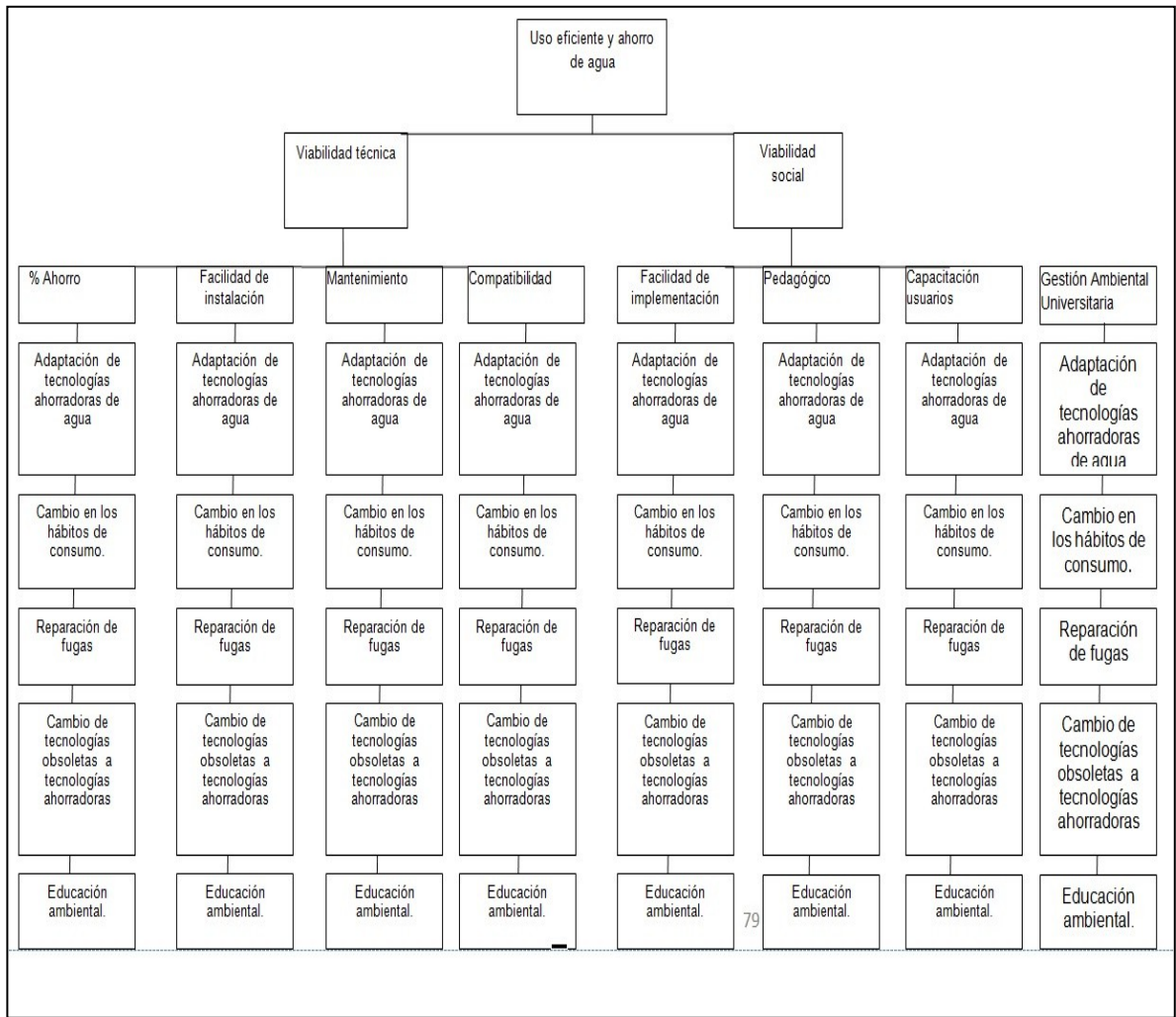
**Viabilidad Social:** es el grado de reacción y los beneficios que ofrece para los usuarios. Así mismo mide la capacidad de gestión de la UTP y los recursos disponibles con respecto a la implementación del proyecto.

**Tabla 16. Subcriterios para la evaluación de alternativas.**

<b>CRITERIO</b>	<b>SUBCRITERIO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Viabilidad Técnica</b>	% Ahorro	Es el porcentaje de ahorro que aporta la tecnología o la estrategia cultural. Su indicador es porcentaje de agua ahorrada en L/día.
	Facilidad de instalación	Hace referencia a la complejidad para la instalación del dispositivo y que el usuario pueda realizarla sin necesidad de ayuda profesional.
	Mantenimiento	Todas las acciones que tienen como objetivo mantener un dispositivo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.
	Compatibilidad	Es la cualidad de ser compatible con las instalaciones ya existentes y que su ensamble no cause ningún esfuerzo.
<b>Viabilidad Social</b>	Facilidad de implementación	Hace referencia al proceso de ejecución y que este sea cómodo para la persona que la implementa.
	Pedagógico	Capacidad para que la estrategia tenga un contenido participativo entre los diferentes usuarios y estrategias.
	Capacitación usuarios	Este subcriterio busca que la estrategia implementada capacite el mayor número de usuarios en cuanto al uso eficiente y ahorro de agua.
	Gestión ambiental universitaria (GAU).	Se refiere a la articulación que existe entre las estrategias planteadas en el presente estudio con respecto a los instrumentos de planificación ambiental de la UTP.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6. Esquema de jerarquización.**



