

**SISTEMA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA  
EN LOS APARATOS SANITARIOS**

**WALTER GARCÍA MOYA  
MARTHA Z. VALENCIA CERÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2005**

**SISTEMA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA  
EN LOS APARATOS SANITARIOS**

**WALTER GARCÍA MOYA  
MARTHA Z. VALENCIA CERÓN**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Diseñador Industrial**

**Director  
FRANCISCO ESPINEL CORREAL  
Diseñador Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2005**

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo, a Dios por su invaluable ayuda, a mi familia, por su apoyo y paciencia, y a todos aquellos que siempre han creído en mí.

**MARTHA Z.**

Existe una palabra que sin darnos cuenta se convierte en el motor principal de todo lo que hacemos y por lo que luchamos, una palabra que da sentido a nuestras vidas, una palabra que se puede comprender sólo a partir de nuestras propias experiencias, se manifiesta de varias formas y en diferentes personas, esta palabra no es otra que AMOR.

Amor que constantemente recibimos de Dios y no solo lo sentimos, sino también lo vemos plasmado: en el amor verdadero que nos brindan nuestros padres, en el apoyo de nuestros amigos, el amor incondicional de una mujer, el amor a la vida; pero antes que nada amor a nosotros mismos, amor que nos lleva a aprender día a día, a construir, a fijarnos metas y a cruzarlas, a obtener triunfos a cantar victorias.

Este sentimiento tan fuerte me trajo donde estoy hoy fruto del esfuerzo, de la constancia, del deseo, de la paciencia, de la tolerancia, pero ante todo fruto del amor a lo que estudie y por lo que estoy seguro me llevara a seguir cruzando metas.

Dedico este triunfo a todas la personas que creyeron en mí y me dieron más que apoyo, más que fe, más que una voz de aliento . Me dieron AMOR.

**WALTER**

## AGRADECIMIENTOS

Los triunfos pierden su esencia cuando no tenemos con quien compartirlos, por ello, queremos expresar nuestros agradecimientos a las siguientes personas:

- D. I. Francisco Espinel Correal, Director del Proyecto, por sus valiosos aportes al desarrollo del mismo.
- Ing. Sergio Martínez, por su contribución a este trabajo, durante la primera etapa del mismo, donde se desempeñó como Director Inicial del Proyecto.
- Ings. Hugo Valencia y Carlos Correa, por sus sugerencias y asesorías en cuanto al comportamiento de los fluidos y los sistemas electrónicos, respectivamente, indispensables para la solución de nuestro trabajo de grado.
- A nuestras familias por su paciencia y su apoyo para cumplir esta meta.
- A Ximena, Jaime, Raúl, Pablo, Harvey, Martha, Fabiola y César por su apoyo y colaboración en cada momento, especialmente cuando más los necesitamos.
- A nuestros amigos, compañeros de estudio y trabajo, y a todas las personas que nos alentaron para continuar con este proyecto.
- A la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Diseño Industrial y a nuestros Profesores, por darnos los conocimientos necesarios para desempeñarnos profesionalmente.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.1. FORMULACIÓN DEL PROYECTO	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL MUNDO	8
2.2. DISPONIBILIDAD DE AGUA EN COLOMBIA	12
2.3. USOS DEL AGUA EN EL MUNDO	15
2.4. USOS DEL AGUA EN COLOMBIA	18
2.5. CONSUMO DE AGUA EN EL HOGAR	20
2.6. FACTURACIÓN Y TARIFAS	24
2.7. EL APARATO SANITARIO	30
2.7.1. DEFINICIÓN	30
2.7.2. HISTORIA	30
2.7.3. EVOLUCIÓN	33
2.7.4. DESCRIPCIÓN DEL APARATO SANITARIO	37
2.7.5. FUNCIONAMIENTO DEL APARATO SANITARIO	41
2.8. AHORRO DE AGUA	47
2.8.1. SISTEMAS ECONOMIZADORES DE AGUA	48
2.8.2. MÉTODOS Y DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA PARA EL SANITARIO	49

2.9.	TEORIA DE FLUIDOS	52
2.9.1.	DEFINICIÓN	53
2.9.2.	PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	54
2.9.2.1.	Densidad de un Fluido	55
2.9.2.2.	Peso Unitario o Específico	56
2.9.2.3.	Gravedad Específica	56
2.9.2.4.	Compresibilidad	57
2.9.2.5.	Viscosidad	57
2.9.2.6.	Cohesión	59
2.9.2.7.	Adhesión	60
2.9.2.8.	Tensión Superficial	60
2.9.2.9.	Capilaridad	61
3.	ESTRUCTURACION DEL PROBLEMA	62
3.1.	ESTABLECIMIENTO DEL FENOMENO O SITUACION A ANALIZAR	62
3.2.	ACCION DEL DISEÑO INDUSTRIAL	62
3.3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	63
3.3.1.	IMPACTO ESPERADO	64
3.3.2.	USUARIOS POTENCIALES DIRECTOS E INDIRECTOS	65
3.4.	ANALISIS DE LAS SOLUCIONES EXISTENTES	65
3.4.1.	AHORRO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA	66
3.4.2.	AHORRO POR LIMITACIÓN DE DESCARGA	67
3.4.3.	AHORRO POR INDEPENDENCIA DE DESCARGAS	70
3.4.4.	AHORRO POR DESCARGA PRESURIZADA	74
3.5.	DETERMINACION DE NECESIDADES	76
3.6.	PERFIL DEL PRODUCTO A DISEÑAR Y PARÁMETROS DE DISEÑO	77
3.6.1.	REQUERIMIENTOS DE USO	77
3.6.2.	REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	78
3.6.3.	REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	79

3.6.4.	REQUERIMIENTOS TÉCNICO-PRODUCTIVOS	80
3.6.5.	REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS O DE MERCADO	80
3.6.6.	REQUERIMIENTOS FORMALES	81
3.6.7.	REQUERIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN	82
4.	DESARROLLO PROYECTUAL	83
4.1.	PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS	83
4.1.1.	AHORRO POR LIMITACIÓN DE DESCARGA – TANQUES INDEPENDIENTES	84
4.1.2.	AHORRO POR DESCARGA PRESURIZADA	85
4.1.3.	INDEPENDENCIA DE DESCARGAS-INTERRUPCIÓN O PROLONGACIÓN DE DESCARGA	86
4.1.4.	MEDIDOR PARA DESCARGA	87
4.2.	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	87
4.2.1.	ALTERNATIVA 1.1 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS.	88
4.2.2.	ALTERNATIVA 1.2 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS SOBRE UN MISMO EJE.	90
4.2.3.	ALTERNATIVA 1.3 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS CONCÉNTRICAS.	92
4.2.4.	ALTERNATIVA 2.1 MECANISMO ECONOMIZADOR POR PRESIÓN / RESORTE	94
4.2.5.	ALTERNATIVA 3.1 MECANISMO PARA INDEPENDIZAR LA DESCARGA POR PROLONGACIÓN DE TIEMPOS.	96
4.2.6.	ALTERNATIVA 4.1 MECANISMO DE DESCARGA POR CONTROL DE TIEMPOS.	99
4.3.	EVALUACIÓN Y SELECCION DE ALTERNATIVAS	102
4.4.	DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	104
4.4.1.	ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN DEL FLUIDO	105
4.4.1.1.	Coeficiente de Descarga.	105
4.4.1.2.	Estudio de modelos de descarga.	106
4.4.2.	ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS	108
4.4.3.	DESARROLLO FUNCIONAL	110
4.4.4.	ELABORACIÓN DE MODELOS DE COMPROBACIÓN	113

4.4.5.	EVOLUCIÓN ALTERNATIVA SELECCIONADA	115
5.	DESARROLLO DE LA SOLUCION DE DISEÑO - PROPUESTA FINAL	117
5.1.	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	118
5.1.1.	COMPONENTES DEL SISTEMA	118
5.1.2.	ANÁLISIS DE USO	119
5.1.2.1.	Proceso de instalación	119
5.1.2.2.	Secuencia de Operación	120
5.1.3.	ANÁLISIS FUNCIONAL	121
5.1.3.1.	Sistema Electrónico	124
5.1.4.	ANÁLISIS ERGONÓMICO	124
5.1.5.	ANÁLISIS DE COLOR	125
5.1.6.	ANÁLISIS DE COSTOS	125
5.1.6.1.	Materiales Propuestos y Costos de Producción	125
5.1.6.2.	Costos Por Consumo De Electricidad	126
5.1.6.3.	Costos Por Consumo De Agua	128
5.1.7.	CARACTERÍSTICAS VARIAS	132
	CONCLUSIONES	133
	BIBLIOGRAFÍA	134

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Disponibilidad mundial de agua dulce.	9
<b>Figura 2.</b> Disponibilidad de agua en el mundo (1995).	11
<b>Figura 3.</b> Distribución y disponibilidad del recurso hídrico en Colombia.	14
<b>Figura 4.</b> Mapas de usos del agua en el mundo (agrícola, industrial y doméstico).	17
<b>Figura 5.</b> Usos del Agua en Colombia	18
<b>Figura 6.</b> Mapas de usos del agua en Sur América (agrícola, industrial y doméstico).	19
<b>Figura 7.</b> Distribución del Consumo de Agua en el Hogar.	24
<b>Figura 8.</b> Retretes “outhouse”.	32
<b>Figura 9.</b> Retrete portátil "Earthcloset".	32
<b>Figura 10.</b> Tipos Básicos de Retretes.	38
<b>Figura 11.</b> Taza con Sifón de Chorro.	38
<b>Figura 12.</b> Evolución del Aparato Sanitario (del tanque elevado al tanque bajo).	39
<b>Figura 13.</b> Grifería Sanitaria.	40
<b>Figura 14.</b> Partes del Aparato Sanitario.	42
<b>Figura 15.</b> Proceso de Descarga y Llenado del Tanque.	44
<b>Figura 16.</b> Proceso de Descarga del Aparato Sanitario.	46
<b>Figura 17.</b> Método de desplazamiento de agua dentro del tanque.	49
<b>Figura 18.</b> Dispositivo limitador de descarga (Saver Flush).	50
<b>Figura 19.</b> Dispositivo para interrumpir la descarga (Grival Saver).	51
<b>Figura 20.</b> Fluxómetro.	52
<b>Figura 21.</b> Flushmate.	52
<b>Figura 22.</b> Entorno de Trabajo Programa Simulador de Descarga.	107
<b>Figura 23.</b> Mecanismos para la Elevación del Flapper.	111

<b>Figura 24.</b> Imágenes Desarrollo Funcional.	112
<b>Figura 25.</b> Imágenes Desarrollo Modelo de Comprobación. ParteA.	113
<b>Figura 26.</b> Imágenes Desarrollo Modelo de Comprobación. ParteB.	114

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Extracción de Agua por Sector Económico	16
<b>Tabla 2.</b> Utilización del Agua a Nivel Doméstico según la Región.	20
<b>Tabla 3.</b> Consumos de Agua en el Hogar	21
<b>Tabla 4.</b> Hábitos Racionales y No Racionales del Consumo de Agua en el Hogar.	23
<b>Tabla 5.</b> Ejemplo de Facturación.	26
<b>Tabla 6.</b> Incremento Tarifario del Servicio de Agua Potable en Bucaramanga y su Área Metropolitana para el año 2001	28
<b>Tabla 7.</b> Estructura Tarifaria del Servicio de Agua Potable en Bucaramanga y su Área Metropolitana para el primer trimestre del año 2002	29
<b>Tabla 8.</b> Densidades de algunos fluidos a 20°C y 1 atm.	55
<b>Tabla 9.</b> Evaluación de Alternativas.	103
<b>Tabla 10.</b> Coeficientes de descarga para orificios circulares, para agua a 15 C.	105
<b>Tabla 11.</b> Materiales y Costos de Producción Sistema Mecánico.	126
<b>Tabla 12.</b> Materiales y Costos de Producción Sistema Electrónico.	126
<b>Tabla 13.</b> Tabla De Valores De Luz X Kw Por Consumo De 0 A 200 Kw	127

## RESUMEN

**TÍTULO: SISTEMA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA EN LOS APARATOS SANITARIOS. \***

**AUTORES:** GARCIA MOYA, Walter y VALENCIA CERON, Martha Z. \*\*

**PALABRAS CLAVES:**

AGUA, PROYECTO ECOLOGICO, AHORRO DE AGUA, APARATO SANITARIO, INODORO, RETRETE, CISTERNA, DOBLE DESCARGA.

**DESCRIPCIÓN:**

En este proyecto de carácter ecológico cuyo fin principal es el ahorro del agua, nuestra misión como Diseñadores Industriales, preocupados por la escasez del recurso hídrico, tan importante para la supervivencia del ser humano como de cualquier especie viviente, nos ha llevado a investigar, diseñar y desarrollar soluciones que permitan economizar el consumo del líquido en uno de los aparatos que genera los mayores índices de desperdicio en el hogar, el aparato sanitario, por el gran volumen de agua limpia que se pierde con las descargas innecesarias del mismo.

Para lograrlo, inicialmente se realizó un análisis de información sobre el agua, los aparatos sanitarios, su funcionamiento y los métodos de ahorro utilizados normalmente en los modelos existentes; a partir del cual se pudieron establecer, además del perfil del producto a diseñar, 4 principios fundamentales para nuestro proceso de diseño, el planteamiento de alternativas y posteriormente el desarrollo de la solución; la cual se basa en estos 4 conceptos: Desplazamiento de Agua, Limitación de Descarga, Independencia de Descargas y Descarga Presurizada; consiguiendo desarrollar un sistema que permite disminuir el consumo de agua, realizando dos descargas diferentes del volumen contenido en la cisterna (cuatro litros para evacuación de orina y cinco para evacuación de sólidos), mediante la utilización de un sistema electrónico de control de tiempos.

Finalmente, queremos resaltar que aunque el sistema planteado puede ser adecuado y utilizado en nuevos modelos de porcelana sanitaria, nuestra intención no fue diseñar sanitarios sino un dispositivo de fácil adaptación a cualquier cisterna convencional, que contribuya al ahorro, tanto de agua (50% en consumo de agua) como de dinero (41% en la facturación del servicio), cumpliendo además con todas las normas de higiene, limpieza y seguridad que exige el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC.

---

\* Tesis de Grado. Modalidad Investigación.

\*\* Facultad de Ciencias Físico Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director del Proyecto: D.I. Francisco Espinel Correal.

## SUMMARY

**TITLE:** SYSTEM TO DIMINISH THE WATER CONSUMPTION IN THE TOILET. \*

**AUTHORS:** GARCIA MOYA, Walter y VALENCIA CERON, Martha Z. \*\*

**KEY WORDS:**

WATER, ECOLOGICAL PROJECT, WATER SAVING, TOILET, CISTERN, DUAL FLUSH.

