

**VALORACIÓN CUANTITATIVA DE LA REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE AGUA  
POTABLE PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN SANITARIOS,  
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE  
REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**CLAUDIO ALBERTO MORENO ARIAS**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO –**

**CIMAD**

**MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**

**BOGOTÁ D.C.**

**2013**

**VALORACIÓN CUANTITATIVA DE LA REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE AGUA  
POTABLE PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN SANITARIOS,  
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE  
REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**CLAUDIO ALBERTO MORENO ARIAS**

**Trabajado de Grado para optar el Título de  
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Director del Proyecto**

**DRA. CLARA EUGENIA RIVEROS LEAL**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO –**

**CIMAD**

**MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**

**BOGOTÁ D.C.**

**2013**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá D.C., Diciembre 28 de 2013

*A Martha Patricia, mi esposa, amiga y compañera por su incondicionalidad en todos los proyectos de mi vida. A Gladys mi madre por su infinita colaboración y respaldo. A mi padre Claudio y mi hermana Isabel por su constante ánimo. A la memoria de mi tía Fabiola, quien desde el cielo sigue apoyándome.*

*Claudio*

## **Agradecimientos**

A Dios, dueño de la vida, quien nos colma cada día de bendiciones.

A la Universidad de Manizales, por la oportunidad de cursar este nivel de formación en tan prestigiosa Institución.

Al Dr. Jhon Fredy Betancur, director de la línea de investigación en biosistemas integrados por el respaldo brindado en la culminación de la maestría y del presente proyecto.

A los Tutores, Doctores Claudia Munévar y Oscar Fernando Gómez por su gran colaboración y apoyo en el transcurso de la Maestría.

A la Fundación Universitaria Los Libertadores de Bogotá, en cabeza de su vicerrector administrativo, Dr. Carlos Alberto Correa Gregory, por el respaldo brindado en el desarrollo del prototipo del presente proyecto.

A Fabián Pérez, Wilber Rodríguez y Diego Díaz, por su consagración al desarrollo del prototipo y sus aportes al presente proyecto de investigación.

A la Dra. Clara Eugenia Riveros Leal, por sus valiosas asesorías y orientaciones en el desarrollo del presente proyecto.

A mis colegas y amigos, Oscar Chamarraví, Ninoshka Torres y Germán Saavedra por su colaboración en el desarrollo del trabajo de campo.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	1
1. Justificación	3
2. Diseño Teórico	4
2.1 Título de la investigación	4
2.2 Formulación del problema y pregunta de investigación	4
2.3 Descripción del área problemática	5
2.3.1 Introducción a la problemática	5
2.3.2 Crecimiento demográfico	8
2.3.2.1 Proyecciones en el crecimiento poblacional.	8
2.3.2.2 Proyecciones de la demanda	11
2.3.2.3 Proyección del consumo	13
2.4 Objetivos	16
2.4.1 Objetivo General.	16
2.4.2 Objetivos específicos	16
2.5 Hipótesis y variables	17

2.6 Técnicas e instrumentos	17
2.7 Impactos esperados	18
2.7.1 Aspectos científicos.	18
2.7.2 Aspectos técnicos	18
2.7.3 Aspectos ambientales	18
2.7.4 Aspectos económicos	19
2.7.5 Aspecto social.	19
2.7.6 Aspecto cultural	19
3. Marco teórico y de referencia	20
3.1 Generalidades sobre las aguas residuales.	20
3.2 Conceptos sobre reutilización de aguas grises.9	21
3.3 Tipos de sistemas de reutilización de aguas grises	23
3.3.1 Sistemas de desviación	24
3.3.2 Sistemas de tratamientos fisicoquímicos	25
3.3.3 Sistemas de tratamiento biológico de aguas grises	27
3.4 Panorama mundial de las políticas, regulaciones y leyes sobre aguas grises	29
3.5 Experiencias en América Latina	32
3.5.1 Guatemala	32
3.5.2 México.	35
3.5.3 Ecuador	37
3.6 Experiencias investigativas en Colombia	37
3.6.1 Departamento del Quindío	38

3.6.2 Departamento de Santander	39
3.6.3 Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá	39
3.7 Marco legal colombiano	42
3.7.1 Legislación colombiana general sobre el recurso hídrico	43
3.7.2 Ley 373 de 1997	44
4. Materiales y métodos	48
4.1 Selección de la población objetivo	48
4.2 Determinación del tamaño de la muestra	49
4.3 Diseño de encuestas. (Anexo B)	50
4.3.1 Preguntas relacionadas con los hábitos de uso de agua potable en ducha y sanitario	50
4.3.2 Preguntas relacionadas con la percepción sobre la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado por parte de la EAAB.	52
4.4 Aplicación de encuestas	54
4.5 Prototipo reciclador de aguas grises domésticas. (Figura 16)	55
4.5.1 Parámetros de diseño del prototipo	55
4.5.2 Funcionamiento.	58
5. Análisis de resultados	60
5.1 Resultados e interpretación de la información obtenida en las encuestas.	60
5.1.1 Preguntas relacionadas con hábitos de consumo de agua	60
5.1.2 Resultados sobre la percepción de la prestación del servicio por parte de la EAAB.	70



5.1.3 Resultados sobre el grado de concientización de los encuestados sobre la problemática del agua en Bogotá.	72
5.2 Análisis de resultados de las pruebas en el prototipo reciclador de aguas grises	75
5.2.1 Implementabilidad en los hogares tipo	75
5.2.2 Agua a captar en el tanque del reciclador.	75
5.2.3 Caudal promedio al abrir la válvula (llave de la ducha).	78
5.2.4 Acción del cloro en el tratamiento del agua gris recogida	79
5.3 Valoración cuantitativa de la reducción en la demanda de agua potable para descarga de aguas residuales en sanitarios.	80
5.3.1 Comparación con otros referentes	82
5.3.1.1 Estudio “Cuatro años para salvar el agua de Bogotá”.	82
5.3.1.2 Proyecto realizado por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.	83
5.3.1.3 Proyecto de acuerdo 134 de 2013.	84
6. Estudio económico	85
6.1 Costo del agua utilizada en descarga de sanitarios	85
6.2 Incidencia sobre el costo operacional del tratamiento de agua residual para la EAAB	86
6.3 Costos asociados a la implementación del reciclador de aguas grises	88
6.3.1 Escenarios con respecto al valor original del prototipo desarrollado	90
6.4 Vinculación de Organizaciones no gubernamentales para financiamiento para el proyecto	91
7. Conclusiones	95

	x
8. Recomendaciones	97
Referencias Bibliográficas	98
Anexos	101

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Proyección del crecimiento poblacional en Bogotá	10
Figura 2. Mapa de abastecimiento de agua potable de Bogotá	12
Figura 3. Esquema del sistema de abastecimiento de agua	13
Figura 4. Proyección del consumo residencial en Bogotá	14
Figura 5. Distribución típica doméstica de los usos dados al agua potable en una vivienda de California	22
Figura 6. Utilización de las aguas grises domésticas para uso en riego de jardines	23
Figura 7. Sanitario con lavamanos incorporado en el tanque	24
Figura 8. Tratamiento de aguas grises mediante suelo húmedos en Alemania	25
Figura 9. Sistema de tratamiento fisicoquímico de aguas grises residencial	27
Figura 10. Sistema de tratamiento biológico de aguas grises	28
Figura 11. Consumo de agua en litros en Latino América	33
Figura 12. Modelo propuesto sistema reutilizador de aguas en vivienda propuesto en el departamento del Quindío	38
Figura 13. Modelo propuesto sistema de reutilización aguas grises y lluvias en edificio en el departamento de Santander	39
Figura 14. Modelo propuesto por estudiantes de la UN en uso	40

Figura 15. Componentes del sistema propuesto en la UN	41
Figura 16. Vista prototipo reciclador de aguas grises construido por estudiantes de la F.U. Los Libertadores	57
Figura 17. Componentes del prototipo reciclador de aguas grises	58
Figura 18. Resultados pregunta estratificación socioeconómica	61
Figura 19. Resultados sobre el número de habitantes por hogar	61
Figura 20. Resultados sobre el número de descargas que se realizan estando en la vivienda	63
Figura 21. Resultados sobre el tiempo de duchado utilizado por los habitantes de las viviendas de los encuestados	64
Figura 22. Calificación dada por los encuestados al uso de la ducha	65
Figura 23. Calificación dada por los encuestados al uso del lavamanos	65
Figura 24. Calificación dada por los encuestados al uso del sanitario	66
Figura 25. Calificación dada por los encuestados al lavado de ropa	66
Figura 26. Calificación dada por los encuestados a la limpieza de vivienda	67
Figura 27. Calificación dada por los encuestados al uso en la cocina	67
Figura 28. Calificación dada por los encuestados al uso en jardinería	68
Figura 29. Calificación dada por los encuestados al lavado de carro	68
Figura 30. Calificación dada por los encuestados al lavado de mascotas	69
Figura 31. Resultados de la percepción sobre la calidad del agua. Elaborado por el Autor	70
Figura 32. Resultados sobre la percepción de la disponibilidad del servicio de agua potable	71
Figura 33. Resultados relacionados con el valor de la factura	72
Figura 34. Resultados sobre el grado de conciencia sobre la problemática del agua en Bogotá	72

Figura 35. Resultados sobre el grado de conciencia sobre el riesgo de escases de agua debido al desperdicio	73
Figura 36. Conciencia sobre posible medidas extremas a futuro sobre el suministro de agua	74
Figura 37. Grado de conciencia sobre el desperdicio o uso indebido del agua potable	74
Figura 38. Dimensiones del tanque colector de aguas grises del prototipo	77

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Cifras de crecimiento poblacional en Bogotá	10
Tabla 2. Secuencia de entrada de los proyectos de expansión en abastecimiento	15
Tabla 3. Tecnologías con tratamiento fisicoquímico de aguas grises.	25
Tabla 4. Población, viviendas y hogares por estrato socioeconómico	48
Tabla 5. Accesorios utilizados en la construcción del prototipo.	56
Tabla 6. Calificación dada por los encuestados al uso del agua potable en la vivienda	69
Tabla 7. Pruebas experimentales de caudal en la ducha del prototipo	78
Tabla 8. Consumos de agua en Bogotá por estratos socioeconómicos, para diferentes usos domésticos.	82
Tabla 9. Consumos totales de agua en Bogotá para estratos socioeconómicos	82
Tabla 10. Cálculo de la media ponderada para determinar el valor del m <sup>3</sup> de agua para estratos 1, 2 y 3.	85
Tabla 11. Costos operacionales mensuales de la PTAR Salitre.	87
Tabla 12. Relación de costos del proyecto de construcción del prototipo reciclador de aguas grises.	88
Tabla 13. Escenarios con el valor reducido original del prototipo reciclador de aguas grises.	90

## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo A. Informe Secretaría Distrital de Planeación. Población, vivienda y hogares por estrato socioeconómico. 2011. (Resumen)	102
Anexo B. Diseño formato de encuesta	103
Anexo C. Encuesta diligenciada No 1	104
Anexo D. Encuesta diligenciada No 125	105
Anexo E. Encuesta diligenciada No 264	106
Anexo F. Encuesta diligenciada No 385	107
Anexo G. Encuesta diligenciada No 412	108
Anexo H. Gráficos resultados de encuestas	109
Anexo I. Estructura tarifaria EAAB 2013.	120

## Glosario

**AGUAS NEGRAS:** son aquellas aguas residuales provenientes de las descargas de sanitarios, que contienen materia orgánica del metabolismo de los seres humanos, principalmente orina y heces fecales.

**AGUAS GRISES:** son aquellas aguas residuales provenientes de duchas, lavadoras y lavamanos que no contienen orina ni materia fecal.

**AGUAS LLUVIAS:** precipitación de partículas líquidas de agua de diámetro mayor a 0.5 mm o menor, pero dispersas.

**AGUA POTABLE:** es aquella cuya composición química y propiedades físicas permiten la ingestión por parte del ser humano, sin comprometer su salud.

**ANAEROBIO:** proceso bioquímico o condición ambiental que lleva a cabo sin la presencia de oxígeno.

**AUTODEPURACIÓN:** capacidad que tienen los cuerpos de agua en la naturaleza de recuperar sus características fisicoquímicas y biológicas, ante la presencia de una carga contaminante.

**BOMBA:** dispositivo mecánico que utiliza energía eléctrica para presurizar o elevar un fluido líquido.

**DEMANDA HÍDRICA:** extracción de las cantidades de agua desde su fuente natural, destinada a suplir las necesidades de consumo humano, la producción sectorial y de otros ecosistemas no antrópicos.



**DESARROLLO SOSTENIBLE:** propuesta o modelo de desarrollo que consiste en hacer un buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales, sin comprometer su disponibilidad a futuro para las generaciones venideras.

**ELECTROVÁLVULA:** Dispositivo que se controla mediante un pulso de corriente, para permitir el paso de un fluido.

**FILTRO:** accesorio instalado en una red de un fluido que retiene cualquier material de tipo sólido que puede acumularse y obstruir el paso normal del fluido a través de la línea.

**BIORREACTOR DE MEMBRANA MBR.** Sistema en el cual se descompone la materia orgánica de las aguas residuales y es retenida por un elemento adherente antes de dejar que el agua continúe al siguiente proceso.

**RECICLAJE DE AGUA:** Cualquier actividad o proceso en el cual se recogen las aguas residuales, para ser tratadas y luego reutilizadas. Principalmente se puede realizar esto con las aguas grises.

**RECICLADOR DE AGUAS GRISES:** Dispositivo que recoge las aguas de este tipo y las reutiliza con o sin tratamiento para volverlas a emplear en aplicaciones como riego de jardines, limpieza de pisos, lavado de ropa, lavado de vehículos, agricultura, descarga de sanitarios, etc.

**RESILENCIA:** capacidad que tienen los diferentes componentes del ambiente (aire, suelo, agua, flora, fauna) de procesar la presencia de cargas contaminantes.

**SECRETARÍA DISTRITAL DEL MEDIO AMBIENTE. SDA.** Autoridad ambiental a nivel de Bogotá y el Distrito Capital. Está adscrita a la Alcaldía Mayor de Bogotá.

**SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL:** capacidad de los sistemas ecológicos y de los componentes del ambiente de sostener las actividades del ser humano.

## Símbolos y Abreviaturas

ARD:	Aguas residuales domésticas
AUD:	Dólar australiano
CAR:	Corporación autónoma regional
Cl:	Cloro
$C_d$ :	costo del agua que deja de demandarse para descarga de sanitarios
$C_{mc}$ :	costo del metro cúbico
$C_{PTAR}$ :	reducción costo de operación en PTAR
$D_s$ :	volumen en $m^3$ de agua que descarga el sanitario.
EAAB:	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
EUR:	Euro
$\Delta t$ :	intervalo de tiempo
F.U.L.L.:	Fundación Universitaria Los Libertadores
$H_2O$ :	agua
L:	litro (s)
Lpd:	litros por descarga
Lpf:	liters per flushig. (litros por descarga).
l/s:	litros por segundo
$l/m^2$ -día:	litros por metro cuadrado diarios.
l/día-hab:	litros diarios por habitante.

MAVDT:	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial
MBR:	Biorreactor de membrana
m <sup>3</sup> :	metro cúbico
N <sub>hog</sub> :	número de viviendas que hay a 2011 en Bogotá
N <sub>h</sub> :	número de habitantes por hogar
N <sub>d</sub> :	número de descargas promedio hechas por una persona, en casa.
%:	porcentaje
\$:	Peso colombiano
PTAR:	Planta de tratamiento de aguas residuales
R <sub>d</sub> :	es la reducción demanda de agua potable para descarga de sanitarios.
R <sub>cop</sub>	reducción en costo operación para la EAAB
SDA:	Secretaría Distrital del Ambiente.
USD:	Dólar americano
UPME:	Unidad de Planeación Minero - Energética
W:	vatio

## **Resumen**

La ciudad de Bogotá ha tenido un crecimiento poblacional desmedido en los últimos 25 años, en los que ha pasado de 5 a 8 millones de habitantes. Las principales fuentes hídricas que abastecen la ciudad como Chingaza, Tibitoc, San Rafael, están llegando al límite de su capacidad de suministro, no sólo debido al incremento en la demanda de agua para el consumo humano, sino a amenazas como el cambio climático que modifica los patrones de lluvias y de verano, junto con la tala de bosques en zonas de páramo para actividades de agricultura, ganadería, minería e incluso cultivos ilícitos. También se evidencian hábitos en la población como el desperdicio de agua potable en actividades que no se requiere como son las descargas de desechos humanos en sanitarios, lavado de pisos y riego en jardinería.

Los hechos descritos anteriormente hacen que Bogotá afronte una crisis de disponibilidad de agua potable para los próximos años, la cual se agravará de no tomar conciencia y medidas para su prevención. Con el presente proyecto de investigación, se busca a través de un método cuantitativo estimar las tendencias en el consumo de agua que permitan establecer las cantidades que se puedan ahorrar mediante la implementación de tecnologías de reutilización de aguas grises. Con lo anterior además de determinar las cantidades en que se reduciría la demanda de agua desde las fuentes hídricas de la ciudad, se propondrá la implementación de tecnologías conducentes a evitar el desperdicio y así garantizar la disponibilidad del líquido en un futuro.

**Palabras clave:** aguas residuales, aguas grises, reciclaje de agua, disponibilidad, reutilización de agua.

### **Abstract**

Bogota City has had a population growth in the last twenty five years from 5 million up to 8 million of inhabitants. Its main sources of water Tibitoc, Chingaza and San Rafael are reaching the critical limit of their capability due to threats like global warming which modifies the patterns of rains and dryness, together with human activities such as trees cutting in paramount zones for practices of livestock, growth, mining and even, illegal plantations. In addition, population use and waste potable water in activities that do not require it such as toilet flushing, floors cleaning and irrigation of gardens.

The facts described above are heading the city to a crisis of availability of drinkable water for the next years, which will be worst if conscious and measurements are not taken to its prevention.

On this research project, it wants to determinate the trends of water consumption through a quantitative method, to establish the amount of water that can be saved, by implementing technologies of greywater reutilization. In addition to this estimation of the amounts of saved water in the sources, the implementation of technologies in home families will be proposed in this project. This implementation of these technologies will contribute to reduce the demand of water and will warranty the availability of the liquid in the future.

**Key words:** waste water, greywater, water recycling, water availability, water reusing.

## **Introducción**

El presente proyecto de investigación, busca presentar de manera clara, breve y estructurada, la descripción de la problemática con respecto a la escasez de agua que afronta la ciudad de Bogotá, debida a diferentes problemas que amenazan sus fuentes de suministro (cambio climático, tala de bosques, crecimiento poblacional, distancias desde sus fuentes de suministro, uso desmedido, entre otros). Además de referirse a esta problemática, se busca determinar mediante métodos de valoración cuantitativa, cuál es el valor aproximado más confiable en la demanda de agua potable residencial en la ciudad de Bogotá, para finalmente proponer alternativas de solución que reduzcan la demanda del preciado líquido, conducentes a preservar la disponibilidad en la fuentes.

Para la realización de esta investigación, se procede al análisis de los estudios que han presentado la amenaza del problema. Posteriormente se desarrollará un trabajo de campo mediante encuestas y pruebas, en el cual se analizarán las tendencias cuantitativas más confiables sobre la demanda, que a su vez permitan plantear la implementación de medidas conducentes a la reducción de la demanda de agua potable para usos donde ésta no es prioritaria como descarga de sanitarios, lavado de pisos y riego de jardines.

Adicionalmente a la revisión bibliográfica sobre los estudios realizados y las experiencias tanto locales, como nacionales e internacionales, se ha tenido una primera aproximación al tema mediante la dirección el desarrollo de un proyecto de pregrado con estudiantes de ingeniería mecánica de la Fundación Universitaria Los Libertadores, donde se construyó un prototipo para

la realización de pruebas, en el cual se reutiliza el agua gris obtenida de la ducha en una vivienda familiar, para ser ésta descargada directamente en el sanitario.

Junto con esta aproximación descrita del prototipo que entraría más adelante a ser una de muchas alternativas para la mitigación del problema, el medio académico donde se ha desenvuelto el investigador, está al alcance de una población que aportaría una muestra importante para el estudio.

Al finalizar el presente proyecto de investigación, se busca presentar a la comunidad, científica, académica, social, empresarial y ambiental, un estudio en el cual se diga con suficientes argumentos, cuánta agua potable se desperdicia en la ciudad de Bogotá en usos que realmente no se requiere que sea potable, cómo se puede reducir esta demanda innecesaria y cómo contribuye la implementación de estas prácticas en la disponibilidad de agua para afrontar la amenaza que enfrenta la ciudad.

## 1. Justificación

Las razones por las cuales es importante y necesaria la resolución del problema de investigación se plantean a continuación:

- Se verificarían los resultados de otros estudios realizados anteriormente en los cuales, se advierte el problema de escasez de agua para los próximos años en la ciudad de Bogotá.
- Se obtendrían muestras significativas sobre las tendencias en diferentes estratos socioeconómicos, sobre las cantidades de agua potable que se desperdicia en usos en los que no se requiere.
- Se permitirá analizar alternativas destinadas a la reutilización de aguas que efectivamente evidencien que se puede ahorrar agua potable al no destinarla al uso en sanitarios.
- Se permitirá plantear medidas de tipo económico que permitan a las empresas subsidiar a los usuarios en la implementación de tecnologías o prácticas para la reutilización de aguas grises.

Todas estas medidas tienden a evaluar cuánta agua potable dejaría de utilizarse en aplicaciones donde no se requiere su potabilidad. Si estas medidas se implementan, a futuro se espera poder contar con cantidades suficientes de agua potable en las fuentes hídricas de la ciudad de Bogotá para cubrir las necesidades relevantes de los habitantes.



## **2. Diseño Teórico**

### **2.1 Título de la investigación**

Valoración cuantitativa de la reducción en la demanda de agua potable para descarga de aguas residuales en sanitarios, mediante la implementación de medidas y tecnologías de reutilización de aguas grises en la ciudad de Bogotá D.C.

### **2.2 Formulación del problema y pregunta de investigación**

Según el análisis realizado por el autor sobre diferentes fuentes, la ciudad de Bogotá ha tenido un crecimiento poblacional desmedido en los últimos 25 años, en los que ha pasado de 5 a 8 millones de habitantes aproximadamente. Las principales fuentes hídricas que abastecen la ciudad como Chingaza, Tibitoc, San Rafael, están llegando al límite de su capacidad de suministro, no sólo debido al incremento en la demanda de agua para el consumo humano, sino a amenazas como el cambio climático que modifica los patrones de lluvias y de verano, junto con la tala de bosques en zonas de páramo para actividades de agricultura, ganadería, minería e incluso cultivos ilícitos. También se evidencian hábitos en la población como el desperdicio de agua potable en actividades que no se requiere como son las descargas de desechos humanos en sanitarios o en lavado de pisos.

Los hechos descritos anteriormente hacen que Bogotá afronte una crisis de disponibilidad de agua potable para los próximos años, la cual se agravará de no tomar conciencia y medidas para su prevención.

De ahí cabe la interrogante:

*¿Cuál es la cantidad de agua potable que evitaría demandarse para arrastre de materia orgánica en la descarga de sanitarios en hogares donde se concentra la mayoría de la población de la ciudad de Bogotá, mediante la implementación de tecnologías de reciclaje de aguas grises?*

## **2.3 Descripción del área problemática**

**2.3.1 Introducción a la problemática.** La ciudad-región de Bogotá puede entenderse como un “ecosistema urbano” de suma complejidad, que crece y se sostiene mediante el intercambio cíclico de flujos de diversas formas de materia, energía e información. Esta última, para el presente estudio se refiere al saber y al conocimiento de la población, inherente a las acciones, procesos y funciones de producción y consumo domésticas sucedidas en las viviendas (uso residencial). (Alcaldía de Bogotá, 2012)

El uso residencial del agua en las ciudades es el más significativo (EAAB, 2006). En el caso del Distrito Capital, las acciones implicadas en este uso se traducen en intercambios relativos a una dinámica urbanística y territorial que involucra más de siete millones de habitantes y miles de hectáreas urbanizadas. Dicha dinámica está soportada por un medio ambiente natural –de escala local, regional y global-, con una frágil capacidad de recuperación, especialmente en lo referente a la biodiversidad de las especies de flora y fauna constitutivas de los ecosistemas acuáticos y terrestres del entorno urbano regional. Igualmente, tales acciones y funciones relativas al uso del agua en los hogares son el reflejo de hábitos, costumbres y patrones que en otra escala, constituyen un subconjunto de procesos sanitarios y alimentarios integrados

por las pequeñas actividades y procedimientos cotidianos, continuamente practicados por quienes habitan las distintas zonas de la ciudad-región.

Estudiar dichas acciones y procesos desde un enfoque integrado es un poco complejo por cuanto, como proceso, las prácticas generalmente pasan desapercibidas e imperceptibles, especialmente en lo relacionado a sus múltiples efectos en el entorno urbano regional. Aún así, por intangibles e imperceptibles que sean, las funciones cotidianas del uso residencial del agua, deben hacerse visibles dados los problemas ambientales asociados a este uso, como por ejemplo la destrucción y contaminación de los ecosistemas existentes en las cuencas hidrográficas de los ríos Bogotá y Magdalena, y del mar Caribe, problemática que no se ha estudiado de manera integrada, sistémica ni específica, por la falta de conciencia, sentido e interés común frente a la importancia de este recurso natural.

El uso residencial de los ecosistemas naturales locales, regionales y globales, junto a los demás usos urbanos de la ciudad, altera la estabilidad y la dinámica del entorno. Esta alteración se da tanto a causa de la enorme demanda y consumo de agua, alimentos, energía y otros recursos, como por el efecto de la excesiva producción, vertimiento y disposición de residuos, desechos líquidos y sólidos contaminantes y degradantes, en virtud de una insuficiente regulación en las diferentes escalas del proceso.

El agua como fuente de vida e impulsor del desarrollo de los pueblos juega un importante papel en la historia de las ciudades, a continuación se presenta una breve reseña histórica sobre el agua y los problemas de abastecimiento en la ciudad, de acuerdo a lo expuesto por la EEAB ( Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá, 2006) : “Durante los primeros años desde su fundación hasta mediados del siglo XIX Bogotá pasa de un abastecimiento mediante pilas públicas a la prestación privada de los servicios luego de lo cual la prestación se revierte al sector

público hasta nuestros días.”

Según (Jiménez, J. y Valderrama, A, 2013) “la gestión del agua en Bogotá se inicia a finales del siglo XIX cuando el creciente aumento de la población se une con las prácticas higienistas de salud pública

En ésta época los ríos en las montañas cercanas a la ciudad eran la principal fuente de agua. En 1888 se inauguró el primer acueducto con tubería de hierro y en 1930 se construyó “La regadera”, la primera presa hidráulica para evitar la falta de agua en una ciudad que ya contaba con aproximadamente 250.000 habitantes. (Pérez, 1997)

En los años 50 la explosión demográfica continuó y se requirió extraer agua del río Bogotá a 50 kilómetros, pero en 1964 con 1.700.000 habitantes la ciudad se vio obligada a solicitar créditos internacionales y construir la presa Cantarrana que se finalizó en 1974. En 1983, con 4.5 millones de habitantes se inauguró el proyecto Chingaza que a través de 35 kilómetros de túneles lleva el agua hasta una planta de tratamiento cerca de la ciudad (Pérez, 1997). “La carencia de agua en los barrios de la periferia sur de la ciudad, donde habitaban más de 500.000 personas, requirió entre 1.985 y 1.992 la construcción de un túnel de abastecimiento de aproximadamente 20 Km. de longitud, el cual fue conectado al sistema de Chingaza (Pérez, 1997).” Actualmente “Chingaza aporta el 80% de agua potable de alta calidad a Bogotá, lo que convierte al Parque en un área imprescindible para la vida de los capitalinos.” (Pérez, 1997). Según Edmundo Pérez Hernández, profesor Asociado del departamento de Urbanismo de la Universidad Nacional de Colombia la situación de abastecimiento de agua se caracteriza por los siguientes problemas:

- Vulnerabilidad del sistema, lo cual conduce a prolongadas situaciones de emergencia.
- El rápido aumento de la población.
- Derroche y desperdicio.

(Pérez, 1997)

Las estadísticas muestran que a 2011 en la ciudad de Bogotá D.C. hay un total de 7'467.804 habitantes distribuidos por estratificaciones socio económicas de la siguiente forma:

Estrato 1	705.536
Estrato 2	2'938.962
Estrato 3	2'668.455
Estrato 4	706.191
Estrato 5	195.873
Estrato 6	130.261
Sin Estrato	102.526

La distribución por viviendas, hogares, habitantes para cada uno de los estratos se encuentra en el anexo A. “Informe de Secretaría Distrital de Planeación. Población, viviendas y hogares por estrato socioeconómico”. (Secretaría Distrital de Planeación., 2011)

**2.3.2 Crecimiento demográfico.** La EAAB ESP ha venido realizando con una periodicidad oportuna la actualización de los estudios de proyección de población y demanda de agua para la ciudad de Bogotá y municipios vecinos, con el objeto de poder proyectar anticipadamente las obras de abastecimiento y distribución de agua, como también las obras de alcantarillado sanitario y pluvial, para así garantizar la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado tanto para la población actual, como también para los futuros desarrollos urbanísticos. (EAAB, 2006)

**2.3.2.1 Proyecciones en el crecimiento poblacional.** En el año 2004 se realizó el último estudio de actualización de las proyecciones de población para Bogotá y Cundinamarca, aplicando el método de los componentes de la dinámica demográfica (EAAB, 2006), el cual

consiste en el análisis histórico de los aspectos de fecundidad, mortalidad y las migraciones hacia la población motivo del estudio.

La dinámica de crecimiento de la capital del país ha venido disminuyendo de una manera vertiginosa, reduciéndose a menos de la mitad de los niveles observados entre 1964 y 1973. Esta notable desaceleración del ritmo de crecimiento es el resultado combinado de la drástica reducción de la fecundidad observada en el país, justamente a partir de mediados de la década de los años sesenta, conocida hoy como la “transición demográfica”, acompañada de una reducción sensible de las corrientes migratorias hacia la capital, es decir menos nacimientos y menor número de personas de otras partes del país llegando a Bogotá. Cabe señalar que este fenómeno ha sido común en todas las grandes ciudades del país, desde luego, con grandes diferencias de desaceleración. La inmigración a Bogotá se ha venido reduciendo notablemente en las últimas décadas, en relación con las décadas anteriores. Pese a esta tendencia entre 1988 y 1993, la migración neta respondía por cerca del 45% del crecimiento total de población que se presentó (EAAB, 2006).

Con base a las consideraciones anteriores se utilizó un modelo, desarrollado específicamente para estos fines, para simular la distribución espacial de la población y se elaboró uno para predecir la cantidad esperada. Los resultados encontrados se presentan a continuación.