#### 4.2.1. APLICACIÓN DEL MODELO PARA LA PRIORIZACION DE ALTERNATIVAS

Tabla 17. Estrategias a jerarquizar

<b>Estrategias</b>	<b>1</b>	Adaptación de tecnologías ahorradoras de agua
	<b>2</b>	Cambio de tecnologías obsoletas a tecnologías ahorradoras
	<b>3</b>	Reparación de Fugas
	<b>4</b>	Educación Ambiental.
	<b>5</b>	Cambio en los hábitos de consumo.



**Tabla 18. Factor de priorización para las estrategias.**

<b>Viabilidad Técnica</b>													
<b>% Ahorro</b>							<b>Facilidad de instalación</b>						
EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO	EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO
EST 1	0,27	0,22	0,4	0,32	0,29	0,3	EST 1	0,41	0,45	0,51	0,26	0,27	0,38
EST 2	0,54	0,45	0,4	0,32	0,29	0,4	EST 2	0,14	0,15	0,13	0,26	0,2	0,18
EST 3	0,09	0,15	0,13	0,26	0,24	0,17	EST 3	0,21	0,3	0,25	0,35	0,33	0,29
EST 4	0,05	0,09	0,03	0,06	0,12	0,07	EST 4	0,14	0,05	0,06	0,09	0,13	0,09
EST 5	0,05	0,09	0,03	0,03	0,06	0,05	EST 5	0,1	0,05	0,05	0,04	0,07	0,06
<b>Mantenimiento</b>							<b>Compatibilidad</b>						
EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO	EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO
EST 1	0,07	0,03	0,11	0,05	0,04	0,06	EST 1	0,18	0,29	0,14	0,24	0,18	0,21
EST 2	0,21	0,09	0,13	0,05	0,04	0,11	EST 2	0,09	0,15	0,14	0,24	0,27	0,18
EST 3	0,29	0,35	0,53	0,65	0,58	0,48	EST 3	0,55	0,44	0,43	0,35	0,27	0,41
EST 4	0,21	0,26	0,13	0,16	0,23	0,2	EST 4	0,09	0,07	0,14	0,12	0,18	0,12
EST 5	0,21	0,26	0,11	0,08	0,12	0,16	EST 5	0,09	0,05	0,14	0,06	0,09	0,09
<b>Viabilidad Social</b>													
<b>Facilidad de implementación</b>							<b>Pedagógico</b>						
EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO	EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO
EST 1	0,35	0,27	0,46	0,34	0,24	0,33	EST 1	0,1	0,1	0,1	0,14	0,05	0,1
EST 2	0,12	0,09	0,08	0,09	0,06	0,09	EST 2	0,1	0,1	0,1	0,14	0,05	0,1
EST 3	0,18	0,27	0,23	0,34	0,24	0,25	EST 3	0,1	0,1	0,1	0,14	0,05	0,1
EST 4	0,18	0,18	0,12	0,17	0,35	0,2	EST 4	0,3	0,3	0,3	0,43	0,63	0,39
EST 5	0,18	0,18	0,12	0,06	0,12	0,13	EST 5	0,4	0,4	0,4	0,14	0,21	0,31
<b>Capacitación usuarios</b>							<b>Gestión Ambiental Universitaria</b>						
EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO	EST	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4	EST 5	FACT PRIO
EST 1	0,1	0	0,21	0,1	0,1	0,11	EST 1	0,11	0,05	0,06	0,21	0,10	0,11
EST 2	0,3	0,1	0,21	0,1	0,1	0,16	EST 2	0,22	0,11	0,12	0,10	0,06	0,12
EST 3	0	0	0,07	0,1	0,1	0,07	EST 3	0,22	0,11	0,12	0,14	0,06	0,13
EST 4	0,3	0,3	0,21	0,4	0,6	0,38	EST 4	0,22	0,42	0,35	0,41	0,58	0,40
EST 5	0,4	0,5	0,29	0,1	0,2	0,29	EST 5	0,22	0,32	0,35	0,14	0,19	0,24

En la Tabla 19 se observa el factor de priorización aplicado a los subcriterios.