**DESCRIPTION:**

In this project of ecological character whose main aim is the water preservation, our mission as Industrial Designers, worried about the shortage of the hydric resource, so important for the survival of the human being as for any living species, has prompt us to investigate, design and to develop solutions that allow to economize the consumption of the liquid in one of the apparatuses that generates the biggest waste of water in the home, the toilet, by the great volume of clean water that is lost with unnecessary flushes.

In order to obtain it, it was made initially an analysis of information about the water, the toilets, their operation and the saving methods used normally in the existing models; from which we could define, in addition to the product's profile, 4 fundamental principles for our design process, the exposition of alternatives and later the solution's development; which is based on these 4 concepts: Water displacement, Limitation of Discharge, Independence of Discharges and Pressurized Discharges.

We have being able to develop a system that allows to diminish the water consumption, making two different discharges from the water's volume contained in the cistern. (four liters for urine's evacuation and five for solids' evacuation), through the use of an electronic system of times control.

Finally, we want to stand out that although the system can be adapted in any new sanitary porcelain model, our intention was not to design a new toilet, but to develop a device of easy adaptation to any conventional cistern, that contributes to water saving, as much of water (50% in consumption of water) as of money (41% in the service bill), also fulfilling all the norms of hygiene, cleaning and security that the Colombian Institute of Technical Norms ICONTEC demands.

---

\* Thesis of Grade. Modality Investigation.

\*\* School of Sciences Physique Mechanics. School of Industrial Design. Director: D.I. Francisco Espinel Correal.

## INTRODUCCIÓN

No existe ninguna actividad de la vida humana donde no sea indispensable el uso del agua: en el hogar, en la ciudad y en el campo la necesitamos. El agua es vital para el consumo humano, los servicios sanitarios, la agricultura, la industria y otra infinidad de aplicaciones, sin embargo, generalmente hacemos un uso irracional de ella y no la cuidamos como se debe, como si se tratara de un recurso inagotable. Es así como la tala indiscriminada de árboles, los cambios climáticos, la contaminación de ríos y quebradas con desechos líquidos, y el crecimiento descontrolado de las ciudades han afectado la calidad y la cantidad de este precioso líquido, ocasionando crecientes problemas de escasez, desaprovechamiento y disminución de las fuentes hídricas.

Según la Organización Meteorológica Mundial, OMM, las perspectivas en cuanto a disponibilidad de agua para el siglo XXI son bastante preocupantes, hasta el punto que, dentro de pocos años, millones de personas podríamos encontrarnos al borde de un gran problema ecológico "Carencia Total de Agua".

Ante la inminente necesidad de emprender acciones que contribuyan a la preservación de este importante recurso, desde hace ya varios años, se han venido desarrollando continuas campañas de reforestación, protección de cuencas y uso racional del agua, encaminadas a la concientización de la comunidad hacia el buen manejo de los recursos naturales; siendo ésta última, el Uso Racional del Agua, una de las más promovidas, teniendo en cuenta que el ahorro del líquido puede y debe empezar en cada uno de nuestros hogares, evitando los altos volúmenes de desperdicio que allí se presentan.

Es precisamente en este aspecto donde nuestra misión como Diseñadores Industriales, preocupados por el gran problema ecológico que se está presentando, nos induce a investigar y proponer soluciones eficientes que permitan, mediante el desarrollo de nuevos productos o sistemas de productos, economizar el consumo de agua en el hogar; especialmente en el aparato sanitario, uno de los aparatos que genera mayores índices de desperdicio del líquido, por el gran volumen de agua limpia que se pierde con las descargas innecesarias del mismo. Para lograrlo, estamos dispuestos a aportar y aplicar todos nuestros conocimientos y experiencias adquiridas a lo largo de nuestra carrera, en las diferentes áreas de estudio, teniendo en cuenta todos los aspectos funcionales, técnico-productivos, de uso, formales y económicos, necesarios para un buen desarrollo del presente proyecto.

Además, es preciso recalcar que nuestro propósito como profesionales del Diseño Industrial, va mucho más allá de la creación de elementos o dispositivos economizadores; para nosotros es también muy importante ayudar a fomentar en nuestra comunidad una “cultura de ahorro”, ya que sin una mentalidad ecológica ningún esfuerzo sería suficiente para evitar el gasto excesivo e innecesario del recurso.

## **1. PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROYECTO**

SISTEMA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA EN LOS APARATOS SANITARIOS.

### **1.2. OBJETIVOS**

#### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y construir un sistema para disminuir el consumo de agua en los aparatos sanitarios, que garantice las condiciones necesarias de higiene, seguridad y limpieza. (MODELO FUNCIONAL).

#### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Hacer del proyecto de diseño una gestión educativa, que lleve a la comunidad a una toma de conciencia y cambio de actitudes hacia el manejo de los recursos naturales.
- Fortalecer el concepto de lo ecológico, dentro del diseño.
- Crear una conciencia ecológica que permita el mantenimiento y aprovechamiento de los recursos naturales.
- Optimizar el uso del recurso natural hídrico, concientizando a los individuos de la importancia del ahorro de agua en los aparatos sanitarios existentes.

- Disminuir el consumo de agua en los aparatos sanitarios existentes.
- Independizar la función de descarga en los modelos sanitarios existentes, de tal manera que la evacuación de residuos líquidos utilice un menor volumen de agua que el empleado para la evacuación de residuos sólidos.
- Disminuir el gasto económico mensual de una familia, generado por el alto consumo de agua en el hogar.
- Garantizar las condiciones de higiene, seguridad y limpieza, imprescindibles en los aparatos sanitarios.
- Analizar los sistemas actuales de descarga en los aparatos sanitarios existentes, con el fin de diseñar los elementos necesarios que permitan disminuir el consumo de agua.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El agua siempre ha sido considerada un elemento vital, por ser esencial para la supervivencia del hombre y el desarrollo de la humanidad, sin embargo, esta situación contrasta con la poca conciencia que existe sobre la pérdida de este importante recurso, debido a su mal uso y a que no se preservan de manera adecuada los sistemas productores de agua; es así como, desde hace ya varios años, se ha podido evidenciar cómo el agua está disminuyendo en el mundo a un ritmo dramático y en sentido contrario al aumento de la población, a tal punto que ha comenzado a escasear, constituyéndose en un bien con un alto precio en el mercado, originando conflictos de orden económico y social, unidos al gran impacto ambiental producido por la escasez de dicho recurso.

En 1950 cada ciudadano europeo disponía de 6 mil m<sup>3</sup> de agua por año, para el año 2000 esa disponibilidad se redujo a 4 mil m<sup>3</sup> aproximadamente; en Asia, de 9.6 miles de m<sup>3</sup> disponibles en 1950 se calculó una reducción a 3.3 miles de m<sup>3</sup> para el 2000; en África, de 20.6 pasó a 5.1 miles

de m<sup>3</sup> y en América Latina, en el mismo lapso el consumo de agua por año para cada ciudadano se redujo de 105 a 28.3 miles de m<sup>3</sup> aproximadamente.<sup>(1)</sup> Desafortunadamente la situación tiende a seguir empeorando, previendo que hacia el 2025 la mayor parte de la población vivirá en una situación catastrófica en cuanto a suministro de agua se refiere, ya que el mundo contará con más de ocho mil millones de personas que compartirán la misma cantidad de agua disponible hoy.

Colombia, con una disponibilidad de 33.630 metros cúbicos al año por persona, se coloca en la situación promedio de América Latina, la cual es casi cinco veces mayor a la disponibilidad promedio del mundo que apenas alcanza 7.700 metros cúbicos, sin embargo, pese a tener una riqueza hídrica envidiable por cualquier país del mundo, ya sufre las consecuencias de la escasez de este recurso y si bien en el presente una buena parte de los municipios y regiones del país gozan de un adecuado abastecimiento del recurso hídrico y sólo un porcentaje relativamente bajo de los municipios colombianos presentan índices de escasez significativos o altos, según el IDEAM<sup>(2)</sup> hacia el futuro el panorama puede variar considerable y aceleradamente, especialmente en las zonas más densamente pobladas del país, ya que en los próximos años no solamente continuará aumentando la demanda de agua sino que, lo más grave, la oferta aprovechable del recurso puede reducirse aceleradamente de continuar las tendencias actuales de deforestación y la ausencia casi total de tratamiento de las aguas residuales.

Ciudades como Bogotá y Cali ya se han declarado en alerta ante la posibilidad de racionamientos y aunque nuestro departamento, Santander, no presenta actualmente una situación crítica, tampoco está exento de sufrirla, ya que se encuentra localizado en la región andina, en el área hidrográfica correspondiente a los ríos Magdalena y Cauca, donde se concentran, al igual que en el Caribe Colombiano, las mayores presiones sobre el recurso.

---

<sup>(1)</sup> MANCESA. 'Una contribución a la conservación del agua'. Medellín. Colombia. 1993.

<sup>(2)</sup> IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 'Estudio Nacional del Agua'. Colombia. Octubre de 1998.

Según la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, actualmente nuestra ciudad presenta una situación estable en cuanto a disponibilidad de agua, ya que la oferta aprovechable del recurso es mayor que la demanda, sin embargo las proyecciones del Acueducto indican que en los próximos años no sólo continuará el crecimiento poblacional de toda el área metropolitana de Bucaramanga y por tanto la demanda del líquido aumentará, sino que la oferta tiende a reducirse debido al manejo inadecuado del recurso; de acuerdo a esta tendencia, en unos tres años la demanda y la oferta alcanzarán un punto de equilibrio y dentro de unos cinco o seis años la demanda superará la oferta y el déficit del recurso será inevitable.

Esta situación de riesgo inminente ha llevado a que las diferentes entidades comprometidas en la administración del recurso empiecen a desarrollar programas de concientización, prevención y ahorro de agua. Actualmente la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga preocupada por la necesidad de recurrir a racionamientos del líquido en los próximos tres años, está estudiando la realización de un proyecto sobre Nuevos Abastecimientos, con el cual pretende garantizar el abastecimiento del recurso en Bucaramanga y su área metropolitana por lo menos hasta el 2025, aún así es importante que la comunidad, no sólo de nuestro departamento sino de todos los municipios y regiones colombianas, tome conciencia del gran problema ecológico que se está presentando y comprenda la urgencia de emprender desde ahora, acciones individuales y colectivas de ahorro que contribuyan a la preservación del recurso hídrico; y este ahorro debe empezar por el hogar, porque allí tiene lugar un alto porcentaje del consumo de agua potable.

Nuestra preocupación alrededor de esta situación nos ha motivado a investigar y proponer soluciones eficientes que permitan economizar el consumo de agua en los aparatos sanitarios, teniendo en cuenta que el servicio sanitario es el principal consumidor del líquido dentro del hogar, con un 41% del consumo total, y que cualquier ahorro en el agua destinada en estos aparatos, repercute notablemente no sólo en la rebaja del consumo general sino también en la facturación de dicho servicio.

Además, aunque actualmente en el comercio se pueden encontrar aparatos sanitarios de bajo consumo de agua, el mercado de éstos está orientado exclusivamente para nuevas construcciones o para la remodelación de cuartos de baño, quedando excluida de la posibilidad de ahorro de agua la gran mayoría de la población que ya posee un aparato sanitario en su hogar y que debido a la vida útil del mismo y a los altos costos que implica remodelar, no tienen previsto comprar uno nuevo.

Este proyecto pretende aportar una solución que no requiera el cambio total del aparato sanitario sino que se adapte a él y además permita una reducción del consumo de agua, igual o mayor a la de los modelos de bajo consumo existentes, haciendo énfasis en la optimización de la operación a través de la independencia de las funciones de descarga, de tal manera que la evacuación de residuos líquidos utilice un menor volumen de agua que el empleado para la evacuación de residuos sólidos, garantizando desde luego unas buenas condiciones de higiene, seguridad y limpieza.

## **2. MARCO TEÓRICO**

El agua es esencial para que todas las células de nuestro organismo funcionen en forma adecuada, sin ella moriríamos en cuestión de días, pese a ello la mayoría de nosotros aún no comprendemos el importante papel de este elemento vital, que día a día se vuelve más escaso.

### **2.1. DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL MUNDO**

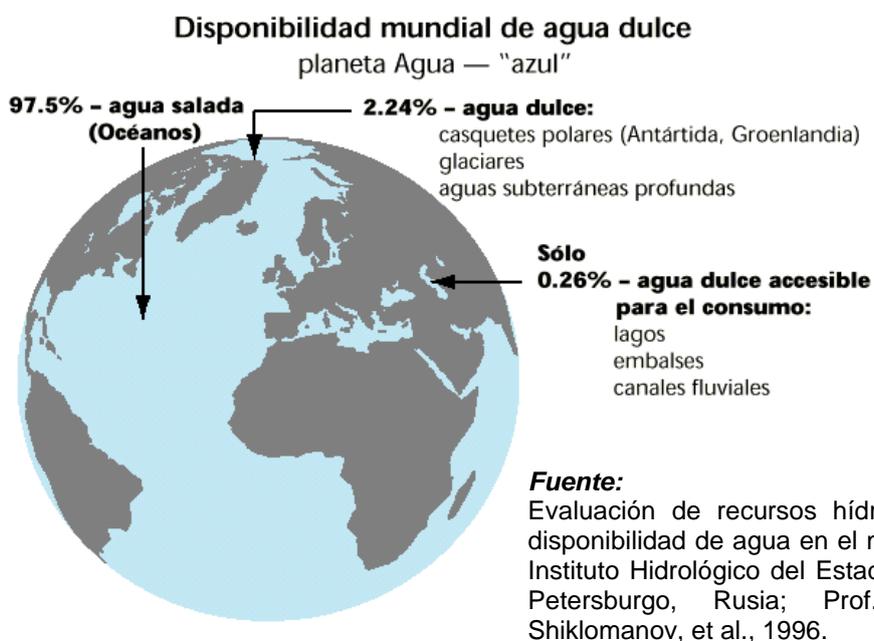
Desde lejos, el planeta Tierra parece una hermosa esfera azul y ese color especial se debe a que está cubierto de grandes cantidades de agua, sin embargo, la abundancia aparente de esta fuente de vida es tan sólo una ilusión y a pesar de que las tres cuartas partes de nuestro planeta están cubiertas de agua, la apta para el consumo humano se reduce considerablemente, siendo potable menos del 3% del agua existente, de la cual la mayor parte se halla encerrada en hielo y bajo las capas de la tierra y sólo una mínima cantidad se encuentra disponible para satisfacer todas las necesidades del ser humano.

Según las cifras de la Organización Meteorológica Mundial<sup>(1)</sup>, OMM, nuestro planeta dispone de una cantidad relativamente fija de agua, 1360 millones de km<sup>3</sup> aproximadamente, que se distribuyen de la siguiente manera: el 97.5% es agua salada que se encuentra principalmente en los océanos y no es utilizable para riego, ni para consumo humano, y el 2.5% es agua dulce, de la cual aproximadamente el 2.24% está contenida en las capas de hielo polar, glaciares y aguas subterráneas; de manera que únicamente el restante 0.26%, correspondiente a ríos, lagos y

---

<sup>(1)</sup> WMO. World Meteorological Organization. 'Water for the twenty-first century.' Marzo de 2000.

pantanos, es la cantidad de la cual dispone la humanidad para satisfacer todas sus necesidades. (Véase la Figura 1).