A comienzos del presente milenio la población de Bogotá ascendía a cerca de 6.5 millones de habitantes. Hacia el 2005 esta población se debió incrementar en cerca de 860 mil personas. Al 2020 serán unos 9.7 millones de habitantes, lo cual equivale a un incremento del 70% de la población existente en 1995. En la primera década del siglo los incrementos anuales serán de 170 mil personas en promedio (EAAB, 2006). En la segunda década serán

aproximadamente de 150 mil. En el año 2.000, Bogotá absorbe el 15% de la población nacional; hacía el 2.020 contendrá el 17.2% del total del país. Las tasas de crecimiento entre 1.995 y el 2.000 eran de 26.6 por mil habitantes, reduciéndose al 15.9 por mil entre el 2.015 y el 2.020, reducción que continuará hacía el futuro. (EAAB, 2006). A continuación se presenta un cuadro y una gráfica resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 1. Cifras de crecimiento poblacional en Bogotá

Año	Población				
	Total	Cabecera	Resto	Hombres	Mujeres
1995	5'724.156	5'708.987	15.169	2'713.628	3'010.538
2000	6'539.525	6'523.961	15.564	3'096.928	3'442.597
2005	7'395.610	7'379.710	15.900	3'501.155	3'894.455
2010	8'235.624	8'219.729	15.895	3'902.150	4'333.474
2015	9'003.583	8'987.917	15.666	4'275.073	4'728.510
2020	9'747.386	9'732.180	15.206	4'639.449	5'107.937

Nota: Datos obtenidos de la Dirección de Abastecimiento EAAB – ESP. Estudio de población y demanda 2006.

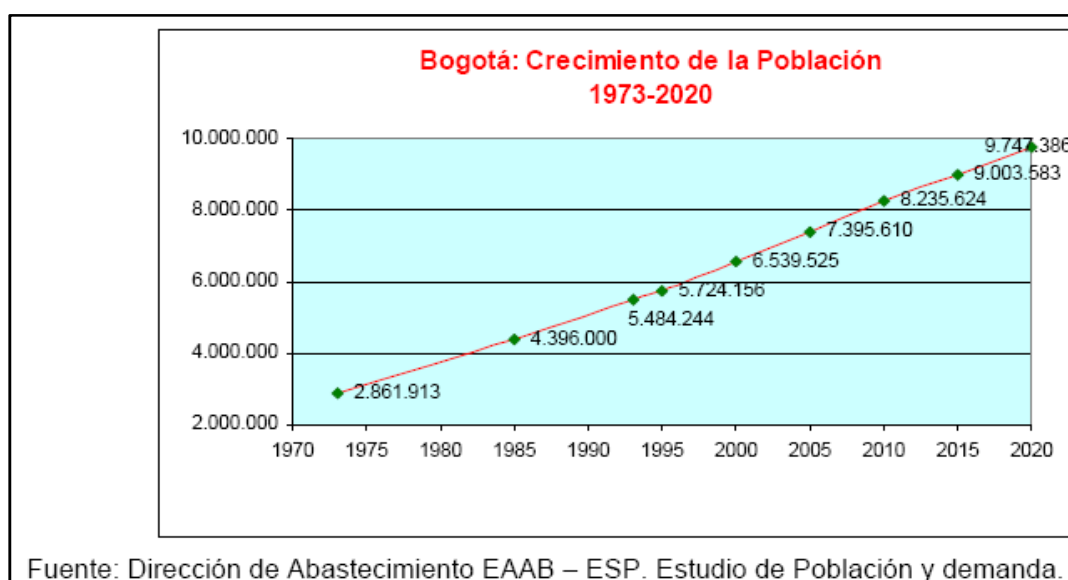


Figura 1. Proyección del crecimiento poblacional en Bogotá. Datos obtenidos de la

Dirección de Abastecimiento EAAB – ESP. Estudio de población y demanda, 2013

Teniendo en cuenta el crecimiento demográfico ya descrito como un problema, el impacto sobre la demanda futura de agua se vuelve crítico. A continuación la proyección para la demanda de agua futura en la ciudad, de acuerdo con los estudios realizados por la EAAB.

**2.3.2.2 Proyecciones de la demanda.** En el año 2005 la EAAB ESP realizó el estudio de actualización de las proyecciones de demanda de agua y su distribución espacial para la ciudad de Bogotá y municipios vecinos, donde se tuvo en cuenta los resultados del estudio de las proyecciones de población indicadas anteriormente. La tendencia histórica del suministro existente hasta 1994 que venía con un incremento anual del orden de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , se modificó a partir de 1995, sin incrementarse el valor para este año respecto de 1994, convirtiéndose en descendente a partir de 1996, con un valor de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  menos y acentuándose a partir del año 1997. La explicación de este comportamiento puede darse como consecuencia de entre otros los siguientes factores: i) la implementación de programas de optimización operacional, entre ellos la Sectorización Hidráulica, uniformización de los planos de presiones de prestación del servicio y mejoras técnicas de la macromedición ii) Comportamiento elástico de la demanda frente a la tarifa apuntalado con la emergencia del Sistema Chingaza, que se presentó en el año 1997, en donde la gente visualizó que modificando el comportamiento de sus hábitos de consumo, sin sacrificar su calidad de vida, podían incidir en el monto de la factura. Práctica que continuó vigente después de esto con reducciones adicionales de los hábitos de consumo, y iii) En los últimos años, los nuevos desarrollos urbanísticos han aplicado las norma nacionales referidas a la instalación de aparatos sanitarios de bajo consumo.

Las expectativas hablan entonces de una demanda de agua requerida para atender la población de saturación de la ciudad, es decir cuando todas las áreas disponibles se desarrollen,



del orden de  $17 \text{ m}^3/\text{s}$ , en el escenario bajo de crecimiento que es al cual se está ajustando la realidad, lo cual se presentaría a partir del año 2020. Esta demanda incluye el suministro de agua para los municipios circunvecinos, que corresponde al 10% del total de la misma. (EAAB, 2006)

Después del año 2020 la población que se presente desbordará la ciudad y se ubicará alrededor de ella, y por lo tanto habrá necesidad de suministrar el servicio también a dicha población, contando con las fuentes existentes actuales, algunas obras de optimización y los ensanches previstos. Para una mejor comprensión de la problemática y de la información sintetizada en los cuadros de la EAAB, las figuras 2 y 3 muestran cómo se suministra el agua potable a la ciudad de Bogotá. En la figura 2 se observan la localizaciones geográficas con respecto a la ciudad, mientras que la figura 3 muestra como es el esquema de suministro según los sistemas.



Figura 2. Mapa de abastecimiento de agua potable de Bogotá. Datos obtenidos de (EAAB, 2013)

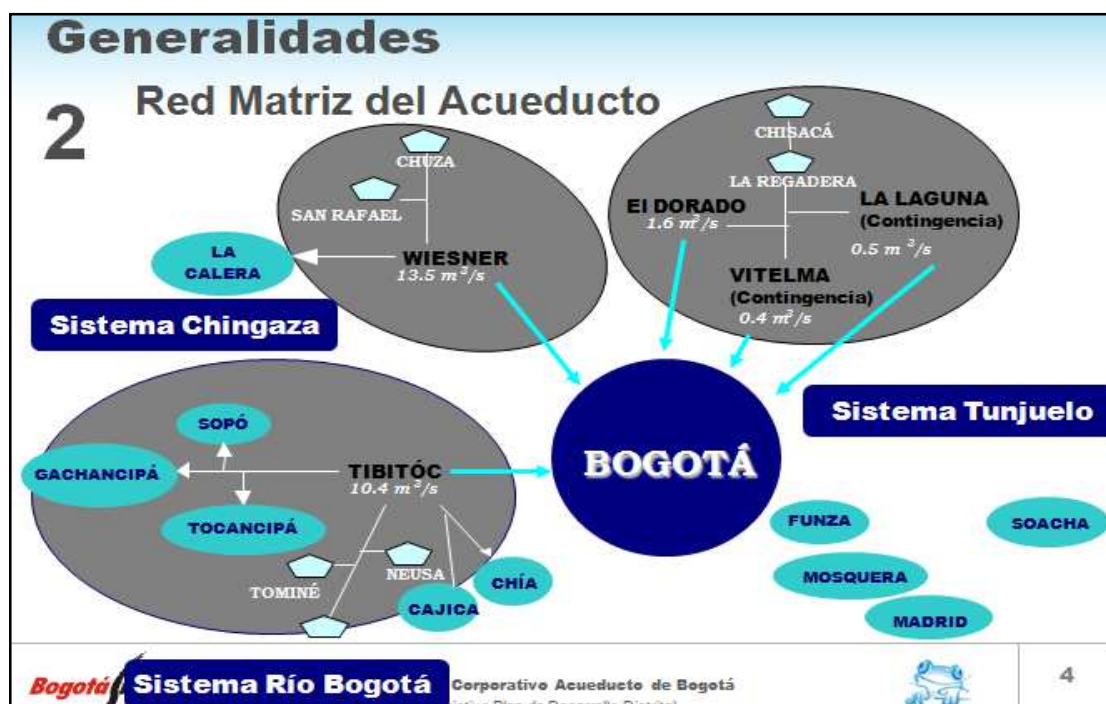


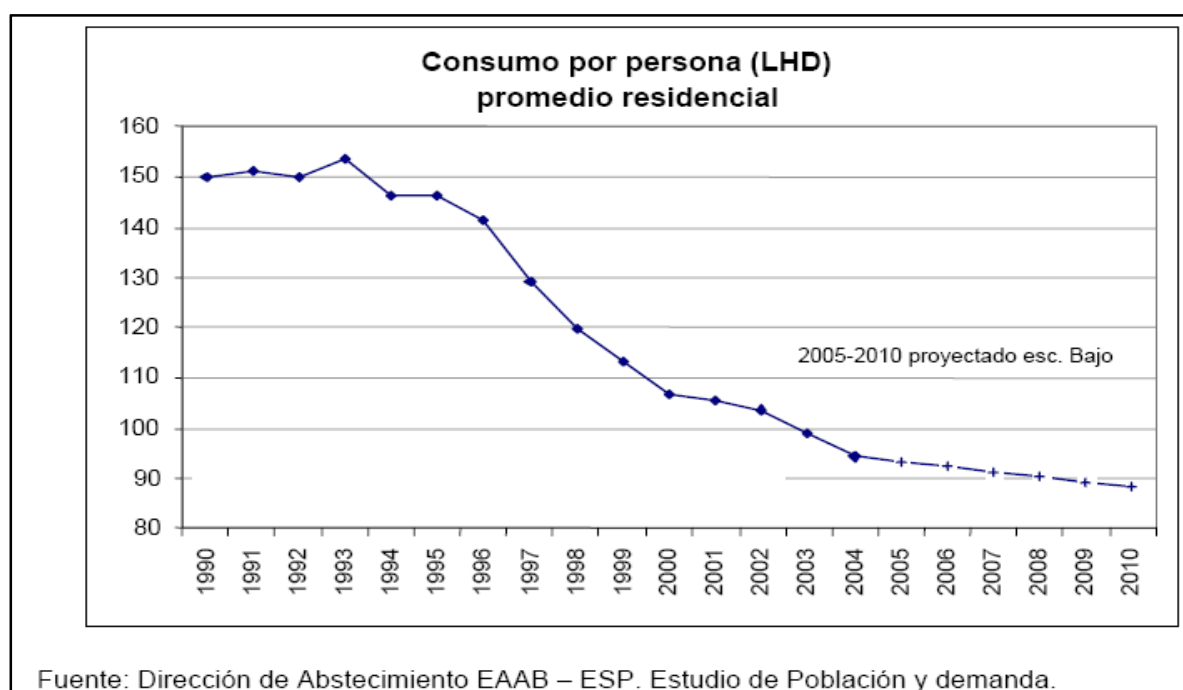
Figura 3. Esquema del sistema de abastecimiento de agua. Datos obtenidos de (EAAB, 2013)

Adicionalmente, se observa que históricamente se ha tenido que buscar nuevas fuentes hídricas de abastecimiento y se encuentran a distancias cada vez mayores del perímetro urbano de la ciudad.

Lo anterior permitirá un mejor entendimiento de lo que le implicará a futuro a la EAAB y a la ciudad, la cobertura del servicio de agua potable para una población que crece constantemente.

**2.3.2.3 Proyección del consumo.** En la misma vía del comportamiento general de la demanda ha trasegado el consumo residencial, el cual venía en el quinquenio 1990-1995 de valores de 150 litros habitante día a valores de 94 litros habitante día, en el año 2004. (EAAB, 2006). Continuando con la tendencia descendente observada, los escenarios meta se establecieron simulando un descenso por estrato a ciertos valores que se considera factibles se puedan alcanzar. Partiendo del mencionado consumo para el año 2004, se ha tomado como límite de consumo un nivel bajo de 88 l/día-hab. Se ha supuesto que este consumo se alcanzaría en el

2010, a partir de este año se mantiene constante. En este punto es necesario hacer un par de precisiones acerca del consumo. En primer lugar, no es factible pensar en que la tendencia descendente en el consumo per cápita se revierta, por lo menos de manera significativa; la razón es que este descenso implica que los hogares y sus miembros se han venido ajustando a estos menores requerimientos, creando un patrón cultural de consumo que tendería a permanecer.



**Figura 4. Proyección del consumo residencial en Bogotá.** Datos obtenidos de (EAAB, 2013)

En estas condiciones el consumo no residencial que ahora representa el 20% de la demanda total de agua de la ciudad pasará gradualmente a ser el 27% de la demanda total de la ciudad en el año 2020. Con base a las consideraciones anteriores se realizaron varios escenarios de proyección. Se presenta a continuación el escenario más representativo de la proyección de la demanda de agua total para la ciudad de Bogotá y municipios vecinos durante los próximos 50 años. Dentro de las consideraciones especiales de este escenario está el tener un Índice de Agua

No Contabilizada del 30%, que es la cifra a la cual debe ajustarse por reglamentación este indicador. (EAAB, 2006)

El sistema actualmente cuenta con una oferta hídrica disponible de 21 m<sup>3</sup>/s y una capacidad de producción del orden de 27 m<sup>3</sup>/s. Así las cosas, para después del año 2.025 se requiere ampliar el sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá, no obstante antes de ejecutar una ampliación y de acuerdo con los estudios del Plan Maestro de abastecimiento, realizados en el año 2005, se pueden construir obras de optimización en estos sistemas de abastecimiento que pueden desplazar proyectos de la envergadura que se requieren lo que significa tiempos de materialización de unos ocho años a lo menos. Sin embargo no sobra precisar que la entrada en operación de los siguientes proyectos de ampliación. (EAAB, 2006)

**Tabla 2. Secuencia de entrada de los proyectos de expansión en abastecimiento**

Orden	Ampliación	Caudal confiable adicional m <sup>3</sup> /s	Oferta caudal confiable del sistema concesionado m <sup>3</sup> /s	Año en que se copa el caudal confiable concesionado	Oferta caudal confiable del sistema de la fuente m <sup>3</sup> /s	Año en que se copa el caudal confiable de la fuente
	Sistema actual		17,84	2012	21,04	2021
1	Rebozadero de Chuza	0,10	17,94	2009	21,14	2009
2	Chuza Norte etapa 1	2,33	20,27	2019	23,47	2027
3	Chuza Norte etapa 2 y 3	1,57	21,84	2024	25,04	2033
4	Embalse La Playa	1,05	22,89	2027	26,09	2037
5	Chingaza Sureste	1,08	23,97	2030	27,17	2039
6	Embalse la Regadera II	0,70	24,67	2032	27,87	2040
7	Sumapaz Alto	7,58	32,25	Después de 2050	35,45	2043
7	Sumapaz Medio	17,82	42,49	Después de 2050	45,69	2043

*Tomado de:* (EAAB, 2006)

Basados en los estudios y fuentes consultadas, se puede evidenciar que el crecimiento poblacional, hace que la ciudad tenga que tomar medidas de contingencia e invertir cantidades elevadas de dinero en la preparación de nuevas alternativas de suministro de agua potable, no

sólo para Bogotá sino para los municipios cercanos a los que la EAAB les presta el servicio. Las cantidades demandadas de agua, pueden reducirse significativamente si se implementan alternativas en el consumo de este líquido, como los dispositivos ahorradores, el cambio en hábitos de uso y la reutilización de aguas grises.

## **2.4 Objetivos**

**2.4.1 Objetivo General.** Valorar cuantitativamente la reducción en la demanda de agua potable que actualmente se usa en la descarga de sanitarios domésticos, mediante la implementación de tecnologías o prácticas de reutilización de aguas grises con el fin de garantizar la disponibilidad del recurso en la ciudad de Bogotá.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

1. Seleccionar la población objetivo de estudio de la muestra en la ciudad de Bogotá.
2. Determinar cuantitativamente las tendencias en el uso de agua para descarga en sanitarios domésticos mediante encuestas.
3. Analizar la viabilidad de la implementación de un prototipo diseñado y construido en 2012 por estudiantes de ingeniería mecánica para la solución del problema.
4. Realizar el estudio de evaluación económica de la implementación de alternativa propuesta.
5. Realizar la socialización y divulgación de los resultados obtenidos ante comunidades académicas, científicas y empresas prestadoras del servicio de acueducto y alcantarillado.

## **2.5 Hipótesis y variables**

La reducción de la demanda de agua potable en la descarga de sanitarios es tal, que se garantizaría la disponibilidad permanente de este recurso, y disminuye la cantidad de agua residual a ser tratada con destino a la cuenca del río Bogotá.

El dispositivo que se utilizará para la realización de pruebas basado en los resultados de encuestas, es un modelo diseñado y construido por estudiantes de ingeniería mecánica, en el cual se recolecta en un recipiente debajo del piso de la ducha, el agua utilizada durante el baño, para luego ser transportada mediante una bomba al tanque del sanitario. Este modelo de dispositivo propuesto, es de fácil adaptación a los hogares promedio de la ciudad, ya que solo trabaja entre ducha y sanitario, a diferencia de otras tecnologías en otros países donde se acopian todas las aguas grises en un solo punto antes de ser llevadas al sanitario o a un sistema de riego en jardinería.

Para evaluar la tendencia en el comportamiento del uso del agua se toman como variables de estudio, la estratificación del encuestado, cantidad de personas que residen en un hogar, número de baños con que cuenta la residencia, número de baños utilizados para descargar el sanitario, número de veces que se descarga el sanitario, tiempo de duchado, usos del agua potable en la vivienda, calidad del agua, disponibilidad del servicio, valor pagado de factura, junto con el grado de conciencia del encuestado acerca de los problemas relacionados con el tema del agua. En este punto será de apoyo fundamental el manejo de herramientas de hoja de cálculo para evaluar estas tendencias.

## **2.6 Técnicas e instrumentos**

La investigación a realizar es de tipo cuantitativo. Se seleccionará la población objetivo basado en los reportes existentes a nivel de Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y Secretaría de Gobierno Distrital.

Se seleccionará el tamaño representativo de la muestra basado en las estadísticas mencionadas anteriormente. Luego se diseñará y aplicará una encuesta en la cual se incluyen tres grupos de preguntas. El primer grupo se refiere a la vivienda y hábitos de uso del agua de los habitantes, el segundo a la percepción que tiene el encuestado sobre la prestación del servicio y el último grupo sobre el grado de concientización de la problemática a la que se enfrenta la ciudad a futuro si no se cuida el recurso hídrico.

Finalmente se realizarán las pruebas en prototipo para concluir alrededor de qué cantidad se ahorraría agua en la ciudad que no sería desperdiciada donde no se requiere.

## **2.7 Impactos esperados**

**2.7.1 Aspectos científicos.** Se espera poder confrontar con estudios realizados con anterioridad, los resultados y conclusiones obtenidas. También se busca dar a conocer dichos resultados a nivel de comunidades académicas.

**2.7.2 Aspectos técnicos.** Se propondrá la implementación del prototipo construido como alternativa de solución del problema en el medio local, y se espera que sea más eficiente que otras alternativas propuestas.

**2.7.3 Aspectos ambientales.** Las medidas que en el presente estudio se propongan, se verán reflejadas en la disponibilidad del agua potable sin necesidad de racionamientos o

suspensiones en el servicio. Adicionalmente se reducirán los costos en las plantas de tratamiento de aguas residuales. La reducción en las cantidades de aguas residuales que van a parar al río Bogotá, harán que éste fluya más fácilmente sin desbordamientos.

**2.7.4 Aspectos económicos.** El modelo de solución propuesto, se verá reflejado en la reducción del pago de la factura del servicio. Esto permitiría la financiación a mediano plazo de la implementación del sistema en la vivienda.

**2.7.5 Aspecto social.** La implementación gradual de este tipo de medidas garantizará la disponibilidad del líquido sin necesidad de racionamientos o suspensiones del servicio. Mejorarán las condiciones de salubridad, especialmente en los estratos más bajos.

**2.7.6 Aspecto cultural.** Se generará conciencia ambiental por parte de los ciudadanos. Se valorará realmente la importancia del agua para el ciudadano bogotano y del resto del país.



### **3. Marco teórico y de referencia**

#### **3.1 Generalidades sobre las aguas residuales.**

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado.

En general, se consideran aguas residuales domésticas (ARD) los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan aguas residuales municipales los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal, y se llaman aguas residuales industriales las aguas residuales provenientes de las descargas de la industria manufacturera. También se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos, lavadoras, aportantes de demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros. (Rojas, 2004)

Aunque el precio del agua es un factor de gran incidencia en el consumo, la cantidad de agua de consumo doméstico no debería pasar los 200 L/diario por habitante con un promedio de 60 a 70% para baño, lavandería, cocina y aseo, y un 30 a 40% para arrastre sanitario de excrementos y orina. Sin embargo, este último porcentaje puede disminuirse con el fomento de los inodoros de volumen más pequeño más eficientes. (Rojas, 2004)

Las aguas lluvias transportan la carga poluidora de techos, calles y demás superficies por donde circula; sin embargo en ciudades modernas se recogen en alcantarillas separadas, sin conexiones conocidas de aguas residuales domésticas o industriales y, en general, se descargan directamente en el curso de agua natural más próximo sin ningún tratamiento. (Rojas, 2004)

### **3.2 Conceptos sobre reutilización de aguas grises.**

De acuerdo con Allen, Smith y Paloniappan (2010), se evidencia que al incrementarse la presión alrededor del mundo sobre las fuentes de suministro de agua potable, y al hacerse este recurso más escaso, costoso y políticamente controvertida la búsqueda de nuevas fuentes, surge la necesidad de encontrar los verdaderos usos donde realmente se requiera el agua. Dentro de estos esfuerzos se plantea la necesidad de reducir la demanda mediante su uso eficiente, junto con la utilización de aguas que anteriormente se consideraban inútiles para nuevos usos. Dentro de esos potenciales usos se encuentra lo que se conoce como “agua gris”.

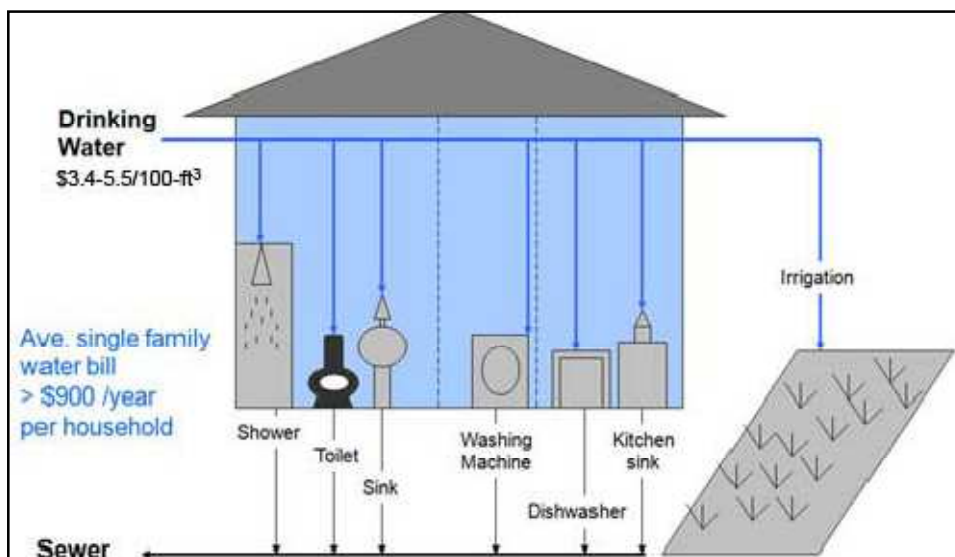
El término agua gris se define de muchas formas en diferentes partes del mundo, pero generalmente hace referencia al agua residual doméstica proveniente de usos como ducha y lavado de ropa. Este concepto difiere del de “agua negra” que se refiere al agua altamente contaminada en los sanitarios. En muchos países las corrientes de aguas grises y negras se combinan en una sola tubería con destino a las plantas de tratamiento. El agua gris es de mejor calidad para un reuso potencial debido a que tienen niveles mucho más bajos de contaminantes. Al reutilizar agua gris, tiene el potencial de reducir la demanda de nuevas fuentes de agua potable, reducir el consumo de energía y la huella de carbono en la prestación de sus servicios,

así como suplir una gran cantidad de necesidades económicas y sociales. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010)

Pero lo principal, es que la reutilización de estas aguas disminuye la demanda de un agua potable altamente costosa.

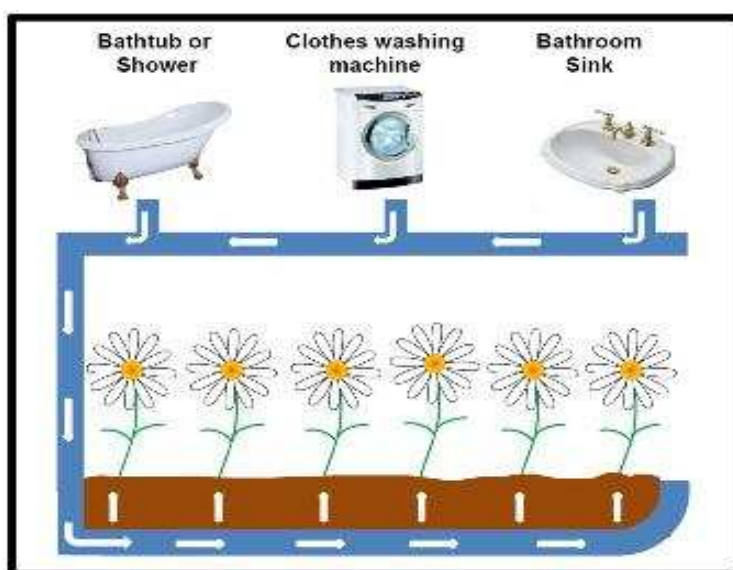
Para determinar la calidad del agua que se requiere, la reutilización de agua gris reemplaza el uso de agua potable en aplicaciones como descarga del sanitario y el riego de jardines. Por ejemplo, muchos hogares tienen un conjunto de tuberías que traen agua potable para múltiples usos. En estos sistemas, todos los dispositivos usan un solo tipo de calidad de agua que es el agua potable tratada. Una vez utilizada es desechada a través de las cañerías. (Figura 5).

En la mayoría de estos sistemas de tratamiento de agua residual, el agua una vez tratada se vierte a los océanos o a otros cuerpos de agua, perdiéndose el potencial uso de las aguas reutilizables.



**Figura 5. Distribución típica doméstica de los usos dados al agua potable en una vivienda de California.** Datos obtenidos de (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010)

De otro lado, un sistema de agua gris captura agua que es utilizada con un propósito, pero no ha tenido ningún contacto con altos niveles de contaminación (cañerías o residuos de alimentos). Por ejemplo, el agua que ha sido utilizada en la ducha, máquina lavadora o lavamanos, puede distribuirse para irrigación como se muestra en la figura . En este caso el agua potable requerida para esta irrigación, se sustituye por el agua gris de estas fuentes.



*Figura 6. Utilización de las aguas grises domésticas para uso en riego de jardines. Datos obtenidos de (Allen, L., Smith, J., Paloniappan, M., 2010)*

Cuando los sistemas son diseñados e implementados apropiadamente, pueden aparecer problemas asociados a la salud pública relacionados con la calidad del agua utilizada. Este hecho en algunos países impide que la tecnología de aguas grises pueda llevarse a cabo con el éxito y propósitos deseados.

### 3.3 Tipos de sistemas de reutilización de aguas grises

A continuación se describen los tipos de sistemas existentes de reutilización de aguas grises utilizados en diferentes partes del mundo.

**3.3.1 Sistemas de desviación.** En muchos lugares las leyes no permiten que el agua gris sea almacenada. (Por ejemplo California en EE UU, Queensland en Australia). (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). Por lo tanto existe una variedad de sistemas que inmediatamente reutilizan el agua en lugar de almacenarla o tratarla. Estos sistemas incluyen aquellos que desvían el agua gris hacia el tanque del sanitario, o para irrigación de jardines o bien para el tratamiento de suelos húmedos. Incluyen algún tipo de filtración para retener pelos, pelusa, escombros, grasas, etc. En algunos casos de descarga en el sanitario van acompañados de algún tipo de desinfección para eliminar bacterias.

El precio de estos últimos oscila entre los USD 100 y 500, en Japón, Australia, Europa y Norte América. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). Son sistemas de bajo costo y no requieren una gran área para su instalación.



**Figura 7. Sanitario con lavamanos incorporado en el tanque. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010)**

Otra aplicación donde se utilizan estas aguas por este método de desviación es mediante la creación de tierras húmedas que sirven como elementos filtrantes. Allí, se dirigen las aguas grises de la ducha, lavadora y lavamanos y son tratadas biológicamente antes de desviarse hacia un cuerpo hídrico. Figura 8.



**Figura 8. Tratamiento de aguas grises mediante suelo húmedos en Alemania. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010)**

**3.3.2 Sistemas de tratamientos fisicoquímicos.** Los sistemas de aguas grises que implican almacenar dicha agua, deben tratar el agua gris para reducir las bacterias y otros microorganismos que se multiplican en el agua estancada. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). Los sistemas fisicoquímicos utilizan en primera instancia la desinfección y filtración para remover contaminantes, mientras que el tratamiento biológico utiliza aireación y biorreactores de membrana. En la tabla se muestran los diferentes tipos de tecnología utilizadas con sus ventajas y desventajas.

**Tabla 3. Tecnologías con tratamiento fisicoquímico de aguas grises.**

Técnica de tratamiento	Descripción	Ventajas	Desventajas
------------------------	-------------	----------	-------------

Desinfección	Cloro, ozono, luz UV puede ser utilizada para la desinfección	Altamente efectivo para matar las bacterias	El cloro y el ozono pueden generar otro tipo de compuestos tóxicos
Filtro de carbón activado	Estos filtros pueden absorber olores y colores de muchas sustancias.	Puede filtrar una gran variedad de compuestos inorgánicos como el cloro.	No tiene efectividad para compuestos como el sodio y nitratos. Corta vida útil.
Filtro de arena	Los bancos de arena son superficies ásperas que retienen o absorben los contaminantes cuando fluyen las aguas grises	Bajo costo de operación y mantenimiento.	Reduce pero no elimina agentes patógenos. Sujeto a atascamientos e inundaciones.