**Tabla 19. Factor de priorización para los subcriterios.**

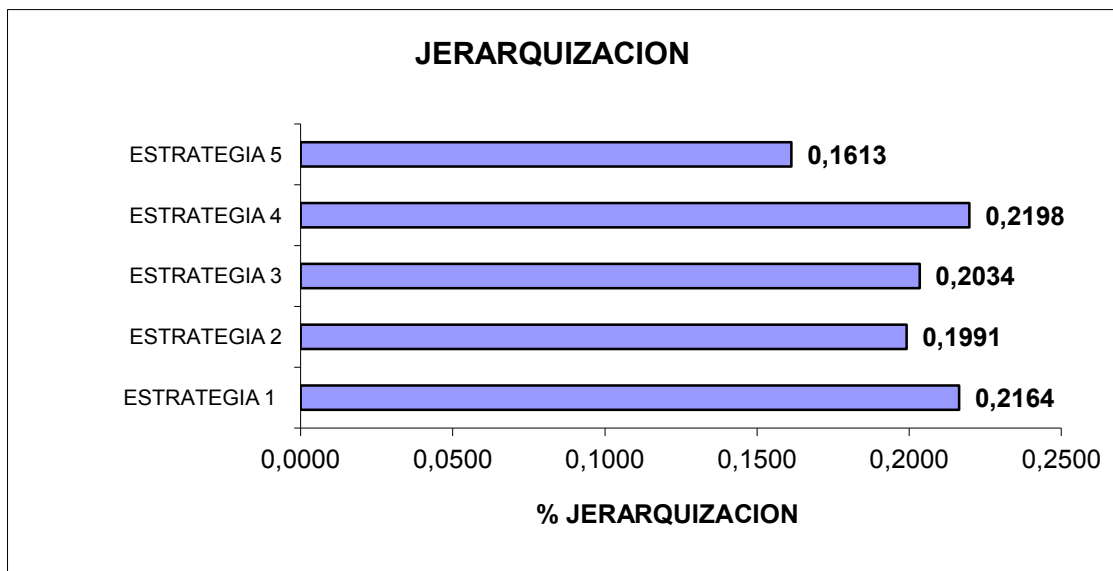
<b>Viabilidad Técnica</b>					
subcriterios	% Ahorro	Facilidad de instalación	Mantenimiento	Compatibilidad	FACT PRIO
% Ahorro	0,52	0,67	0,46	0,38	0,51
Facilidad de instalación	0,13	0,17	0,31	0,25	0,21
Mantenimiento	0,17	0,08	0,15	0,25	0,17
Compatibilidad	0,17	0,08	0,08	0,13	0,11
<b>Viabilidad Social</b>					
subcriterios	Facilidad de implementación	Pedagógico	Capacitación usuarios	G.A.U	FACT PRIO
Facilidad de implementación	0,29	0,40	0,20	0,29	0,27
Pedagógico	0,14	0,20	0,40	0,29	0,23
Capacitación usuarios	0,57	0,40	0,40	0,29	0,37
G.A.U	0,13	0,09	0,17	0,14	0,13

Por último se realiza la jerarquización, de acuerdo a la multiplicación de los factores de priorización, (Tabla 20).

**Tabla 20. Síntesis de factor de priorización para estrategias.**

<b>Factor De Priorización</b>								
ESTRATEGIA	TECNICA 0,5				SOCIAL 0,5			
	% Ahorro 0,506	Facilidad de instalación 0,214	Mantenimiento 0,165	Compatibilidad 0,115	Facilidad de implementación 0,266	Pedagógico 0,231	Capacitación usuarios 0,370	G.A.U 0,131
ESTRATEGIA 1	0,30	0,38	0,06	0,21	0,33	0,10	0,11	0,11
ESTRATEGIA 2	0,40	0,18	0,11	0,18	0,09	0,10	0,16	0,12
ESTRATEGIA 3	0,17	0,29	0,48	0,41	0,25	0,10	0,07	0,13
ESTRATEGIA 4	0,07	0,09	0,20	0,12	0,20	0,39	0,38	0,40
ESTRATEGIA 5	0,05	0,06	0,16	0,09	0,13	0,31	0,29	0,24

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la anterior operación, el orden a priorizar las estrategias, de acuerdo a su ponderación y su valor próximo a 1, de mayor a menor son: estrategia 4 (educación ambiental) seguida de la estrategia 1 (adaptación de tecnologías ahorradoras de agua), estrategia 3 (reparación de fugas), estrategia 2 (cambio de tecnologías obsoletas a tecnologías ahorradoras) y finalmente la estrategia 5 (Cambio en los hábitos de consumo), Gráfica 18.



**Gráfica 18. Jerarquización final de las alternativas**

En síntesis la priorización realizada indica la importancia con la que se debe implantar o ejecutar cada una de las estrategias dando como resultado que la estrategia cuatro (educación ambiental) es la primera a implementar, de acuerdo a los criterios de viabilidad técnica y social.