**Figura 1.** Disponibilidad mundial de agua dulce.

De acuerdo con los estudios realizados por la OMM, las perspectivas en cuanto a disponibilidad de agua para el siglo XXI son bastante preocupantes, y el problema del agua radica en que aunque existe una cantidad fija de agua disponible de los recursos naturales para el uso de la humanidad y en base a esto se podría decir que el agua dulce será exactamente la misma en el futuro que en el pasado, también se ha podido evidenciar un continuo crecimiento de la población que a su vez incrementa la demanda de agua por persona; de tal forma, se estima que el consumo de agua aumentará de 1250 km<sup>3</sup>/año en 1960, a casi el doble hacia el 2010 y así mismo, se calcula un crecimiento de dicho consumo a 2800 km<sup>3</sup>/año en el 2025, teniendo en cuenta que hacia ese año el mundo contará con más de 8 mil millones de personas que compartirán la misma cantidad de agua disponible hoy; lo cual nos llevaría inevitablemente a sufrir la crisis de agua que algunas regiones ya han empezado a padecer.

Además, esta crisis tiene una segunda dimensión y es que es más probable que el agua dulce no sea la misma en el futuro, ya que las actividades humanas han modificado el ciclo hidrológico contaminando los recursos disponibles; ésto, sumado a la tala de árboles, los cambios climáticos, la expansión de las zonas pavimentadas, la construcción de presas y canales, y muchos otros factores que afectan el régimen hidrológico, han tenido como efecto la reducción de los limitados recursos disponibles.

Según información publicada por la UNESCO<sup>(1)</sup> para la celebración del día mundial del agua, la disponibilidad de agua para la población del mundo disminuyó entre 1970 y 1995 de 12.9 a 7.6 miles de m<sup>3</sup> al año por persona. Estas cifras se muestran como promedio de la situación que se viene presentando en cada continente, la cual varía debido a la distribución desigual de los recursos (Véase la Figura 2), de manera que la mayor disponibilidad de agua, entre 170 y 180 miles de m<sup>3</sup> por persona en 1995 en las regiones de Canadá, Alaska y Oceanía, contrasta con la baja disponibilidad del recurso, entre 1.2 y 5.0 miles de m<sup>3</sup> en regiones densamente pobladas como Asia, Europa y África; una situación que es todavía más desastrosa en el norte de África y Arabia, donde la disponibilidad es sólo de 0.2 a 0.3 miles de m<sup>3</sup> al año, y lo más preocupante es que estas cifras tienden a seguir disminuyendo con el paso de los años y el aumento de la población, el consumo y la contaminación.

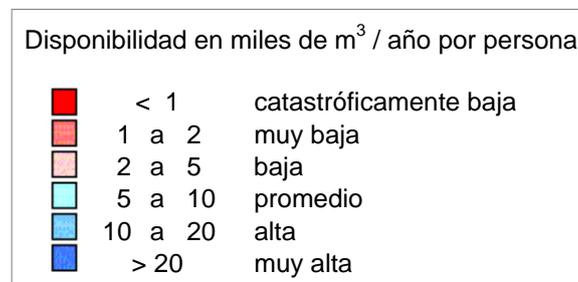
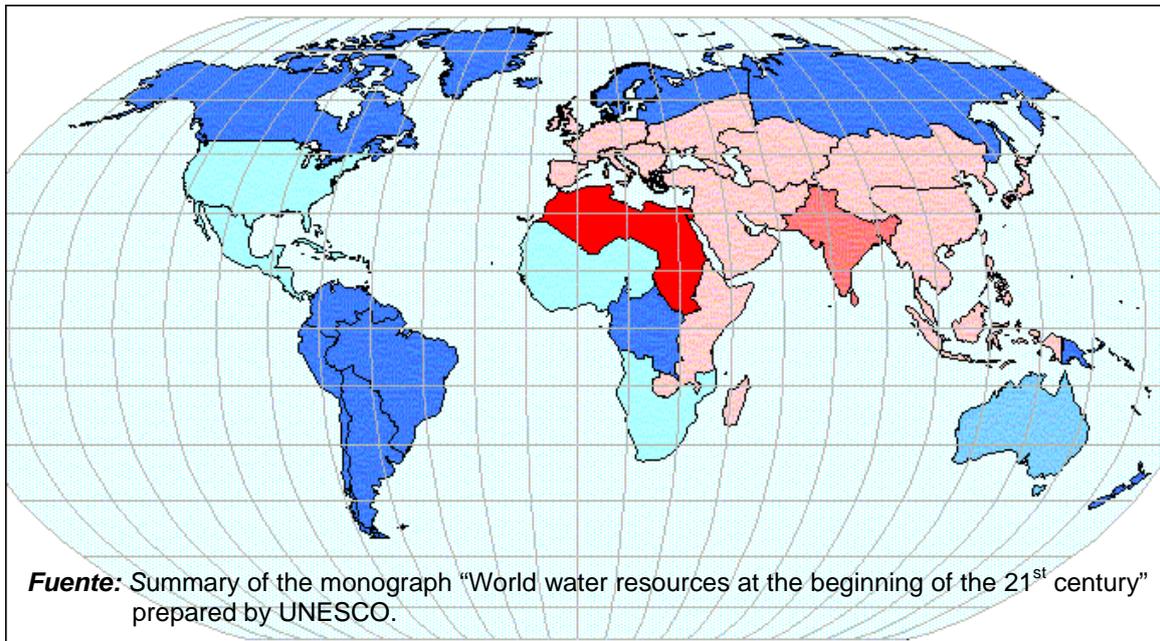
En 1950 cada ciudadano europeo disponía de 6 mil m<sup>3</sup> de agua por año, para el año 2000 esa disponibilidad se redujo a 4 mil m<sup>3</sup> aproximadamente; en Asia, de 9.6 miles de m<sup>3</sup> disponibles en 1950 se calculó una reducción a 3.3 miles de m<sup>3</sup> para el 2000; en África, de 20.6 pasó a 5.1 miles de m<sup>3</sup> y en América Latina, en el mismo lapso, el consumo de agua por año para cada ciudadano se redujo de 105 a 28.3 miles de m<sup>3</sup> aproximadamente<sup>(2)</sup>, llegando a tal punto que, actualmente,

---

<sup>(1)</sup> UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Division of Water Sciences. World Day for Water 2000 Coordination. 'Water availability and deficits'. Marzo 22 de 2000.

<sup>(2)</sup> MANCESA. 'Una contribución a la conservación del agua'. Medellín. Colombia. 1993.

cerca del 75% de la población rural del mundo y el 20% de los habitantes de las ciudades no tienen suficiente agua, y más de un billón de personas no disponen de agua potable para uso doméstico.



**Figura 2.** Disponibilidad de agua en el mundo (1995).

Desafortunadamente esta situación tiende a seguir empeorando, previendo que hacia el 2025 la mayor parte de la población vivirá en una situación catastrófica en cuanto a suministro de agua se refiere y nos encontraremos al borde de un gran problema ecológico "Carencia Total de Agua"; de aquí, el énfasis en la importancia de preservar este recurso, haciéndose necesario emprender

actividades de reforestación, protección de cuencas y uso racional del agua; sólo así aseguraremos que este recurso no se agote y que nuestra permanencia en este planeta sea posible por muchas más generaciones.

## **2.2. DISPONIBILIDAD DE AGUA EN COLOMBIA**

A pesar de que Colombia es considerada la cuarta potencia hídrica en el mundo, ocupando dicho lugar en disponibilidad de agua, es triste notar el uso desmedido y el mal manejo que se hace de este preciado líquido.

Miremos donde miremos, estamos rodeados de algún tipo de medio húmedo: arroyos, ríos, lagos, mares, lluvia, nieve, etc; el recurso hídrico en nuestro país es bastante abundante y proviene de aguas oceánicas, ríos, quebradas, aguas depositadas en lagunas, ciénagas, represas y aguas subterráneas; Colombia posee aproximadamente 114 millones de hectáreas de cuencas hidrográficas, más o menos 700 Km. de ríos navegables, 300 Km. de costas marítimas y más de 100 millones de hectáreas de mar territorial, además la lluvia media anual tiene un valor cercano a 3000 milímetros, siendo el doble de la correspondiente a la de América del Sur y 3 veces la del mundo.

Pensando en la inmensa masa de agua que nos rodea, muchas personas todavía no entienden por qué este recurso ha de escasear, por qué el precio del agua potable es cada vez más caro y por qué nuestros pueblos no están dotados, en su totalidad, de servicios de acueducto y alcantarillado. Los datos suministrados podrían hacer pensar que el recurso agua es inagotable, sin embargo, a pesar de esta riqueza, es necesario aclarar que el agua apta para el consumo humano no es tan abundante, ya que por desgracia de las aparentemente inagotables reservas de agua de la tierra, sólo pueden emplearse de forma eficiente, pequeñas partes para la producción de agua potable.

Con una disponibilidad de agua de 33.630 metros cúbicos al año por persona<sup>(1)</sup>, Colombia se coloca en la situación promedio de América Latina, la cual es casi cinco veces mayor a la disponibilidad promedio del mundo que apenas alcanza 7.700 metros cúbicos, sin embargo, pese a tener una riqueza hídrica envidiable por cualquier país del mundo, ya sufre las consecuencias de la escasez de este recurso, y aunque hasta hace poco tiempo no se consideraba que existieran problemas significativos de abastecimiento para los diferentes usos de la población y de la economía, los crecimientos en los consumos, la deforestación y la escasa gestión sobre las cuencas y manejo de los recursos naturales, al igual que la ausencia casi total de tratamiento de aguas residuales, han hecho emerger cada vez con mayores evidencias, problemas de disponibilidad, incluyendo las limitaciones por calidad, desabastecimiento y racionamiento en un número cada vez mayor de municipios, con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y las actividades económicas.

La ubicación geográfica, la variada topografía y el régimen climático que caracterizan el territorio colombiano son algunos de los factores que han determinado que éste posea una de las mayores ofertas hídricas del planeta; sin embargo, esta oferta no está distribuida homogéneamente entre las diferentes regiones del país.<sup>(2)</sup> Esta distribución desigual del recurso (Véase la Figura 3), de la población y de las actividades económicas en nuestro país, hacen que el indicador promedio, relativamente favorable, que ostenta Colombia, sea engañoso o menos favorable especialmente en las zonas donde se concentra la mayor parte de su población.

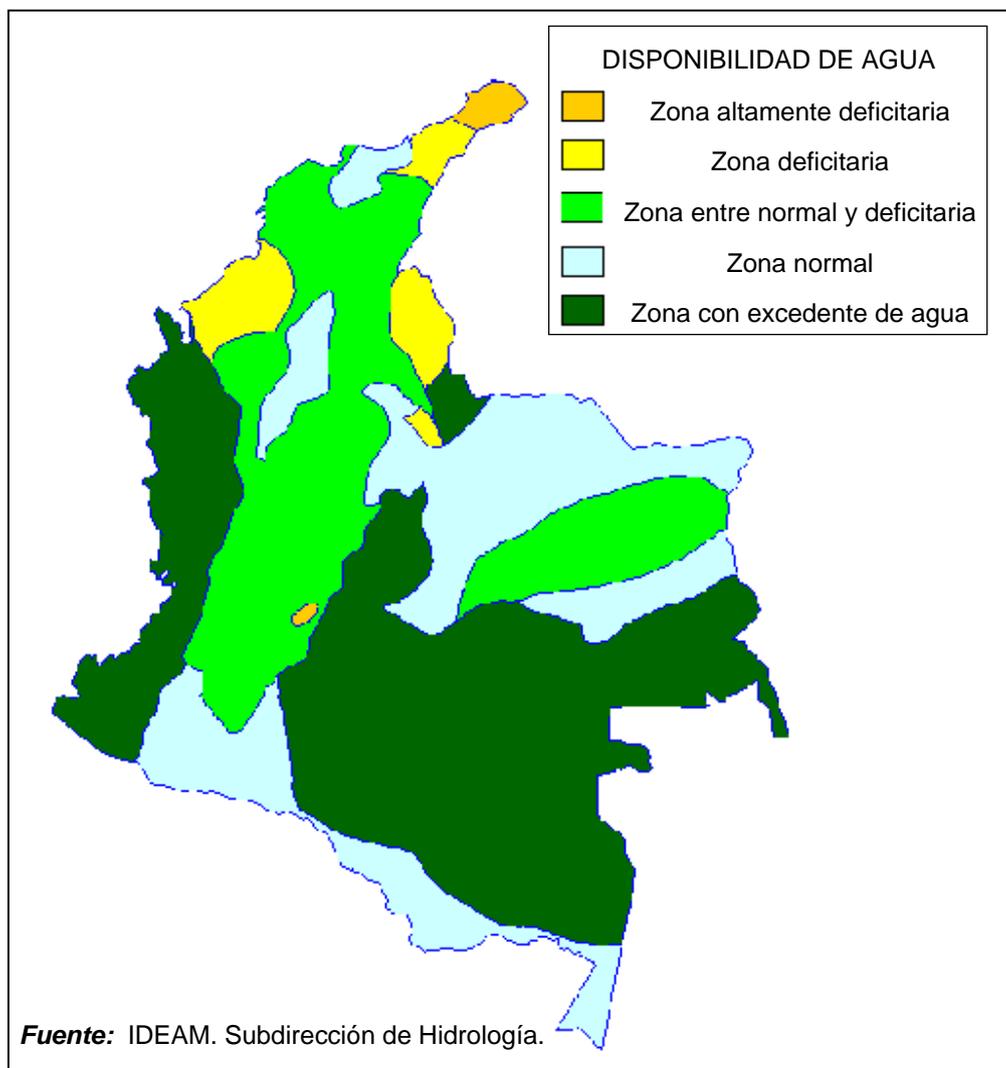
Ciudades como Bogotá y Cali ya se han declarado en alerta ante la posibilidad de racionamientos y aunque nuestro departamento, Santander, no presenta actualmente una situación crítica, tampoco está exento de sufrirla, ya que se encuentra localizado en la región andina, en el área hidrográfica

---

<sup>(1)</sup> IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 'Estudio Nacional del Agua'. Colombia. Octubre de 1998.

<sup>(2)</sup> IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 'Recursos Hídricos en Colombia'. Colombia. Marzo de 1999.

correspondiente a los ríos Magdalena y Cauca, donde se concentran, al igual que en el Caribe Colombiano, las mayores presiones sobre el recurso.