Datos obtenidos de (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010)

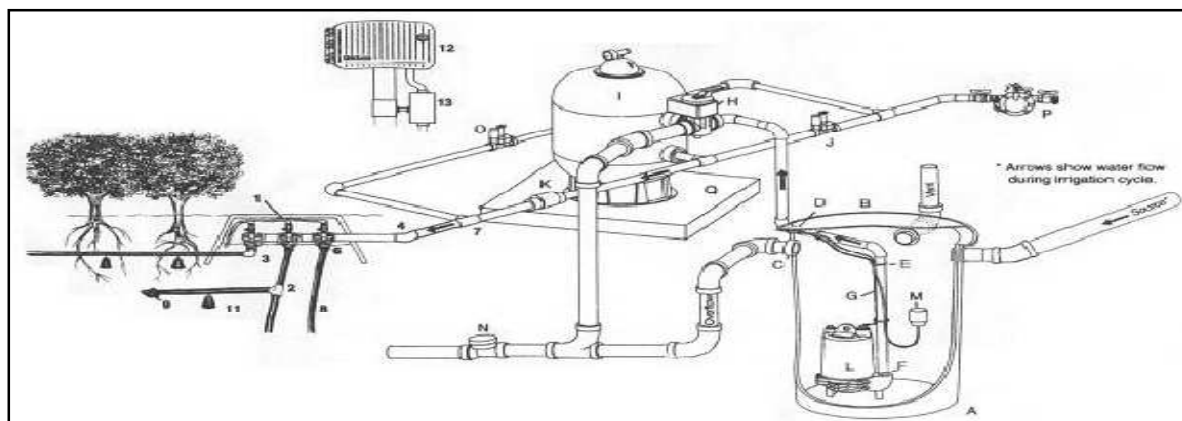
**Tabla 3** (Continua)

Técnica de tratamiento	Descripción	Ventajas	Desventajas
Tratamiento aeróbico biológico	El aire se introduce en el agua en forma de burbujas para que sea disuelto por las bacterias presentes y a su vez estas digieran la carga de contaminantes.	Permite obtener diferentes calidades para el agua gris, además de permitir su almacenamiento por un tiempo mayor.	Altos costos. Operación compleja, no se remueven todos los agentes patógenos.
Bioreactor de membrana	Combina el tratamiento biológico y la filtración junto con el consumo de contaminantes orgánicos.	Alta efectividad si es instalado y operado adecuadamente. Permite obtener diferentes calidades de agua gris. El agua gris se puede almacenar por tiempos mayores.	Altos costos de inversión y operación. Operación compleja.

Nota. Datos obtenidos de (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010)

Los tratamientos fisicoquímicos de aguas grises usualmente incluyen tanques, filtros y bombas, como se muestra en la Figura 9. Se puede apreciar que ese sistema cuenta con tanque de sobrecarga, tanque de filtración de arena, y tuberías de irrigación a la salida del sistema. Muchos de estos sistemas también incorporan filtros de carbón activado, o filtros de arcilla y mecanismos de desinfección como cloración, purificación con radiación UV.

El costo de estos sistemas puede estar alrededor de los USD 1000 y 5000 para una vivienda de una familia y requiere de espacio para la instalación de todos los componentes. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010).



**Figura 9. Sistema de tratamiento fisicoquímico de aguas grises residencial.** Datos obtenidos de (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010)

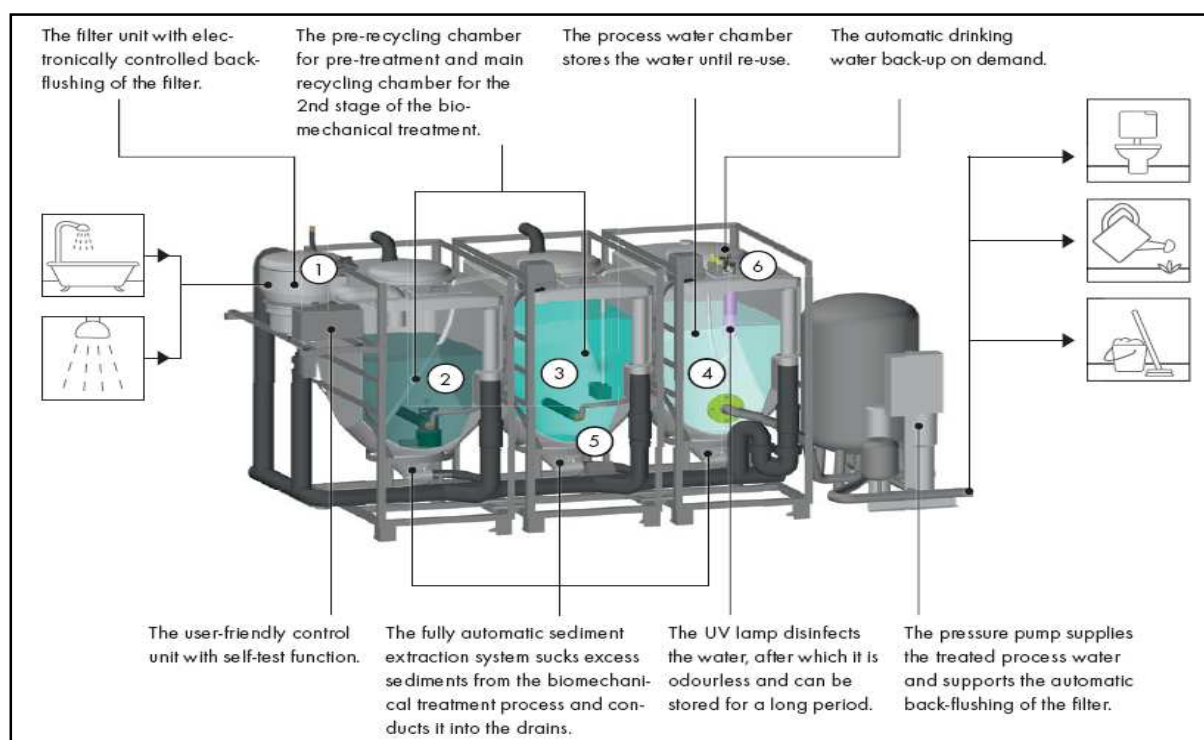
**3.3.3 Sistemas de tratamiento biológico de aguas grises (Figura 10).** Algunos sistemas de aguas grises utilizan tratamiento aeróbico biológico. Estos sistemas pueden ser elevados o subterráneos, dependiendo de la cantidad de agua gris producida. Por ejemplo, la compañía australiana Nubian Oasis, ha desarrollado un tratamiento modular que puede tratar de 1.000 a 50.000 litros por día. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). La tecnología de tratamiento incluye filtros de membrana para remover los contaminantes, bacterias y virus con el tratamiento aero biológico. Este incluye la aireación para disolver el oxígeno y activar las bacterias presentes en el agua y así poder disolver digerir los contaminantes. Algunos tratamientos aeróbicos incluyen láminas de plástico corrugadas para facilitar el crecimiento de las bacterias. Otros sistemas incluyen discos que rotan entrando y saliendo del agua.

Tratamientos biológicos también incluyen bioreactores de membrana (MBR), los cuales han sido bastante utilizados en el tratamiento de aguas grises desde la década del 1990. El atravesamiento de la MBR se dio al inicio de los 90's cuando la separación de la membrana se hizo directamente inmersa en el biorreactor. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). Hasta entonces, la MBR requería de una gran presión (y por lo tanto de energía) para mantener la filtración. La membrana sumergida depende de una burbuja de aireación para mezclar el efluente



y limitar el atascamiento de los poros de la membrana. La demanda requerida del sistema sumergido puede ser de hasta dos veces más baja la magnitud de los bioreactores anteriores. La aireación se considera como uno de los principales parámetros en el desempeño tanto hidráulico como biológico. Los costos de operación obtenidos con membrana sumergida junto el decrecimiento estable en el costo de ésta, animan al crecimiento exponencial en el número de plantas de tratamiento desde la década del 90.

Las membranas típicamente consisten de fibras huecas y láminas planas. Por ejemplo la tecnología Copa MRB es un tratamiento biológico que incorpora membranas de placa plana Kubota. Los paneles de membrana tienen un tamaño de poro de 0,1 a 0,4 micrones, por lo tanto filtran partículas y esporas como la giarda y la cryptosporidia, bacterias, inclusive virus.



*Figura 10. Sistema de tratamiento biológico de aguas grises. Datos obtenidos de (Allen, L., Smith, J., Paloniappan, M., 2010)*

Frecuentemente, hay pocas tecnologías de tratamiento uniforme o estándares de calidad para las aguas grises. En muchos casos, las tecnologías de tratamiento provistas por diferentes compañías no son claras. Muchos usuarios de aguas grises necesitan mejor información acerca de las claves de los componentes químicos del agua tratada, como turbidez, conductividad, pH, niveles de materia orgánica, entre otras. Por ejemplo la salinidad de un agua gris tratada puede ser extremadamente importante en algunos casos (por ejemplo si esa agua va a ser utilizada en cultivos). (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). Es crítico que información comprensible sea suministrada a los usuarios acerca de las opciones de tratamiento, y la calidad del agua a descargar.

### **3.4 Panorama mundial de las políticas, regulaciones y leyes sobre aguas grises**

Internacionalmente, hay diversidad de aproximaciones y severidad en cuanto a regulaciones sobre aguas grises, desde la parte legal con pocas restricciones hasta su prohibición en todas circunstancias. En otros casos, no hay políticas claras sobre el uso de estas aguas y su uso puede estar regulado indirectamente a través de códigos de construcción, plomería, o salud escritos sin tomarlas en consideración. Por ejemplo, un país puede tener regulaciones sobre aguas residuales que no distingue entre agua negra o gris, como es el caso de Omán, Jordania. O puede tener un código de fontanería que prohíbe la descarga de agua potable a través de grifos o salidas de tubería, como sucede en el caso del Código Nacional Canadiense de Fontanería. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). En la mayoría de países del oriente medio, es prohibido el reuso del agua gris.

Sin embargo, el uso de las aguas grises va en aumento, aún en regiones con leyes que restringen su uso y aquellos que no tienen políticas explícitas en torno a las aguas grises.

También es reconocida la reutilización de aguas residuales para agricultura principalmente en países de mediano y bajo ingreso. La Organización Mundial de la Salud ha establecido parámetros para el uso seguro de estas aguas incluyendo la reutilización de aguas grises. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). Israel espera aprobar una ley que legalizaría la reutilización de aguas grises, provenientes de duchas, lavamanos y máquinas lavadoras para la irrigación de jardines, lavado de pisos y descarga de sanitarios.

Australia es considerada frecuentemente como el líder con respecto a las políticas sobre aguas grises, aunque regulaciones específicas varían de estado a estado. Por ejemplo en New South Wales, agua gris sin tratar se puede utilizar en la irrigación superficial de jardines y zonas verdes, mientras que en Tasmania toda el agua que se vaya a reutilizar debe ser tratada. A nivel nacional, Australia ha desarrollado la guía para reutilización de aguas grises, el *Australian guidelines for water recycling: Managing Health and Environmental Risks*". (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010). Con la implementación de este código se busca dar incentivos como un reembolso de AUD 500 por la instalación de sistemas de aguas grises.

Muchos otros países han incentivado programas para instalación de sistemas de aguas grises, como Corea del Sur y Chipre. En Tokyo, Japón, no solamente son incentivos sino obligatorios para edificaciones con áreas por encima de los 30.000 metros cuadrados, o con reuso potencial de 100 metros cúbicos diarios. Muchas municipalidades en España, incluyendo San Cugat del Valles cerca de Barcelona y otras municipalidades de Cataluña, han aprobado regulaciones para promover la reutilización de aguas grises en edificaciones de patrimonio histórico. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010).

La Directiva del Concilio Europeo 91/271/ EEC establece que "las aguas residuales tratadas deben usarse siempre que sea apropiado" (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010), sin

embargo cómo se determina si este término apropiado es ambiguo. Las normas sobre aguas grises se encuentran actualmente en desarrollo a través de los comités europeos e internacionales de estandarización. Alemania ha sido líder en Europa en el uso de aguas grises. Los sistemas de reutilización de aguas grises son legales en Alemania, pero deben estar registrados con la oficina de salud.

El Reino Unido ha conducido investigaciones en la reutilización de aguas grises, particularmente en la descarga del sanitario, notando un número de problemas asociados al mantenimiento, confiabilidad y costos de los sistemas complejos, por lo que estos sistemas no tienen un uso muy extendido. Sin embargo, es legal su implementación dando cumplimiento al código de prácticas de aguas grises. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010).

Suecia y Noruega también han desarrollado investigación en aguas grises y los han implementado en algunos dormitorios y habitaciones estudiantiles. Muchas de estas investigaciones se han enfocado hacia el saneamiento ecológico, incluyendo la separación de orina. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010).

Con respecto a la política de aguas grises en Norte América, un reporte de la Asociación Canadiense del Agua concluyó: “las regulaciones que prohibían la recolección de aguas lluvias y la reutilización de aguas grises como substitutas del agua potable, están cambiando”. Sin embargo, hay una renuencia marcada en muchas jurisdicciones de Norte América a considerar esas opciones. (Allen, L.,Smith, J., Paloniappan, M., 2010).

Los Estados Unidos, no tienen una política nacional sobre aguas grises, dejando esta regulación a cada uno de los estados. Cerca de 30 estados tienen regulaciones de alguna clase referentes al uso de aguas grises. Estas regulaciones varían ampliamente. Carolina del Norte tiene una regulación severa que permite únicamente la reutilización del agua gris si esta es

tratada con los mismos estándares exigidos para las aguas cloacales. En el estado de Arizona hay una política más flexible que en muchos estados, lo que hace verle como el líder en términos de promoción de reutilización de estas aguas. (Allen, L., Smith, J., Paloniappan, M., 2010).

### **3.5 Experiencias en América Latina**

Como se ha observado, la reutilización de aguas grises es un tema que lleva un recorrido importante a nivel de países industrializados, pero que si se pretende implementar los sistemas descritos anteriormente en Colombia, presentará inconvenientes como la adaptabilidad a los tipos de construcción con que cuentan los hogares en el país, junto con los costos que estos sistemas acarrearán tanto en el diseño como en la instalación.

Por ejemplo, valdría la pena analizar si un ciudadano colombiano promedio residente en Bogotá en un apartamento de estrato 2 ó 3 estaría dispuesto a dejar hacer los arreglos necesarios en su vivienda para instalar un equipo que incluya sistemas de filtrado, tratamiento fisicoquímico y biológico, que requiera de una gran área para su instalación. Seguramente la respuesta va a ser no.

Por lo anterior, se han consultado experiencias a nivel regional, las cuales han llevado cabo en circunstancias muy similares a las de Colombia.

**3.5.1 Guatemala.** Se resalta esta referencia tomada de un proyecto de grado para Ingeniería Civil en Guatemala realizado por Patricia J. Kestler, titulada “Uso, reuso y reciclaje de agua en una vivienda”. Se transcriben apartes relevantes para el presente anteproyecto. En el documento consultado la autora hace la siguiente descripción de la necesidad y la alternativa propuesta. (Kestler, 2004)

**Método de reuso de agua en una vivienda.** Es un método muy sencillo, pero requiere de previsión al momento de diseñar, rehabilitar o modificar una vivienda. Una persona consume entre 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> cada año de agua potable en el tanque del inodoro. Hay muchas maneras de reutilizar una parte del agua del abastecimiento, y una de las viables es simplemente reutilizar el agua de la ducha y lavamanos para emplearla en el tanque del inodoro. El tanque utiliza, comúnmente, agua potable (ver Figura 11), regularmente consume de 6 a 8 litros (depende del tipo de taza sanitaria utilizada). Reutilizando el agua de la ducha y lavamanos para su empleo en el tanque se pueden ahorrar aproximadamente 500 litros a la semana, ya que más de un tercio del agua que se utiliza es para el inodoro.

Consumo de agua en litros por persona y día en América Latina, zona urbana.

En la Figura 11 se presenta el porcentaje de utilización del agua en las necesidades de los habitantes latinoamericanos.

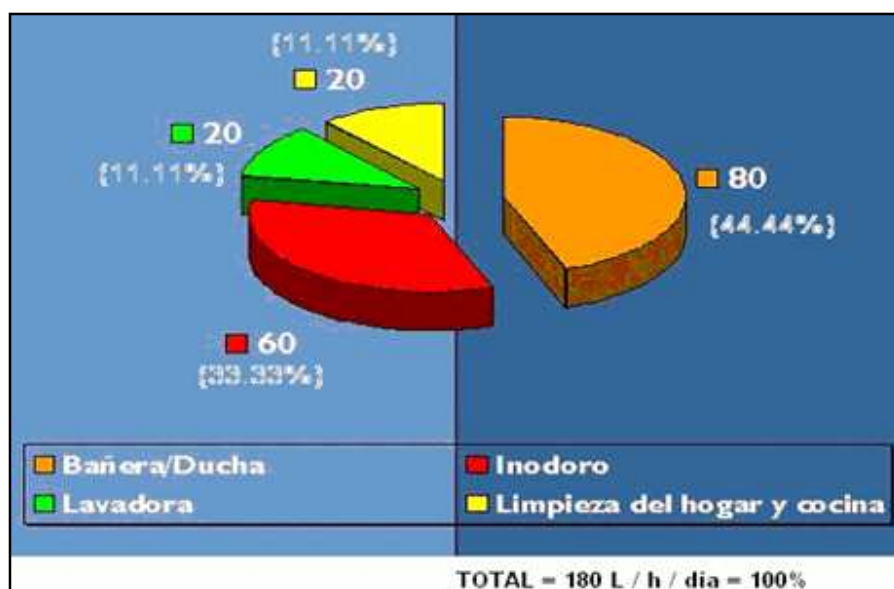


Figura 11. Consumo de agua en litros en Latino América. Datos obtenidos de (Kestler, 2004)

El agua de las duchas, bañeras y lavamanos se puede reutilizar para el tanque del inodoro,

donde las aguas grises son almacenadas en un depósito acumulador y por medio de tubería de PVC el agua es conducida para la alimentación del tanque del inodoro. En la reutilización de aguas grises se necesita una mayor seguridad en su manipulación, por lo que se recomienda la depuración físico – química de las aguas procedentes de duchas, lavamanos y bañeras, donde por medio de una malla fina sirva como tamiz para no permitir el ingreso de sólidos y con la aplicación de cloro se desinfecte el agua del depósito ya que se encuentra contaminada.

Hay muchas formas de instalar un sistema de reutilización de agua, la viable energéticamente es aquella que permite prescindir de bombas aprovechando la misma presión del agua, para esto el depósito acumulador y el tanque del inodoro han de estar ubicados a diferentes niveles, o bien se puede aprovechar el agua de un piso superior. En el caso en que no se tenga esta diferencia de altura, o sea una vivienda de un solo nivel, es necesario utilizar una bomba la cual permitiría subir el agua del depósito al segundo nivel o distribuirla en todo el nivel inferior. Por lo tanto es imprescindible un depósito de almacenaje intermedio, un filtro sencillo (para pelos y otros posibles restos) y un sistema que permita al tanque tomar agua limpia en caso de necesidad. Esto último se puede conseguir disponiendo una entrada de agua regulada con una llave de paso en el tanque del inodoro o bien mediante una simple llave regulada con flotador en el interior del depósito acumulador.

La recogida o almacenaje de las aguas procedentes de duchas, bañeras y lavadoras para su reutilización en los tanques de los inodoros, consigue un ahorro aproximado entre el 35 y el 45% del consumo normal (es necesario tener en cuenta la estructura de la unidad familiar, es decir, la cantidad de personas que forman la familia).

El agua consumida por duchas, bañeras y lavadoras es canalizada hasta el depósito de aguas grises, situado en el lugar más idóneo de la casa, como se puede ver en la propuesta del

diseño del depósito acumulador este lugar sería una bodega o por falta de espacio podría ir enterrado en el jardín. Cuando se acciona el dispositivo de descarga de los tanques de los inodoros y se descarga ésta, la bomba que lleva incorporada el depósito acumulador impulsa las aguas grises para volver a cargar los tanques de los inodoros.

La mejor forma de poder adaptar estos sistemas es en viviendas en construcción ya que ello permite prever las necesidades de preinstalación. En viviendas construidas, es necesario considerar las características específicas de dichas viviendas para poder aconsejar la instalación de los sistemas de reutilización de aguas grises.

Las posibles incompatibilidades con instalaciones antiguas se basan en la posibilidad de poder instalar la doble canalización para las aguas grises. En este sentido se aconseja la evaluación de la instalación como cualquier otro tipo de instalación de fontanería. En caso de una reforma es necesario plantearse las posibilidades que ofrece nuestra vivienda para instalar los sistemas de reutilización de aguas grises.

**3.5.2 México.** Una de las experiencias investigativas más llamativas y que guardan bastante similitud con el presente proyecto, corresponde a un diseño doméstico realizado en México por estudiantes del Instituto Politécnico Nacional, quienes desarrollaron un sistema para reciclar las aguas grises que se generan en las unidades habitacionales de la ciudad y que permitirá obtener líquido para uso terciario: riego de plantas, lavado de autos o para escusados (Journalimex., 2010)

La ingeniera Alma Gisela Ramírez Acán, de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), señaló que el desarrollo es de bajo costo y se denomina Sistema Semiautomático de Tratamiento de Aguas Grises para Unidades Habitacionales. “Es una alternativa para reutilizar el recurso hídrico en hogares”, agregó. (Journalimex., 2010).



Además de Ramírez Acán, intervinieron en la tecnología Luis Felipe Izquierdo Reséndiz y Oswaldo Bustamante Centeno. Ramírez Acán explicó que se trata de un proceso mediante el cual el agua que se usa para lavar trastes, ropa y en el aseo personal se concentra en un contenedor y, mediante procesos químicos combinados con la filtración, se obtiene agua para reciclarla.

La ingeniera señala que para aplicar la tecnología sólo se requiere un contenedor para captar el agua de desecho. “Se almacena no más de un día y se agrega una mezcla de químicos específicos por espacio de una hora; posteriormente, se filtra el líquido y se vacía en otro contenedor, que cuenta con un recubrimiento que impide la formación de hongos y está conectado a los servicios de uso terciario”, detalló. (Journalimex., 2010)

Señaló que los lodos y la parte sedimentada que se obtiene en el proceso de purificación del agua se almacenan en un tercer contenedor y pueden ser utilizados como fertilizantes para plantas.

El sistema requiere de un coagulante para ionizar las partículas suspendidas en el agua y aumentar su tamaño, a efecto de hacer más sencillo el proceso de sedimentación. Después se utiliza un floculante (sustancia química que aglutina sólidos en suspensión), con el objeto de provocar la precipitación de los lodos.

El sistema es semiautomático, porque es necesario darle mantenimiento cada dos años o antes si se requiere. “El mantenimiento consiste en cambiar filtros y lavar los contenedores, además de aplicar el recubrimiento anti hongos para garantizar el óptimo funcionamiento”, agregó.

Desperdicio. Por su parte, Oswaldo Bustamante Zenteno resaltó que en México más del 32 por ciento del agua se desperdicia sólo en el uso del inodoro, por lo que al reciclar el líquido y

utilizarlo para ese fin habría un ahorro considerable.

Los jóvenes diseñadores detallaron que el siguiente paso será buscar financiamiento con alguna institución gubernamental para hacer extensivos sus beneficios a la población del Distrito Federal.

**3.5.3 Ecuador.** En este país el profesor Torsten Lingner quien es un experto en el tema del saneamiento y un amplio conocedor de las tecnologías de aguas grises, desarrollo el proyecto “Reciclaje de aguas grises en el santuario de Santa María en Manglaralto”.

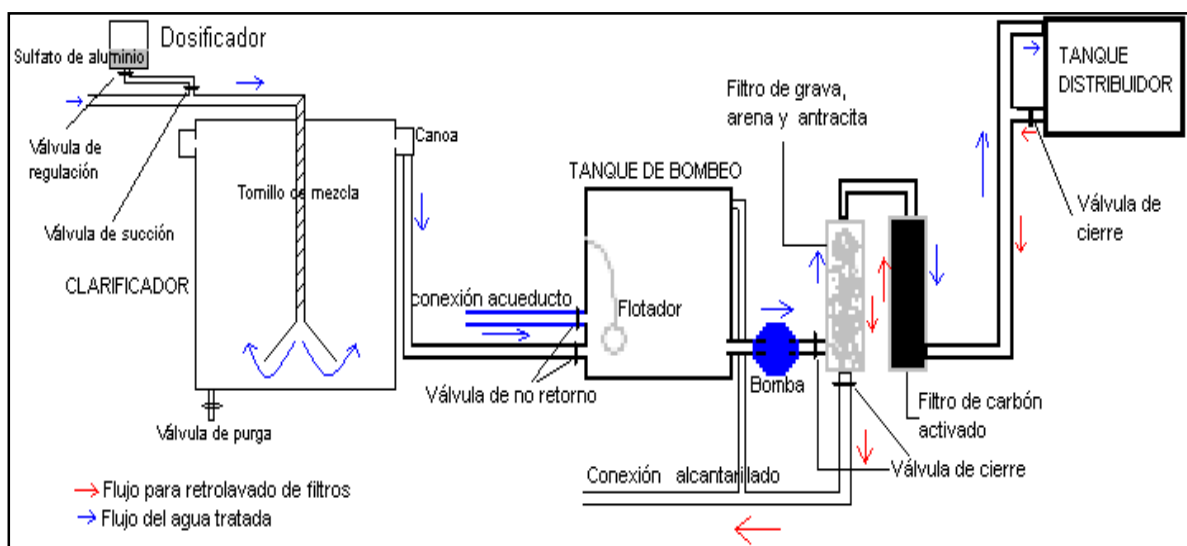
En este proyecto se instaló un sistema combinado de sedimentación y del tratamiento biológico natural en forma de un bancal. Por razones de contar con suficiente espacio disponible, poco personal calificada de mantenimiento, escasos recursos económicos y un clima favorable. Para recuperar los 35 l/d\*Persona de desagües de las duchas de 400 niñas y niños, hospedada en el sitio, suman 14m<sup>3</sup> en total. Se calculó para la filtración biológica 50 l/m<sup>2</sup>\*d, así que el área requerido es de 280m<sup>2</sup>. Se construyeron 4 sedimentadores con un volumen total de 6,5m<sup>3</sup> y el bancal 3,5 m de ancho y 80 m de largo. (Lingner, 2008), como resultados se obtuvieron:

- Recuperación de aguas grises en un total de 14m<sup>3</sup>/d, apto para el uso de la cisterna de los inodoros y el regadío de 2.000 plantas cítricos.
- Ahorro diario de USD 16,00 (1 tanquero de 10m<sup>3</sup> cuesta USD 20,00 /1m<sup>3</sup>= USD 2,00) para lo que antes se consumió en el uso del baño (400 Personas x 20 ltr. = 8m<sup>3</sup>/d), y implica una ganancia anual de USD 5.840,00.
- Creación de un área verde con cultivos cítricos.

### 3.6 Experiencias investigativas en Colombia

**3.6.1 Departamento del Quindío.** En un estudio realizado por Francisco Jaime Mejía en 2004, se planteó un diseño de un sistema de reutilización de aguas grises en viviendas para el departamento del Quindío, del cual se resaltan como relevantes los siguientes aspectos.

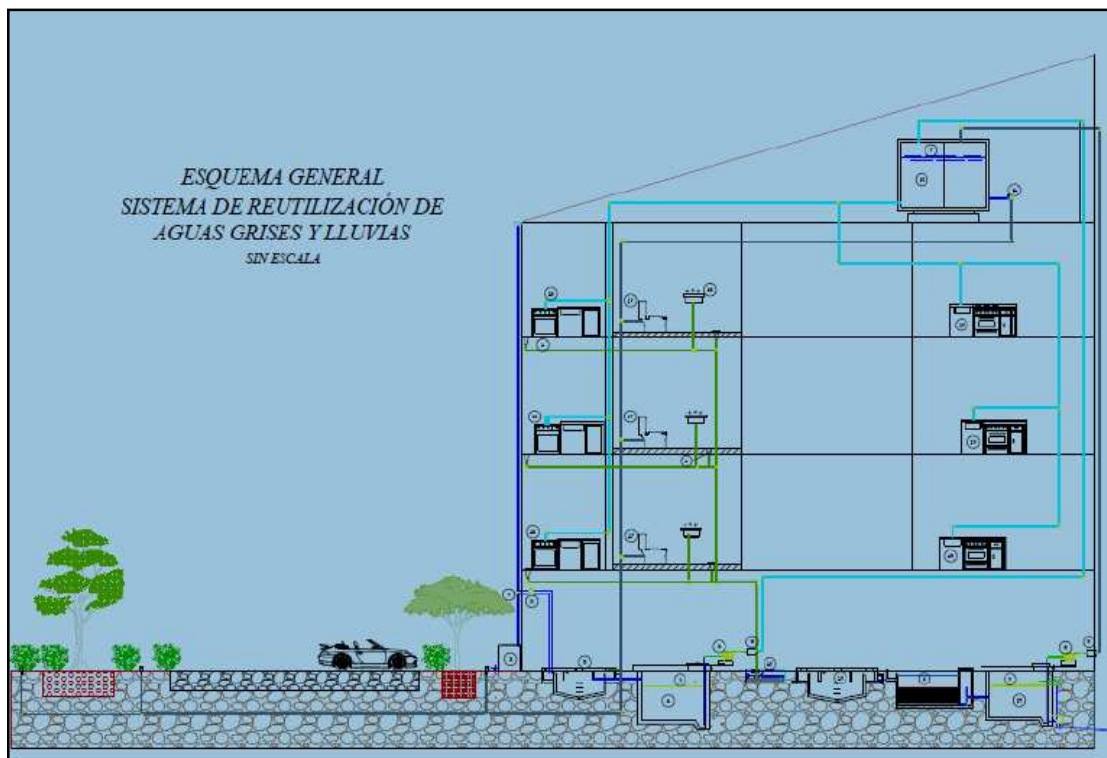
El sistema de reutilización de aguas domésticas recibe las aguas grises de la ducha, el lavamanos, el lavadero de ropa y la lavadora. El tratamiento del agua comienza con la separación de la red interna del alcantarillado. El efluente de aquellos usos donde se produce agua jabonosa se lleva al sistema de reutilización, mientras los demás usos continúan conectados al alcantarillado público. El agua recolectada se entrega al tanque clarificador, donde ocurren los procesos de coagulación y sedimentación, a este tanque se tiene adaptado un dispositivo para entregar la dosis óptima de sulfato de aluminio necesario para el proceso, el agua pasa de allí a dos filtros: el primero de grava, arena y antracita y el segundo de carbón activado. El efluente se bombea al tanque distribuidor que se encarga de abastecer a la cisterna del inodoro, el lavadero, la lavadora, el riego de jardines y el lavado de carros. A continuación se muestran los esquemas de laboratorio y de servicio en un edificio. (Mejía, 2004)



**Figura 12. Modelo propuesto sistema reutilizador de aguas en vivienda propuesto en el departamento del Quindío. Datos obtenidos de (Mejía, 2004)**

**3.6.2 Departamento de Santander.** Los estudiantes de la especialización en Ingeniería Ambiental Jackson López R. y Nayibe Vergara B, de la Universidad Industrial de Santander, desarrollaron una propuesta para un sistema combinado reutilizador de aguas grises y aguas lluvias en una unidad habitacional. Este proyecto pretende reutilizar las aguas grises y lluvias en actividades como la descarga de sanitarios, junto con el riego de jardines.