### 4.3. EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ESTRATEGIAS.

La evaluación financiera para las estrategias priorizadas evaluará cada estrategia mediante 3 tipos de herramientas financieras las cuales son Valor Actual Neto (Valor Presente Neto) VAN, Tasa Interna de Retorno (TIR) y Beneficios Netos (BN). Así mismo con el fin de que los actores involucrados para la selección de alternativas de mejoramiento en uso eficiente y ahorro del agua, no se basen exclusivamente en un análisis financiero de las estrategias, es necesario llevar a cabo un análisis contextual donde involucre aspectos técnicos y socio – ambientales que se contemplaron en el AHP (gráfico 18), mediante el Análisis Costo Beneficio (B/C) el cual es una herramienta que brinda la economía ambiental.

#### 4.3.1. VALOR ACTUAL NETO.

En la Tabla 21 se presenta un resumen de las condiciones de inversión y utilidad para cada estrategia.

**Tabla 21. Condiciones financieras de las estrategias.**

	ESTRATEGIA				
	1	2	3	4	5
Costo estrategia (\$)	1'338.700	19'493.000	212.000	5'200.000	1'300.000
Consumo anual FCA (m3)	4610	4610	4610	4610	4610
Costo anual (\$)	10'047.203	10'047.203	10'047.203	10'047.203	10'047.203
Reducción (%)	55%	70%	48%	25%	20%
Ahorro (m3/año)	2536	3227	2213	1153	922
Ahorro (\$/año)	5'525.962	7'033.042	4'822.658	2'511.801	2'009.441
Costo mantenimiento anual \$	250.000	100.000	50.000	180.000	150.000

Con la información presentada en la Tabla 21 es posible construir un flujo de caja neto para cada posibilidad de intervención y con este determinar el VAN, la TIR y el BN como se ilustra en la Tabla 22.

**Tabla 22. Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Beneficios Netos.**

ESTRATEGIA	INDICADOR FINANCIERO		
	VAN	TIR	BN
1. Adaptación de tecnologías ahorradoras de agua	\$ 18.724.587,69	335%	\$ 4.187.261,79
2. Cambio de tecnologías obsoletas a tecnologías ahorradoras	\$ 8.251.650,57	-3%	\$ -12.119.957,72
3. Reparación de Fugas	\$ 17.195.315,49	2179%	\$ 4.610.657,56
4. Educación Ambiental.	\$ 4.411.622,65	8%	\$ -2.688.199,19
5 Cambio en los hábitos de consumo.	\$ 6.082.869,55	100%	\$ 709.440,65

De acuerdo a la Tabla 22 la estrategia favorecida para ser seleccionada, es la estrategia tres (3), reparación de fugas, ya que si bien manifiesta un VAN menor a la estrategia uno (1), su Tasa Interna de Retorno junto con los Beneficios Netos son mayores, lo que representa la estrategia de mayor viabilidad desde el punto de vista estrictamente financiero. Seguido de las estrategia 1, 5, 4 y 2.

#### **4.3.2. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO**

La comparación del potencial de beneficios estimados, derivados de los criterios de viabilidad técnica y social que se utilizaron para evaluar las alternativas de mejoramiento, con los costes requeridos permite obtener un indicador útil sobre la viabilidad económica de estas estrategias. Considerando que esta relación muestra los beneficios que producirá el proyecto por cada peso invertido, ya que los beneficios a pesar de ser intangibles y no representar un ingreso en términos monetarios, repercute sobre el bienestar de la sociedad en general y sobre el mejoramiento de la calidad ambiental.

En el análisis B/C se debe tener en cuenta tanto los beneficios como las desventajas de aceptar o no las estrategias. El resultado obtenido fue positivo ya que la mayoría de las estrategias tienen un coeficiente superior a uno (1), a excepción de la estrategia dos (2), como se ilustra en la Tabla 23 lo cual indica que los ingresos son mayores que los egresos, por lo cual las estrategias son aconsejables.

**Tabla 23. Relación Costo – Beneficio**

<b>ESTRATEGIA</b>	<b>RELACIÓN B/C (VALORACIÓN ECONÓMICA)</b>
1	4,299
2	0,282
3	26,427
4	1,164
5	3,417

Fuente: Elaboración propia.

La selección de alternativas de mejoramiento basados en el análisis de tipo financiero llevaría a imprecisiones en la toma de decisiones, puesto que se dejarían por fuera aspectos de gran relevancia. Tales apreciaciones coinciden con lo expuesto por Alean (2001), quien plantea que el criterio de racionalidad para determinar si el proyecto es económicamente aceptable es su “optimalidad” es decir su capacidad de dar la solución de menor costo posible al problema que se pretende remediar y no el hecho de que los beneficios superen los costos en los que se incurren durante la vida útil del proyecto. En este sentido de acuerdo a la Tabla 23 la estrategia a priorizar desde un enfoque económico, es la estrategia 3 (reparación de fugas), seguido de la estrategia 1, 5, 4 y 2.