**Figura 3.** Distribución y disponibilidad del recurso hídrico en Colombia.

Según la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, actualmente nuestra ciudad presenta una situación estable en cuanto a disponibilidad de agua, ya que la oferta aprovechable del recurso es mayor que la demanda, sin embargo las proyecciones del Acueducto indican que en los próximos años no sólo continuará el crecimiento poblacional de toda el área metropolitana de

Bucaramanga y por tanto la demanda del líquido aumentará, sino que la oferta tiende a reducirse debido al manejo inadecuado del recurso; de acuerdo a esta tendencia, en unos tres años la demanda y la oferta alcanzarán un punto de equilibrio y dentro de unos cinco o seis años la demanda superará la oferta y el déficit del recurso será inevitable.

En nuestro país, aproximadamente el 58.5% de la población adolece de servicios de alcantarillado, el 40.9% carece de sistemas adecuados de abastecimiento de agua y de los 936 municipios y pueblos de menos de 300.000 habitantes que cuentan con acueducto, sólo 217 poseen plantas de purificación, de manera que de los 16.7 millones de personas que tienen el servicio, sólo 10 millones reciben agua que ha tenido algún tratamiento. En materia de contaminación, la situación es tan crítica que menos del 4% de los 1021 municipios de Colombia tratan sus aguas residuales antes de ser vertidas nuevamente a las fuentes receptoras; el caso de las grandes ciudades del país es tal que, con excepción de Bucaramanga, ninguna cuenta con plantas adecuadas de tratamiento de sus aguas residuales, y la casi totalidad de los municipios y caseríos del país tienen que abastecerse de ríos y arroyos altamente contaminados.

### **2.3. USOS DEL AGUA EN EL MUNDO**

Durante las últimas décadas, se ha podido evidenciar el fuerte impacto que generan las actividades humanas sobre los recursos hídricos, incluyendo aquellas directamente relacionadas con la toma de agua de las fuentes hidrográficas para los diferentes usos de la humanidad, como son los sistemas de riego y agricultura, el uso industrial y el uso doméstico, los cuales influyen enormemente sobre los volúmenes totales de los recursos, el régimen hidrológico y la calidad del agua<sup>(1)</sup>.

---

<sup>(1)</sup> UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Division of Water Sciences. World Day for Water 2000 Coordination. 'Water use in the world: present situation / future needs'. Marzo 22 de 2000.

Según información del Ministerio del Medio Ambiente<sup>(1)</sup>, del total de agua dulce utilizada en el mundo, el 65% se destina para riego agrícola, el 25% para la industria y el 10% para consumo doméstico, comercial y otros servicios urbanos municipales; sin embargo, cabe aclarar que estas cifras permanecen en constante variación gracias al continuo desarrollo de las ciudades. Así, el crecimiento industrial hace prever que para el año 2015 el uso del agua en la industria alcanzará el 34% de los volúmenes totales, a costa de reducir al 58% los destinados para riego y al 8% los empleados para uso doméstico.

También es importante tener en cuenta que los porcentajes correspondientes a los usos industrial, agrícola y doméstico no son los mismos en todas las regiones o países del mundo (Véanse la Tabla 1 y la Figura 4), ya que estos dependen de muchos factores, inherentes a cada región; de este modo, los porcentajes en el consumo de agua para los diferentes usos de la humanidad pueden variar entre límites más o menos amplios, dependiendo de los hábitos higiénicos de la población, el nivel y desarrollo de vida de los pueblos, la disponibilidad y las tarifas del servicio, las condiciones climáticas, las estaciones del año, el tipo de suelos, etc; lo cual hace difícil establecer cifras exactas.

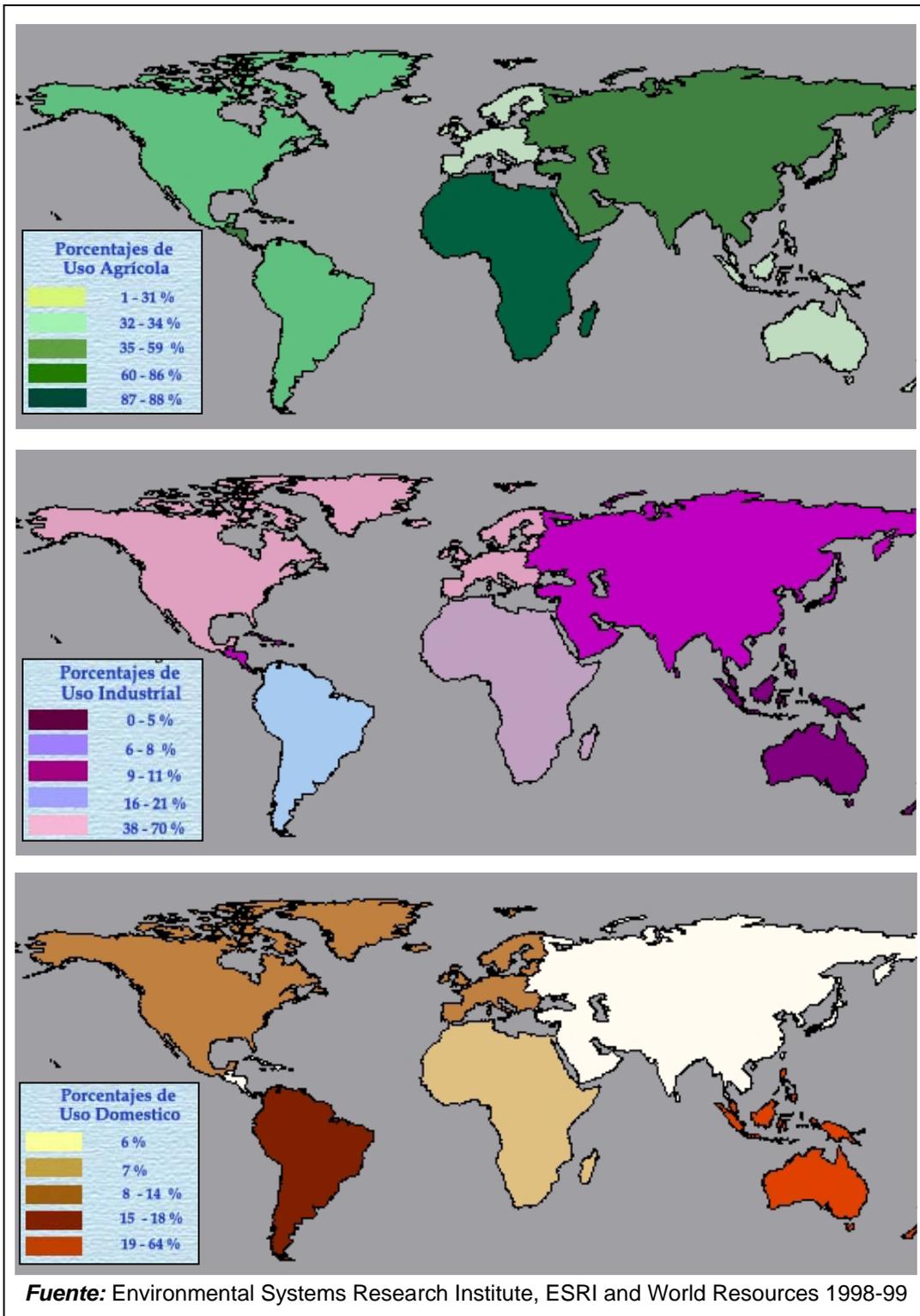
**Tabla 1.** Extracción de Agua por Sector Económico

Región	Extracción por Sector (porcentaje)		
	Agrícola	Industrial	Doméstico
Africa	88	5	7
Europa	31	55	14
América del Norte	39	48	13
América Central	86	8	6
América del Sur	59	23	18
Asia	85	9	6
Oceanía	34	2	64

**Fuente:** World Resources, WRI, 1998

---

<sup>(1)</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 'Lineamientos de Política para el Manejo Integral del Agua'. 1998.



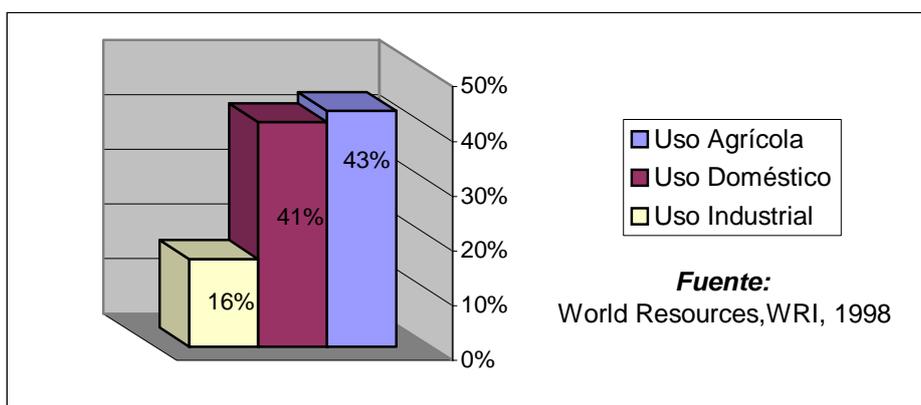
**Figura 4.** Mapas de usos del agua en el mundo (agrícola, industrial y doméstico).

## 2.4. USOS DEL AGUA EN COLOMBIA

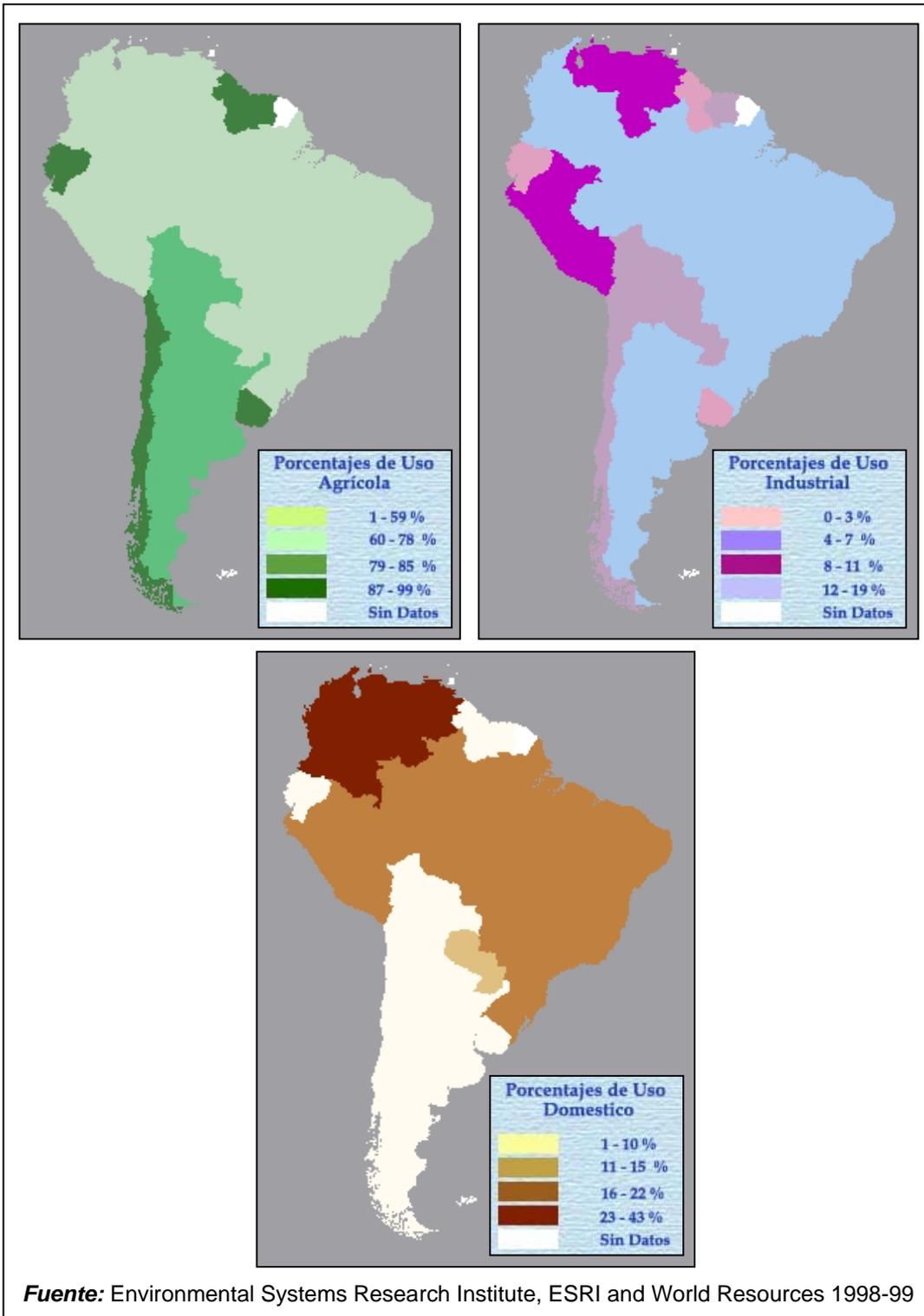
De la misma manera como varía la utilización del agua en las diferentes regiones del mundo, cada país hace uso del recurso de un modo específico.

En el caso de Colombia (Véanse las Figuras 5 y 6), las características del territorio, su variada topografía, el régimen climático y el tipo de suelo, hacen que ésta sea una región apta para la agricultura, con gran variedad de cultivos que requieren altos porcentajes en irrigación; es por esto que, en nuestro país, el mayor porcentaje de agua es utilizado precisamente por el sector agrícola, destinando un 43% del recurso para dicha actividad. Por otra parte, Colombia utiliza el 41% de los recursos disponibles para el consumo humano, constituyéndose el uso doméstico en el segundo consumidor de agua dulce en el país; siendo, junto con Venezuela, una de las regiones que emplea mayores cantidades del líquido en Sur América y en el mundo.

Finalmente, nuestro país dispone del restante 16% de las reservas de agua para el uso industrial, siendo este sector económico el que origina menores consumos del recurso, a pesar de ser el que ocasiona mayores índices de contaminación.



**Figura 5.** Usos del Agua en Colombia



**Figura 6.** Mapas de usos del agua en Sur América (agrícola, industrial y doméstico).

## 2.5. CONSUMO DE AGUA EN EL HOGAR

El consumo doméstico de agua varía notablemente en las diferentes regiones del mundo dependiendo de muchos factores inherentes a cada región, como la cultura, los hábitos higiénicos de la población, la disponibilidad del recurso y las tarifas del servicio, entre otros; es así como por ejemplo, un europeo y un ciudadano de un país en vía de desarrollo utilizan el agua de diversa forma (Véase la Tabla 2).