El estudio hace referencia a variables desde el punto de vista de ingeniería que deben considerarse para su construcción e implementación. (Caudales, tuberías, rugosidades, demandas, etc.). La propuesta de su diseño se muestra en la Figura 13. (López, J. Vergara, N. , 2011)



*Figura 13. Modelo propuesto sistema de reutilización aguas grises y lluvias en edificio en el departamento de Santander. Datos obtenidos de (López, J. Vergara, N. , 2011)*

**3.6.3 Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.** Los estudiantes del programa de

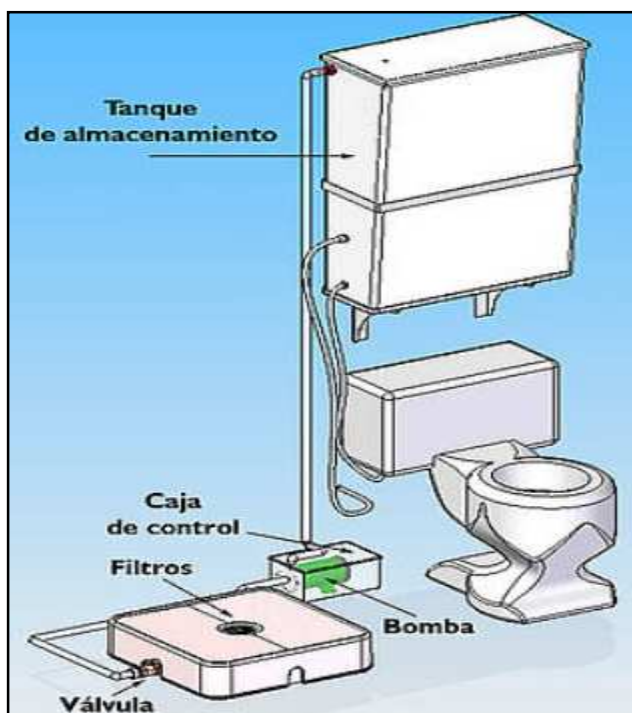
Ingeniería Mecatrónica Eduardo Alarcón, Camila Beltrán y David Tumbajoy, bajo la dirección de los ingenieros Nelson Arzola, John Jairo Oviedo y Edwin Cárdenas, diseñaron y construyeron un prototipo reciclador de aguas grises como se muestra en la Figura 14. (UN Periodico , 2013)

Funcionamiento. El agua proveniente de la ducha o de otro recipiente utilizado para bañarse cae a una plataforma, pasa por un filtrado de sólidos y, cuando alcanza el nivel suficiente, una bomba la impulsa y la conduce hasta el tanque de almacenamiento, donde queda disponible para cualquier descarga.

La bomba no siempre está activa, depende de qué tan rápido se llene la plataforma según el caudal de la ducha del usuario. Esto hace que haya consumo eficiente de energía eléctrica. Si el tanque se encuentra a bajo nivel, éste se llenará con agua potable proveniente del Acueducto, de forma que siempre habrá recurso para el sanitario. (UN Periodico , 2013)



*Figura 14. Modelo propuesto por estudiantes de la UN en uso.*  
Datos obtenidos de (UN Periodico , 2013)



**Figura 15. Componentes del sistema propuesto en la UN.** Datos obtenidos de (UN Periodico , 2013)

Como ventajas sus creadores resaltan los siguientes

Para corroborar las ventajas de su diseño, los estudiantes midieron el caudal del agua que sale de una ducha en tres hogares diferentes. Sus resultados arrojaron un consumo de 6 litros por minuto, es decir que en un baño corporal de 5 minutos se consumen 30 litros, lo que significa que alcanzaría para 6 descargas del inodoro de 5 litros y 10 descargas para el inodoro de 3 litros. Así, se reciclarían 30 litros del líquido al día. (UN Periodico , 2013).

La máquina está compuesta por cuatro sistemas. El primero es un recolector de agua proveniente de la ducha, integrado por una plataforma de recolección removible y un filtro para sólidos (cabellos, anillos, pedazos de jabón). El segundo es una bomba de bajo consumo eléctrico que impulsa el líquido desde la plataforma hacia el tanque de recolección, que se convierte en el tercer sistema.

El consumo eléctrico medido en este diseño es de 20 vatios, evidenciando un incremento aproximado de 500 pesos mensuales en un hogar de cuatro personas en estrato 3. Este porcentaje

resultaría mínimo frente a un ahorro de 28,000 pesos representado en el recibo del Acueducto, es decir, bimensual.

El tanque que almacena el agua recolectada de la ducha tiene capacidad para almacenar 120 litros de agua, que además de estar disponibles para el momento de la descarga, son regulados por otro sistema que se encarga de que salga únicamente el líquido requerido.

Finalmente, la máquina cuenta con un control que permite el funcionamiento autónomo del equipo, conformado por sensores mecánicos y eléctricos. Por ejemplo, en la plataforma un sensor detecta el nivel mínimo de agua bajo el cual la bomba puede empezar a funcionar sin riesgo de que se quemé.

En el tanque de almacenamiento se construyeron dos entradas y una salida. La entrada superior permite el ingreso del agua reutilizada y está controlada por un sensor electromecánico que apaga la bomba en caso de que el tanque esté completamente lleno.

La segunda entrada permite el ingreso del agua potable (en una mínima proporción frente a la que se reutiliza y recolecta), como medida de seguridad en caso de que el tanque no contenga agua proveniente de la ducha, garantizando siempre el funcionamiento del inodoro. El nivel potable que ingresa al tanque es controlado mediante una válvula con flotador. La salida se ubica en la parte inferior del tanque y por efecto de gravedad alimenta el inodoro.

### **3.7 Marco legal colombiano (UPME, 2013)**

La legislación para el uso y protección del recurso hídrico es la siguiente:

### **3.7.1 Legislación colombiana general sobre el recurso hídrico**

- Decreto Ley 2811 de 1974: También denominado “Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”.
- Decreto 1449 de 1977: Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del Numeral 5 del Artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974. Establece lo relativo a la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas otorgando obligaciones a los propietarios de predios.
- Decreto 1541 de 1978: Ordena el recurso agua con el fin de evitar al máximo su deterioro y evitar conflictos sociales por la presión creciente sobre este recurso y sus cauces.
- Ley 9 de 1979.(Ministerio de Salud): El Código Sanitario Nacional establece normas sobre el saneamiento en edificaciones, mataderos, establecimientos educativos y a las condiciones en que deben ser utilizados los recursos para no producir efectos sanitarios negativos.
- Decreto 2858 de 1981. Por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 56 del Decreto 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978.
- Decreto 1594 de 1984: Establece los criterios de calidad del agua para consumo humano, uso agrícola e industrial entre otros.
- Ley 99 de 1993. Sistema Nacional Ambiental.
- Ley 373 de 1997: Con el objeto de proteger el recurso hídrico y garantizar su uso racional, impone obligaciones a quienes administran el recurso y a quienes lo usan.
- Decreto 901 de 1997: Reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.



- Decreto 883 de 1997: Prevención y control de factores de deterioro ambiental.
- Ley 373 de 1997: Uso eficiente y ahorro del agua.
- Resolución 2115 de 2007 del Ministerio De Salud: Establece normas técnicas de calidad del agua potable.
- Decreto 302 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico: Señala requerimientos específicos sobre los sistemas de redes de alcantarillado, señala cuándo se debe contar con redes separadas de aguas lluvias y aguas servidas.
- Decreto 3100 de 2003: Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
- Resolución 0240 de 2004 del MAVDT: Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.
- Resolución 372 de 1998 del MAVDT: Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3440 de 2004 del MAVDT: Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 que reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se adoptan otras disposiciones. (Normatividad ambiental sobre el recurso hídrico, 2013)

**3.7.2 Ley 373 de 1997.** Dentro de la ley 373 del uso eficiente y ahorro de agua se destacan los siguientes artículos, que están directamente relacionados con el tema del presente proyecto de investigación. (Ley 373 , 1997)

**Artículo 2o. Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua.** El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de

reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa.

**Artículo 4o. Reducción de pérdidas.** Dentro del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico fijará metas anuales, para reducir las pérdidas en cada sistema de acueducto. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales competentes fijarán las metas del uso eficiente y ahorro del agua para los demás usuarios en su área de jurisdicción. Las metas serán definidas teniendo en cuenta el balance hídrico de las unidades hidrográficas y las inversiones necesarias para alcanzarlas.

**Parágrafo.** La presentación del programa y el cumplimiento de las metas para reducción de pérdidas se tendrá en cuenta para el aval del Departamento Nacional de Planeación y del Ministerio de Hacienda y Crédito Público y demás entidades públicas autorizadas, en relación con créditos y otros estímulos económicos y financieros destinados a la ejecución de proyectos y actividades que adelanten las entidades usuarias del recurso hídrico.

**Artículo 5o. Reuso obligatorio del agua.** *Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental.* El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua.

**Artículo 7o. Consumos básicos y máximos.** Es deber de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico de las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, de acuerdo con sus competencias, establecer consumos básicos en función de los usos del agua, desincentivar los consumos máximos de cada usuario y establecer los procedimientos, las tarifas y las medidas a tomar para aquellos consumidores que sobrepasen el consumo máximo fijado.

**Artículo 8o. Incentivos tarifarios.** La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico *definirá una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y de ahorro del agua, y desestímule su uso irracional.* La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, vigilará el cumplimiento de lo establecido por la Comisión.

Las *Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales definirán los mecanismos que incentiven el uso eficiente y ahorro del agua, y desestimulen su uso ineficiente.*

**Artículo 12. Campañas educativas a los usuarios.** Las entidades usuarias deberán incluir en su presupuesto los costos de las campañas educativas y de concientización a la comunidad para el uso racionalizado y eficiente del recurso hídrico.

**Parágrafo.** Como apoyo a estas campañas y en desarrollo del numeral 32 del artículo 5o. de la ley 99 de 1993 el Ministerio del Medio Ambiente celebrará los convenios necesarios con las entidades administradoras del recurso hídrico, para lograr una efectiva concientización en el uso eficiente y el ahorro del agua.

**Artículo 13. Programas docentes.** De conformidad con lo establecido en el numeral 9o., del artículo 5o., de la Ley 99 de 1993 el Ministerio del Medio Ambiente conjuntamente con el Ministerio de Educación Nacional adoptarán los planes y programas docentes y adecuarán el pensum en los niveles primario y secundario de educación incluyendo temas referidos al uso racional y eficiente del agua.

**Artículo 15. Tecnología de bajo consumo de agua.** Los ministerios responsables de los sectores que utilizan el recurso hídrico reglamentarán en un plazo máximo de seis (6) meses la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua para ser utilizados por los usuarios del recurso y para el reemplazo gradual de equipos e implementos de alto consumo.

**Artículo 16. Protección de zonas de manejo especial.** <Artículo modificado por el artículo 89 de la Ley 812 de 2003. El nuevo texto es el siguiente:> En la elaboración y presentación del programa se debe precisar que las zonas de páramo, bosques de niebla y áreas de influencia de nacimientos acuíferos y de estrellas fluviales, deberán ser adquiridos o protegidos con carácter prioritario por las autoridades ambientales, entidades territoriales y entidades administrativas de la jurisdicción correspondiente, las cuales realizarán los estudios necesarios para establecer su

verdadera capacidad de oferta de bienes y servicios ambientales, para iniciar un proceso de recuperación, protección y conservación. (p.3).

Como se puede observar, la ley hace énfasis en aspectos como la reducción de pérdidas, la reutilización de aguas, la penalización para desestimular el derroche del líquido, protección de las cuencas de abastecimiento, la educación de las comunidades y la posibilidad de implementar nuevos sistemas ahorradores de agua que sustituyan los de mayor consumo.

A pesar de ser una ley de la República, deja muchas cosas a la libre interpretación de los municipios, las autoridades ambientales y hasta de los mismos usuarios, debido a la autonomía que le otorga a cada región del país para su implementación.

#### 4. Materiales y métodos

El tipo de investigación a desarrollar es de tipo experimental cuantitativo, ya que se desea analizar el comportamiento de un grupo, relacionado con la utilización de agua potable residencial.

Dicho estimativo permitirá obtener un valor de cuánto se podría ahorrar en el consumo de agua potable, especialmente el que se destina a la descarga de aguas negras en el sanitario.

##### 4.1 Selección de la población objetivo

De acuerdo con el documento de la Alcaldía de Bogotá, Boletín No 40 sobre el consumo y producción de agua potable y residual en el uso residencial urbano 2011, en Bogotá la mayor parte de la población se concentra en los estratos 1, 2 y 3 según la siguiente tabla.

**Tabla 4. Población, viviendas y hogares por estrato socioeconómico**

<b>Estrato socioeconómico</b>	<b>No viviendas</b>	<b>No hogares</b>	<b>No habitantes</b>
Sin estrato	26.954	29.770	122.526
1	<b>178.697</b>	<b>204.385</b>	<b>705.536</b>
2	<b>725.308</b>	<b>817.311</b>	<b>2'938.962</b>
3	<b>748.768</b>	<b>819.346</b>	<b>2'668.455</b>
4	253.877	255.209	706.191
5	73.779	72.748	1'195.873
6	54.894	52.401	130.621
<b>Totales</b>	<b>2'062.277</b>	<b>2'251.170</b>	<b>7'467.804</b>

*Nota:* Datos obtenidos de (Alcaldía de Bogotá, 2012)

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la mayor cantidad de población de la ciudad, se concentra en los estratos 1, 2 y 3. Estas cifras justifican que el estudio sea realizado con una muestra poblacional que se concentra mayoritariamente en estos estratos socioeconómicos.

El sector escogido para la aplicación de estos instrumentos, fueron instituciones de educación superior en las localidades de Chapinero y Barrios Unidos, ya que en ellas la población estudiantil pertenece mayoritariamente a los estratos 1, 2 y 3, con lo cual se busca obtener una relación entre la cantidad de agua utilizada en descargas de sanitarios por habitante.

#### **4.2 Determinación del tamaño de la muestra**

De acuerdo con Morales Vallejo (2012), en este proyecto se tendría una muestra de 1'841.042 habitantes de los estratos socioeconómicos mencionados anteriormente. Por lo tanto se considera que se tiene una muestra con una población infinita, indefinida o de gran tamaño.

Como parámetros para el cálculo de la muestra se toman los siguientes teniendo en cuenta que la población es de más de 30.000 individuos.

Se desea aceptar un porcentaje de error del 5%

Se desea un nivel de confianza del 95%

Tamaño de la muestra: ***1'841.042 individuos***

Distribución de las respuestas: 50%

Estos valores se ingresan en alguno de los siguientes programas de Internet para calcular el tamaño de la muestra.

Market Research Surveys(Market Research Surveys,  
2013)[http://www.macorr.com/ss\\_calculator.htm](http://www.macorr.com/ss_calculator.htm)

Raosoft sample size , (Raosoft, 2013) <http://www.raosoft.com/samplesize.html>

El resultado obtenido fue de **385** encuestas como muestra representativa para esta población objeto de estudio. (Morales, 2012)

#### **4.3 Diseño de encuestas. (Anexo B)**

Los instrumentos a aplicar a la población objeto de estudio se basaron en las siguientes variables conducentes a la determinación de la demanda de agua utilizada en la descarga de sanitarios.

- Hábitos de uso del agua relacionados con la utilización de ducha y sanitario.
- Apreciación de los habitantes relacionados con la prestación del servicio de acueducto.
- Sensibilización y concientización de la población sobre la problemática de falta de agua que amenaza la ciudad.

Basadas en estos tres grupos de variables, se hicieron los respectivos grupos de preguntas.

##### **4.3.1 Preguntas relacionadas con los hábitos de uso de agua potable en ducha y sanitario**

1. *Indique el estrato en que reside.*

1 \_\_\_\_ 2 \_\_\_\_ 3 \_\_\_\_ 4 \_\_\_\_ 5 \_\_\_\_ 6 \_\_\_\_

Con esta pregunta se busca comprobar que efectivamente la población encuestada se encuentra entre los estratos 1, 2 y 3.

2. *Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. reside.*

1 \_\_\_\_ 2 \_\_\_\_ 3 \_\_\_\_ 4 \_\_\_\_ 5 \_\_\_\_ 6 \_\_\_\_ 7 \_\_\_\_  
8 \_\_\_\_ 9 \_\_\_\_ 10 \_\_\_\_ más de 10 \_\_\_\_

Con esta pregunta se busca analizar cuál es el valor medio más confiable sobre el número de habitantes de un hogar. En el presente estudio la variable Número de Hogares, es la que se tendrá en cuenta debido a que este indicador hace referencia directamente a “familias” que viven en una unidad habitacional. Si se toma el de Número de viviendas, allí podrían vivir muchas familias “hogares”.

*3. Indique el número de baños con que cuenta la residencia.*

1 \_\_\_\_ 2 \_\_\_\_ 3 \_\_\_\_ 4 \_\_\_\_

Se tomó esta pregunta para tenerla como alternativa en el momento de realizar los estimativos. La gran mayoría de las viviendas en la ciudad de Bogotá no exceden de dos baños.

*4. Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario.*

1 \_\_\_\_ 2 \_\_\_\_ 3 \_\_\_\_ 4 \_\_\_\_

Al igual que en la pregunta anterior, se formuló esta variable como alternativa. Su relevancia se analizará en el momento de realizar los estimativos.

*5. Indique la capacidad en litros del tanque del sanitario.*

Inferior a 6 L \_\_\_\_ 6 L \_\_\_\_ Mayor 6 L \_\_\_\_

Esta variable tendrá especial importancia si se llegase a obtener diferentes tipos de sanitario. De lo contrario se tomará como tamaño estándar el de 6 litros por descarga que es el más común.

*6. Indique el número de veces promedio que cada habitante de la vivienda descarga el sanitario, estando en casa.*

1 \_\_\_\_ 2 \_\_\_\_ 3 \_\_\_\_ 4 \_\_\_\_ 5 \_\_\_\_ 6 \_\_\_\_ más \_\_\_\_



Esta pregunta enfatiza que las descargas son estando en casa, ya que es de prever que el grueso de esta población trabaja y/o estudia. Luego, todo el tiempo no estará utilizando el sanitario de la vivienda, sino que usará el del colegio, universidad, oficina o sitio de trabajo.

7. *Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse*

5 a 30 minutos	cuántas personas?	1	2	3	4	5	6	+
30 a 45 minutos	cuántas personas?	1	2	3	4	5	6	+
45 a 60 minutos	cuántas personas?	1	2	3	4	5	6	+
60 ó más	cuántas personas?	1	2	3	4	5	6	+

La intención de esta pregunta es conocer la tendencia del tiempo que utiliza la gente para ducharse.

8. *Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo.*

Ducha\_\_\_ Lavamanos\_\_\_ Sanitario \_\_\_Lavado ropa\_\_ Limpieza vivienda\_\_\_ Cocina\_\_\_  
Jardinería \_\_\_ Lavado carro\_\_\_ Mascota \_\_\_\_\_

Los resultados de esta pregunta mostrarán cuál es el uso que más le da la población encuestada al agua. Obsérvese que hay ítems con que muchos de los hogares no cuentan. (Ej. Mascota, carro, jardín).

#### **4.3.2 Preguntas relacionadas con la percepción sobre la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado por parte de la EAAB.**

9. *La calidad del agua que Ud. Recibe es:*

Excelente\_\_\_ Muy buena\_\_\_ Buena\_\_\_ Regular\_\_\_Deficiente\_\_\_ No sabe\_\_\_

10. La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da:

Siempre \_\_\_ Con interrupciones \_\_\_ Nunca \_\_\_

11. El valor de la factura para su residencia oscila entre:

\$20.000 a 40.000 \_\_\_ \$40.000 a 60.000 \_\_\_ \$60.000 a 80.000 \_\_\_ \$80.000 o más \_\_\_

12. En términos generales, su percepción sobre la calidad en la prestación del servicio de agua potable es:

Excelente \_\_\_ Muy buena \_\_\_ Buena \_\_\_ Regular \_\_\_ Deficiente \_\_\_

Las preguntas anteriores relacionadas con la percepción que como usuarios tienen los encuestados del servicio prestado por la EAAB, permitirán proponer alternativas para solucionar el problema del derroche de agua en donde no se requiere su potabilidad. También permitirán en la evaluación económica, proponer una financiación a través de la factura del servicio, para implementar alguna solución.

#### **4.3.3 Preguntas relacionadas con el grado de concientización sobre la disponibilidad del agua.**

13. ¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años.

SI \_\_\_ NO \_\_\_ PARCIALMENTE \_\_\_

14. ¿Es consciente de que esta escasez se acelerará si se siguen desperdiciando agua como se ha venido haciendo?

SI \_\_\_ NO \_\_\_ PARCIALMENTE \_\_\_

15. ¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ PARCIALMENTE \_\_\_\_\_

16. *¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable?*

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ PARCIALMENTE \_\_\_\_\_

Estas preguntas evalúan el grado de concientización de la problemática que enfrentará la ciudad de Bogotá, si no se toman correctivos con respecto a la demanda y uso que se le ha venido dando al agua. Indirectamente reflejarán la disposición de los encuestados a implementar mediante financiación algún dispositivo o práctica para contribuir a la mitigación del problema.

#### **4.4 Aplicación de encuestas**

Como se indicó anteriormente, teniendo en cuenta que la gran mayoría de habitantes que componen la población de la ciudad está mayoritariamente en los estratos 2 y 3, se aplicaron las encuestas en Instituciones de Educación Superior ubicadas en la localidad de Chapinero, Barrios Unidos y Teusaquillo en las cuales asisten predominantemente estudiantes de estos dos sectores socioeconómicos.

La distribución por encuestados en estas instituciones se realizaron de la siguiente manera.

Fundación Universitaria Los Libertadores. 378 encuestados.

Fundación de Educación Superior San José. 16 encuestados.

Escuela Colombiana de Carreras Industriales. 18 encuestados.

Total encuestados: 412.

En el desarrollo de las mismas se contó con la participación del autor o de colaboradores cercanos que le aclararon inquietudes a los encuestados.

Vale la pena resaltar que dentro de los encuestados también participaron docentes y administrativos. El tamaño del cuestionario, demandó de tiempo y comodidad para su realización. Por esta razón no se aplicó en las calles ni en otros sitios en los que se perturbara la comodidad o el desarrollo de las actividades del diario vivir de los encuestados.

#### **4.5 Prototipo reciclador de aguas grises domésticas. (Figura 16)**

Como parte del presente proyecto de investigación, el autor con los estudiantes Diego Alejandro Díaz, Fabián Andrés Pérez y Wilber Alejandro Rodríguez, del programa de Ingeniería Mecánica de la Fundación Universitaria Los Libertadores, diseñaron y desarrollaron un prototipo reciclador de aguas grises doméstico que fuera fácilmente adaptable a las necesidades de los hogares de la ciudad y del país.

Este prototipo sirvió para realizar pruebas y poder divulgar una respuesta de solución a la problemática descrita en el capítulo 2.

Para su realización, la Institución en cabeza de su vicerrector administrativo, Dr. Carlos A. Correa Gregory facilitó la adquisición de los recursos para su construcción y puesta en marcha en el laboratorio de Ciencias Térmicas de la Facultad de Ingeniería. (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)

**4.5.1 Parámetros de diseño del prototipo.** El prototipo reciclador construido se elaboró tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Población objetivo: Habitantes estrato 4.

Captación de aguas grises: Solamente se toman las de la ducha, las cuales se captan en un colector ubicado debajo del piso de la ducha. No se captan las aguas ni del lavamanos, ni de la lavadora. Únicamente se utiliza una válvula.

Filtrado de impurezas: se hace un filtrado inicial para cabellos, y otras partículas que puedan ser arrastradas a través de la tubería.

Sistema de bombeo: Se utiliza una bomba de descarga radial, que se alimente con la energía eléctrica de la acometida doméstica a 110 voltios y 60 Herz.

Sanitario utilizado. Se instaló un sanitario de 6 lpd, el cual se toma como estándar o de uso común en la gran mayoría de hogares bogotanos.

Control de olores por apozamiento de aguas: se construyó como sistema complementario en caso de que las aguas se estén moviendo diariamente, un dispositivo de suministro de cloro para eliminar las bacterias causantes de los malos olores.

Funcionamiento. Automático. El dispositivo tiene un sistema de control en el cual por medio de sensores de nivel, se protege la bomba, evitando que ésta funcione si en el colector de la ducha no está el nivel mínimo de agua. Un segundo sensor de nivel garantiza que la bomba únicamente funcione cuando se baje del nivel de agua gris requerido dentro del tanque del sanitario. Este sensor se puede colocar en una posición más baja logrando que la cantidad de agua descargada sea menor.

Basados en el cálculo hidráulico realizado por los estudiantes, en la tabla 5 se hace referencia a los accesorios y cantidades utilizados en la construcción del prototipo.

**Tabla 5. Accesorios utilizados en la construcción del prototipo.**

Accesorio / componente	Cantidades
Entrada de tubería	1
Codo suave	10
Uniones roscadas	8
Válvula de retención	1

Filtro	1
Reducciones	2
Electroválvula	2

*Nota.* Datos obtenidos de (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)

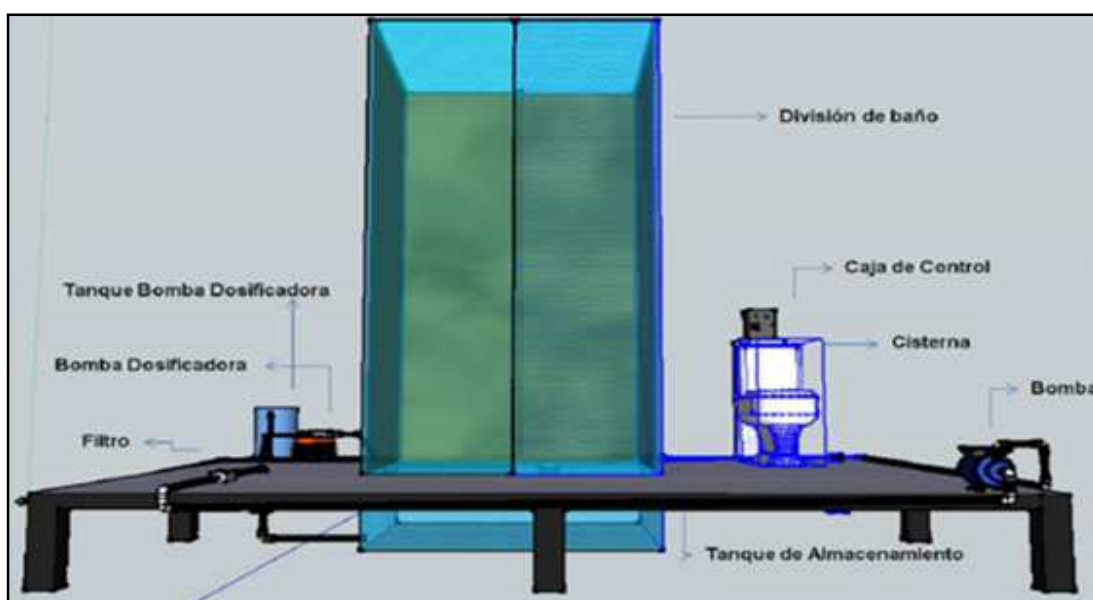
Adicionalmente, se requería el diseño y construcción de una estructura metálica para soportar la instalación de la ducha, el piso, el colector y las puertas los cuales se elaboraron en vidrio, junto con la bomba, el sanitario y la caja de control. Las tuberías y mangueras utilizadas también están fijas a la estructura. Vale la pena mencionar que la estructura se diseñó y construyó para los fines académicos del proyecto de pregrado, y no reflejan las dimensiones reales del prototipo en una vivienda. (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)



**Figura 16.** Vista prototipo reciclador de aguas grises construido por estudiantes de la F.U. Los Libertadores. Datos suministrados por (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)

En la Figura 16 se puede observar una vista lateral del prototipo reciclador de aguas grises. Sobresalen la cabina de la ducha en vidrio, junto con el sanitario y la caja de controles. Al extremo izquierdo se aprecia la bomba de cloro, mientras que en el derecho se observa la bomba de alimentación de agua gris.

**4.5.2 Funcionamiento.** Para poder facilitar la explicación del funcionamiento del prototipo reciclador, se muestran sus partes principales en la Figura 17. Allí se dan los respectivos nombres de los componentes.



*Figura 17. Componentes del prototipo reciclador de aguas grises. Datos obtenidos de (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)*

El usuario se ducha dentro de la cabina (división de baño) y el agua utilizada es recolectada en el tanque de almacenamiento que se ubica debajo del piso de la ducha. Allí, un sensor de nivel permite que esta agua pueda ser transportada por medio de la bomba hacia el tanque del sanitario (cisterna). En el interior del tanque del sanitario, hay un sensor de nivel que envía la señal a la bomba para que interrumpa el suministro de agua gris, cuando se ha llegado al nivel deseado. Por otro lado ese mismo sensor, envía el pulso a la bomba para que nuevamente bombee el agua gris hasta el sanitario.

Como se mencionó anteriormente, el dispositivo cuenta con un sistema de bombeo de cloro (bomba dosificadora, junto con su tanque). Este se pone en funcionamiento por separado cuando se estime que se pueden tener aguas reposadas por más de 72 horas. De otro lado el filtro, es un elemento que permite hacerle mantenimiento al sistema. Allí se retiene material como cabellos, que pueden llegar a taponar el sistema.



## 5. Análisis de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el trabajo de campo, junto con las pruebas realizadas en el prototipo reciclador de aguas grises, los cuales servirán para dar un valor cuantitativo sobre la cantidad de agua que dejaría de desperdiciarse en la ciudad de Bogotá en los estratos 1, 2 y 3 en arrastre de orina, materia fecal y otro tipo de materia orgánica. Como se indicó en el capítulo de 4 *Materiales y Métodos*, se aplicó este instrumento a un total de 412 encuestados.

En los anexos C al G, se muestran algunas de las encuestas diligenciadas escogidas aleatoriamente.

En el anexo H se encuentran los datos analizados mediante gráficos.

### 5.1 Resultados e interpretación de la información obtenida en las encuestas.

**5.1.1 Preguntas relacionadas con hábitos de consumo de agua.** Con respecto a la pregunta, “*Indique el estrato en que reside*”. Los resultados fueron los siguientes.