## 5. CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista financiero y económico la mayoría de las estrategias contempladas en el presente estudio son viables, pues estas tienen un periodo de recuperación de la inversión inicial a un (1) año, a excepción de la estrategia dos y cuatro que tiene un periodo de recuperación a dos (2) años. La estrategia a seleccionar de acuerdo a estos dos análisis es la tres (reparación de fugas) ya que requiere una inversión inicial de \$ 212.000, la cual genera una minimización del 48% en el consumo del recurso. Monetariamente representa un ahorro anual de \$ 4`187.261 para la UTP. Ahora bien, si las decisiones se tomaran en base a criterios de viabilidad técnica y social estrictamente, la alternativa a elegir sería la estrategia cuatro, educación ambiental.
- Para un mayor ahorro y uso eficiente de agua en centros educativos es necesario la adaptación e implementación de nuevas tecnologías que maximicen la eficiencia del consumo, según su viabilidad ambiental, social y técnica obtuvo uno de los mayores porcentajes de priorización en el AHP. Puesto que la FCA cuenta con un consumo anual de 4.611 m<sup>3</sup> con un valor de \$ 10`160.110, al implementarse la estrategia se obtendría una reducción del 55%, lo que equivale a un ahorro de 2.536 m<sup>3</sup>/año por un valor de \$ 5`643.745.
- De acuerdo al diagnóstico realizado se determinó la dotación de la FCA en 13.8 L/persona-día, teniendo en cuenta lo anterior, el edificio se encuentra dentro de los valores estimados de consumo en relación con el código Colombiano de fontanería (NTC 1500) que es de 50 L/persona/día para centros educativos. Sin embargo al contrastarlo con estándares establecidos por la municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo, este

presenta niveles de exceso en el consumo percapita del recurso hídrico de 8.8 L/persona.

- El proceso investigativo contribuyó a la identificación y tipificación de los usuarios finales de acuerdo con el uso del agua en la FCA. Se determinó que los usuarios finales que mayor demanda ejercen sobre el recurso son el uso de aseo personal y uso para laboratorios de ensayo y calibración, ya que consumen el 68% y 16% respectivamente del total del agua que ingresa al edificio. En menor medida se encuentran los usos para limpieza (5%), riego de jardín (1.3%), y uso bebida directa, bebedero (1.2%) y cafetería para docentes y administrativos (1.1%).
- el 89% de las instalaciones sanitarias no cuentan con algún tipo de equipamiento u optimizador de consumo ya sea reductor de caudal, aireador, o tecla de interrupción de doble descarga, lo cual se convierte en una oportunidad de uso eficiente y ahorro de agua en el edificio.
- La FCA necesita mejorar sus instalaciones mínimas de fontanería, pues presenta un déficit de dos (2) llaves de lavabo, un (1) mueble sanitario, diez (10) orinales (mingitorios) y tres (3) bebederos, de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 1500.
- Como indicadores resultantes del proceso del diagnóstico de consumos se obtuvo que el uso servicio de aseo o limpieza demanda 0.022 L/m<sup>2</sup>-día. En cuanto al uso de agua en riego de jardín 45 L/m<sup>2</sup>-día. El bebedero, y la cafetería administrativos presenta demanda de 0.18 L/usuario-día y 1,3 L/persona-día respectivamente. Es importante resaltar que estos indicadores son pioneros en la Universidad Tecnológica de Pereira.



- Las estrategias utilizadas durante la investigación son el resultado del desarrollo académico propio, plasmado por medio de un esquema conceptual, el cual se construyó utilizando principios y conceptos adaptados de diferentes autores, como lo es el modelo de desarrollo sostenible y la Teoría General de Sistemas. Es importante resaltar la articulación entre las estrategias planteadas y los instrumentos de planificación de la UTP ya que estas contribuyen al fortalecimiento y mejoramiento de la gestión y el desempeño ambiental promovido al interior del campus universitario.
- Las estrategias de uso eficiente y ahorro de agua se encuentran en función de las prácticas de ingeniería y las prácticas de conducta o comportamiento social. En este sentido los centros educativos representan espacios importantes, tanto para el uso complementario de herramientas de sensibilización e intervenciones prácticas como a la formación de nuevos usuarios conscientes de la necesidad de usar de manera eficiente el recurso hídrico. La contribución a dicha solución debe partir de las bases de la gestión ambiental con actos individuales (escalas específicas), que conlleven a resultados colectivos.
- En cuanto a la demanda de agua en los centros educativos, se percibe que Colombia carece de normatividad, estándares e indicadores tanto técnicos y académicos que establezcan patrones de consumo, dotación e instalaciones mínimas de fontanería, los cuales permitan evaluar y comparar el desempeño ambiental de la FCA con respecto a criterios establecidos por los organismos reguladores y de control sobre la prestación o administración del recurso de agua potable.
- El proceso de Analytic Hierarchy Process (AHP) se convierte en una herramienta de apoyo que facilita la toma de decisiones en situaciones en las cuales se presentan múltiples criterios. Se basa en información tanto

cualitativa como cuantitativa según el conocimiento de los actores y los datos utilizados en el proceso.