**Tabla 2.** Utilización del Agua a Nivel Doméstico según la Región.

REGION	EUROPA	INDIA	COLOMBIA
Hogar, jardín, automóvil	13%	17%	7%
WC	32%	1%	41%
Bebidas, cocina, vajilla	2%	16%	11%
Aseo personal	16%	32%	37%
Limpieza	37%	34%	4%
<b>Total Consumo Normal</b> (litros de agua por persona al día)	<b>150 litros</b>	<b>25 litros</b>	<b>200 litros</b>

**Fuente:** CDMB. Magazin Punto Verde. Sept. 2000.

Colombia, como se ilustró en la Figura 6, presenta uno de los porcentajes más altos en consumo doméstico de agua en Sur América y en el mundo, utilizando cerca de la mitad de sus reservas de agua potable para este fin, que incluye además del consumo humano, las necesidades fisiológicas, el aseo personal, los usos culinarios y otros requerimientos del hogar como son el lavado de ropa, aseo de vivienda, baño, inodoros, etc.; estableciéndose un consumo diario normal de 200 litros por persona, de tal forma que el consumo por persona mensual es aproximadamente de 6000 litros, que equivalen a 6 metros cúbicos.

De acuerdo con lo anterior y dependiendo del número de personas que residen en una vivienda, podemos encontrar el consumo promedio así: si en una vivienda residen 6 personas, el consumo mensual de tal inmueble es de aproximadamente 36000 litros, o sea 36 metros cúbicos; de igual forma se calcula que una familia tipo (matrimonio y dos hijos), consume un promedio de 24000 litros mensuales de agua; no obstante, a esta cantidad deben agregársele algunos consumos complementarios como son el riego de plantas, jardines y el lavado de vehículos, y suntuarios como el cuidado de animales domésticos y otros, que pueden incrementar el consumo hasta 55 o 60 metros cúbicos mensuales.<sup>(1)</sup> (Véase la Tabla 3). Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud, estima que podría llenar sus necesidades con 5000 litros (4.8 veces menos), ya que gran parte del consumo normal es derrochado en las descargas innecesarias del aparato sanitario, largos baños que van más allá de la higiene, el riego desmedido de patios y jardines, fugas en las instalaciones sanitarias y muchos otros casos que influyen en los altos volúmenes de desperdicio del líquido.

**Tabla 3.** Consumos de Agua en el Hogar

TIPO DE CONSUMO	ACTIVIDAD	CONSUMO PROMEDIO ( litros / persona / día )
NORMAL	Lavado de Ropa	40 lts
	Sanitario 15 - 18 lts por descarga	84 lts
	Aseo Personal	Ducha diaria: 30 lts Lavado de manos: 6 lts
	Necesidades en Cocina	Lavado de platos: 26 lts Consumo de Propio: 6 lts
	Aseo de Vivienda	8 lts
COMPLEMENTARIO	Aseo de Vehículos	150 lts
	Riego de Jardín	
SUNTUARIO	Cuidado de Animales	

**Fuente:** Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

<sup>(1)</sup> COMPAÑÍA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA. 'Cómo Usar Racionalmente el Servicio de Acueducto?'. Bucaramanga. 1997.

Es así como, a pesar de que la CDMB<sup>(1)</sup> estima que en nuestra ciudad se utilizan aproximadamente las siguientes cantidades de agua a nivel casero: 90 litros en un baño de ducha, 350 litros en un baño de inmersión, 6 litros en lavarse los dientes sin cerrar la llave durante un minuto, 6 litros en lavarse las manos durante un minuto, 18 litros en afeitarse sin cerrar la llave durante 3 minutos, 90 litros en lavar los platos sin cerrar la llave durante 15 minutos, 150 litros en lavar el auto sin cerrar la llave durante 25 minutos y 140 litros en lavar 10 kilos de ropa en dos lavados; estudios realizados por la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga<sup>(2)</sup> han comprobado que en un baño se utilizan entre 140 y 160 litros aproximadamente, si se deja correr el agua mientras nos cepillamos los dientes o nos afeitamos se botan al desagüe entre 100 y 120 litros, y cada vez que se vacía el tanque del inodoro se gastan entre 15 y 18 litros.

Así, teniendo en cuenta que cada vez que se descarga el inodoro se consumen aproximadamente 15 litros de agua, una familia de 4 personas que en conjunto haga uso del servicio unas doce veces diarias, gastará 180 litros en un día, de tal manera que en un mes, ese consumo será de 5400 litros, o sea 5.4 m<sup>3</sup>; todo esto sin tener en cuenta que un tanque defectuoso podría consumir más de 360 litros diarios.

Estas cifras nos demuestran claramente la difícil situación que estamos atravesando en cuanto al manejo del agua y el gran despilfarro que se viene presentando, razón por la cual es compromiso de todos hacer un uso racional de este importante elemento, siendo nuestra misión como Diseñadores Industriales, hacer nuestro aporte de conocimiento en el desarrollo de sistemas o dispositivos que permitan economizar dicho recurso en el hogar y una vía para lograr reducir el consumo a niveles racionales, consiste en hacer uso de las cantidades adecuadas de agua en cada una de las actividades domésticas (Véase la Tabla 4).

---

<sup>(1)</sup> CDMB. Corporación de Defensa para la Meseta de Bucaramanga. Magazín Punto Verde. 'El Agua y su Problemática a Nivel Mundial'. Septiembre de 2000.

<sup>(2)</sup> COMPAÑÍA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA. 'Cómo Usar Racionalmente el Servicio de Acueducto?'. Bucaramanga. 1997.

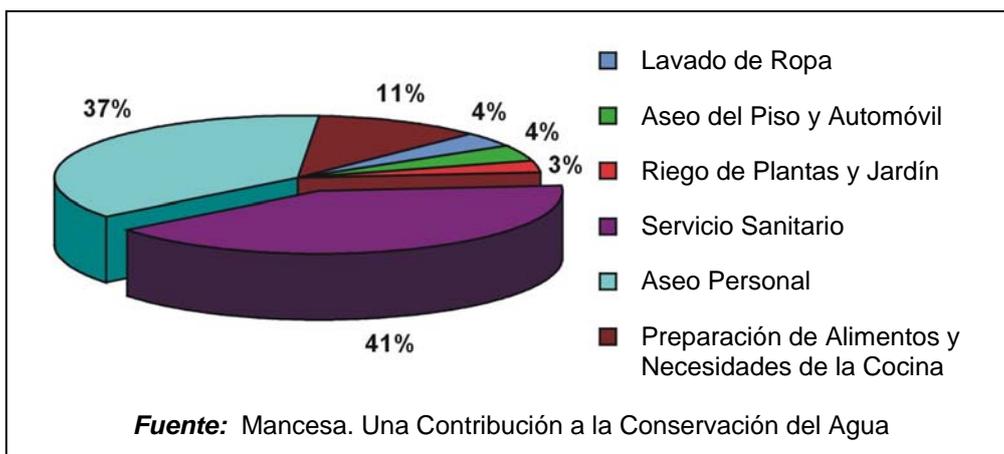
**Tabla 4.** Hábitos Racionales y No Racionales del Consumo de Agua en el Hogar.

ACTIVIDAD	LITROS/PERSONA/DIA	
	RACIONAL	NO RACIONAL
<b>DUCHA</b> Racional: breve No Racional: demorado (llave abierta mientras se enjabona)	12	30
<b>LAVADO DE MANOS Y DIENTES</b> Racional: normal No Racional: llave abierta mientras se enjabona o cepilla	3	7
<b>SANITARIO</b> Racional: normal No Racional: descargas innecesarias	36	84
<b>LAVADO DE ROPA (*)</b> Racional: lavadora bien aprovechada No Racional: poca ropa por lavado	35	70
<b>RIEGO DE PLANTAS (*)</b>	3	3
<b>LAVADO DE PLATOS</b> Racional: lavado en orden lógico No Racional: llave abierta todo el tiempo	20	50
<b>LAVADO DE AUTOMÓVIL (*)</b> Racional: con válvula de mano No Racional: llave abierta todo el tiempo	2	5
<b>PISOS Y PAREDES (*)</b>	2	8
<b>PREPARACIÓN DE ALIMENTOS</b>	6	6
<b>CONSUMO TOTAL</b>	119	263 o más

(\*) Estas actividades no se realizan diariamente por lo que se calculó un promedio diario

**Fuente:** Pontificia Universidad Javeriana. Desarrollo de un Aparato Sanitario de Bajo Consumo.

En general, en una residencia de clase media, el consumo de agua se distribuye como se observa en la Figura 7, siendo el servicio sanitario el principal consumidor del recurso dentro del hogar, con un 41% del consumo total; de manera que cualquier ahorro en el agua destinada para los aparatos sanitarios, repercute notablemente en la rebaja del consumo general y por tanto en la facturación del servicio.



**Figura 7.** Distribución del Consumo de Agua en el Hogar.

## 2.6. FACTURACIÓN Y TARIFAS

Otra razón muy importante que hace necesario implantar una cultura de ahorro de agua está relacionada con los costos del líquido que recibimos en nuestros hogares, ya que el problema del agua ha dejado de ser sólo un problema ecológico para convertirse también en uno económico; y cabe aclarar que el uno influye sobre el otro, pues como están las cosas y si seguimos con el continuo despilfarro del líquido, para el año 2025, no habrán multinacionales mineras ni petroleras sino grandes empresas encargadas de explotar el recurso hídrico, hasta que llegará el momento en que un barril de agua podrá costar igual o más que el petróleo.

Para poder tener una mejor visión sobre los costos que acarrea un gasto excesivo de agua, es importante tener en cuenta la forma de facturación del servicio de agua potable en nuestra ciudad; ya que, como estrategia para frenar el desperdicio, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga está cobrando más caro el consumo del líquido a los derrochadores de agua.

Según los indicadores que maneja la Compañía, el consumo básico de una familia de cuatro o cinco personas es de 20 metros cúbicos al mes; de tal manera que si esta cifra se incrementa hasta 40 metros cúbicos se considera como consumo complementario y se factura a una tarifa mayor, aunque todavía se encuentra dentro de los límites de un consumo normal; pero si dicho consumo sobrepasa los 40 metros cúbicos es porque definitivamente se está desperdiciando agua y por esta razón, el consumo de los metros cúbicos por encima de 40, el Acueducto los factura con un incremento del 20% sobre el consumo complementario y lo denomina consumo suntuario.<sup>(1)</sup>

Para entender mejor como se realiza la facturación del servicio se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: (Véase la Tabla 5)

1. Todas las tarifas están determinadas de acuerdo con el estrato socioeconómico al cual pertenece una vivienda; así, el valor del metro cúbico de agua tiene un precio que varía según el estrato, correspondiendo pagar un mayor valor a las viviendas de mayor significado en términos de ubicación, presentación, etc., y viceversa.
2. Para facturar el servicio básicamente se tienen en cuenta dos tipos de cargos, un Cargo Fijo y un Cargo por Consumo, cuyas tarifas también varían según la estratificación a la cual pertenezca la vivienda.

---

<sup>(1)</sup> COMPAÑÍA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA. 'Procesos de Medición, Facturación y Cobranzas'. Bucaramanga. 2000.

**Tabla 5.** Ejemplo de Facturación.  
(tarifas correspondientes al mes de Diciembre/2001)

<b>CARGO FIJO:</b>		<b>Estrato</b>					
A su factura debe sumarle el siguiente valor del cargo fijo por estrato		1	2	3	4	5	6
		\$ 1420,39	\$ 2469,83	\$ 4234,01	\$4981,18	\$ 5977,42	\$ 7685, 59
		Cargo fijo mensual por usuario					
<b>CARGO POR CONSUMO:</b>							
<b>Consumo Básico</b>		<b>Estrato</b>					
Si en su casa se consumen entre 0 y 20 metros cúbicos cada mes, este será el costo por metro cúbico.		1	2	3	4	5	6
		\$ 179,68	\$ 280,33	\$ 482,96	\$ 568,19	\$ 681,82	\$ 681,82
		Precio metro cúbico de Acueducto y Alcantarillado					
<b>Consumo Complementario</b>		<b>Estrato</b>					
De 21 a 40 metros cúbicos de consumo, el valor del metro cúbico aumentará así.		1	2	3	4	5	6
		\$ 568,19	\$ 568,19	\$ 568,19	\$ 568,19	\$ 681,82	\$ 681,82
		Precio metro cúbico de Acueducto y Alcantarillado					
<b>Consumo Suntuario</b>		<b>Estrato</b>					
Si su consumo es superior a 40 metros cúbicos, usted pagará cada metro cúbico por encima de 40, así.		1	2	3	4	5	6
		\$ 681,82	\$ 681,82	\$ 681,82	\$ 681,82	\$ 681,82	\$ 681,82
		Precio metro cúbico de Acueducto y Alcantarillado					
<b>EJEMPLO DE FACTURACION</b>							
Si usted tiene un consumo de 35 metros cúbicos al mes y pertenece al estrato 3 su factura se liquidará de la siguiente forma:							
Cargo Fijo							\$ 4234,01 =
Cargo por Consumo	Consumo básico	20 m <sup>3</sup>	\$ 482,96				\$ 9659,20 =
	Consumo complementario	15 m <sup>3</sup>	\$ 568,19				\$ 8522,85 =
	Consumo suntuario	0 m <sup>3</sup>	\$ 681,82				\$ 0,00 =
<b>TOTAL FACTURA</b>							<b>\$ 22416,06 =</b>
<b>Fuente:</b> Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga							

El Cargo Fijo corresponde a un precio que la Empresa cobra independiente del consumo, de tal manera que aunque el inmueble se halle desocupado, la Empresa siempre facturará como mínimo el valor del cargo fijo.

El Cargo por Consumo, como su nombre lo indica, corresponde al cargo que el Acueducto factura dependiendo del consumo que se haya hecho en el inmueble; el cual, como se explicó anteriormente, puede ser Básico, Complementario o Suntuario según la cantidad de metros cúbicos utilizados; de tal modo, para cada uno de estos consumos se aplicará una tarifa, que a su vez también varía según el estrato, y el valor total del Cargo por Consumo equivaldrá a la multiplicación de los metros cúbicos consumidos dentro de cada rango de consumo, por su respectivo precio.

Por otra parte, en cuanto al aspecto tarifario, el año 2000 se caracterizó por los considerables aumentos en las tarifas del Servicio de Acueducto en Bucaramanga, los cuales fueron realizados gradualmente, mes por mes, y, debido al desmonte de los subsidios, fueron sentidos especialmente por los estratos más bajos (1,2 y 3), haciendo que los usuarios más pobres del servicio de agua cada vez la desperdicien menos.<sup>(1)</sup>

De acuerdo con las estadísticas del Acueducto, los usuarios de estrato 1 fueron los que malgastaron menos agua entre 1999 y el 2000, en contraste con los de estrato 6, donde a pesar de disminuir el número de inscritos al servicio, aumentó el número de derrochadores; de tal manera que, para el año 2001, la Junta Directiva de la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga decidió congelar nuevamente las tarifas para los suscriptores de los estratos 1 y 2, como una medida para aliviar las condiciones económicas de las clases menos favorecidas.<sup>(2)</sup>

---

<sup>(1)</sup> FORERO, Amparo. 'Castigo Económico' disminuye el derroche de agua. En: Vanguardia Liberal. Bucaramanga. (14, agosto, 2000); p. 5B.