Estrato socio económico	Número encuestados
1	9
2	124
3	240
4	32
5	6
6	1

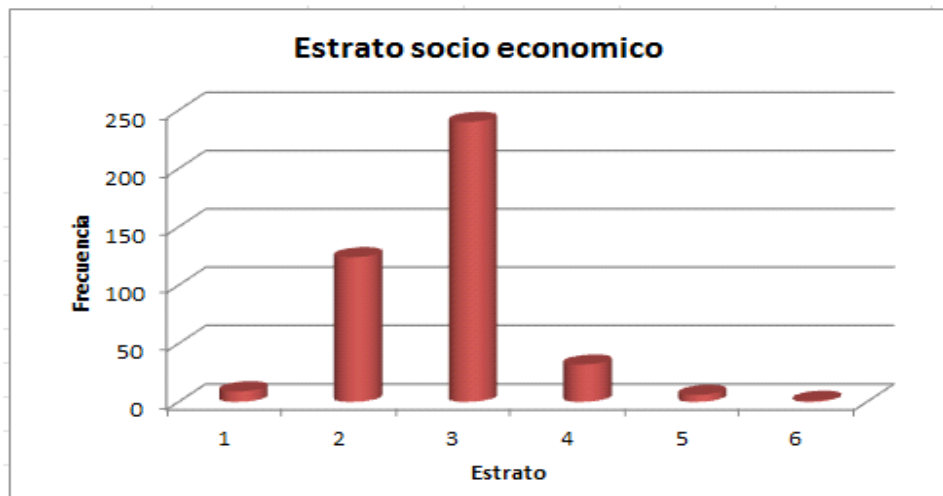


Figura 18. Resultados pregunta estratificación socioeconómica. Elaborado por el Autor

Con este resultado se ratifica que se acertó en la escogencia de la población para la realización del estudio. El 90% de los encuestados pertenecen a los estratos 1, 2 y 3.

La pregunta No 2, “Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. reside”, arrojó los siguientes resultados. Esta pregunta es una de las principales variables para la determinación cuantitativa de la demanda de consumo de agua potable que se utiliza en descarga de sanitarios.

Habitantes	Frecuencia
1	16
2	54
3	74
4	117
5	67
6	33
7	17
8	8
9	5
10	9
> 10	12

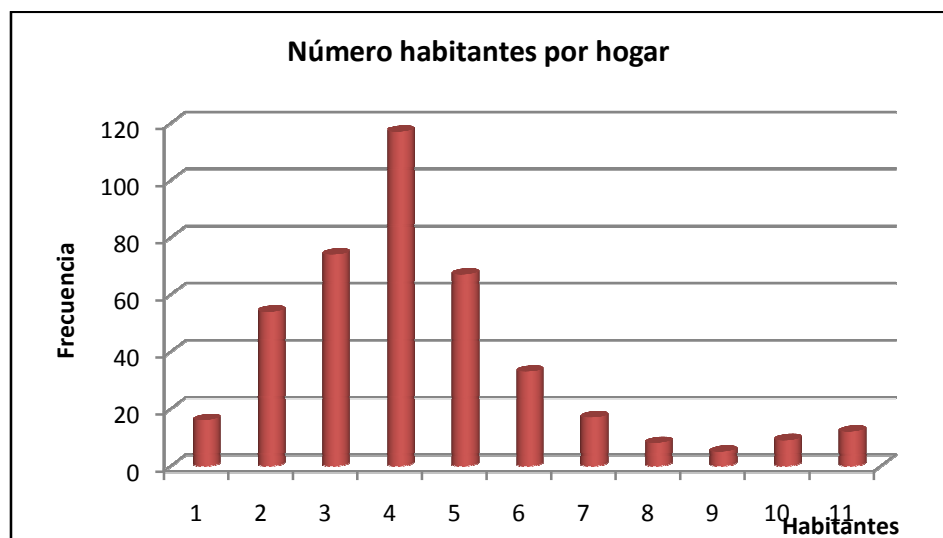


Figura 19. Resultados sobre el número de habitantes por hogar. Elaborado por el Autor

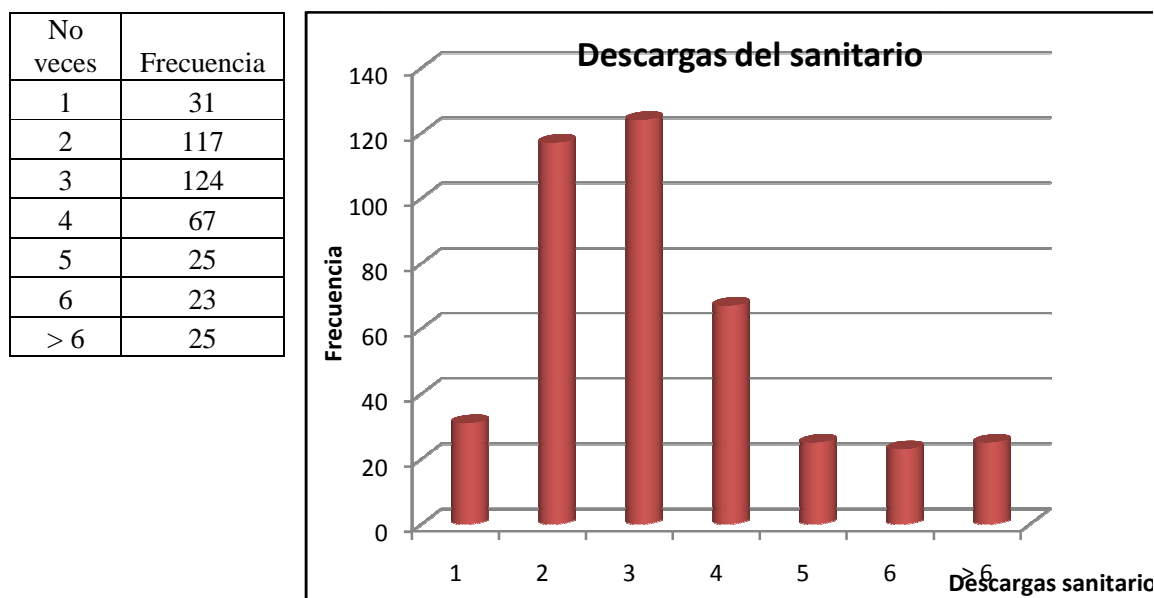
De acuerdo con Miller y Freund (2011), y con el documento de la Universidad Autónoma del Estado de México, “Tema 1 Medidas de tendencia central para datos no agrupados”, debido a la naturaleza o dispersión de los datos obtenidos se aplica la técnica de la media ponderada para datos no agrupados. Se calcula la media ponderada con los datos obtenidos, para determinar el valor del número habitantes por vivienda. La media ponderada para los resultados de la pregunta arroja un valor de 4.36 habitantes por vivienda. (Johnson, 2012), (México, 2009)

Las preguntas 3, “*Indique el número de baños con que cuenta la residencia*” y 4 “*Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario*” se tomaron como apoyo a la encuesta pero su resultado no es una variable de peso en la estimación de la demanda de agua para sanitarios, pero si resulta importante tenerla en cuenta para determinar el costo de la instalación.

La pregunta 5, que indagó sobre la capacidad de descarga del sanitario, al analizar las respuestas se encontraron inconsistencias. Analizando los casos con los colaboradores en la realización de las encuestas, se percibió un desconocimiento general sobre esta variable. Lo anterior se evidencia en la cantidad de respuestas que afirman tener en sus viviendas sanitarios con descargas inferiores a los 6 litros, lo cual hasta ahora viene siendo implementado en muy pocos hogares, principalmente de los estratos 4, 5 y 6, sin contar con sus costos.

En cuanto al número de veces que un habitante descarga el sanitario (pregunta No 6), vale la pena destacar que la pregunta se hizo enfatizando sobre las veces que se hace estando en la casa. Se debe tener en cuenta que los habitantes no permanecen las 24 horas del día en casa, porque trabajan o estudian.

Por lo tanto, muchas de las descargas de sanitario se hacen en oficinas, industrias, comercios, escuelas, universidades y no están dentro del objeto de estudio del presente proyecto de investigación.

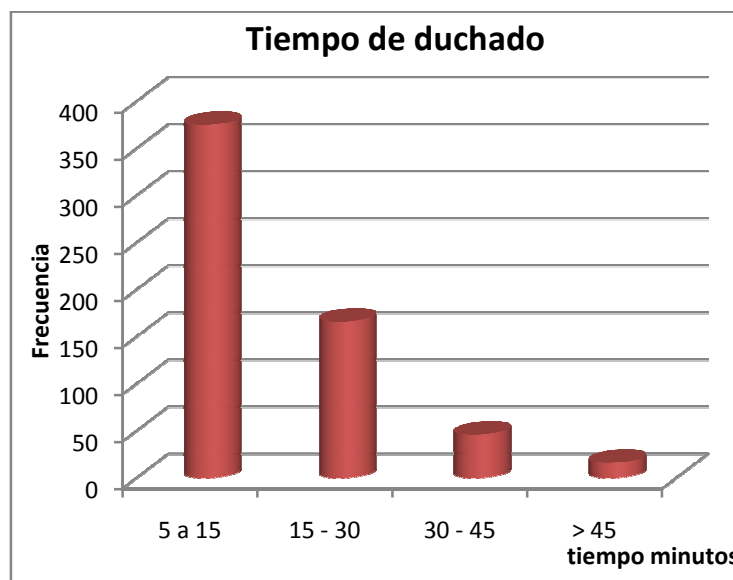


**Figura 20. Resultados sobre el número de descargas que se realizan estando en la vivienda.**  
Elaborado por el Autor

La media ponderada arrojó un valor de 3,259 descargas del sanitario para la población encuestada, estando en la vivienda.

La pregunta No 7. “Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse”, mostró los siguientes resultados.

$\Delta t$ minutos	frecuencia
5 a 15	375
15 - 30	166
30 - 45	46
> 45	16



**Figura 21. Resultados sobre el tiempo de duchado utilizado por los habitantes de las viviendas de los encuestados.** Elaborado por el Autor

La media ponderada arrojó un valor de 16,467 minutos por habitante. En esta pregunta la muestra se extiende a 603 individuos, teniendo en cuenta que la respuesta se hace extensiva a la respuesta del encuestado sobre el número de habitantes de la vivienda.

Los siguientes gráficos de la pregunta No 8 “Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo.” muestran la tendencia en el uso del agua potable en los hogares de los estratos seleccionados para el estudio. La pregunta consistió en que los encuestados le asignaran de 1 a 5, el grado de relevancia con respecto a un uso en el hogar, entendiendo ésta como la aplicación donde más agua utiliza.

Por ejemplo, para algunos podría haberse dado un 5 a la ducha, mientras que para otros que consideran gastar más en el lavado de ropa le dan un 4.

Calificación	Frecuencia
1	21
2	35
3	101
4	94
5	161

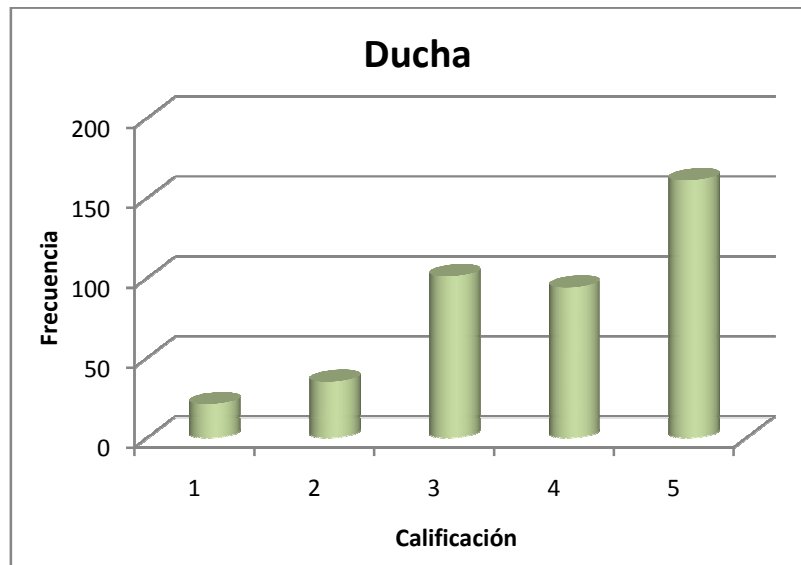


Figura 22. Calificación dada por los encuestados al uso de la ducha. Elaborado por el Autor

La media ponderada de calificación sobre el uso de la ducha fue de 3,82

Calificación	Frecuencia
1	64
2	89
3	129
4	66
5	64

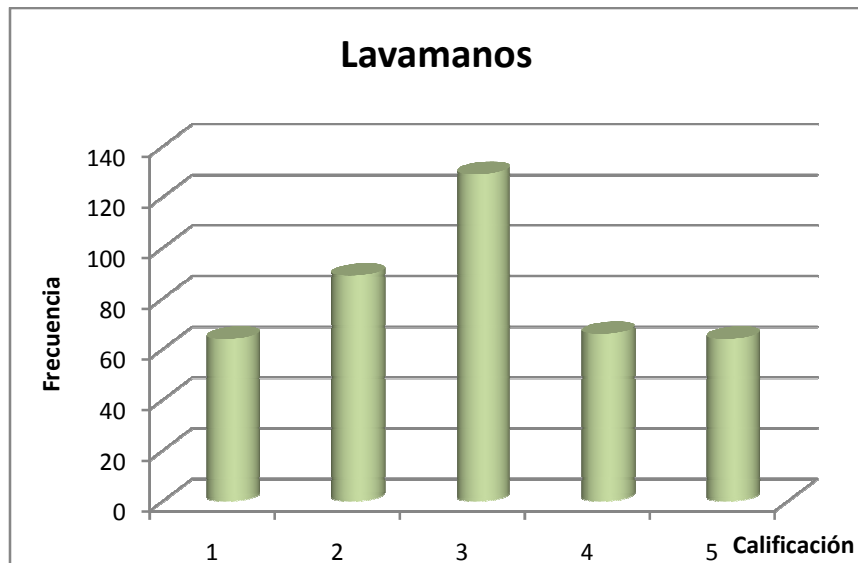
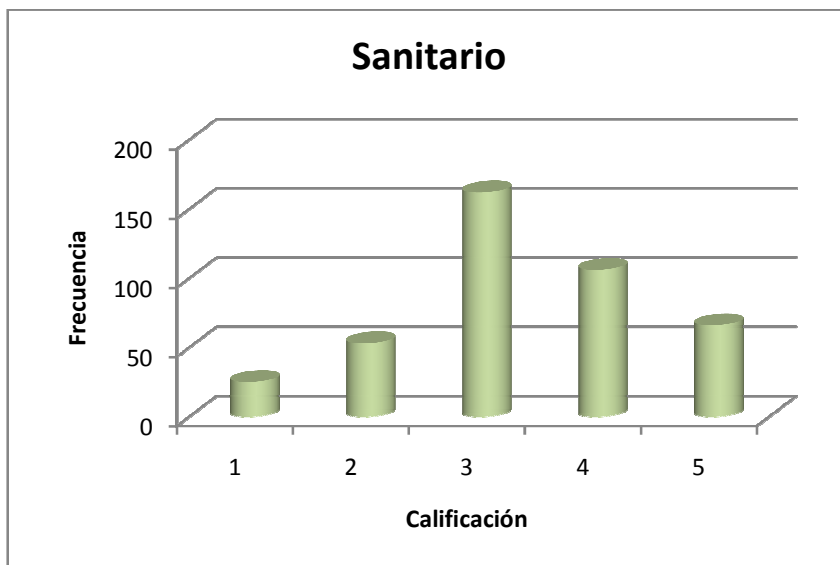


Figura 23. Calificación dada por los encuestados al uso del lavamanos. Elaborado por el Autor

La media ponderada para el uso del lavamanos fue de 2,94.

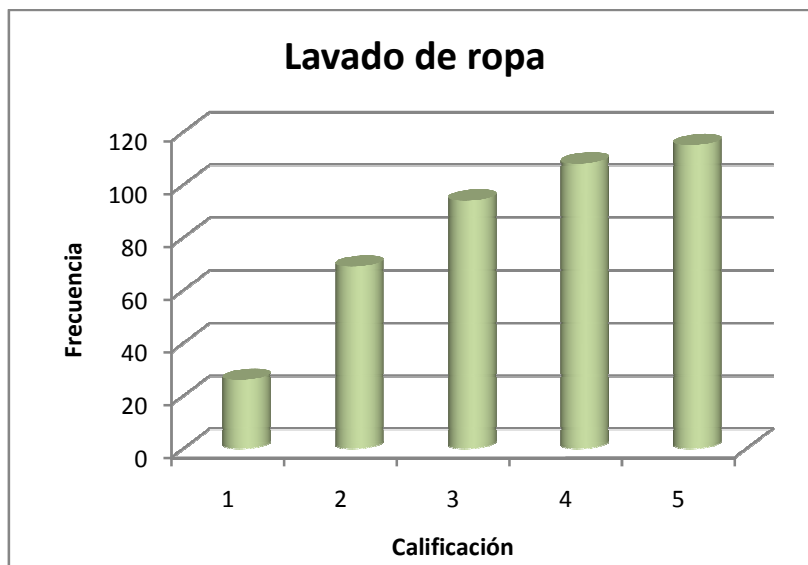
Calificación	Frecuencia
1	25
2	53
3	162
4	106
5	66



*Figura 24. Calificación dada por los encuestados al uso del sanitario.* Elaborado por el Autor

La media ponderada para el uso del sanitario dio un valor de 3,327.

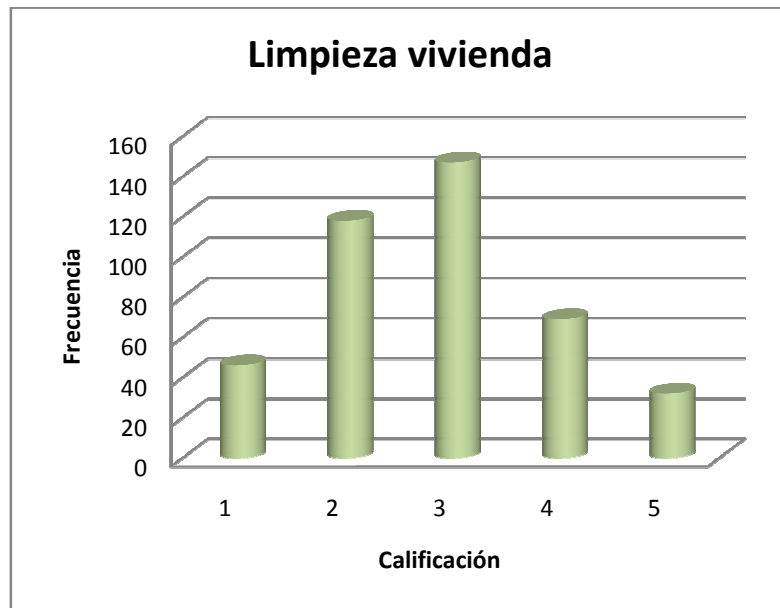
Calificación	Frecuencia
1	26
2	69
3	94
4	108
5	115



*Figura 25. Calificación dada por los encuestados al lavado de ropa.* Elaborado por el Autor

El lavado de ropa obtuvo un valor de 3,526.

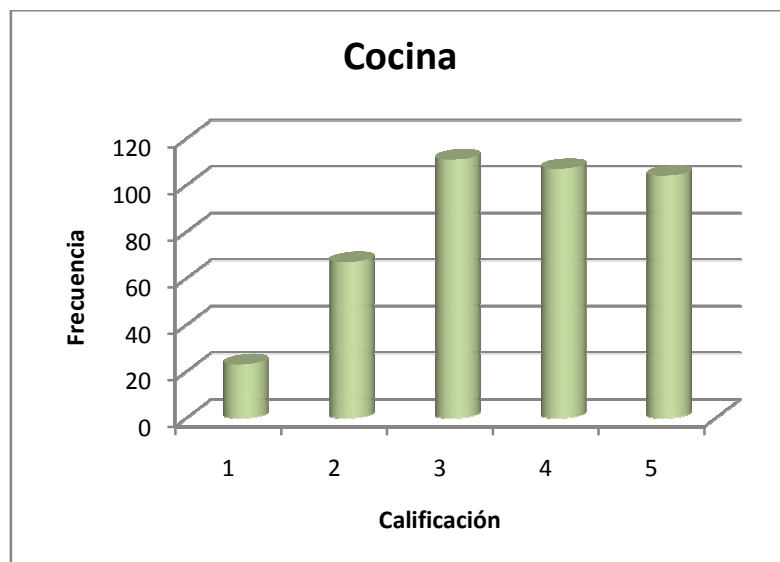
Calificación	Frecuencia
1	46
2	118
3	147
4	69
5	32



*Figura 26. Calificación dada por los encuestados a la limpieza de vivienda.* Elaborado por el Autor

Para la limpieza de la vivienda la media ponderada fue de 2,813.

Calificación	Frecuencia
1	23
2	67
3	111
4	107
5	104

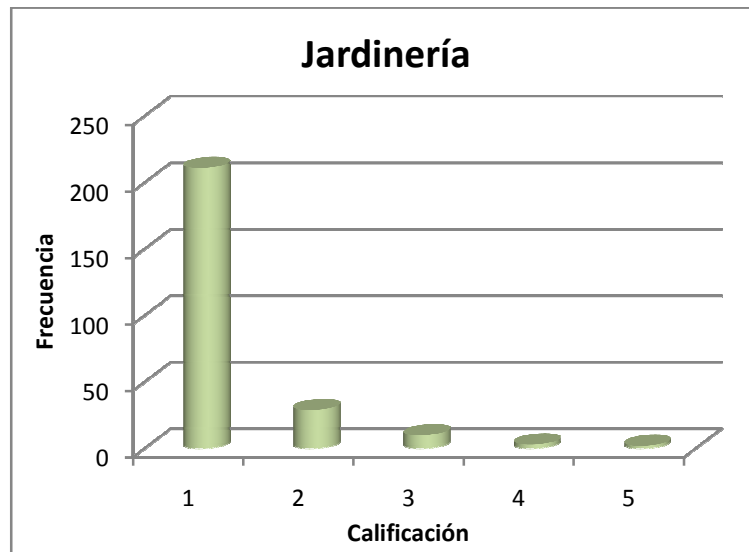


*Figura 27. Calificación dada por los encuestados al uso en la cocina.* Elaborado por el Autor

La media ponderada para el uso en cocina fue de 3,490.



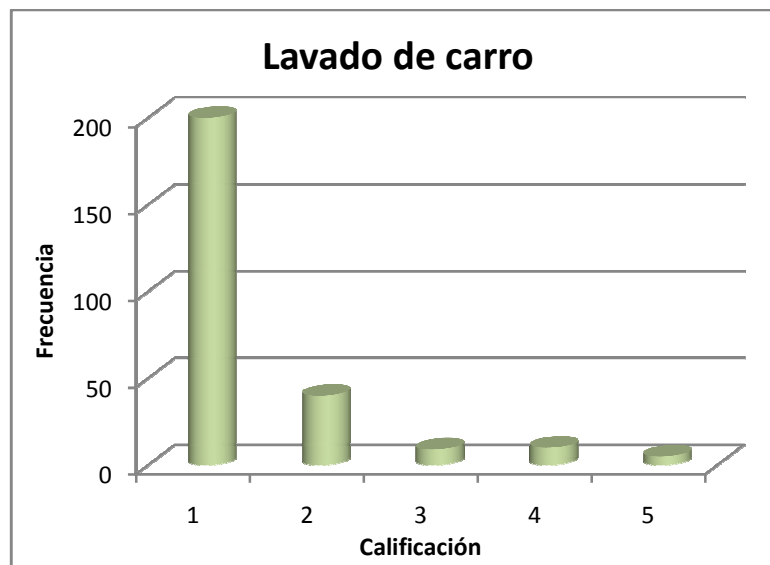
Calificación	Frecuencia
1	211
2	29
3	10
4	3
5	2



*Figura 28. Calificación dada por los encuestados al uso en jardinería. Elaborado por el Autor*

La media ponderada para uso en jardinería obtuvo un valor de 1,258.

Calificación	Frecuencia
1	200
2	40
3	9
4	10
5	5



*Figura 29. Calificación dada por los encuestados al lavado de carro. Elaborado por el Autor*

La media ponderada para uso en jardinería obtuvo un valor de 1,409.

Calificación	Frecuencia
1	192
2	41
3	12
4	3
5	2

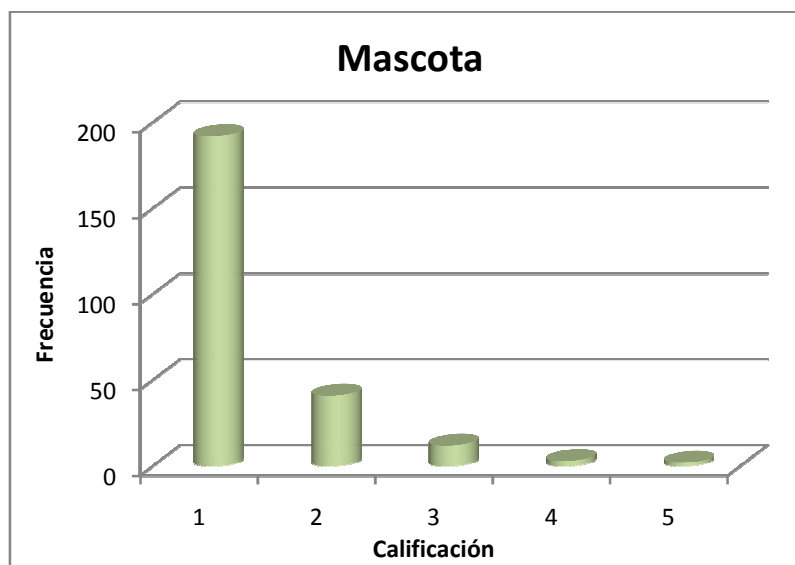


Figura 30. Calificación dada por los encuestados al lavado de mascotas. Elaborado por el Autor

La media ponderada para uso en jardinería obtuvo un valor de 1,328.

Tabla 6. Calificación dada por los encuestados al uso del agua potable en la vivienda

Uso del agua en el hogar	Calificación dada según sea la cantidad
Ducha	3,820
Lavamanos	2,940
Sanitario	3,327
Lavado ropa	3,526
Limpieza vivienda	2,813
Cocina	3,490
Jardinería	1,258
Vehículo	1,409
Mascota	1,328

Nota. Elaborado por el Autor

Con respecto a la calificación que le dio cada encuestado a los diferentes usos del agua en la vivienda, se encuentra que la mayoría de los encuestados reconoce utilizar más agua para el baño diario. Esto ratifica perfectamente la costumbre de la gran mayoría de los habitantes a ducharse diariamente. El lavado de ropa y el uso en la cocina, siguieron al duchado como las actividades donde más se emplea el agua potable. El sanitario, que es el objeto de estudio,

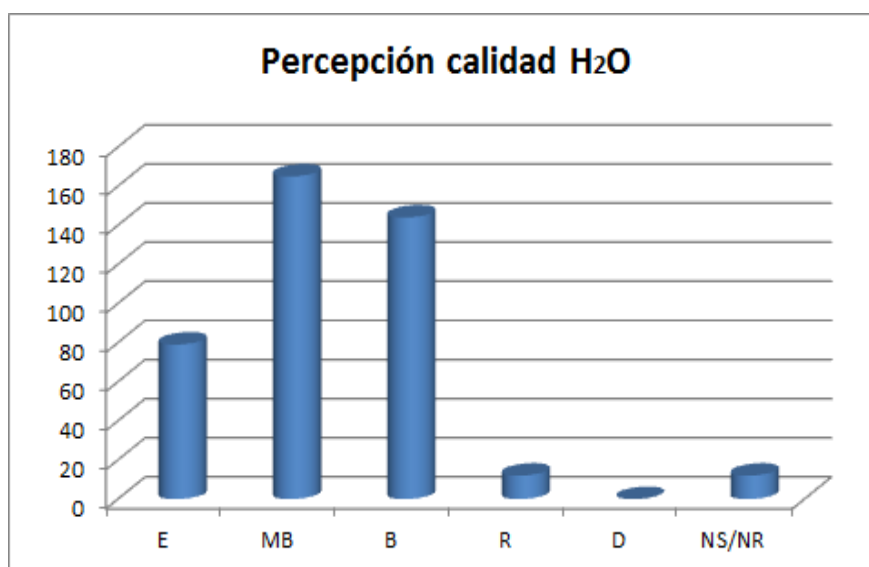
obtuvo el cuarto lugar. Actividades como el lavado de carro, jardinería y mascota, obtienen las más bajas calificaciones porque todas las viviendas no cuentan con ellas.

**5.1.2 Resultados sobre la percepción de la prestación del servicio por parte de la EAAB.** Estas preguntas tenían como finalidad conocer la apreciación de los encuestados con respecto al nivel de satisfacción sobre la prestación del servicio. Con esto se busca evaluar si tienen acceso permanente al servicio, si es de calidad, y cuánto pagan por el servicio.

Al igual que en las preguntas anteriores, se utilizó el cálculo de la media ponderada para conocer estas percepciones.

Para la pregunta No 9 “La calidad del agua que Ud. Recibe es.....” los resultados fueron los siguientes.

Calificación	Frecuencia
E	79
MB	165
B	144
R	12
D	0
NS/NR	12



E excelente, MB muy buena, B, buena, R regular, D deficiente, NS/NR no sabe no responde.

**Figura 31. Resultados de la percepción sobre la calidad del agua.** Elaborado por el Autor

Los resultados de esa pregunta muestran de manera general, que la calidad del agua, entendida ésta como la posibilidad de beberla directamente de los grifos, en el concepto de los encuestados es satisfactoria. Sólo 12 personas indicaron que era regular la calidad, y otras 12 no respondieron.

Para la pregunta No 10. “*La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da...*”, se obtuvieron los siguientes resultados.

Calificación	Frecuencia
Siempre	372
Con interrupciones	38
Nunca	2



**Figura 32. Resultados sobre la percepción de la disponibilidad del servicio de agua potable.**  
Elaborado por el Autor

Los resultados obtenidos para la pregunta anterior, reflejan o ratifican que en la ciudad de Bogotá a diferencia de muchas ciudades, se garantiza permanentemente la prestación del servicio a sus habitantes. Las interrupciones las asociaron básicamente con mantenimientos y reparaciones, pero no con racionamientos.

La pregunta No 11. “*El valor de la factura para su residencia oscila entre....*”, arrojó que la mayoría de los encuestados pagan más de \$80.000 por el servicio de acueducto y alcantarillado que se cobra bimensualmente.

El precio medio estimado es de \$64.918,00. Este valor sirve para el presente estudio, para evaluar una posible financiación de un sistema reciclador de aguas grises a futuro, a través de la tarifa del servicio.