### **5.1.RECOMENDACIONES**

- Para la implementación de cualquier estrategia o el desarrollo de un programa de uso eficiente y ahorro de agua en la Facultad de Ciencias Ambientales, es prioritario reparar las fugas presentes en la facultad y los dispositivos que presentan condiciones irregulares.
- Teniendo en cuenta que medir (micromedición) hace parte de las acciones de mayor relevancia de cualquier programa de uso eficiente, es necesario implementar un sistema de medición e información en la FCA como en la UTP ya que este permite un seguimiento continuo y una evaluación del desempeño en el tiempo, de esta manera, identifican y priorizan las potenciales mejoras y se apoya el proceso de selección de herramientas o estrategias. En los procesos de producción es útil para el control de equipos, accesorios, zonas de riego, baños entre otros, pues es la forma de comparar y determinar si las medidas tomadas están siendo efectivas y en qué cantidad. Adicionalmente de esta manera se motivará la participación de trabajadores y usuarios en el ahorro y uso adecuado del recurso.
- La metodología abordada en el estudio puede constituirse en un elemento de referencia para la caracterización del agua en centros educativos. Ya que esta conlleva a establecer estándares e indicadores ambientales de fácil verificación y seguimiento, los cuales se pueden tornar útiles en la verificación del desempeño ambiental de las instituciones educativas. A sí mismo, el presente estudio debe servir como guía metodológica para ser implementado en cada una de las edificaciones que integran la UTP con el

fin de proporcionar información fiable y verificable sobre el desempeño ambiental de la universidad.

- Con el propósito de realizar el balance hidráulico del sistema es necesario instalar contadores en cada uno de los consumidores finales identificados, de acuerdo con el uso del agua, ya que en la presente investigación por aspectos netamente económicos no se contaron con los suficientes instrumentos de medición.
- Como estrategia administrativa es recomendable fortalecer la gestión ambiental universitaria dentro del campus, que implemente y realice el seguimiento continuo a los aspectos de interés ambiental identificados. Con el propósito de dar solución a problemáticas ambientales específicas y para proyectar el desarrollo institucional en cuanto a la dimensión ambiental.
- El uso eficiente y ahorro del agua se constituye como un propósito que encierra un alto grado de complejidad para su desarrollo, requiriéndose para su evaluación o planificación, además de los elementos abordados en este estudio, los característicos de cada contexto en el que desea desarrollarse. En este sentido, es importante tener en cuenta que al momento de tomar decisiones los actores involucrados para la selección de una alternativa de mejoramiento determinada, no deben basarse exclusivamente en el análisis financiero de las estrategias, sino que deben llevar a cabo un análisis contextual donde también se involucren aspectos técnicos, socio-económicos y ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- AGUAS Y AGUAS DE PEREIRA. Lectura de consumos años 2.009, 2.010, 2.011 en la UTP. Matricula 535401. Pereira, Colombia. 2.011.
- ALEÁN, H. Análisis de la Metodología de Costo Mínimo de Expansiones de Capacidad. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería Departamento de Civil y Ambiental. 2.001.
- ALMAMATER, CARDER, CORTOLIMA, CVC, CORPOCALDAS, CRQ. AGENDA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA ECORREGIÓN EJE CAFETERO. COLOMBIA 2.007-2.019. Junio de 2.006.
- ARREGUI, F. Gestión Integral de Contadores de Agua. España: Instituto Tecnológico del Agua, 2.007.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (CEPIS). Día inter americano del agua. 2.002.
- CORRALIZA, J. MARTÍN, R. Estilos de vida, actitudes y comportamientos ambientales. Medio ambiente y comportamiento humano. 2.000.
- FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES. Programa De Administración Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Risaralda. 2.001.
- FIELD, B. Economía Ambiental. Una Introducción. Primera Edición. McGraw- Hill. 1.999.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). Manejo Integrado de Recursos Hídricos. Comité de Consejo Técnico –tac. Estocolmo, Suecia. 2.000
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP. 2.006. La audacia de los pequeños pasos: diez años de Global Water Partnership. En: <http://www.gwpforum.org/servlet/psp>