<sup>(2)</sup> ARDILA, Euclides. Congelan tarifas de agua para los pobres. En: Vanguardia Liberal. Bucaramanga. (23, febrero, 2001); p. 1A.

Sin embargo, cabe aclarar que este congelamiento en las tarifas se aplicó únicamente para los consumos fijos y básicos, de modo que, quienes se excedían en los consumos complementarios y suntuarios, sí debieron pagar los aumentos respectivos, que para los demás estratos y para los derrochadores estuvieron cerca del 8%, según lo autorizó la Comisión de Regulación de Tarifas, alza que se hizo en forma gradual, aplicando un incremento mensual del 0.64% en el cobro de los consumos. (Véase la Tabla 6).

**Tabla 6.** Incremento Tarifario del Servicio de Agua Potable en Bucaramanga y su Área Metropolitana para el año 2001

TARIFAS DE AGUA POTABLE EN BUCARAMANGA Y SU AREA METROPOLITANA - CONSUMO DOMESTICO								
(correspondientes al año 2001)								
ESTRATO	CONSUMO ( \$ / m <sup>3</sup> ) (valores en pesos)							
	CARGO FIJO (independiente del consumo)		CONSUMO BASICO (de 0 a 20 m <sup>3</sup> )		CONSUMO COMPLEMENTARIO (de 21 a 40 m <sup>3</sup> )		CONSUMO Suntuario (más de 40 m <sup>3</sup> )	
	Ene. 2001	Dic. 2001	Ene. 2001	Dic. 2001	Ene. 2001	Dic. 2001	Ene. 2001	Dic. 2001
1	1420.39	1420.39	179.68	179.68	568.19	609.72	681.82	731.66
2	2469.83	2469.83	280.33	280.33	568.19	609.72	681.82	731.66
3	4234.01	4543.49	482.96	518.26	568.19	609.72	681.82	731.66
4	4981.18	5345.29	568.19	609.72	568.19	609.72	681.82	731.66
5	5977.42	6414.34	681.82	731.66	681.82	731.66	681.82	731.66
6	7685.59	8247.38	681.82	731.66	681.82	731.66	681.82	731.66

**Fuente:** Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga

Además, teniendo en cuenta que durante el último año disminuyó notablemente el volumen de desperdicio de agua y que la comunidad de los estratos más bajos, señalada en años anteriores como la más derrochadora, está tomando conciencia sobre la importancia de hacer un uso racional del líquido, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga decidió suspender el incremento que facturaba, como sanción por desperdiciar el agua, a quienes botaban el líquido; de

tal forma que, a partir del consumo del mes de abril de 2001, a los usuarios residenciales y oficiales de los estratos 1, 2 y 3, no se les cobrará el sobreprecio del 20% cuando el consumo sobrepase los 40 metros cúbicos de agua. <sup>(1)</sup>

**Tabla 7.** Estructura Tarifaria del Servicio de Agua Potable en Bucaramanga y su Área Metropolitana para el primer trimestre del año 2002

1. USO RESIDENCIAL								
	ESTRATO 1				ESTRATO 2			
	CARGO FIJO (\$/mes)	CONSUMO (\$/m3)			CARGO FIJO (\$/mes)	CONSUMO (\$/m3)		
		Básico	Complem.	Suntuario		Básico	Complem.	Suntuario
Diciembre	1,420.39	179.68	609.72	609.72	2,469.83	280.33	609.72	609.72
Enero	1,420.39	181.67	609.72	609.72	2,483.31	281.89	609.72	609.72
Febrero	1,420.39	183.68	609.72	609.72	2,496.86	283.46	609.72	609.72
Marzo	1,420.39	185.72	609.72	609.72	2,510.49	285.03	609.72	609.72
	ESTRATO 3				ESTRATO 4			
	CARGO FIJO (\$/mes)	CONSUMO (\$/m3)			CARGO FIJO (\$/mes)	CONSUMO (\$/m3)		
		Básico	Complem.	Suntuario		Básico	Complem.	Suntuario
Diciembre	4,543.49	518.26	609.72	609.72	5,345.29	609.72	609.72	609.72
Enero	4,543.49	518.26	609.72	609.72	5,345.29	609.72	609.72	609.72
Febrero	4,543.49	518.26	609.72	609.72	5,345.29	609.72	609.72	609.72
Marzo	4,543.49	518.26	609.72	609.72	5,345.29	609.72	609.72	609.72
	ESTRATO 5				ESTRATO 6			
	CARGO FIJO (\$/mes)	CONSUMO (\$/m3)			CARGO FIJO (\$/mes)	CONSUMO (\$/m3)		
		Básico	Complem.	Suntuario		Básico	Complem.	Suntuario
Diciembre	6,414.34	731.66	731.66	731.66	8,247.38	731.66	731.66	731.66
Enero	6,414.34	731.66	731.66	731.66	8,247.38	731.66	731.66	731.66
Febrero	6,414.34	731.66	731.66	731.66	8,247.38	731.66	731.66	731.66
Marzo	6,414.34	731.66	731.66	731.66	8,247.38	731.66	731.66	731.66
2. USO COMERCIAL E INDUSTRIAL				3. USO OFICIAL Y ESPECIAL				
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
CARGO FIJO (\$/mes)	6,414.34	6,414.34	6,414.34	6,414.34	5,345.29	5,345.29	5,345.29	5,345.29
CONSUMO (\$/m3)	731.66	731.66	731.66	731.66	609.72	609.72	609.72	609.72

**Fuente:** Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga

<sup>(1)</sup> COMPAÑÍA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA. Suprimen la sanción por desperdiciar agua. En: Vanguardia Liberal. Bucaramanga. (31, marzo, 2001); p. 1A.

La tabla anterior (Véase la Tabla 7) corresponde a la estructura tarifaria que ha de regir para los consumos del primer trimestre del 2002, de acuerdo con la Resolución 200 de 2001 de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, teniendo en cuenta que en el mes en que el acumulado del IPC nacional establecido por el DANE sea como mínimo el 3%, las tarifas se actualizarán a partir del mes siguiente, en el mismo porcentaje. Los estratos que tengan rezago tarifario se ajustarán mensualmente conforme a lo dispuesto en la Ley 632 / 2000.

## **2.7. EL APARATO SANITARIO**

Para poder aportar soluciones de diseño al problema planteado, economizando el consumo de agua en el sanitario, es indispensable conocer más a fondo las características y el funcionamiento del mismo.

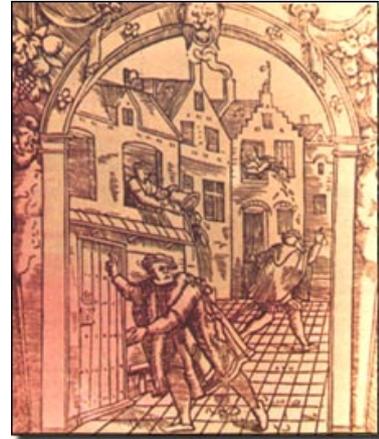
### **2.7.1. DEFINICIÓN**

Los inodoros son los aparatos sanitarios encargados de recibir las deyecciones humanas y eliminarlas en forma rápida y completa a través de una acción de lavado vigorosa, en donde la limpieza generalmente se realiza por el efecto combinado de las corrientes de agua que bajan por las paredes de la taza y de la succión que se produce al sifonear el agua depositada en el fondo.

### **2.7.2. HISTORIA**

Uno de los aspectos más desconocidos de la historia de la humanidad es la lentitud con la que higienistas, ingenieros y poderes públicos han intentado resolver un problema tan cotidiano como fundamental: la eliminación de los excrementos humanos. Por su volumen, un litro y medio de orina y ciento cincuenta gramos de desechos sólidos diarios por habitante, siempre han representado un problema municipal de importancia considerable.

Si bien es cierto que desde el II milenio a.C. los creyentes disponían de cuartos especiales con sillas excretoras fijas para recoger sus excrementos, el principal receptáculo utilizado para este fin hasta el siglo XVIII, descontando evidentemente los rincones y lugares públicos de todo el mundo donde las gentes aligeraban sus vientres y vejigas, fue el orinal (matula) inventado por los romanos hacia el siglo III o II a.C, el cual se constituyó durante veintidós siglos como un utensilio doméstico básico. Estos recipientes generalmente se vaciaban en la calle, la mayoría de las veces directamente por la ventana, y más tarde, en ciertos barrios y en el arroyo, para no manchar las fachadas.



Durante el siglo XVIII, la única innovación en este campo, técnicamente secundaria, fue la instalación en algunas casas de pozos negros que iban a dar a unas tinajas especiales, las cuales eran transportadas periódicamente a las afueras de las ciudades para vaciarlas, sistema inventado en 1786 por P. Giraud. Esta solución fue bastante discutible, ya que los conductos solían obstruirse creando una atmósfera pestilente en las casas. Algunos, gente acomodada, preferían utilizar la silla excretora, que podían colocar en cualquier parte, y luego llamar a algún lacayo para que vaciase la cubeta en la calle.

La urbanización progresiva de las ciudades y el crecimiento demográfico hicieron la situación cada vez más insoportable, en el primer tercio del siglo pasado las inmundicias cubrían las calles y llovían a traición desde las ventanas, los servicios sanitarios protestaban contra los peligros que esta situación entrañaba para la población, pero la ley fue impotente al no existir una solución técnica.

Muchas de las más adelantadas y antiguas civilizaciones: griegas, indias y romanas, tuvieron sistemas de agua servida para suministrar a los ciudadanos en ciudades grandes. Los acueductos romanos fueron maravillas de ingeniería, traían agua potable desde grandes distancias para las

ciudades, a pesar de eso, ninguna de las civilizaciones antiguas desarrollaron un dispositivo o método para eliminar los desperdicios humanos de las residencias, usando el agua. Para la mitad del siglo diecinueve, la bacinilla o "mica" y el retrete (ubicado fuera de la casa), fueron todavía las únicas soluciones para hombres pobres o ricos, en las ciudades grandes de Europa y América.



**Fuente:** A History of the flush toilet.  
([www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML](http://www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML))

**Figura 8.** Retretes "outhouse".

El primer dispositivo utilizado, durante el siglo diecinueve, para eliminar residuos en los hogares de Inglaterra y USA, fue mecánico y no hidráulico. El "earthcloset" fue un retrete portátil en donde en lugar de agua se utilizaba tierra para evacuar los excrementos; la arcilla granular seca era dispensada desde una tolva para desecar los desperdicios e impedir el olor y cuando la caja estaba llena, la tierra y los residuos podían removerse para colocarlos en otro sitio.



**Fuente:** A History of the flush toilet.  
([www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML](http://www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML))

**Figura 9.** Retrete portátil "Earthcloset".

A principios de 1800 la población fue creciendo y rápidamente aumentaron los problemas de contaminación del medio ambiente, las ciudades en Europa y América trataron de hacer lo que habían hecho los romanos siglos atrás, traer agua limpia a las ciudades y descargar los residuos hacia las afueras de la ciudad; pero ésta fue la época de la invención e industrialización y tan pronto como los recursos de agua estuvieron disponibles, los inventores de Europa y América comenzaron a desarrollar dispositivos para eliminar los residuos humanos. Muy pronto se produjeron inventos sucesivos, que después se complementarían.

El primer intento que se hizo para desarrollar un dispositivo hidráulico de remoción de desechos, bien adecuado, parece haberse realizado cuando se automatizó la bacinilla; el sistema constaba de un hueco creado en el fondo de la taza, el agua de una cisterna o tanque fluye a través de los orificios que bordean la taza, y el flujo de agua permite la descarga hacia un tanque en el suelo o un dispositivo móvil de recolección de agua.

Este fue un invento colectivo, anónimo, surgido de una institución conocida entonces como escuela monje, que luego se conocería como el instituto Carnot de París, fue la taza de retrete, muy parecida a la que conocemos actualmente, provista de una tapa horadada de manera que podía subirse y bajarse, la tapa en cuestión era entonces de chapa. Este modesto invento, pues de hecho no fue más que una adaptación de la silla excretora, despertó polémicas interminables entre los médicos, quienes discutieron sobre los peligros de este elemento, que según algunos "contrariaba las leyes naturales" y favorecía los contagios debido a la famosa tapa. Las perlas de argumentación derrochadas para repudiar este invento dejan bastante pensativo a quien vuelve a leerlas al cabo de un siglo.

### **2.7.3. EVOLUCIÓN**

El inodoro fue creado y luego perfeccionado por muchas personas en los últimos 500 años, de hecho, continúa siendo "reinventado" hasta el día de hoy.

Gracias a que las oficinas de patentes de Inglaterra y los Estados Unidos han mantenido durante centenares de años los registros de todas las aplicaciones de sus inventos, los inventores del equipo sanitario están claramente bien reconocidos.

El crédito de la invención del inodoro es usualmente otorgado a Sir John Harington (poeta). Se dice que el primer inodoro fue inventado por él en el siglo XVI, aproximadamente hacia 1596, para la Reina Elizabeth y fue instalado en su palacio en Richmond, en ese entonces fue llamado "armario de agua" (water closet). El invento de Harington, quien en 1597 desarrolló el water closet de válvula, fue un chiste para las miradas inglesas, así que en esa época su inodoro no tomó mucha fuerza en el estilo de vida.

Pero, acreditar a Harington por inventar el inodoro es lo mismo como ungir a Leonardo Da Vinci como padre del helicóptero, conceptualmente él pudo haber tenido una buena idea, pero hacerlo realmente es algo enteramente diferente.

Doscientos años más tarde, en 1775, Alexander Cummings reinventó y mejoró tecnológicamente el inodoro de Harington, dándole un mejor uso al dispositivo. Cummings recibió una patente inglesa por poner una trampa de agua bajo una taza, éste fue un mejor avance hacia el verdadero funcionamiento del inodoro, aunque nada cambió en el mercado. En el diseño de Cummings el agua permanecía en el inodoro y de esta manera se suprimía el mal olor, aún así su trabajo necesitó de mejoras futuras.

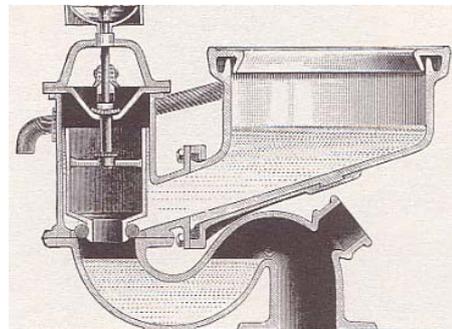
Dos años más tarde, en 1777, Samuel Prosser perfeccionó las válvulas que se utilizaban para la descarga, con su válvula esférica, recibiendo una patente para un inodoro con émbolo; que setenta años después, en virtud del acta de Salud Pública inglesa, obligaría a instalar un servicio de inodoro en todas las casas que se construyeran.