Valor miles \$	Frecuencia
20- 40	50
40 - 60	96
60 - 80	100
> 80	166

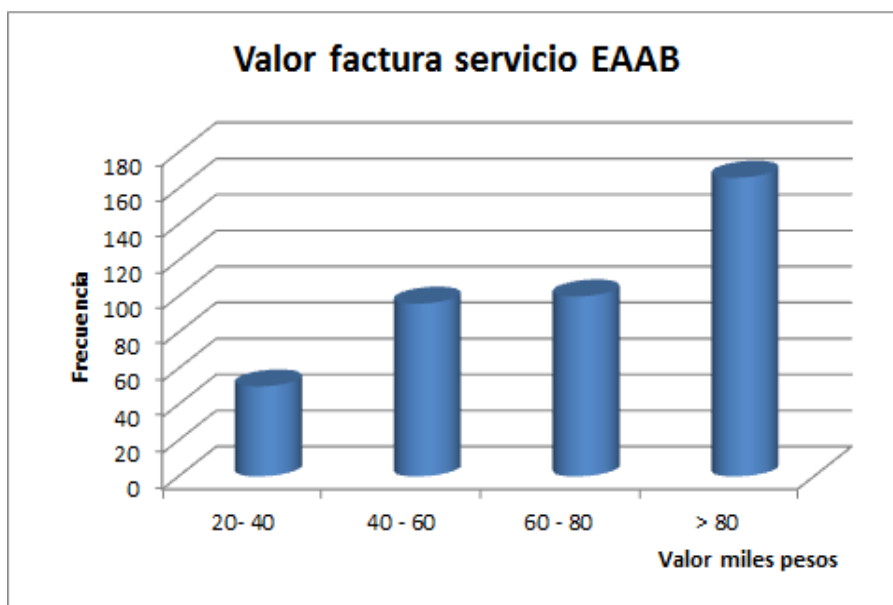


Figura 33. Resultados relacionados con el valor de la factura. Elaborado por el Autor

**5.1.3 Resultados sobre el grado de concientización de los encuestados sobre la problemática del agua en Bogotá.** Para la pregunta No 13 “¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años?”, las respuestas obtenidas fueron.

Conocimiento	Frecuencia
SI	308
NO	40
PARCIALMENTE	64

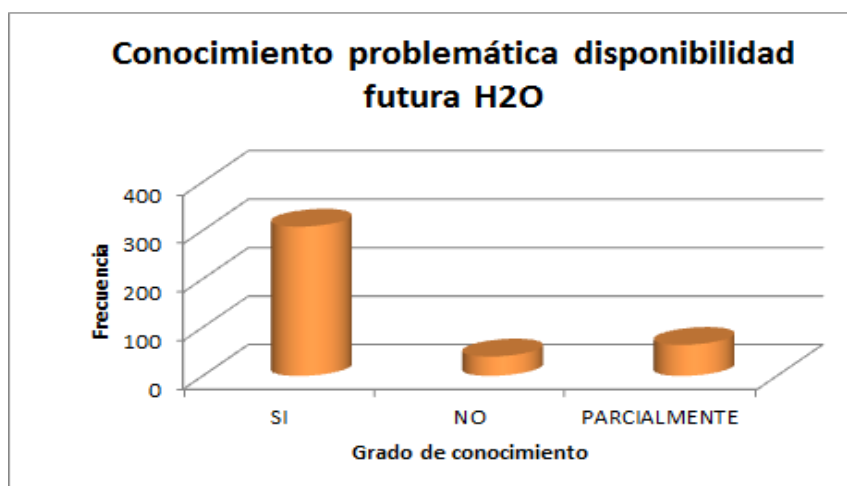


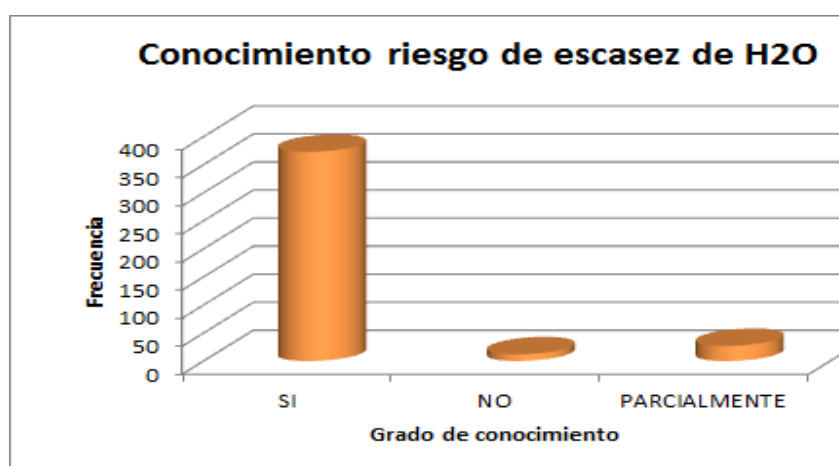
Figura 34. Resultados sobre el grado de conciencia sobre la problemática del agua en Bogotá. Elaborado por el Autor

Estos valores obtenidos reflejan que el 74,75% de los encuestados sí son conscientes de que el agua es un recurso que si bien hoy se tiene, a futuro podría correrse el riesgo de tenerlo. Un 9,70% afirma no ser consciente al respecto, mientras que un 15,64% dice serlo a medias.

Esta pregunta sirve para mostrar la disposición de la gente a implementar medidas tendientes al ahorro de agua y disminución del desperdicio.

La pregunta No 14 “¿Es consciente de que esta escases se acelerará si se sigue desperdiciando agua como se ha venido haciendo?”, arrojó los siguientes resultados.

Conocimiento	Frecuencia
SI	373
NO	12
PARCIALMENTE	27

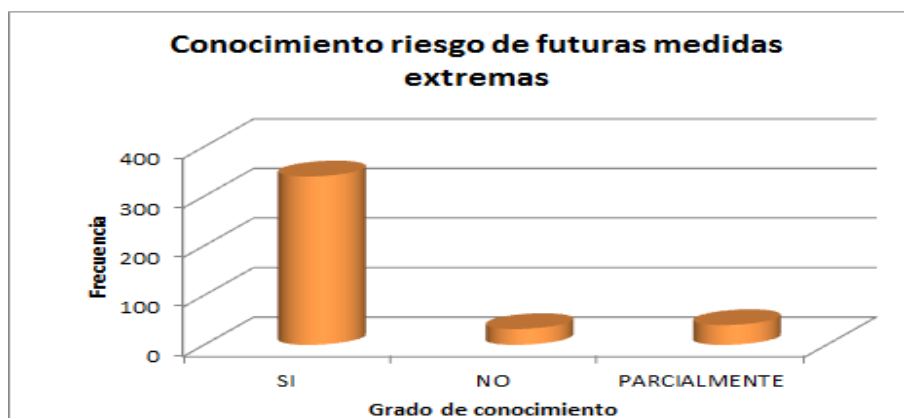


**Figura 35. Resultados sobre el grado de conciencia sobre el riesgo de escases de agua debido al desperdicio.** Elaborado por el Autor

Los valores obtenidos, evidencian que la gran mayoría de los encuestados (90%), son conscientes de que en su diario vivir, sí desperdician agua potable, y que a futuro esto acarreará diversos problemas a los ciudadanos.

La pregunta No 15 “¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas?” Mostró las siguientes cifras.

Conocimiento	Frecuencia
SI	340
NO	32
PARCIALMENTE	40

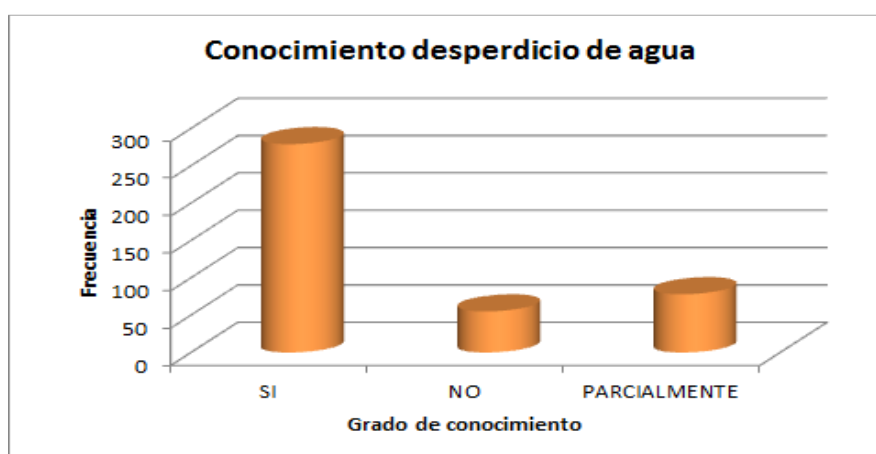


**Figura 36. Conciencia sobre posible medidas extremas a futuro sobre el suministro de agua.** Elaborado por el Autor

Los resultados de esta pregunta evidenciaron que la gente realmente sabe lo que conlleva no utilizar debidamente el agua, o seguirla desperdiciando como lo hacen en sus hábitos diarios. El 74,75% lo manifiesta. El 9,70% no es consciente de estas amenazas sobre medidas extremas, mientras que el 15,53% evidencia algún tipo de dudas o desconocimiento al respecto.

Finalmente la pregunta 16 “¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable?” de este instrumento evaluador, mostró los siguiente resultados.

Conocimiento	Frecuencia
SI	279
NO	55
PARCIALMENTE	78



**Figura 37. Grado de conciencia sobre el desperdicio o uso indebido del agua potable.** Elaborado por el Autor

## 5.2 Análisis de resultados de las pruebas en el prototipo reciclador de aguas grises

Como se indicó anteriormente, se realizaron unas pruebas conducentes a la comprobación de los siguientes aspectos.

- Implementabilidad en los hogares de Bogotá.
- Agua que se puede captar en el depósito recolector.
- Caudal promedio al abrir la válvula (llave) de la ducha.
- Verificación de la acción del cloro en el tratamiento del agua almacenada.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes.

**5.2.1 Implementabilidad en los hogares tipo.** El dispositivo es perfectamente montable en un espacio de 1 x 1 m de superficie. Adicionalmente se puede dar una altura entre 25 y 30 cm para la tapa superior que sirve como piso de la ducha. Allí se recolectará el agua utilizada en el duchado de cada persona. Dispositivos como bomba de alimentación, bomba de cloro, tanque cloro, mangueras y tuberías pueden ubicarse fácilmente en espacios reducidos.

Los sensores y electroválvulas que le fueron implementados al tanque recolector y tanque del sanitario, garantizan que siempre haya agua gris disponible para descargarlo. Adicionalmente protegen la bomba de una operación sin líquido lo cual es perjudicial.

**5.2.2 Agua a captar en el tanque del reciclador.** Las dimensiones del prototipo que sirvió con fines académicos, permiten una recolección de

$$1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,1796 \text{ m} = 0,1796 \text{ m}^3 = 179,6 \text{ litros de capacidad máxima.}$$



Se debe tener en cuenta que el dispositivo debe contar con un desagüe hacia el sifón, para evitar que se rebose y pueda llegar a tener contacto con los pies de la persona. En el caso del prototipo se ubicó un agujero de 50,80 mm de diámetro a 20,50 cm de altura.

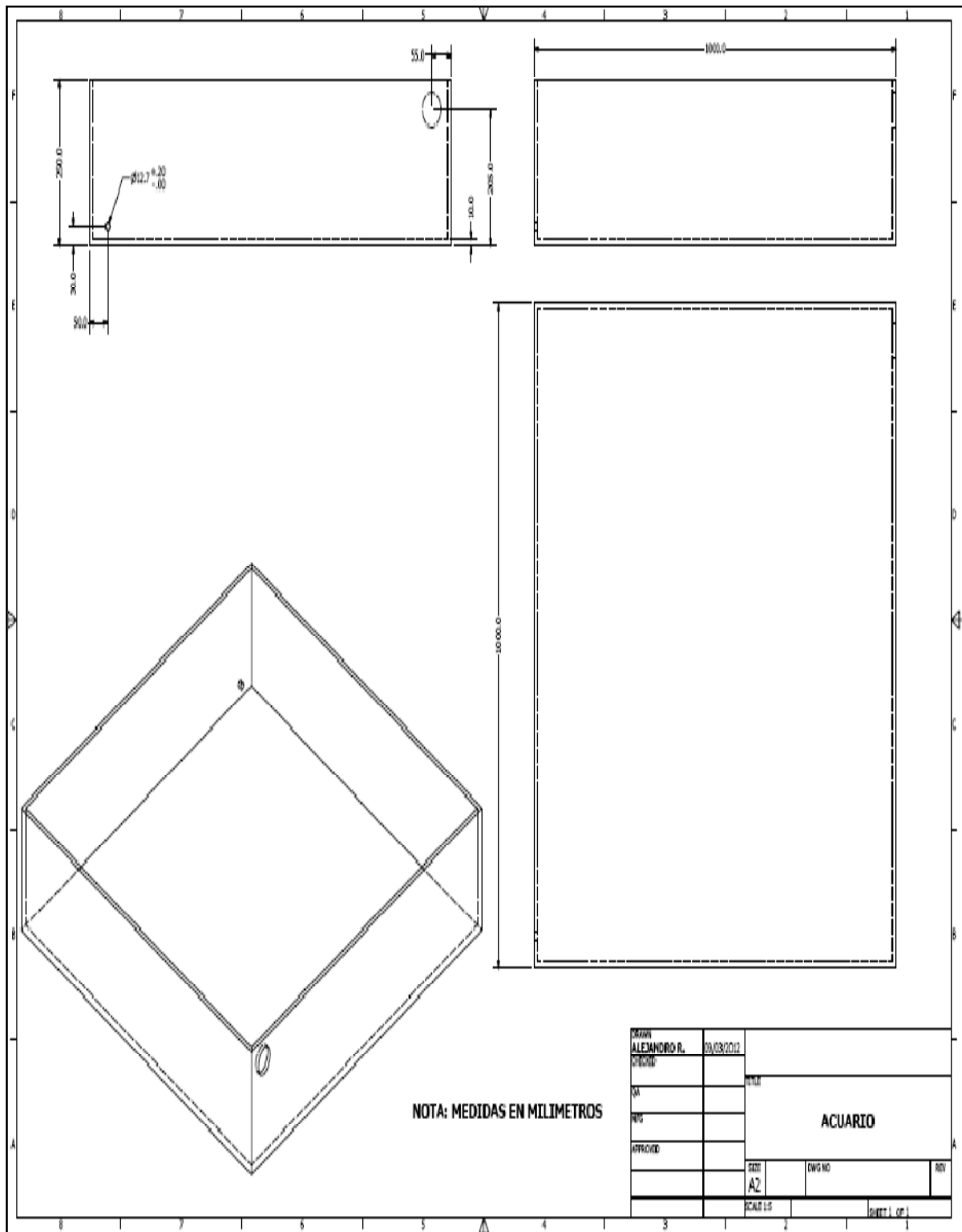


Figura 38. Dimensiones del tanque colector de aguas grises del prototipo. Elaborado por el Autor

**5.2.3 Caudal promedio al abrir la válvula (llave de la ducha).** Se tomaron como referentes los siguientes valores para comprobar el caudal experimental de la ducha obtenido con el prototipo.

Según Pérez Carmona las duchas en viviendas suministran un caudal de 0,13 l/s, lo que equivale a 7,8 L/min. (Pérez, 1997) .

De acuerdo con una prueba hecha por el fabricante *Aqua*, una ducha convencional en promedio arroja 13,8 l/min. Este último valor es poco confiable, ya que se ha tomado con fines comerciales..

Con estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Los Libertadores, se realizaron las siguientes mediciones. Tabla 7. (Ver el siguiente link en YouTube.

[Prueba de caudal en prototipo](#) (Autor, 2013)

[Agua recogida en la prueba](#) (Autor, 2013)

La prueba consistió en que un estudiante toma un balde convencional de 13 L de capacidad. Abre la válvula de la ducha y un segundo estudiante debe cronometrar un intervalo de 1 minuto. Al cabo de ese minuto se cierra la válvula y se espera que se estabilice el nivel del agua recogida en el balde para medir el volumen recolectado durante ese tiempo.

**Tabla 7. Pruebas experimentales de caudal en la ducha del prototipo**

Mediciones	Volumen de agua recogido
Medición 1	5,35
Medición 2	5,30
Medición 3	5,25
Medición 4	5,45
Medición 5	5,35
Medición 6	5,20
Medición 7	5,15
Medición 8	5,10
Medición 9	5,10
Medición 10	5,20

Promedio mediciones	5,23
---------------------	------

Nota. Elaborado por el Autor

Con los estudiantes que se realizaron las pruebas, se verificó que una persona promedio gira la válvula  $\frac{1}{4}$  de vuelta al ducharse.

Este valor da más cercano al establecido por Pérez Carmona que es de 7,8 L/min.

Al tomar como base el valor obtenido en las encuestas y en las pruebas experimentales, se obtienen los siguientes resultados.

Una persona se ducha en promedio durante 16,46 minutos.

El caudal obtenido experimentalmente de la ducha fue de 5,23 L/min

El promedio de habitantes por vivienda en la población seleccionada es de 4,32 habitantes.

Para estas condiciones el volumen de agua gris generado en la ducha sería:

$$4,32 \times 16,46 \text{ min} \times 5,23 \text{ L/min} = 371,89 \text{ L}$$

De agua gris que se generarían en un hogar promedio.

En cuanto a la descarga del sanitario, se estableció.

Una persona descarga un promedio de 3,259 veces el sanitario estando en casa.

El sanitario estándar en los hogares es de 6 L/descarga.

Nuevamente tomando 4,32 habitantes en promedio por vivienda. El agua gris que se requiere para descargar el sanitario sería de.

$$4,32 \times 6 \text{ L} \times 3,259 = 84,47 \text{ L}$$

Esta cantidad siempre estaría disponible teniendo el hábito del baño diario, ya que se tendrían recolectados 179,6 L en el tanque.

**5.2.4 Acción del cloro en el tratamiento del agua gris recogida.** Se verificó experimentalmente un factor que en el marco de referencia ha sido indicado como una de los

inconvenientes de las aguas grises, que es la generación de olores pasadas 72 horas de estar almacenadas.

En el laboratorio donde se encuentra ubicado el prototipo se hizo el ejercicio de dejar reposadas estas aguas durante un periodo intersemestral donde no se utilizó el prototipo, ni se realizaron pruebas. Al cabo de cinco días se notaron olores desagradables procedentes del depósito.

Se hizo el ejercicio de suministrar cloro al agua y dejarla estancada durante 3 días. Se comprobó que esta agua almacenada no generó ningún tipo de olor desagradable. Lo anterior indica que el cloro si es efectivo para la eliminación de bacterias.

### **5.3 Valoración cuantitativa de la reducción en la demanda de agua potable para descarga de aguas residuales en sanitarios.**

Una vez realizadas las encuestas a la población seleccionada y las pruebas en el prototipo reciclador de aguas grises, junto con sus respectivos análisis, se obtiene la siguiente relación para valorar cuantitativamente la cantidad de agua potable que se dejaría de demandar para descargar aguas contaminadas en los sanitarios.

$$Rd = N_{hog} \times N_h \times N_d \times D_s$$

Donde

$R_d$  es la reducción en la demanda de agua potable para descarga de sanitarios.

$N_{hog}$  corresponde al número de viviendas que hay a 2011 en Bogotá

$N_h$  el número de habitantes por hogar

$N_d$  representa el número de descargas promedio hechas por una persona, mientras se encuentra en casa.

$D_s$  corresponde al volumen en  $m^3$  de agua que descarga el sanitario. Para este caso se tomó el sanitario estándar de 6 litro por descarga o  $0,006 m^3$ .

Reemplazando en esta fórmula los valores obtenidos se obtiene:

$$R_d = 1\ 841.042 \text{ hogares} \times 4.32 \frac{\text{habitantes}}{\text{hogar}} \times 3,259 \frac{\text{descargas}}{\text{día habitante}} \times 0,006 \frac{m^3}{\text{descarga}}$$

$$R_d = 155.518,85 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$R_d = 56\ 764.382,59 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Esta cantidad que se ahorraría mediante la implementación de tecnologías reutilizadoras de las aguas grises como la descrita en el presente proyecto de investigación, equivaldría a evitar utilizar la capacidad de un embalse como San Rafael que almacena aproximadamente 75 millones de metros cúbicos, para el arrastre de materia fecal, orina y otros fluidos y materias orgánicas.

Adicionalmente, junto con el hecho de que a futuro se verá amenazada la disponibilidad del agua potable, también se debe tener en cuenta que al aumentar la población de la ciudad con el paso del tiempo, la capacidad de tratamiento de aguas residuales en las plantas con que cuenta la EAAB (Fucha, Salitre y Tunjuelo) se verá mermada. Esto implica que se tenga que estar invirtiendo constantemente en proyectos de ampliación.

También es bien sabido que estas aguas una vez tratadas, son vertidas al río Bogotá, lo cual incrementa su caudal y disminuye su capacidad de resiliencia. La implementación de tecnologías de reutilización de aguas grises en los hogares de los estratos seleccionados, contribuiría a disminuir en un poco más de la mitad, la cantidad de agua residual a tratar en una

planta como Salitre o Tunjuelo. Cada una de ellas debe tratar alrededor de 126`144.000 m<sup>3</sup> al año de este tipo de aguas. (EAAB, 2013).

De otro lado, dejarían de tratarse y verterse al río Bogotá 56`764.382,59 de m<sup>3</sup> al año. Esta reducción conllevaría a disminuir el riesgo de desbordamientos e inundaciones de barrios y municipios cercanos a su cauce durante las épocas de lluvia.

### 5.3.1 Comparación con otros referentes

**5.3.1.1 Estudio “Cuatro años para salvar el agua de Bogotá”.** El estudio realizado por la EAAB y publicado en el diario El Tiempo, “Cuatro años para salvar el agua de Bogotá”, establece los siguientes datos con respecto a los consumos de agua potable. (Cortez, 2012)

**Tabla 8. Consumos de agua en Bogotá por estratos socioeconómicos, para diferentes usos domésticos.**

Estrato	Baños L/día-hab	Ducha L/día -hab	Lavadora L/día-hab	Grifos L/día-hab
1	20	15	24	41
2	25	15	19	40
3	24	17	20	39
4	32	18	18	32
5	32	19	18	31
6	32	18	16	33

*Nota.* Datos obtenidos de (Cortez, 2012)

**Tabla 9. Consumos totales de agua en Bogotá para estratos socioeconómicos**

Estrato	1	2	3	4	5	6
m <sup>3</sup> / mes-hogar	10,28	10,37	10,25	11,24	13,23	15,30
L/día-hab	73	73,67	72,67	77,33	93,67	108,67

*Nota.* Datos obtenidos de (Cortez, 2012)

En el caso de las descargas de sanitario, se observa que para los estratos 1, 2 y 3 la cantidad de agua descargada por habitante diariamente, está en promedio de 23 L/día -hab. Aquí

se debe tener en cuenta que el estudio referencia el término “Baños” que incluye sanitario y lavamanos.

Este valor es coherente con el obtenido en el trabajo de campo del presente estudio, en el cual se obtuvo que para esos tres estratos socioeconómicos, el valor promedio de agua descargada está en 19,554 L/día -hab.

Lo anterior da un valor confiable a la cantidad estimada de agua potable que pueda ahorrarse o dejar de ser demandada para descargar los sanitarios en la población perteneciente a estos estratos.

**5.3.1.2 Proyecto realizado por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.** El estudio realizado por estudiantes y profesores de la Universidad Nacional sede Bogotá, establecieron que el número de descargas del sanitario para clima frío como el de la capital colombiana, está entre 3 a 5 descargas por habitante, mientras que en clima cálido es de 4 a 5. (UN Periodico , 2013)

Comparada esta cifra con la obtenida en el presente estudio, el valor es muy próximo, aclarando que el valor ponderado obtenido se hizo aclarándole al encuestado que respondiera la pregunta sobre las descargas de sanitario hechas, estando en casa.

En cuanto al prototipo reciclador de aguas grises de esta institución, comparado con el desarrollado en la Fundación Universitaria Los Libertadores, éste opera de forma muy similar pero se encontró que no recupera buena parte del agua de la ducha y que implica la instalación elevada de un tanque de almacenamiento que requiere de espacio adicional, el cual no estaría disponible en la gran mayoría de los hogares bogotanos.



Tampoco se tuvo en cuenta el problema de generación de olores en las aguas grises, que pasadas las 72 horas de su almacenamiento, permiten el desarrollo de microorganismos que los generan.

**5.3.1.3 Proyecto de acuerdo 134 de 2013.** Los concejales Maria Clara Name y César García, propusieron en el Concejo de Bogotá el proyecto de acuerdo 134 de 2013, el cual tienen por objetivo promover alternativas de ahorro de agua en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones. (Name, 2013)

Uno de los argumentos que presentaron para su debate fueron algunas cifras de la Fundación Corona en la que se afirma “Para el siguiente ejemplo, se toma la base de un consumo en inodoro de 6 litros por cada descarga, con una población por hogar promedio de 4 personas, de las cuales 2 son hombres que utilizan el baño para evacuar orina 4 veces al día, al realizar este ejercicio éste arrojaría datos en donde por día un predio gastaría 48 litros en descargas del inodoro, 1.440 litros al mes y 17.280 litros al año” . (Name, 2013).

El estudio de esta investigación discrepa con esta afirmación puesto que se toma el supuesto en que las personas están todo el tiempo en la casa. Adicionalmente pretenden la implementación de orinales con el argumento de que a diferencia del sanitario, éste utiliza solo 1 lpd en lugar de 6.

Los argumentos de este proyecto no son muy confiables para la estimación de la demanda de agua en sanitarios.

## 6. Estudio económico

Al ser el presente estudio, un proyecto de tipo social y ambiental, no se evalúa como un proyecto de inversión privada. La evaluación social mide el impacto de un proyecto sobre todos los elementos que pueden contribuir al bienestar nacional, incluyendo la redistribución de ingresos y riquezas. (Mokate, 2003)

Si bien el objetivo de estudio del presente proyecto es la cuantificación de la demanda de agua potable para descarga en sanitarios, este preciado recurso tiene un valor económico para la empresa prestadora del servicio y para los usuarios, habrá un beneficio tanto para el Medio Ambiente como para la población de la ciudad de Bogotá hacia el futuro.

### 6.1 Costo del agua utilizada en descarga de sanitarios

Para la estimación de este costo se tomó como referente el documento Anexo J, tomado de la página oficial de la EAAB que establece las tarifas del año 2013 en todos los estratos socioeconómicos.

Se calculó la media ponderada para determinar el valor del m<sup>3</sup> de agua para estos estratos.

**Tabla 10. Cálculo de la media ponderada para determinar el valor del m<sup>3</sup> de agua para estratos 1, 2 y 3.**

Estrato	Cargo básico	Consumo básico \$/m <sup>3</sup>	No Hogares
1	4281,64	727,19	204.385
2	8563,26	1454,39	817.311
3	12131,28	2060,38	819.346
			1'841.042

Nota : Datos suministrados por la EAAB. Estructura tarifaria para suscriptores en Bogotá D.C. a 2013.

Con estos datos el valor medio ponderado del  $m^3$  en los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3, es de \$1.643,53.

Se toma solamente para esta población, ya que ese fue el alcance del presente estudio.

El costo del agua que deja de requerirse para descargar los sanitarios de estos estratos sería:

Mensualmente:

$$Cd = R_d \times C_{mc}$$

$$= 4\,665.566,5 \frac{m^3}{mes} \times \frac{\$}{m^3} 1643,35 = \$ 766\,730.414,40$$

Donde  $C_d$  es el costo del agua que deja de demandarse para descarga de sanitarios,  $R_d$  la cantidad de agua que deja de consumirse en este uso y  $C_{mc}$  es el costo del metro cúbico para los estratos del estudio.

Anualmente sería:

$$Cd = R_d \times C_{mc}$$

$$= 56\,764.382,59 \frac{m^3}{mes} \times \frac{\$}{m^3} 1643,35 = \$ 93.283\,748.130,00$$

Este valor permitiría a la EAAB, invertir en nuevos proyectos de cobertura, o recuperación de humedales y cuencas hídricas, o en la implementación de proyectos de alternativas de uso de ahorro de agua como las descritas en el presente proyecto.

## 6.2 Incidencia sobre el costo operacional del tratamiento de agua residual para la EAAB

Para determinar el beneficio que le traería a la EAAB, el ahorro de agua que deja de descargarse en sanitarios y que finalmente terminaría en una PTAR, se tomó como referencia la siguiente información a 2012 de los costos operacionales de la Planta el Salitre.

Esta planta está construida para realizar tratamiento primario a una tasa de 4 m<sup>3</sup>/s. Este tratamiento se realiza químicamente asistido mediante las etapas de cribado, desarenado, desengrasado y clasificado.

**Tabla 11. Costos operacionales mensuales de la PTAR Salitre.**

Mes	Energía eléctrica	Mtto zonas	Mano obra área	Costo consumos almacén	Mano obra total áreas	Total costo mensual operación	Costo promedio m <sup>3</sup> /mes
Enero	176'296.840	94'799.789	147'741.935	410'720.937	410'720.937	1.240'280.438	119,63
Febrero	154'712.560	114'351.717	182'974.152	648'641.402	831'615.554	1.932'295.385	186,37
Marzo	156'013.210	125'460.620	169'667.959	750'835.369	750'835.369	1.952'812.527	188,35
Abril	189'056.840	101'206.250	169'667.959	547'635.686	717'303.645	1724'870.380	166,36
Mayo	156'013.210	81'612.320	165'445.501	161'669.718	327'115.219	891'855.968	86,02
Junio	145'635.570	109'643.209	160'033.960	410'559.903	570'593.863	1.396'466.505	134,69
Julio							
Agosto	144'607.150	59'100.901	167'120.525	1.112'524.623	1.279'645.147	2.762'998.346	266,49
Septiembre	145'752.060	67'546.668	163'310.005	614'866.785	77'8176.790	1.769'652.308	170,68
Octubre	150354840	60581580	166537516	496925243	663462759	1.537'861.938	148,33
Noviembre	144'607.150	145'436.029	242'329.208	300'056.030	542'385.238	1.374'813.655	132,60
Diciembre	155'011.240	204'538.118	234'474.196	796'941.412	1.031'415.608	2.422'380.574	233,64

Nota. Datos suministrados por (EAAB, 2013)

La última columna se obtiene de dividir los costos totales mensuales por 10'368.000 m<sup>3</sup>/mes que corresponden la capacidad de tratamiento de agua residual en esta PTAR.

Con la información anterior se determina que el costo promedio del m<sup>3</sup>/ mes de una planta de este tipo, es de \$166,65.

Mensualmente se pretende ahorrar o evitar demandar  $4\ 188.454,5\ m^3$ , los cuales no irían a la PTAR.