- GÓMEZ UGARTE G. LUIS A., GÜITRÓN DE LOS REYES, A. PIÑA SÁNCHEZ, RAMÓN A. Necesidades De Investigación, Desarrollo Tecnológico Y Formación De Recursos Humanos En Apoyo A La Gestión Integrada De Recursos Hídricos. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. México. 2.007.
- GREEN C. Water Economics, Principles And Practice Wiley, West Sussex. 2.003.
- GRIVAL. Catalogo De Griferías Ahorradoras De Corona. En: <http://www.corona.com.co/2010/Grival2011/Pages/Griferias-ahorradoras> (fecha de consulta: septiembre 19 de 2.011. Disponible)
- GUERRERO, I. SANDOVAL, F. Los Recursos Hídricos Y El Marco Legal. Colombia. 2.006.
- HURTADO, J. Metodología De La Investigación Holística. Caracas, Venezuela. 2.000.
- IDEAM (Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales). Estudio Nacional del Agua. Bogotá, Colombia. 2.010.
- INFANTE, A. Evaluación Financiera De Proyectos De Inversión. Bogotá D.C. Colombia. 1.993.
- MEDINA, R. Diferenciarse No Basta, Cómo Diseñar Y Activar Propuestas De Valor Económico. México. 2.010
- Municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo. Guía Práctica para el Ahorro de Agua y Energía en el Hogar. Zaragoza, España. 2.010. En: <http://www.agua-dulce.org>. (fecha de consulta: Noviembre 18 de 2.011. Disponible)
- OCHOA L, BOURGUETT V. Reducción Integral De Pérdidas De Agua Potable. Instituto Mexicano de Agua Potable. México. 2.001.

- OROZCO, J. Matemáticas Financieras Aplicadas. Bogota, Colombia. 2.008-
- OSORIO, C. OREJUELA, J. El Proceso De Análisis Jerárquico (Ahp) Y La Toma De Decisiones Multicriterio. Ejemplo de aplicación - universidad Tecnológica De Pereira. 2.008: Tomado de: SAATY, THOMAS. How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. University of Pittsburgh. 1.994.
- PALAU, C. Aportaciones A La Gestión De Los Sistemas De Medición De Caudal En Redes De Distribución De Agua A Presión. Madrid, España. 2.005.
- PESCI, R. *“Del Titanic Al Velero” La Vida Como Proyecto*. Fundación CEPA. Buenos Aires, Argentina. 2.000.
- PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 2.009.
- RAMÍREZ, A. Guía Metodológica Para La Formulación Y Evaluación De Proyectos De Educación Ambiental Bajo Un Enfoque Participativo. México. 2.011.
- REGISTRO Y CONTROL UTP. Registros de estudiantes matriculados en la Universidad Tecnológica de Pereira II semestre de 2.011. Pereira, Colombia. 2.011.
- ROJAS, L Y CARDONA, G. Excel Aplicaciones A Las Matemáticas Básicas, Álgebra, Estadística Y Probabilidad. 2.007
- ROSERO, A. Matemáticas Financieras. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia (UNAD). Bogotá, Colombia. 2.005.
- SABALZA, M. Evaluación Económica De Proyectos De Cooperación., Bilbao, España. 2.006.

- SÁNCHEZ L. Y SÁNCHEZ, A. Top IRC: Uso Eficiente Y Ahorro De Agua. International Water And Sanitation Centre (IRC) e Instituto De Investigación Y Desarrollo En Agua Potable, Saneamiento Básico Y Conservación Del Recurso Hídrico (CINARA). México. 2.004.
- THE WORLD'S WATER. PACIFIC INSTITUTE. 2000-2001. En: Instituto Nacional De Estadística. Estadística E Indicadores Del Agua, España. 2.008.
- TOPFER, K. Editorial Comments on Freshwater. Our planet, 1.998.
- UNESCO. Water For People, Water For Life Executive Summary Of The Unworld Water Development Report First Published By The United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization. Paris, France. 2.003.
- Universidad Tecnológica de Pereira. 2009. Plan De Desarrollo Institucional 2.009 – 2.019. Pereira, Colombia.
- VÍCTOR J. BOURGUETT O. Et al. Manual Para El Uso Eficiente Y Racional Del Agua ¡Utiliza Lo Necesario! México. 2.003.
- WAYNE W. Bioestadística. Bases Para El Análisis De Las Ciencias De La Salud, 4ta. Edic. México. 2.002.