Un año más tarde, en 1778, Joseph Bramah inventó un inodoro que tenía una válvula al fondo de la taza que trabajaba como una bisagra, él sustituyó la válvula corrediza con la válvula de

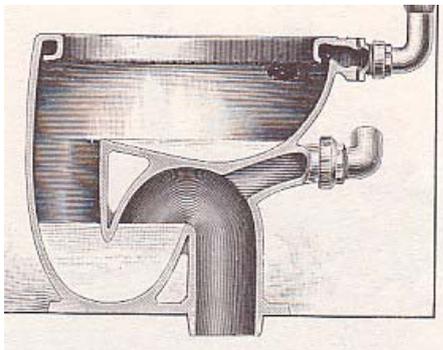
manivela, un predecesor para la llave de flotador moderna, que mejoró considerablemente el desempeño del inodoro.

A principios del siglo XIX los inodoros fueron instalados en las casas pero aún estaban conectados a pozos negros, originando epidemias debido al suministro de agua de pozos contaminados. Así, mientras la provisión del inodoro en la casa solucionó el problema doméstico de limpieza, el desafío se quedó en como evacuar los residuos humanos de las ciudades; esto también fue solucionado cuando se introdujo el sistema del alcantarillado, pero continuó el problema del olor.

Algunos inventores usaron palancas con el fin de sellar el paso e impedir que el gas que provenía de las alcantarillas entrara a las habitaciones. A comienzos de 1862, durante la Guerra Civil de los Estados Unidos, el diseñador del Union Ship the Monitor instaló un embolo que permitía descargar el inodoro de forma mecánica.



([www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML](http://www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML))



([www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML](http://www.victoriancrapper.com/Toilethistory.HTML))

Básicamente, la primera generación eficiente de inodoros fue la más simple, consistía de una taza con un hueco al frente o atrás y un sifón al fondo lleno de agua para sellar y evitar el paso de los malos olores y los gases que provenían del alcantarillado. Alexander Cummings lo había diseñado un siglo antes, muy parecido a un lavaplatos en su configuración, pero fue muy diferente cuando se provió del sifón, una gran mejora que solucionó el problema de los malos olores.

Esta primera generación de inodoros fue conocida como inodoros "wash-out" y varias compañías los vendieron en Inglaterra a comienzos de los años 1870. Este nuevo inodoro inglés resultó ser muy popular en todas las ciudades donde existía alcantarillado, siendo exportados a América,

donde se montaron empresas para manufacturarlos. Pero el fabricante maestro del inodoro entre los ingleses emergió durante 1885, cuando Thomas Twyford revolucionó el inodoro comercial, construyendo el primer inodoro hecho totalmente en cerámica, de una sola pieza.

A pesar de que el "wash-out" tuvo una mayor ventaja que el antiguo cuarto de baño o las bacinillas, aun dejaba que desear, ellos no fueron eficientes porque no todos los residuos pasaban a través del sifón y se tenía que derrochar muchísima agua para garantizar una eficiente limpieza, por lo cual los fabricantes e inventores siguieron investigando para solucionar estos problemas.

La primer mejora fue combinar el agua almacenada dentro de la taza con el sifón. Estos inodoros, conocidos como "wash-down", estuvieron en el mercado poco después del "wash-out", sin embargo, los dos sistemas fallaban a menudo en la remoción de los residuos más pesados. Para finales de siglo, los fabricantes de sanitarios descubrieron que desviando una cantidad del agua de la cisterna hacia el fondo de la taza se creaba un flujo a chorro que empujaba los residuos, y que si se mejoraba la forma de salida del sifón, este flujo actuaría impulsando los desechos hacia afuera a través del mismo, obteniendo un mejor vaciado y una mejor limpieza del inodoro, sin despilfarrar tanta agua, de esta manera se creó el "jet flush" o "lavado a chorro", naciendo el inodoro moderno.

Los historiadores ingleses acreditan una alfarería en la ciudad de Chelsea, "The Beaufort Works", como la primer fabricante de dichos inodoros en 1886, aunque una compañía americana recibió una patente 10 años antes con un concepto similar.

Este retrete moderno se impuso finalmente al asociarse con otro invento, el del inglés Thomas Crapper, que al parecer data de 1886, la cisterna de agua. Crapper ideó instalar encima de la taza, a cierta altura, un depósito con capacidad para diez litros de agua, que por medio de un sistema de palanca liberase su contenido al tirar de la cadena, la función de la cisterna era por tanto expulsora y limpiadora, pero además favorecía una valiosa ventaja complementaria, y es que al diluir las materias fecales contribuía a que los vertidos finales sobre los ríos fueran mucho menos densos.

Crapper, por otra parte, modificó también el diseño de la taza incorporando el sifón, que garantizaba que siempre hubiese en el fondo de esta, una pequeña cantidad de agua relativamente limpia que aislaba la taza del conducto de bajada. Su water-closet, el famoso inodoro, protegía por fin a la vivienda de emanaciones perniciosas, sin embargo, su invento sólo pudo triunfar una vez que se impusieron definitivamente los sistemas de alcantarillado público y se garantizó el suministro de agua corriente a todas las viviendas, algo que no se consiguió hasta muy entrado el siglo XX.

Desde entonces el mundo no ha presenciado ningún cambio técnico significativo, excepto algún cambio en la forma de los inodoros y la reducción en la cantidad de agua utilizada.

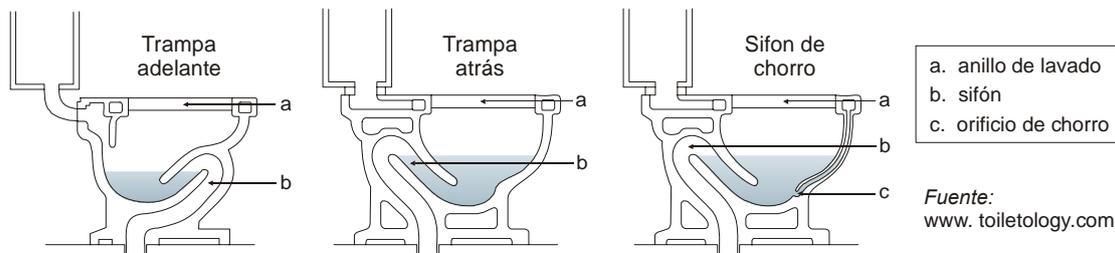
#### **2.7.4. DESCRIPCIÓN DEL APARATO SANITARIO**

La mayoría de sanitarios domésticos se componen principalmente de una taza y un tanque o depósito.

La “taza” es quizá la parte más importante del aparato sanitario, ya que de su diseño y construcción interna depende en gran parte la eficiencia del vaciado y la cantidad de agua requerida para realizar una buena descarga.

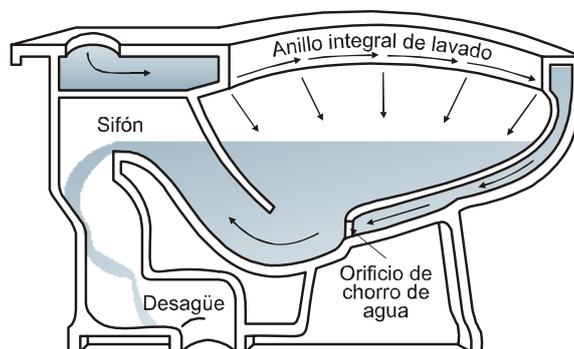
La configuración de una taza varía según el tipo de alimentación y descarga que va a ser empleado en ella; así, la alimentación puede hacerse a través de un anillo de lavado o de un orificio de chorro, y según como se realice podemos hablar de retretes de chorro fuerte, empleados generalmente en establecimientos públicos e instalaciones de calidad, retretes que sólo tienen alimentación por el anillo, sin chorro, usados en instalaciones económicas, y retretes de sifón de chorro, que combinan los dos sistemas anteriores; mientras la descarga generalmente se realiza por la acción de un sifón, que puede estar ubicado hacia adelante o hacia la parte posterior del retrete, denominándolo retrete con trampa adelante o trampa atrás, respectivamente.

De lo anterior, podemos decir que básicamente existen tres tipos de tazas o retretes: retretes con trampa adelante, que aunque ya no son fabricados todavía se encuentran en uso, retretes con trampa atrás y retretes de sifón de chorro. (Véase la Figura 10).



**Figura 10.** Tipos Básicos de Retretes.

Actualmente, el retrete más utilizado es el de sifón de chorro (véase la Figura 11), que consiste en un vaso limitado por arriba por un anillo hueco distribuidor de agua, conocido como *anillo integral de lavado*, cuya parte inferior presenta una serie de agujeros pequeños, a través de los cuales el agua penetra, regando las paredes de la taza y limpiando la superficie interna del retrete; este tipo de sanitario se caracteriza por la presencia de un agujero en el fondo de la taza, denominado *orificio de chorro de agua*, a través del cual parte del agua depositada en el tanque es enviada rápida y directamente en forma de chorro hacia la entrada del *sifón*, ubicado generalmente en la parte posterior del retrete, dando inicio a la acción sifónica, cuyo efecto de succión arrastra todo el contenido de la taza a través del tubo de *desagüe*, ocasionando la descarga.



**Fuente:** Adaptado por los autores

**Figura 11.** Taza con Sifón de Chorro.

El “tanque” o cisterna es el recipiente en el cual se almacena el agua que va a ser empleada para descargar el retrete.

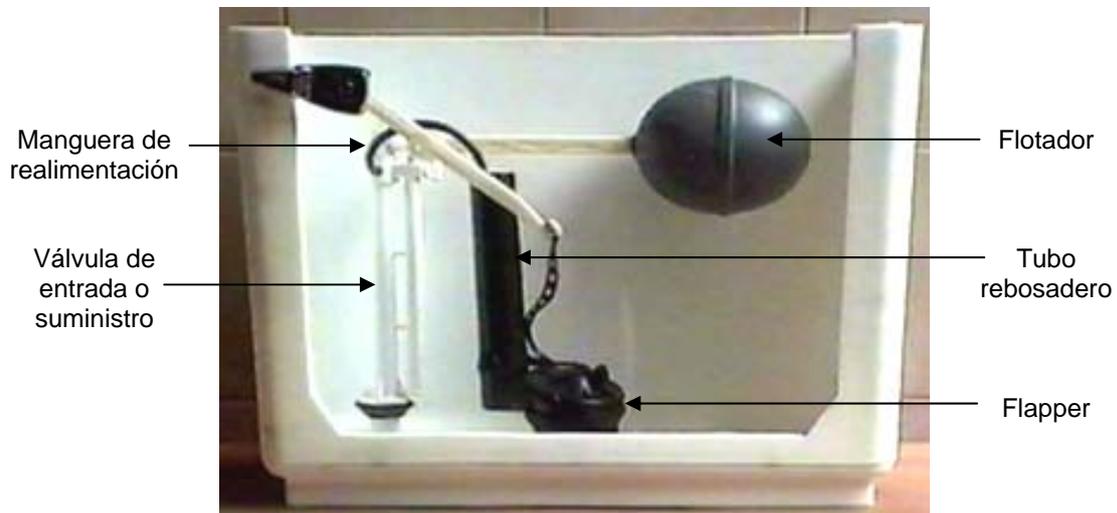
Existen diferentes formas de conectar el tanque al retrete, la más utilizada actualmente es la del tanque acoplado directamente a la taza, aunque también puede estar acoplado por medio de tuberías. (Véase la Figura 12). Anteriormente, era muy normal la utilización de tanques elevados conectados a la taza por medio de tuberías, con los cuales se buscaba aprovechar la altura de caída del agua para generar mayores presiones en el lavado (a mayor altura, mayor presión); sin embargo, con el tiempo esta disposición cambió y actualmente los diseños sanitarios tienden hacia una economía del espacio, lo cual ha llevado a que cada vez se utilicen tanques más bajos y pequeños, acoplados directamente a las tazas.



**Fuente:** Adaptado por los autores

**Figura 12.** Evolución del Aparato Sanitario (del tanque elevado al tanque bajo).

Los elementos que se encuentran dentro del tanque o depósito (véase la Figura 13), se encargan de controlar el flujo del agua, tanto en el llenado del mismo como en la descarga hacia la taza, y podemos clasificarlos en dos sistemas principales: el Sistema de Admisión de Agua y el Sistema de Descarga.



**Fuente:** Adaptado por los autores

**Figura 13.** Grifería Sanitaria.

El **Sistema de Admisión** repone el agua dentro de la cisterna inmediatamente después de cada descarga y se compone principalmente de una válvula de suministro o entrada de agua y de un flotador.

La válvula de entrada, tiene como función regular el paso del agua hacia el tanque durante el proceso de llenado del mismo, siendo controlada por un émbolo o diafragma, que a su vez es accionado por el flotador. El flotador es una bola hueca o boya que flota sobre el nivel del agua y se encuentra en el extremo de una palanca que controla el movimiento de dicho émbolo, de tal manera que cuando baja el nivel del líquido también baja la boya, haciendo descender la palanca que abre la entrada del agua; en cambio, al subir el nivel, la palanca se eleva hasta cerrar el paso del líquido.

En la actualidad existen diferentes modelos de válvulas y de flotadores, entre los más utilizados se encuentran un conjunto de latón o plástico con un émbolo que regula el flujo del agua hacia el depósito y flotadores de bola, sin embargo, modelos más recientes incorporan el flotador como

parte de la llave o de la válvula de suministro, mientras otros sistemas prescinden del flotador y utilizan un componente sensible a la presión, que detecta cuándo el nivel del agua se encuentra por debajo del nivel preestablecido para abrir el orificio de admisión del líquido.

El **Sistema de Descarga**, por su parte, se encarga de controlar el paso del agua del tanque hacia la taza y está compuesto por una válvula de descarga o flapper, conocida vulgarmente como 'pera' o 'sapito', que se apoya sobre el asiento de la válvula, cerrando el paso del líquido; para evitar desperdicios, es muy importante cuidar el buen estado de estas partes y cerciorarse que el ajuste entre ellas sea hermético.

Otro componente importante dentro de la grifería sanitaria es el tubo de nivel constante, conocido también como tubo rebosadero o de desagüe, el cual ayuda a controlar el nivel del agua dentro del depósito, dejando escapar el líquido hacia la taza cuando, por alguna falla, la llave del flotador no cierra, evitando el derrame de agua del tanque.