Esto representa

$$4\ 188.454,5 \frac{m^3}{mes} \times \frac{\$166,65}{m^3} = \$698\ 005.942,4$$

Que se ahorrarían mensualmente en la operación de una PTAR, anualmente serían

$$C_{PTAR} = \$ 8.376\ 071.309,00$$

El total de costos operacionales reducido  $R_{cop}$  tanto en demanda como en tratamiento para la EAAB sería.

$$R_{cop} = C_d + C_{PTAR} = \$ 93283\ 748.130,00 + \$ 8376\ 071.309,00 = \$ 101.659\ 819.400,00$$

### 6.3 Costos asociados a la implementación del reciclador de aguas grises

Los siguientes costos de construcción del prototipo desarrollado por los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Fundación Universitaria Los Libertadores. (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)

**Tabla 12. Relación de costos del proyecto de construcción del prototipo reciclador de aguas grises.**

Descripción	Costo
Cofre de 100 x 100 x 200 mm	30.000
Selector muletilla de seguridad	16.000
Piloto señalización tipo Led 110 voltios AC	24.000
Breaker de protección 1 x 5 mm	12.000
Bornera de conexión para 10 A, de 10 salidas	21.000
1 metro de cable AWG para conexión cable de control	26.000

**Tabla 12** (Continua)

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
1 metro de manguera transparente refuerzo anillo de ½”	90.000
Acople ½” x ½” en nylon para conexiones	35.000
Abrazadera de ½” acero inoxidable	35.000
Kit montaje tablero de control	160.000
1 metro de manguera transparente refuerzo anillo de 3/8”	90.000
Bomba eléctrica de ¼ hp a 110 V AC	250.000
Sensor de nivel para tanque ¼” NC	272.000
Válvula solenoide CNX 110 V AC (2)	220.000
Bomba dosificadora	1´102.000
Tanque de almacenamiento	441.000
<b>TOTAL</b>	<b>2´824.000</b>

Nota. Datos obtenidos de (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)

En este aspecto se debe tener en cuenta que éste fue un proyecto netamente académico, y que su implementación a la escala del presente proyecto de investigación, por ser un proyecto de tipo social y ambiental, requiere el planteamiento de algunos escenarios para su aplicabilidad en los hogares del común.

Por ejemplo, si se va a llevar a cabo la implementación en el número de hogares, descrito 1´841.042, las empresas que fabriquen y/o comercialicen este tipo de dispositivos, deberán competir a precios razonables en el mercado. Esto significa que el fabricante y/o distribuidor de sensores, electroválvulas, bombas, comercializar grandes cantidades de estos componentes, sus costos se reducen significativamente al venderlos para este proyecto.

Con base a lo anterior, se plantean los siguientes escenarios para la implementación de los prototipos en los hogares de los estratos 1, 2 y 3.

**6.3.1 Escenarios con respecto al valor original del prototipo desarrollado.** Se plantean las siguientes posibilidades de valor de venta al usuario con respecto al valor original del prototipo obtenido.

**Tabla 13. Escenarios con el valor reducido original del prototipo reciclador de aguas grises.**

Porcentaje con respecto al valor original	Valor prototipo	Valor con instalación	Valor/ ahorro mensual factura	Años	Inversión en los hogares por parte de EAAB
100%	\$2'824.000				5.200.000'000.000,00
30%	\$ 847.200,00	\$ 922.200,00	221,43996	18,45333	1.697.808.932.400,00
25%	\$ 706.000,00	\$ 781.000,00	187,534818	15,6279015	1.437.853.802.000,00
20%	\$ 564.800,00	\$ 639.800,00	153,629675	12,8024729	1.177.898.671.600,00
15%	\$ 423.600,00	\$ 498.600,00	119,724533	9,97704439	917.943.541.200,00
10%	\$ 282.400,00	\$ 357.400,00	85,8193903	7,15161586	657.988.410.800,00

Nota. Datos obtenidos de (Díaz, Pérez, Rodríguez, 2012)

Para estos escenarios se toma como el siguiente cálculo para determinar el valor del agua que deja de descargarse en el sanitario por hogar, y que se reflejaría en la factura del servicio.

Volumen de agua descargada que deja de facturarse.

$$V_r = 19,554 \frac{l}{\text{día} - \text{hab}} \times 4,32 \frac{\text{hab}}{\text{hog}} \times \frac{1m^3}{1000l} = 0,08447 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Lo que significa que son 2,534 m<sup>3</sup>/mes, que se busca reducirlos en la factura del servicio.

El costo de dicha agua en la factura mensual sería:

$$C_{rf} = \frac{\$1643,35}{m^3} \times 2,534 \frac{m^3}{\text{mes}} = \frac{\$4164,56}{\text{mes}}$$

Para que la instalación de estos dispositivos sea viable y atractiva para la población de dichos estratos, se toma el escenario de darle un valor comercial y masificado al prototipo del 10% con respecto al valor original.

Esto implicaría que la EAAB debería invertir en los 1'841.042 hogares que totalizan estos estratos socioeconómicos, la suma de \$ 657.988'410.800,00.

Dividiendo este valor por \$101.659'819.400 que corresponde al dinero que se ahorra tanto por agua no consumida ni tratada en la PTAR, se tendría teóricamente que la EAAB al cabo de 6,5 años recuperaría la inversión en estos equipos.

Si en la práctica fuese imposible que la EAAB realizara el 100% de esta inversión, valdría la pena considerar la vinculación a este proyecto de organizaciones no gubernamentales internacionales que promueven y financian proyectos encaminados al tema del agua.

De acuerdo con el Allen, Smith y Palloniappan, (2010), se afirma que el costo inicial de un sistema reciclador de aguas grises, versus el valor mensual de la factura del servicio, hacen que la realización de dicha inversión no sea atractiva para empresas privadas. Se confirma que a nivel mundial este ha sido una de las limitantes de este tipo de tecnologías, ya que el elevado costo de la inversión inicial, se recupera hasta en un periodo de 20 años en la gran mayoría de los casos.

Por esta razón, esta inversión para la EAAB, se propone que se realice a través de organizaciones no gubernamentales, procedentes principalmente de países industrializados y que les interesa el tema de la conservación de fuentes hídricas, junto con el abastecimiento a las poblaciones.

#### **6.4 Vinculación de Organizaciones no gubernamentales para obtener el financiamiento para el proyecto. (MADS, 2013)**

De acuerdo con el MADS, algunos de los organismos no gubernamentales que les interesaría participar en proyectos relacionados con el tema de conservación y disponibilidad del recurso hídrico para la población serían:



**El Banco Mundial BM:** Su misión se centra en contribuir al crecimiento sostenible del país mediante el apoyo a una mejor infraestructura; al mejoramiento de la competitividad, promoviendo ajustes financieros; al desarrollo del sector privado; al manejo sostenible del medio ambiente y de los recursos naturales, a la prevención y manejo de desastres naturales entre otros; acciones apoyadas en fondos globales y regionales; estos fondos fueron constituidos por iniciativa multilateral para atender problemas específicos globales o regionales como el Global Environment Facility, GEF para financiar proyectos enmarcados en el Protocolo de Montreal, esquemas sostenibles de financiación de vivienda y micro-financiación accesible a la población con menores ingresos; el Banco Mundial apoya al MADS en la preservación, protección y conservación de la biodiversidad; la competitividad empresarial y de mercados, el desarrollo del sector rural, la agricultura sostenible, la generación de ingresos para población vulnerable y el crecimiento Sostenible.

**El Banco Interamericano de Desarrollo BID:** Ha hecho especial énfasis en la protección y gestión medio ambiental; el desarrollo social, la protección y la generación de ingresos para población vulnerable, busca mejorar la gobernabilidad del país y apoyar el proceso de modernización del Estado.

**Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez:** El Fondo Acción fue creado en 2000 en desarrollo de un acuerdo bilateral entre los gobiernos de la República de Colombia y de los Estados Unidos de América, en el marco de la Iniciativa para las Américas. La Iniciativa ha promovido la reducción de deuda y la celebración de acuerdos de canje de deuda por naturaleza. Los recursos de los canjes se han canalizado a través de una cuenta especial conocida como Cuenta de las Américas. Adicionalmente, la Iniciativa ha estimulado la creación de Fondos

Ambientales en los países de la región, muchos de los cuales se encuentran afiliados a la Red de Fondos Ambientales de Latinoamérica y el Caribe -RedLAC.

**El Fondo para el Medio Ambiente Mundial -FMAM** -The Global Environment Facility (GEF) reúne 182 miembros de gobiernos en asociación con instituciones internacionales, organizaciones no gubernamentales y el sector privado con el fin de abordar temas ambientales, especialmente para financiar acciones tendientes a contrarrestar los efectos del cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la desertificación, la degradación de las aguas internacionales, la capa de ozono y los contaminantes. Estos proyectos representan un beneficio para el medio ambiente global al unir acciones locales, nacionales y globales para cumplir con los desafíos ambientales globales y para promover hábitats sostenibles

**UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza:** Colabora con los países en la implementación de las estrategias de desarrollo ambiental y humano sostenible, conservación y uso sostenible de la biodiversidad así como la implementación de estrategias para la conservación de ecosistemas hídricos regionales, cuencas, humedales, reservorios de aguas continentales y ecosistemas marinos y costeros; conservación de áreas protegidas y bosques tropicales; gestión ambiental urbana.

**UN-HABITAT Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos:** Este programa de cooperación apoya desde hace muchos años a Colombia; promoviendo en el desarrollo de programas de vivienda de interés social, la provisión de agua potable y saneamiento básico en armonía con el medio ambiente para los barrios más pobres y asentamientos humanos más vulnerables. La cooperación apoya la implementación de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo sobre "Ciudades Amables" y la vivienda de interés Social VIS, y a la implementación de la agenda hábitat sostenible con la Agenda XXI cuyo

propósito es mejorar las condiciones y la calidad de vida de los asentamientos humanos marginales.

**WWF Fondo Mundial para el Medio Ambiente:** Los programas de cooperación están orientados a la conservación de la biodiversidad, desarrollo sostenible, cambio climático, bosques, conservación marina, protección y conservación de los bosques tropicales, entre otros. La WWF también promueve la protección de los páramos y bosques alto andinos, la caracterización y análisis de los principales procesos y dinámicas ecológicas e hidrológicas, la ampliación de la cobertura nacional de los sitios Ramsar, la restauración de paisajes forestales en corredores ecológicos que permiten conectar el sistema de parques naturales en áreas fronterizas y el fortalecimiento de la gestión integral y participativa de las áreas protegidas.

A través de estas organizaciones, se vinculan muchas más en diferentes países industrializados que buscan invertir en este tipo de proyectos.

Para la presente investigación, si la EAAB, considera no hacer la totalidad de la inversión, puede apelar al patrocinio de varias de estas entidades, para contribuir a la implementación del sistema reciclador propuesto. Al referir las posibles fuentes de financiación, se están estableciendo las bases para la implementación de proyectos a una escala mayor, como la implementación en nuevos proyectos de construcción de unidades habitacionales.

## 7. Conclusiones

- Se permitió obtener una muestra de población, confiable en número y altamente pertinente a la población de estratos socioeconómicos 1, 2 y 3, que permitió conocer significativamente sus hábitos de uso de agua, percepción sobre la prestación del servicio y grado de conciencia sobre los problemas que amenazan la disponibilidad del agua para la ciudad.

- Se identificaron plenamente los hábitos de consumo de agua potable en los habitantes pertenecientes a los estratos objeto de estudio. Como datos relevante se encontró que los habitantes en promedio descargan el sanitario hasta 3,259 veces por día el sanitario estando en casa, y que los hogares se componen de 4,32 habitantes.

- Mediante la realización de unas pruebas de laboratorio, se encontró que el prototipo propuesto, diseñado y construido por estudiantes de pregrado de Ingeniería Mecánica, es perfectamente adaptable a las necesidades y hábitos del ciudadano de los estratos mencionados. Adicionalmente, ofrece mayores ventajas sobre otros modelos similares propuestos.

- El valor original de la construcción del prototipo, para poder ser comercializado a gran escala e implementado en la totalidad de los hogares del estudio, debe reducirse en un 90%. Esto se puede lograr en la medida que se masifique la tecnología, puesto que los fabricantes y/o distribuidores manejarían cantidades mayores de componentes.

- La implementación de este tipo de proyecto en los hogares objeto de estudio de la investigación, le ahorraría unos costos de operación a la EAAB en suministro de agua potable y tratamiento de agua en una PTAR, del orden de \$101.659'819.400,00 por año.

- Si bien la EAAB es una empresa solvente, la inversión para implementar la tecnología, requerirá de la financiación de organismos no gubernamentales que fomentan la implementación de este tipo de programas, para que esta resulte atractiva a todas las partes interesadas.
- Inicialmente este tipo de proyectos tienen buena acogida dentro de las comunidades académicas y científicas, pero toman tiempo o no se les presta atención en la mayoría de las empresas prestadoras del servicio, especialmente al referirse al tema de inversiones.
- Finalmente, se logró determinar cuantitativamente y basado en un trabajo de campo, la reducción de agua potable descargada en sanitarios para los hogares de estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 en la ciudad de Bogotá D.C. la cuál puede reducirse con la implementación del prototipo desarrollado.

## 8. Recomendaciones

- Extender el estudio a los estratos socioeconómicos 4, 5 y 6, aplicando los mismos instrumentos (encuestas) en los sitios donde sus habitantes convergen. (Colegios, universidades, restaurantes, clubes, bares, etc.).
- Realizar el estudio con la implementación de otras alternativas como el uso de baldes y tinas para la recolección de este tipo de aguas y su uso en la descarga de sanitarios.
- Proponer un ensayo de implementación tipo “demo” en algún proyecto de construcción de vivienda a ejecutarse o en desarrollo con el fin de mostrar los beneficios de este tipo de tecnologías.
- Proponer la creación de un evento a nivel regional o nacional, en el cual el objetivo sea la presentación de todas las posibles propuestas encaminadas a la conservación de las fuentes hídricas mediante el buen uso del agua.
- Como resultado de la anterior recomendación, se debe crear una asociación que agrupe o reúna a todas las partes interesadas en la implementación de tecnologías y alternativas para el ahorro del agua. La consolidación en el tiempo de dicha asociación lograría la consecución de muchos de estos propósitos y evitaría que se siguieran proponiendo cosas de forma aislada como se ha venido haciendo hasta la fecha.
- Desarrollar un nuevo proyecto a partir de la presente investigación, encaminado a buscar el respaldo económico de una ONG de algún país industrializado, para llevar a cabo su implementación en Colombia.

### Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Bogotá. (2012). Bogotá ciudad de estadísticas. Boletín No 40. Recuperado el 25 de abril de 2013, de  
<<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Informaci%F3nTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2012>>
- Allen, L., Smith, J., Paloniappan, M. (2010). Overview of greywater reuse. The potential of graywater systems to aid sustainable water management. Pacific Institute. Boston: Mc Graw Hill.
- Autor. (2013). Obtenido de Apertura válvula en prototipo reciclador de aguas grises: <http://www.youtube.com/watch?v=V0JLkkTd4ag&feature=youtu.be>
- Calculator, R. s. (2013). Obtenido de Raosoft.
- Díaz, Pérez, Rodríguez. (2012). Diseño, implementación y evaluación de prototipo para un sistema de reutilización de aguas grises que reduzca el consumo de agua potable en una vivienda unifamiliar. Tesis de grado. Bogotá: Fundación Universitaria Los Libertadores.
- EAAB. (2013). Dirección de abastecimiento - Estudio de la población y demanda. Bogotá.
- EAAB. (2006). Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá .Documento técnico Plan maestro de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Recuperado el 12 de julio de 2013, de  
<<http://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/empresa/DocumentotecnicoDTS.pdf>>
- ElTiempo. (Agosto de 2012). Recuperado el 2013, de [http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar\\_agua\\_bogota/](http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar_agua_bogota/)
- Jiménez, J. y Valderrama, A. (2013). El Agua en Bogotá. Recuperado el 21 de octubre de 2013, de <<http://tecnologiasociedad.uniandes.edu.co/BorradoresTyS/agua.pdf> >
- Journalimex. (2010). Sistema semiautomático para tratar aguas residuales en unidades habitacionales. . Recuperado el 27 de junio de 2013, de  
<<http://journalmex.wordpress.com/2010/02/01/sistema-semiautomatico-para-tratar-aguas-residuales-en-unidades-habita>>
- Kestler. (2004). Uso, reuso y reciclaje de agua en una vivienda. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Ley 373 . (1997). Sobre ahorro y uso eficiente del agua. Recuperado el 14 de mayo de 2013, de <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/ahorro.pdf>>

Lingner. (2008). Reciclaje de aguas grises – una solución eficaz y económica. Recuperado el 27 de junio de 2013, de <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/ecuador10/gris.pdf>>

López, J. Vergara, N. . (2011). Elaboración de una guía ambiental para reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas residuales en edificaciones. . Bucaramanga: Unversidad Industrial de Santander.

MADS. (Noviembre de 2013). Recuperado el 2013, de Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo sostenible:

<http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=1063&conID=4769>

Market Research Surveys. (2013).

Mejía. (2004). Reutilización de aguas domésticas XIV Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Quindío: Universidad del Quindío.

Mokate, C. (2003). En Evaluación económica y social de proyectos de inversión (pág. 91). Bogotá D.C.: Alfaomega, Ediciones Uniandes.

Morales. (2012). Estadística aplicada a las ciencias sociales. Tamaño necesario de la muestra. ¿Cuántos sujetos necesitamos?. Recuperado el 13 de septiembre de 2013, de <<http://www.upcomillas.es/personal/peter/investiga>>

Name, G. (Abril de 2013). Concejo de Bogotá. Recuperado el Noviembre de 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53667#>

Normatividad ambiental sobre el recurso hídrico. (2013). 16 Normatividad ambiental sobre el recurso hídrico. Recuperado el 12 de mayo de 2013, de <[http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2\\_8\\_Normatividad\\_sobre\\_el\\_recurso\\_hidr](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_8_Normatividad_sobre_el_recurso_hidr)>

Pérez. (1997). La crisis del agua en Bogotá. Recuperado el 12 de agosto de 2013, de <[http://facartes.unal.edu.co/portal/publicaciones/bitacoraut/1/dossier/crisis\\_agua\\_bogota.pdf](http://facartes.unal.edu.co/portal/publicaciones/bitacoraut/1/dossier/crisis_agua_bogota.pdf)>

Pérez, R. (1997). Instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas en edificaciones. En R. P. Carmona. Bogotá D.C.: Ascotplo.

Pérez,E. . (1997). La crisis del agua en Bogotá. Recuperado el 10 de marzo de 2013, de <[http://facartes.unal.edu.co/portal/publicaciones/bitacoraut/1/dossier/crisis\\_agua\\_bogota.pdf](http://facartes.unal.edu.co/portal/publicaciones/bitacoraut/1/dossier/crisis_agua_bogota.pdf)>

Rojas. (2004). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.



Secretaría Distrital de Planeación . (2011). Subdirección de información y estudios estratégicos. Población viviendas y hogares por estrato socioeconómico. Recuperado el 3 de septiembre de 2013, de

<[http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sdp.gov.co%2Fportal%2Fpage%2Fportal%2FPortalSDP%2FInformaci%25F3nTomaDecisiones%2FEstadisticas%2FProyecci%25F3nPoblaci%25F3n%2F02\\_Poblacion\\_viviendas\\_hog](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sdp.gov.co%2Fportal%2Fpage%2Fportal%2FPortalSDP%2FInformaci%25F3nTomaDecisiones%2FEstadisticas%2FProyecci%25F3nPoblaci%25F3n%2F02_Poblacion_viviendas_hog)>

Secretaría Distrital de Planeación. (2011). Subsecretaría de información y estudios estratégicos. Población viviendas y hogares por estrato socioeconómico. Recuperado el 10 de agosto de 2013, de

<<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Informaci%F3nTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/2012>>




UN Periodico . (2013). Crean dispositivo para ahorrar agua en el hogar. Recuperado el 25 de agosto de 2013, de <<http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/crean-dispositivo-para-ahorrar-agua-en-el-hogar.html>>

UPME. (2013). Normatividad ambiental y sanitaria. Recuperado el 14 de 05 de 2013, de <[http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2\\_8\\_Normatividad\\_sobre\\_el\\_recurso\\_hidr](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_8_Normatividad_sobre_el_recurso_hidr)>

## **Anexos**

## Anexo A

**Informe Secretaría Distrital de Planeación. Población, vivienda y hogares por estrato socioeconómico. 2011. (Resumen)**

  	SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN SUBSECRETARÍA DE INFORMACIÓN Y ESTUDIOS ESTRATÉGICOS DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN, CARTOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA
	INVENTARIO DE INFORMACIÓN EN MATERIA ESTADÍSTICA SOBRE BOGOTÁ <b>2. POBLACIÓN, VIVIENDAS Y HOGARES POR ESTRATO SOCIOECONOMICO</b>

Población por estrato socioeconómico							
Personas Sin estrato *	Personas 1. Bajo - bajo	Personas 2. Bajo	Personas 3. Medio - bajo	Personas 4. Medio	Personas 5. Medio - Alto	Personas 6. Alto	Total Personas
122.526	705.536	2.938.962	2.668.455	706.191	195.873	130.261	7.467.804

Hogares por estrato socioeconómico							
Hogares Sin estrato *	Hogares 1. Bajo - bajo	Hogares 2. Bajo	Hogares 3. Medio - bajo	Hogares 4. Medio	Hogares 5. Medio - Alto	Hogares 6. Alto	Total Hogares
29.770	204.385	817.311	819.346	255.209	72.748	52.401	2.251.170

Viviendas por estrato socioeconómico							
Viviendas Sin estrato *	Viviendas 1. Bajo - bajo	Viviendas 2. Bajo	Viviendas 3. Medio - bajo	Viviendas 4. Medio	Viviendas 5. Medio - Alto	Viviendas 6. Alto	Total Viviendas
26.954	178.697	725.308	748.768	253.877	73.779	54.894	2.062.277

Nota: Datos obtenidos de (Secretaría Distrital de Planeación , 2011)

## Anexo B

## Diseño formato de encuesta

ENCUESTA DE ANÁLISIS SOBRE LOS HABITOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE, PERCEPCIÓN SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL AHORRO DEL LÍQUIDO	
Nombre _____ Institución _____ Teléfono _____	
Respetado encuestado(a). La presente encuesta busca obtener una aproximación de forma cuantitativa a los hábitos en el consumo del agua potable, especialmente los relacionados con el uso en duchas y descargas de sanitarios con miras a proponer mecanismos que permitan sugerir la implementación de dispositivos o tecnologías que ayuden a ahorrar agua, de tal forma que se garantice su disponibilidad para los próximos años.	
+ + Por favor marque la respuesta que considera se aplica en su caso, de acuerdo a sus hábitos de consumo y al lugar donde Ud. reside.	
1. Indique el estrato en que reside. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___	2. Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. Reside. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10 ___ más de 10 ___
3. Indique el número de baños con que cuenta la residencia. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___	4. Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___
5. Indique la capacidad en litros del tanque del sanitario. Inferior a 6 L ___ 6 L ___ Mayor 6 L ___	6. Indique el número de veces promedio que cada habitante de la vivienda descarga el sanitario, estando en casa. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ más ___
7. Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse. 5 a 15 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 + 15 a 30 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 + 30 a 45 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 + 45 ó más cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	8. Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo. Ducha ___ Lavamanos ___ Sanitario ___ Lavado ropa ___ Limpieza vivienda ___ Cocina ___ Jardinería ___ Lavado carro ___ Mascota ___
Las siguientes preguntas están relacionadas con la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado gestionado por la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.), y su apreciación sobre la calidad del mismo.	
9. La calidad del agua que Ud. Recibe es: Excelente ___ Muy buena ___ Buena ___ Regular ___ Deficiente ___ No sabe ___	10. La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da: Siempre ___ Con interrupciones ___ Nunca ___
11. El valor de la factura para su residencia oscila entre: \$20.000 a 40.000 ___ \$40.000 a 60.000 ___ \$60.000 a 80.000 ___ \$80.000 o más ___	12. En términos generales, su percepción sobre la calidad en la prestación del servicio de agua potable es: Excelente ___ Muy buena ___ Buena ___ Regular ___ Deficiente ___
Las siguientes preguntas buscan conocer su grado de información acerca de la problemática que amenaza a la ciudad de Bogotá con respecto a disponibilidad de agua para los próximos años.	
13. ¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años. SI ___ NO ___ PARCIALMENTE ___	14. ¿Es consciente de que esta escasez se acelerará si se siguen desperdiciando agua como se ha venido haciendo? SI ___ NO ___ PARCIALMENTE ___
15. ¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas? SI ___ NO ___ PARCIALMENTE ___	16. ¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable? SI ___ NO ___ PARCIALMENTE ___

Anexo C

Encuesta diligenciada No 1

①

**ENCUESTA DE ANÁLISIS SOBRE LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE, PERCEPCIÓN SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL AHORRO DEL LÍQUIDO**

Nombre Kelly Ramirez Furtado Institución Libertadores 2 Teléfono 320 5550825

Respetado encuestado(a),

La presente encuesta busca obtener una aproximación de forma cuantitativa a los hábitos en el consumo del agua potable, especialmente los relacionados con el uso en duchas y descargas de sanitarios con miras a proponer mecanismos que permitan sugerir la implementación de dispositivos o tecnologías que ayuden a ahorrar agua, de tal forma que se garantice su disponibilidad para los próximos años.

**Por favor marque la respuesta que considera se aplica en su caso, de acuerdo a sus hábitos de consumo y al lugar donde Ud. reside.**

1. Indique el estrato en que reside. 1 ___ 2 ___ 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 ___ 5 ___ 6 ___	2. Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. Reside. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10 ___ más de 10 ___
3. Indique el número de baños con que cuenta la residencia. 1 ___ 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 ___ 4 ___	4. Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario. 1 ___ 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 ___ 4 ___
5. Indique la capacidad en litros del tanque del sanitario. Inferior a 6 L <input checked="" type="checkbox"/> 6 L ___ Mayor 6 L ___	6. Indique el número de veces promedio que cada habitante de la vivienda descarga el sanitario, estando en casa. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 <input checked="" type="checkbox"/> más ___
7. Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse.	8. Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo.
5 a 15 minutos cuántas personas? 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 3 4 5 6 +	Ducha <u>3</u> Lavamanos <u>5</u> Sanitario <u>5</u>
15 a 30 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	Lavado ropa <u>1</u> Limpieza vivienda <u>2</u> Cocina <u>4</u>
30 a 45 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	Jardinería <u>1</u> Lavado carro <u>1</u> Mascota <u>1</u>
45 ó más cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	

**Las siguientes preguntas están relacionadas con la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado gestionado por la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.), y su apreciación sobre la calidad del mismo.**

9. La calidad del agua que Ud. Recibe es: Excelente ___ Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> Buena ___ Regular ___ Deficiente ___ No sabe ___	10. La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da: Siempre <input checked="" type="checkbox"/> Con interrupciones ___ Nunca ___
11. El valor de la factura para su residencia oscila entre: \$20.000 a 40.000 ___ \$40.000 a 60.000 ___ \$60.000 a 80.000 ___ \$80.000 o más <input checked="" type="checkbox"/>	12. En términos generales, su percepción sobre la calidad en la prestación del servicio de agua potable es: Excelente ___ Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> Buena ___ Regular ___ Deficiente ___

**Las siguientes preguntas buscan conocer su grado de información acerca de la problemática que amenaza a la ciudad de Bogotá con respecto a disponibilidad de agua para los próximos años.**

13. ¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años. SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	14. ¿Es consciente de que esta escasez se acelerará si se siguen desperdiciando agua como se ha venido haciendo? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___
15. ¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	16. ¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___

Anexo D

Encuesta diligenciada No 125

125

**ENCUESTA DE ANÁLISIS SOBRE LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE, PERCEPCIÓN SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL AHORRO DEL LÍQUIDO**

Nombre Geik Borden Sandoval Institución Fundación U. los Libroides Teléfono 7219096

Respetado encuestado(a).

La presente encuesta busca obtener una aproximación de forma cuantitativa a los hábitos en el consumo del agua potable, especialmente los relacionados con el uso en duchas y descargas de sanitarios con miras a proponer mecanismos que permitan sugerir la implementación de dispositivos o tecnologías que ayuden a ahorrar agua, de tal forma que se garantice su disponibilidad para los próximos años.

Por favor marque la respuesta que considera se aplica en su caso, de acuerdo a sus hábitos de consumo y al lugar donde Ud. reside.									
1. Indique el estrato en que reside. 1 ___ 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___	2. Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. Reside. 1 ___ 2 ___ 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 ___ 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10 ___ más de 10 ___								
3. Indique el número de baños con que cuenta la residencia. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___	4. Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___								
5. Indique la capacidad en litros del tanque del sanitario. Inferior a 6 L <input checked="" type="checkbox"/> 6 L ___ Mayor 6 L ___	6. Indique el número de veces promedio que cada habitante de la vivienda descarga el sanitario, estando en casa. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ más <input checked="" type="checkbox"/>								
7. Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">5 a 15 minutos cuántas personas?</td> <td>1 2 <input checked="" type="radio"/> 4 5 6 +</td> </tr> <tr> <td>15 a 30 minutos cuántas personas?</td> <td>1 2 3 4 5 6 +</td> </tr> <tr> <td>30 a 45 minutos cuántas personas?</td> <td>1 2 3 4 5 6 +</td> </tr> <tr> <td>45 ó más cuántas personas?</td> <td>1 2 3 4 5 6 +</td> </tr> </table>	5 a 15 minutos cuántas personas?	1 2 <input checked="" type="radio"/> 4 5 6 +	15 a 30 minutos cuántas personas?	1 2 3 4 5 6 +	30 a 45 minutos cuántas personas?	1 2 3 4 5 6 +	45 ó más cuántas personas?	1 2 3 4 5 6 +	8. Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo. Ducha <u>5</u> Lavamanos <u>5</u> Sanitario <u>5</u> Lavado ropa <u>5</u> Limpieza vivienda <u>5</u> Cocina <u>4</u> Jardinería <u>1</u> Lavado carro <u>4</u> Mascota <u>0</u>
5 a 15 minutos cuántas personas?	1 2 <input checked="" type="radio"/> 4 5 6 +								
15 a 30 minutos cuántas personas?	1 2 3 4 5 6 +								
30 a 45 minutos cuántas personas?	1 2 3 4 5 6 +								
45 ó más cuántas personas?	1 2 3 4 5 6 +								
Las siguientes preguntas están relacionadas con la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado gestionado por la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.), y su apreciación sobre la calidad del mismo.									
9. La calidad del agua que Ud. Recibe es: Excelente ___ Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> Buena ___ Regular ___ Deficiente ___ No sabe ___	10. La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da: Siempre <input checked="" type="checkbox"/> Con interrupciones ___ Nunca ___								
11. El valor de la factura para su residencia oscila entre: \$20.000 a 40.000 ___ \$40.000 a 60.000 ___ \$60.000 a 80.000 ___ \$80.000 o más <input checked="" type="checkbox"/>	12. En términos generales, su percepción sobre la calidad en la prestación del servicio de agua potable es: Excelente ___ Muy buena ___ Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular ___ Deficiente ___								
Las siguientes preguntas buscan conocer su grado de información acerca de la problemática que amenaza a la ciudad de Bogotá con respecto a disponibilidad de agua para los próximos años.									
13. ¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años. SI ___ NO <input checked="" type="checkbox"/> PARCIALMENTE ___	14. ¿Es consciente de que esta escasez se acelerará si se siguen desperdiciando agua como se ha venido haciendo? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___								
15. ¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	16. ¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable? SI ___ NO <input checked="" type="checkbox"/> PARCIALMENTE ___								

## Anexo E

## Encuesta diligenciada No 264

ENCUESTA DE ANÁLISIS SOBRE LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE, PERCEPCIÓN SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL AHORRO DEL LÍQUIDO	
Nombre <u>Johan Orlando Rios O.</u> Institución <u>F.U. los libertadores</u> Teléfono <u>4882620</u>	
Respetado encuestado(a).	
La presente encuesta busca obtener una aproximación de forma cuantitativa a los hábitos en el consumo del agua potable, especialmente los relacionados con el uso en duchas y descargas de sanitarios con miras a proponer mecanismos que permitan sugerir la implementación de dispositivos o tecnologías que ayuden a ahorrar agua, de tal forma que se garantice su disponibilidad para los próximos años.	
Por favor marque la respuesta que considera se aplica en su caso, de acuerdo a sus hábitos de consumo y al lugar donde Ud. reside.	
1. Indique el estrato en que reside. 1 ___ 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___	2. Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. Reside. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 <input checked="" type="checkbox"/> 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10 ___ más de 10 ___
3. Indique el número de baños con que cuenta la residencia. ___ 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___	4. Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___
5. Indique la capacidad en litros del tanque del sanitario. Inferior a 6 L ___ 6 L <input checked="" type="checkbox"/> Mayor 6 L ___	6. Indique el número de veces promedio que cada habitante de la vivienda descarga el sanitario, estando en casa. 1 ___ 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ más ___
7. Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse.	8. Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo.
5 a 15 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 <input checked="" type="checkbox"/> 6 +	Ducha <u>4</u> Lavamanos <u>2</u> Sanitario <u>4</u>
15 a 30 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	Lavado ropa <u>3</u> Limpieza vivienda <u>3</u> Cocina <u>3</u>
30 a 45 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	Jardinería ___ Lavado carro ___ Mascota ___
45 ó más cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	
Las siguientes preguntas están relacionadas con la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado gestionado por la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.), y su apreciación sobre la calidad del mismo.	
9. La calidad del agua que Ud. Recibe es: Excelente ___ Muy buena ___ Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular ___ Deficiente ___ No sabe ___	10. La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da: Siempre <input checked="" type="checkbox"/> Con interrupciones ___ Nunca ___
11. El valor de la factura para su residencia oscila entre: \$20.000 a 40.000 ___ \$40.000 a 60.000 ___ \$60.000 a 80.000 <input checked="" type="checkbox"/> ___ \$80.000 o más ___	12. En términos generales, su percepción sobre la calidad en la prestación del servicio de agua potable es: Excelente ___ Muy buena ___ Buena <input checked="" type="checkbox"/> ___ Regular ___ Deficiente ___
Las siguientes preguntas buscan conocer su grado de información acerca de la problemática que amenaza a la ciudad de Bogotá con respecto a disponibilidad de agua para los próximos años.	
13. ¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años. SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	14. ¿Es consciente de que esta escasez se acelerará si se siguen desperdiciando agua como se ha venido haciendo? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___
15. ¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	16. ¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___

## Anexo F

## Encuesta diligenciada No 385

(385)

**ENCUESTA DE ANÁLISIS SOBRE LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE, PERCEPCIÓN SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y CONCIENCIACIÓN SOBRE EL AHORRO DEL LÍQUIDO**

Nombre Ledy Juliana Zamora Institución F.U. Libertadores Teléfono \_\_\_\_\_

Respetado encuestado(a).