## ARTICULOS DE REVISTA

- BONET, J. DEVEL, C. PATRICK, F. ROTURIER, J. Analysis of electricity and water end-uses in university campuses: case-study of the University of Bordeaux in the framework of the ecocampus European collaboration. Agosto-Septiembre 2.001. En: Journal of cleaner production. Vol. 10, p. 13–24.
- BRYSON, N. AND MOBOLURIN, A. An Approach To Using The Analytic Hierarchy For Solving Multiple Criteria Decision Making Problems. En: European Journal of operational research. Octubre 1.994. Vol. 179.
- CHENG, C.L. Y HONG, Y.T. Evaluating Water Utilization in Primary Schools. En: Building and environment Febrero-Marzo 2.002. No 39, p 837 – 845.
- EL SAYED, M et al. Towards Sustainability in Urban Water: a life cycle analysis of the urban water system of Alexandria city, Egypt. En: Journal of cleaner production. Abril-mayo, 2.010. Vol. 18, p 1100–1106.
- FRACASSO. Los planes de gestión Ambiental local como mediación de conflictos: el caso de Cartagena de indias. En: Revista Electrónica De Geografía Y Ciencias Sociales. Mayo 1.999. Vol. 08. Universidad de Barcelona.
- GRISHAM, A. y FLEMMING W. Long Term Options For Municipal Water Conservation. En: journal of the American water works association. Julio 1.998. No 34.
- JORGENSEN, B., GRAYMORE, M., O'TOOLE K. Household Water Use Behavior: An Integrated Model. En: Journal of Environmental Management. Diciembre 2.009. No 76, p 456-678.



## NORMAS

- Alcaldía De Pereira, Secretaria De Planeación. Plan de Desarrollo Municipal 2.008 – 2.011 Pereira Región de Oportunidades. Pereira mayo de 2.008.
- Gobernación de Risaralda. Plan Decenal de Educación Ambiental de Risaralda 2.005-2.014. “Educación Para El Desarrollo Sostenible De Risaralda, Un Proceso En Construcción Permanente” Comité Técnico Interinstitucional De Risaralda. 2.005.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, Colombia. 2.010.
- Ministerio de Desarrollo Económico, Viceministerio de Vivienda, Desarrollo Urbano y Agua Potable. Dirección de agua potable y saneamiento básico. Uso eficiente y ahorro del agua. Cultura del agua. Jornadas educativas. Cartilla no. 5. Colombia, 2.000.
- Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento .Dirección Nacional de Urbanismo de Perú. Sistema Nacional De Estándares De Urbanismo. Capitulo 3. Lima, Perú. 2.011.
- Norma de Dotación de Agua del Distrito Federal de México. Toluca, México. 2.005.
- Norma Técnica Colombiana. NTC 1500:2004 Código Colombiano de Fontanería. Bogotá D.C. Colombia. 2.004.
- Presidencia De La Republica, Departamento Nacional De Planeación. Plan Nacional de Desarrollo 2.010 – 2.014 "Prosperidad para Todos", Bogotá, abril 2.011.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Perspectivas Del Medio Ambiente Mundial. 2.007.

- República de Colombia. Constitución Política de Colombia de 1991. Edición 2.005.
- República de Colombia. Dirección nacional de planeación. Visión Colombia 2.019.
- República de Colombia. Ley 142 de julio 1.994. Por La Cual Se Establece El Régimen De Los Servicios Públicos Domiciliarios Y Se Dictan Otras Disposiciones.
- República de Colombia. Ley 373 de Junio 1.997. Programa Para El Uso Eficiente Y Ahorro De Agua. Bogotá D.C.
- República de Colombia. Ley 99 de 1.993. Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.
- República de Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico .Resolución 1096 de Noviembre de 2.000. Por el cual se adopta el reglamento técnico para el sector agua Potable y Saneamiento básico (RAS).
- Universidad Tecnológica De Pereira. Acuerdo N° 41, 18 de noviembre de 2010, Política ambiental Institucional. Pereira, Colombia. 2.010.

### **CONFERENCIA, CONGRESO, REUNIÓN.**

- CÁTEDRA AMBIENTAL. GUHL NANNETI, E. "Pensamiento Y Política Ambiental". La Problemática Del Agua En Colombia ¿Para Qué Queremos El Agua Los Colombianos? Universidad Tecnológica De Pereira. Pereira, Colombia. 2007
- CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE EL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE (CIAMA), Dublín, Irlanda. 1.992.
- CONGRESO SOBRE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN AMBIENTAL. UNESCO-PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). Moscú. 1987.
- PONENCIAS SOBRE UNA PERSPECTIVA GENERAL TEMÁTICA. IRC. (International Water and Sanitation Centre). Uso Eficiente Del Agua. IRC. USA. 2.004.
- SEMINARIO INTERNACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA. TATE, D. Principios del uso eficiente del agua. Programa hidrológico internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Capítulo 2. 2008. En: [http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso\\_eficiente/cap2.html](http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/cap2.html). fecha de consulta: septiembre 08 de 2.011. Disponible.
- SEMINARIO INTERNACIONAL PÉRDIDAS DE AGUA EN SISTEMAS DE ACUEDUCTO. SÁNCHEZ, L. Uso Eficiente De Agua: Hacia Un Cambio De Paradigma En El Uso Del Agua. Uso Eficiente Y Ahorro Del Agua. Pereira, Colombia. 2.008.
- SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE USO EFICIENTE DEL AGUA. DE LA VEGA, H. Y ESPINOZA, J. "Correlación, La Alternativa Tecnológica En Detección De Fugas". México. 1.991.

# **ANEXOS**