La presente encuesta busca obtener una aproximación de forma cuantitativa a los hábitos en el consumo del agua potable, especialmente los relacionados con el uso en duchas y descargas de sanitarios con miras a proponer mecanismos que permitan sugerir la implementación de dispositivos o tecnologías que ayuden a ahorrar agua, de tal forma que se garantice su disponibilidad para los próximos años.

Por favor marque la respuesta que considera se aplica en su caso, de acuerdo a sus hábitos de consumo y al lugar donde Ud. reside.

1. Indique el estrato en que reside. 1 ___ 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___	2. Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. Reside. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10 ___ más de 10 ___
3. Indique el número de baños con que cuenta la residencia. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___	4. Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___
5. Indique la capacidad en litros del tanque del sanitario. Inferior a 6 L ___ 6 L <input checked="" type="checkbox"/> Mayor 6 L ___	6. Indique el número de veces promedio que cada habitante de la vivienda descarga el sanitario, estando en casa. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ más <input checked="" type="checkbox"/>
7. Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse. 5 a 15 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 (6) + 15 a 30 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 + 30 a 45 minutos cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 + 45 ó más cuántas personas? 1 2 3 4 5 6 +	8. Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo. Ducha <u>5</u> Lavamanos <u>4</u> Sanitario <u>3</u> Lavado ropa <u>4</u> Limpieza vivienda <u>4</u> Cocina <u>2</u> Jardinería <u>1</u> Lavado carro <u>1</u> Mascota <u>1</u>

Las siguientes preguntas están relacionadas con la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado gestionado por la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.), y su apreciación sobre la calidad del mismo.

9. La calidad del agua que Ud. Recibe es: Excelente ___ Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> Buena ___ Regular ___ Deficiente ___ No sabe ___	10. La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da: Siempre <input checked="" type="checkbox"/> Con interrupciones ___ Nunca ___
11. El valor de la factura para su residencia oscila entre: \$20.000 a 40.000 <input checked="" type="checkbox"/> \$40.000 a 60.000 ___ \$60.000 a 80.000 ___ \$80.000 o más ___	12. En términos generales, su percepción sobre la calidad en la prestación del servicio de agua potable es: Excelente ___ Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> Buena ___ Regular ___ Deficiente ___

Las siguientes preguntas buscan conocer su grado de información acerca de la problemática que amenaza a la ciudad de Bogotá con respecto a disponibilidad de agua para los próximos años.

13. ¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años. SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	14. ¿Es consciente de que esta escasez se acelerará si se siguen desperdiciando agua como se ha venido haciendo? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___
15. ¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	16. ¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable? SI ___ NO ___ PARCIALMENTE <input checked="" type="checkbox"/>



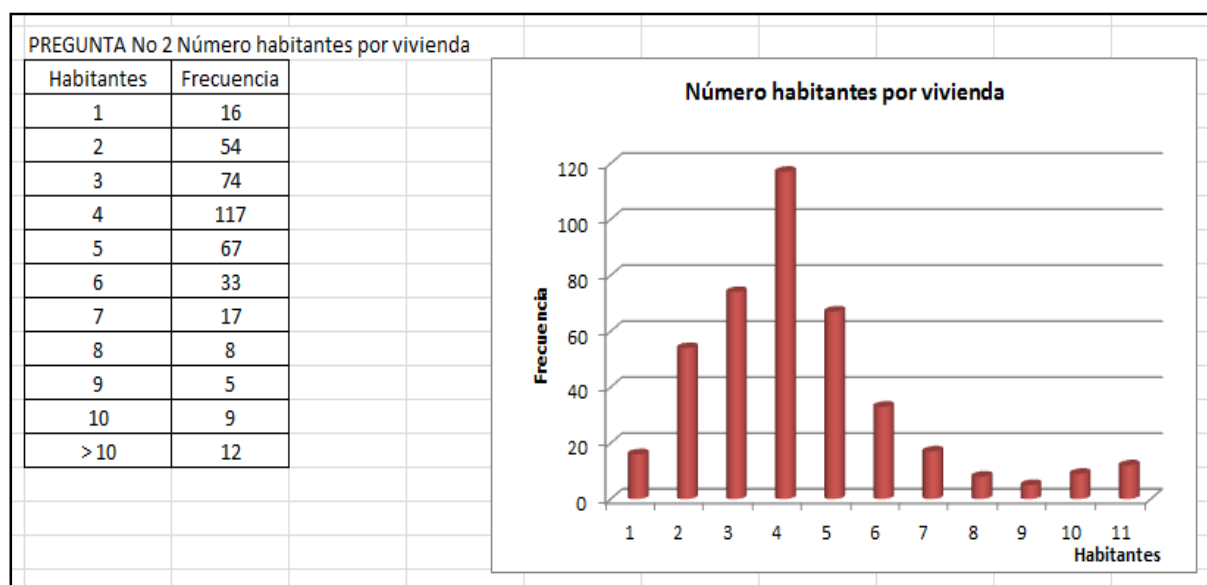
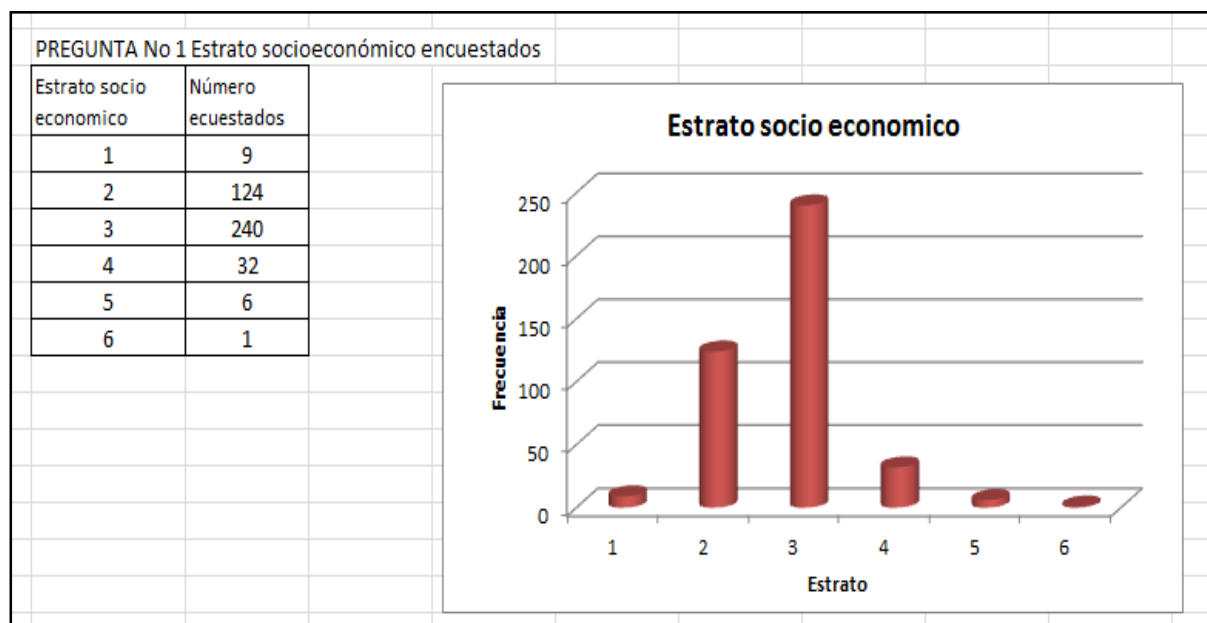
Anexo G

Encuesta diligenciada No 412

412	
<b>ENCUESTA DE ANÁLISIS SOBRE LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE AGUA POTABLE, PERCEPCIÓN SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL AHORRO DEL LÍQUIDO</b>	
Nombre <u>Pedro Pablo Gualdron Cortes</u> Institución <u>ECCI</u> Teléfono <u>3125443838</u>	
Respetado encuestado(a). La presente encuesta busca obtener una aproximación de forma cuantitativa a los hábitos en el consumo del agua potable, especialmente los relacionados con el uso en duchas y descargas de sanitarios con miras a proponer mecanismos que permitan sugerir la implementación de dispositivos o tecnologías que ayuden a ahorrar agua, de tal forma que se garantice su disponibilidad para los próximos años.	
Por favor marque la respuesta que considera se aplica en su caso, de acuerdo a sus hábitos de consumo y al lugar donde Ud. reside.	
1. Indique el estrato en que reside. 1 ___ 2 ___ 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 ___ 5 ___ 6 ___	2. Indique el número de personas que habitan en la unidad habitacional donde Ud. Reside. 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 ___ 6 ___ 7 ___ 8 ___ 9 ___ 10 ___ más de 10 ___
3. Indique el número de baños con que cuenta la residencia. 1 ___ 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 ___ 4 ___	4. Indique el número de baños que se utilizan para descargar el sanitario. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___
5. Indique la capacidad en litros del tanque del sanitario. Inferior a 6 L ___ 6 L <input checked="" type="checkbox"/> Mayor 6 L ___	6. Indique el número de veces promedio que cada habitante de la vivienda descarga el sanitario, estando en casa. 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___ más ___
7. Indique con un círculo el tiempo que tarda cada habitante de la vivienda en ducharse. 5 a 15 minutos cuántas personas?    1 2 3 <input checked="" type="checkbox"/> 5 6 + 15 a 30 minutos cuántas personas?    1 2 3 4 5 6 + 30 a 45 minutos cuántas personas?    1 2 3 4 5 6 + 45 ó más cuántas personas?    1 2 3 4 5 6 +	8. Indique los usos que le da al agua en su vivienda, valorando de mayor a menor, donde 5 es el máximo y 1 el mínimo. Ducha <u>4</u> Lavamanos <u>3</u> Sanitario <u>2</u> Lavado ropa <u>5</u> Limpieza vivienda <u>3</u> Cocina <u>4</u> Jardinería <u>1</u> Lavado carro <u>1</u> Mascota <u>1</u>
Las siguientes preguntas están relacionadas con la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado gestionado por la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.), y su apreciación sobre la calidad del mismo.	
9. La calidad del agua que Ud. Recibe es: Excelente ___ Muy buena ___ Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular ___ Deficiente ___ No sabe ___	10. La disponibilidad del servicio de agua potable en su residencia se da: Siempre <input checked="" type="checkbox"/> Con interrupciones ___ Nunca ___
11. El valor de la factura para su residencia oscila entre: \$20.000 a 40.000 <input checked="" type="checkbox"/> \$40.000 a 60.000 ___ \$60.000 a 80.000 ___ \$80.000 o más ___	12. En términos generales, su percepción sobre la calidad en la prestación del servicio de agua potable es: Excelente ___ Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> Buena ___ Regular ___ Deficiente ___
Las siguientes preguntas buscan conocer su grado de información acerca de la problemática que amenaza a la ciudad de Bogotá con respecto a disponibilidad de agua para los próximos años.	
13. ¿Es Ud. Consciente de que la disponibilidad del agua en Bogotá disminuirá considerablemente para los próximos años. SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	14. ¿Es consciente de que esta escasez se acelerará si se siguen desperdiciando agua como se ha venido haciendo? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___
15. ¿Es consciente de que si se llegara a dar la falta de agua potable en Bogotá, los habitantes se verán obligados a tomar medidas como racionamientos extendidos, suspensiones en el servicio e incremento de las tarifas? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___	16. ¿Es consciente de que en su vivienda se desperdicia agua utilizándola en aplicaciones donde ésta no requiere que sea potable? SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ___ PARCIALMENTE ___

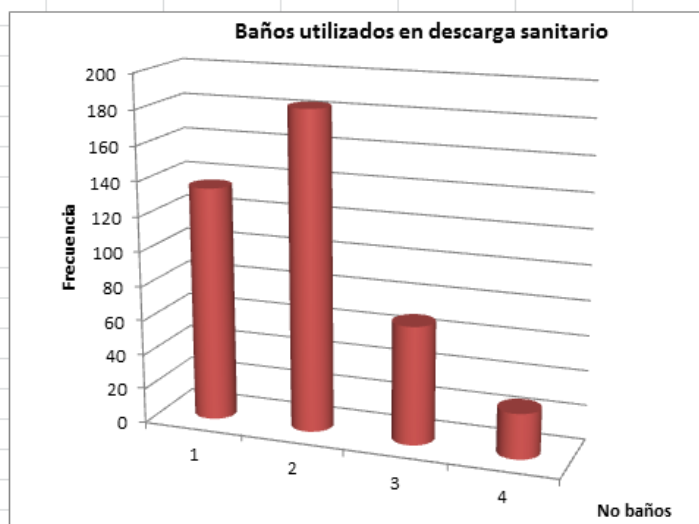
## Anexo H

### Gráficos resultados de encuestas



PREGUNTA No 4. Número de baños utilizados en la descarga del sanitario

No de baños	Frecuencia
1	135
2	183
3	68
4	26



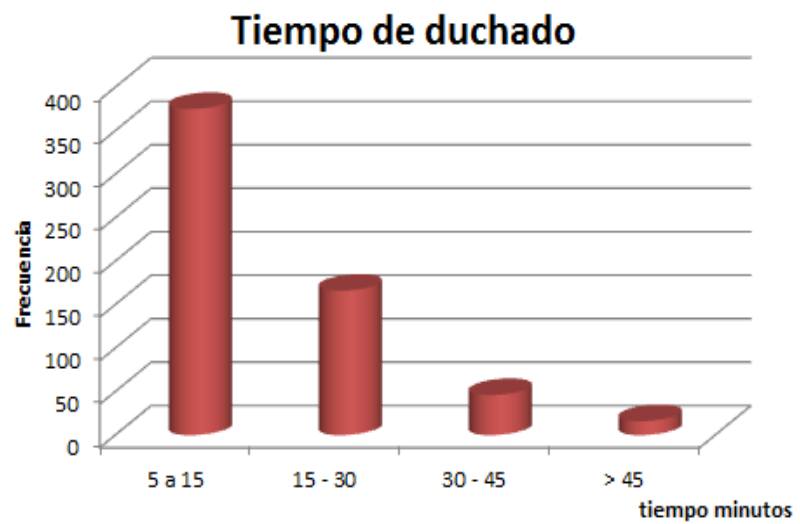
PREGUNTA No 5. No de veces que se descarga el sanitario estando en casa

No veces	Frecuencia
1	31
2	117
3	124
4	67
5	25
6	23
>6	25



PREGUNTA No 7. Tiempo promedio de duchado

$\Delta t$ minutos	frecuencia
5 a 15	375
15 - 30	166
30 - 45	46
> 45	16

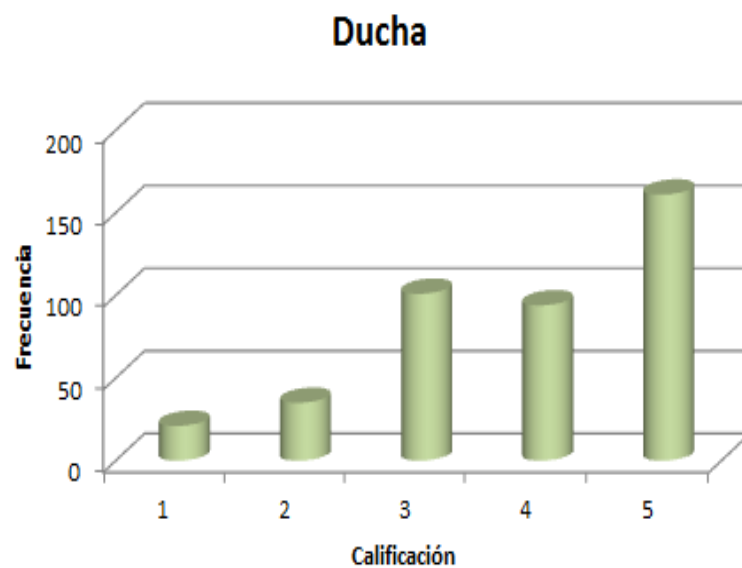


PREGUNTA No 8. CALIFICACIÓN DADA A LA APLICACIÓN

DUCHA

Calificación	Frecuencia
1	21
2	35
3	101
4	94
5	161

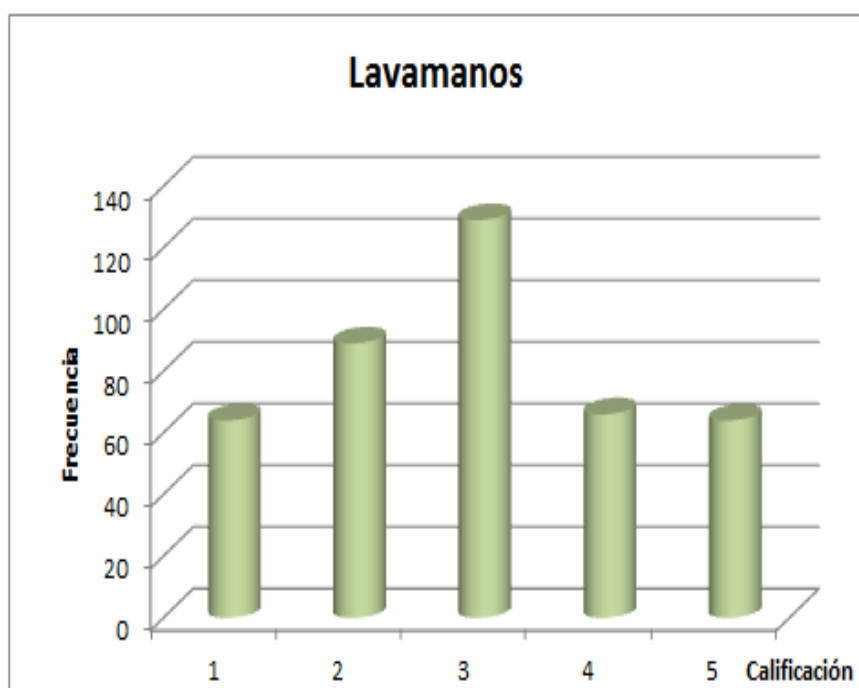
412



## LAVAMANOS

Calificación	Frecuencia
1	64
2	89
3	129
4	66
5	64

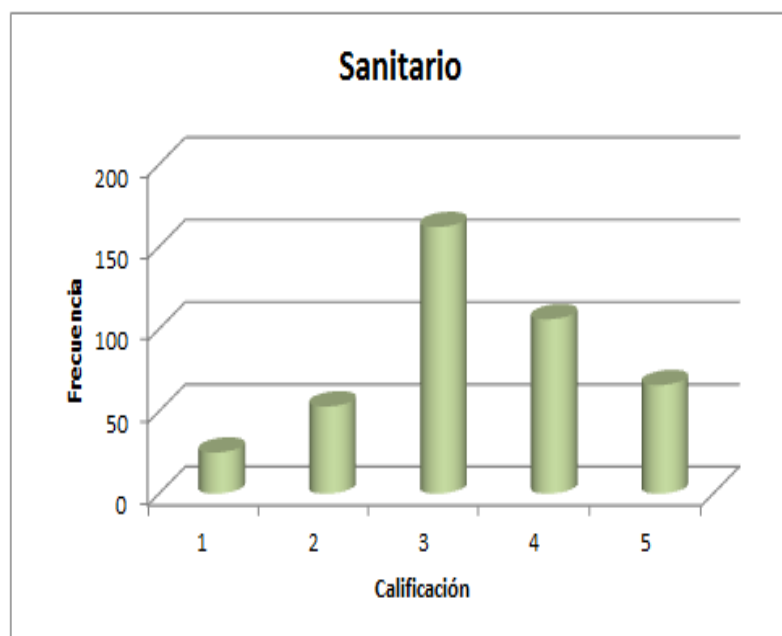
412



## SANITARIO

Calificación	Frecuencia
1	25
2	53
3	162
4	106
5	66

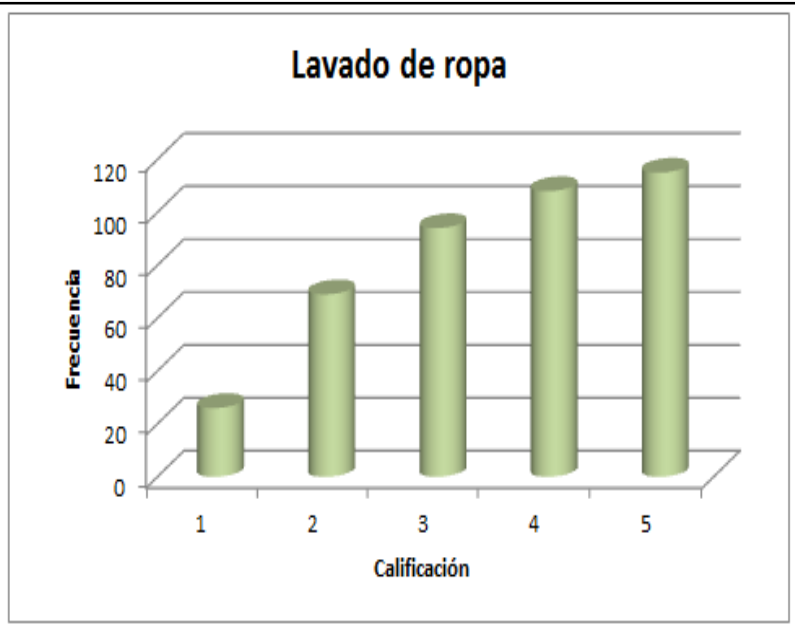
412



**LAVADO DE ROPA**

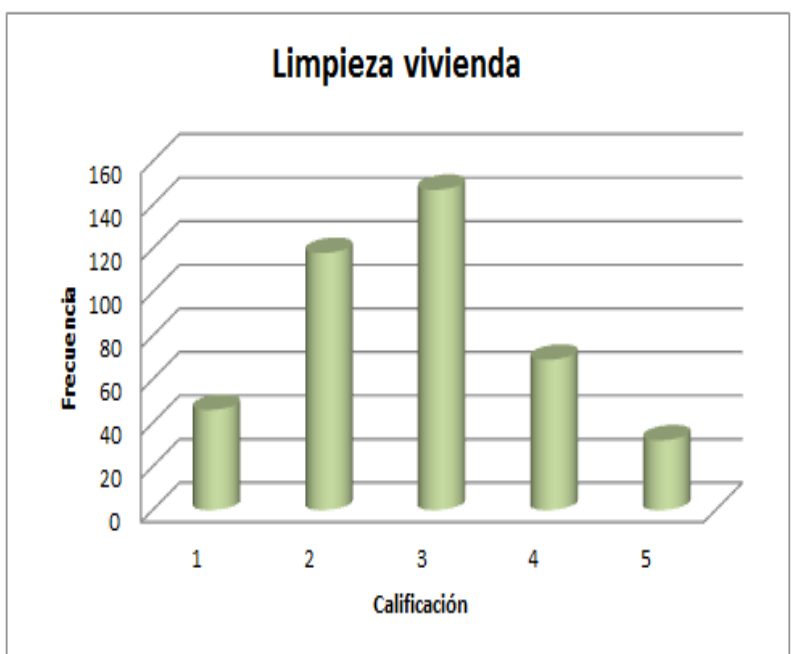
Calificación	Frecuencia
1	26
2	69
3	94
4	108
5	115

412

**LIMPIEZA VIVIENDA**

Calificación	Frecuencia
1	46
2	118
3	147
4	69
5	32

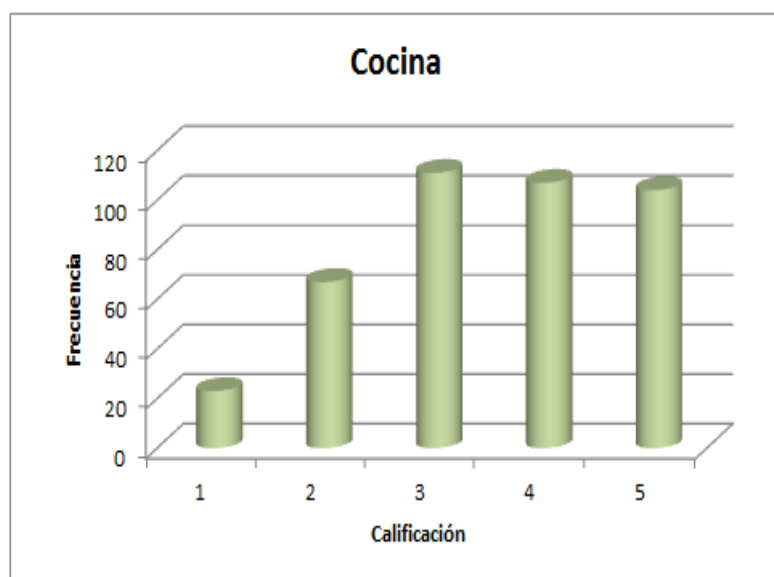
412



## COCINA

Calificación	Frecuencia
1	23
2	67
3	111
4	107
5	104

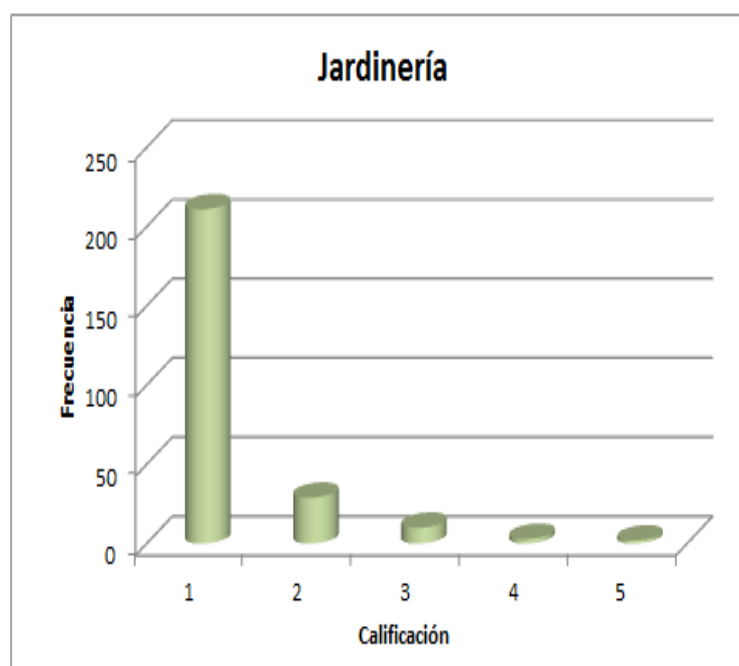
412



## JARDINERIA

Calificación	Frecuencia
1	211
2	29
3	10
4	3
5	2

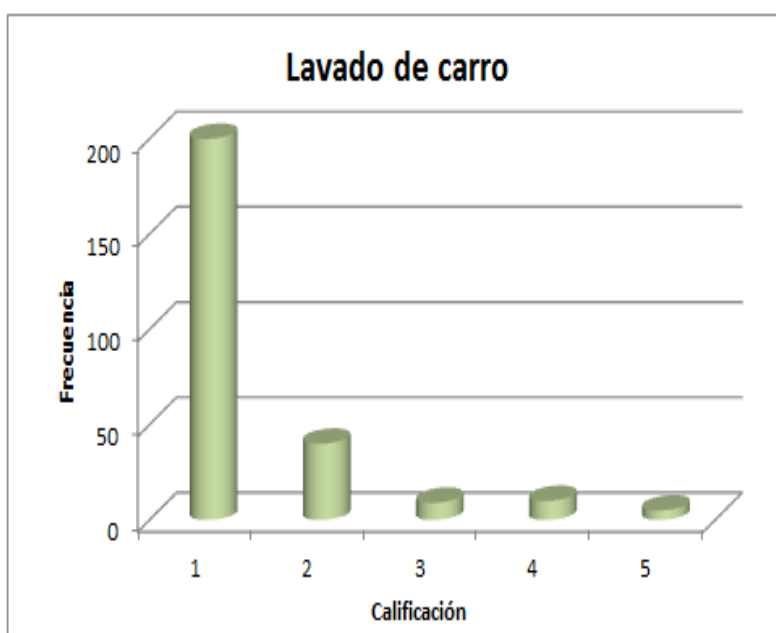
255



## LAVADO CARRO

Calificación	Frecuencia
1	200
2	40
3	9
4	10
5	5

264



## MASCOTA

Calificación	Frecuencia
1	192
2	41
3	12
4	3
5	2

250