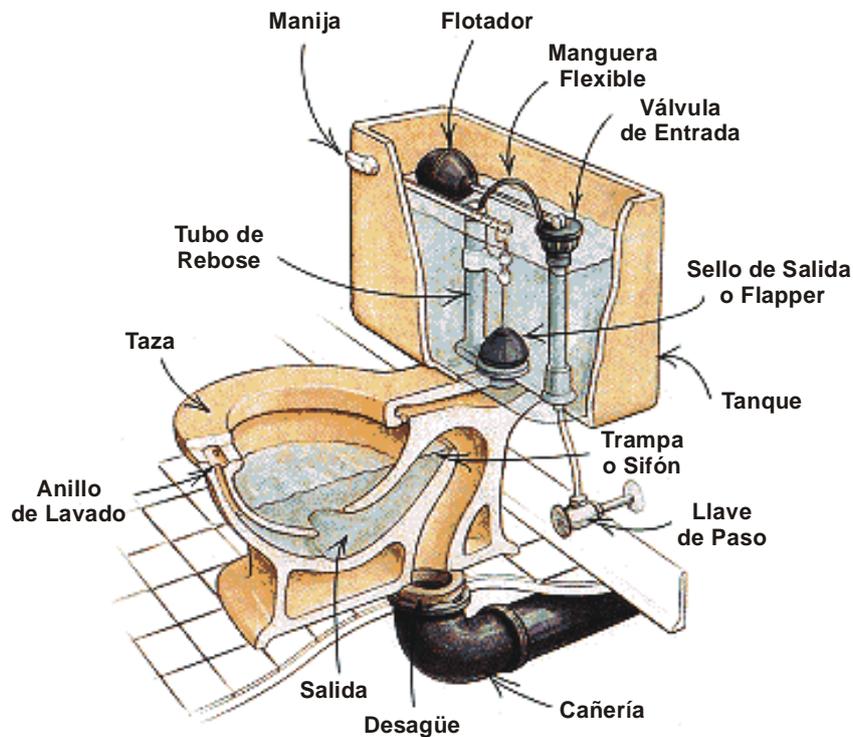
Finalmente, dentro del depósito o tanque, encontramos también una pequeña manguera flexible que conecta la válvula de entrada de agua con el tubo rebosadero, se trata de la manguera de realimentación y su función principal es la de reponer el agua del espejo después de cada descarga; cabe aclarar, que se denomina espejo al agua que queda en el fondo de la taza formando una trampa o sello hidráulico que impide la entrada de los gases que circulan por las alcantarillas.

## **2.7.5. FUNCIONAMIENTO DEL APARATO SANITARIO**

Aunque hasta hace poco, la gravedad en los tanques de los retretes era el tipo de descarga más común que se podía encontrar en los aparatos sanitarios de lugares públicos y residencias, hoy en día existen en el mercado nuevos diseños sanitarios que presurizan el agua dentro de un contenedor, permitiendo mejores descargas y minimizando el desperdicio del líquido; sin embargo,

estos sistemas por lo general son muy costosos y pocos tienen los medios para adquirirlos, siendo más usual encontrarlos en instalaciones sanitarias públicas, edificios comerciales y nuevos apartamentos que en el común de los hogares, donde normalmente se utilizan los inodoros de flujo por gravedad.

Un inodoro de flujo por gravedad tiene un diseño relativamente sencillo, como lo describimos anteriormente, pero su correcto funcionamiento depende de que todas sus partes trabajen conjuntamente (véase la Figura 14); de tal modo, si una de ellas se daña o se rompe todo el aparato va a funcionar mal.



**Fuente:** Adaptado por los autores

**Figura 14.** Partes del Aparato Sanitario.

El funcionamiento de un aparato sanitario está comprendido por dos fases fundamentales: una fase de admisión o llenado y una fase de descarga.

Durante el proceso de admisión, la cisterna del aparato sanitario se llena de agua a través de una tubería delgada que conecta el tanque del inodoro con el sistema de abastecimiento o suministro del líquido; dicha tubería se encuentra unida directamente a la base de la *válvula de entrada*, la cual regula el flujo de agua dentro del tanque, mientras el *flotador* se encarga de controlar el nivel de llenado. Es necesario aclarar que el proceso de llenado no se realiza únicamente en el tanque, ya que durante esta etapa también se debe restaurar el nivel del agua que queda en el fondo de la taza, denominado espejo, que impide la entrada de los gases de las alcantarillas; para esto, parte del agua que circula por la *válvula de entrada* es enviada a través de una *manguera flexible*, directamente al *tubo de rebose*, y de éste a la *taza*, al mismo tiempo que se está llevando a cabo el proceso de llenado del tanque. (Véase la Figura 14).

Una vez termina la fase de llenado, el sanitario está preparado para realizar la descarga en cualquier momento. El proceso de descarga puede describirse desde dos puntos de vista: lo que sucede en el tanque y lo que sucede en la taza.

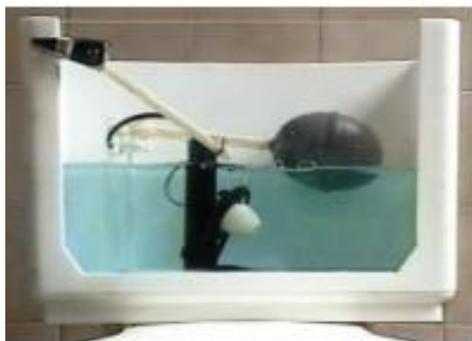
En la cisterna (véase la Figura 15), la descarga se realiza a través de un agujero que conduce al borde de la taza del inodoro y que se encuentra en el centro de la base del tanque, sobre el cual está localizada una *válvula de descarga* o *flapper*, que se encarga de sellar el agujero para evitar que el agua fluya constantemente hacia la taza (véase la Figura 15a). Dicha *válvula* está unida a una cadena, que a su vez permanece conectada a la *manija* o palanca que se encuentra en la parte exterior del tanque, de tal manera que cuando la palanca es accionada, mediante un leve movimiento (véase la Figura 15b), el *flapper* se levanta destapando el agujero, y la gravedad hace salir el agua, permitiendo que el líquido almacenado en el tanque fluya rápidamente a través de los bordes de la taza para realizar el lavado del inodoro. Así, mientras el nivel del agua en el tanque cae (véase la Figura 15c), el *flotador* desciende y abre la *válvula de entrada* para empezar a llenar nuevamente la cisterna; pero sólo cuando el agua ha bajado a un nivel predeterminado (es preciso indicar que generalmente el tanque no se desocupa por completo), el *flapper* vuelve a caer sobre el agujero de desagüe, sellándolo, y el tanque comienza a abastecerse (véase la Figura 15d).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Fuente:** Adaptado por los autores

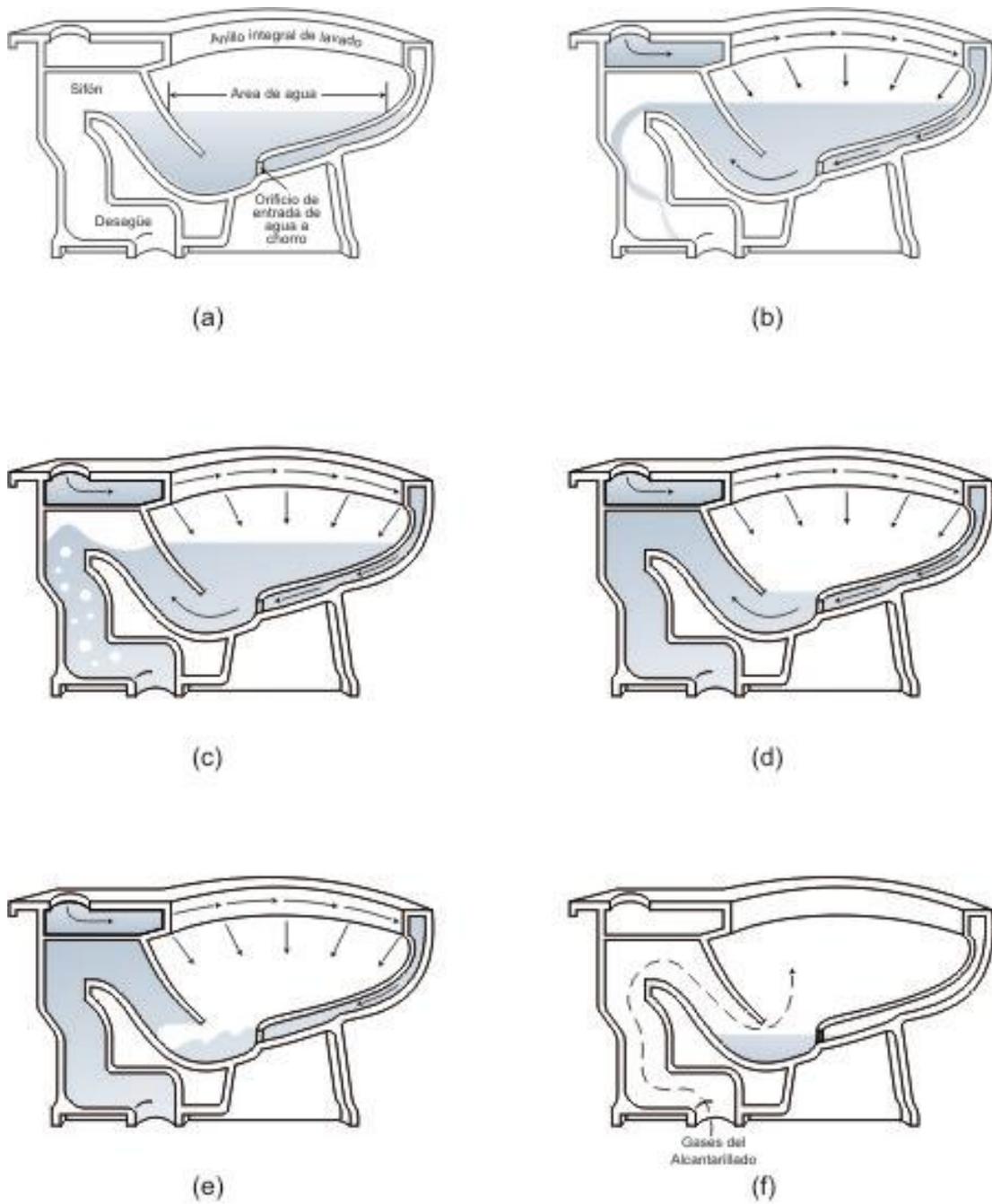
**Figura 15.** Proceso de Descarga y Llenado del Tanque.

A medida que el tanque se va llenando (véase la Figura 15e), el *flotador* asciende de nuevo con el agua, de tal manera que cuando ésta alcanza el nivel máximo permitido en el tanque, el *flotador* acciona la *válvula de entrada* y cierra el paso del líquido. (véase la Figura 15f). Para garantizar un correcto abastecimiento del aparato sanitario, evitando fugas y desperdicio de agua, el nivel máximo de líquido permitido en el tanque no debe sobrepasar la parte superior del *tubo de rebose*, de tal manera que no quede agua goteando dentro de él.

Por otra parte, mientras toda esta acción de descarga y llenado se está desarrollando en el tanque, otro proceso de descarga, que contribuye directamente al lavado del aparato sanitario, se está realizando en la taza. (Véase la Figura 16).

Una vez se descarga el tanque del inodoro, el agua fluye a través del anillo de lavado y penetra a la taza por una serie de agujeros que se encuentran en la parte inferior de éste, permitiendo la limpieza de las paredes y la superficie interna del retrete, al mismo tiempo que parte del agua es enviada a través del orificio de chorro, ubicado en el fondo de la taza, para ayudar a dar inicio a la acción del sifón (véase la Figura 16a).

El agua llena la taza hasta que sobrepasa el nivel del sifón y empieza a fluir hacia el agujero de desagüe. Así, a medida que entra más agua en la taza, el volumen y la velocidad del líquido que fluye a través del sifón se incrementa, creándose una cortina de agua a través del conducto de desagüe (véase la Figura 16b), lo cual produce un cambio de presión en el sifón originando un vacío parcial, que da inicio a la acción sifónica, cuyo efecto de succión va a arrastrar todo el contenido de la taza hacia el drenaje. Al mismo tiempo, la entrada continua de agua sobre el tramo descendente del sifón hace que el aire atrapado dentro de éste sea desplazado (véase la Figura 16c), llenándose de agua. Una buena acción de descarga o de sifón, se realiza cuando el conducto de desagüe está completamente lleno (véase la Figura 16d). Finalmente, tan pronto como el nivel del agua en la taza desciende hasta el punto donde el aire penetra hacia el conducto de desagüe, el sifón se rompe y la acción de descarga termina (véase la Figura 16e).



**Fuente:** Adaptado por los autores

**Figura 16.** Proceso de Descarga del Aparato Sanitario.

Una vez finalizada la descarga del aparato sanitario, al mismo tiempo que el tanque comienza a llenarse nuevamente, se inicia el proceso de reposición del agua del espejo, denominándose así al agua que queda en el fondo de la taza después de la descarga, formando un tapón o sello hidráulico que impide la entrada de los gases que circulan por las alcantarillas. Cuando este sello no es restaurado o no es lo suficientemente profundo, los gases y olores del drenaje entrarán hacia el cuarto de baño, a través del conducto de desagüe (véase la Figura 16f).

## **2.8. AHORRO DE AGUA**

Actualmente, las entidades encargadas de administrar el recurso hídrico, teniendo en cuenta que la creciente escasez del agua es un problema que no da tregua y ante la posibilidad de tener que acudir en un futuro muy próximo a racionamientos del líquido, están desarrollando diversas campañas educativas y publicitarias de concientización, cuyos fines principales son mostrar a la comunidad la importancia del recurso, la situación de riesgo a la que estamos expuestos, y por supuesto fomentar conductas de ahorro y uso racional del agua en la comunidad, como un primer paso para lograr una verdadera economía en el consumo del preciado líquido.

Este uso racional del agua consiste en evitar el gasto innecesario del recurso en cada una de las actividades que requieren de su consumo, reduciendo los altos índices de desperdicio que se presentan en los hogares debido al mal manejo que se hace del líquido; para ello, dichas campañas recomiendan, entre otras cosas, cerrar el paso de agua mientras no se esté utilizando, en acciones como cepillarse los dientes, enjabonarse, lavado de platos, etc, no utilizar los sanitarios como recipientes de basura, evitar descargarlos sin necesidad, e instalar dispositivos ahorradores o dosificadores de agua.<sup>(1)</sup>

---

<sup>(1)</sup> FORERO, Amparo. 'Ahorre agua y su bolsillo lo sentirá. Prácticos consejos para no derrochar el líquido en su hogar.' En: Vanguardia Liberal. Bucaramanga. (1, febrero, 2000); p. 5B.

Además de resaltar la importancia de hacer un uso adecuado del recurso, estas campañas tratan de educar a la comunidad con una serie de consejos para evitar el desperdicio del líquido que se presenta por el mal estado de las instalaciones sanitarias y/o el uso de accesorios inadecuados de bajo consumo; así es como sugieren mantener en perfecto estado las griferías, llaves, duchas, tuberías, cisternas y demás instalaciones sanitarias con el fin de evitar pequeñas fugas o escapes que por lo general son las principales causantes de dicho desperdicio.

#### **2.8.1. SISTEMAS ECONOMIZADORES DE AGUA**

Aunque es importante anotar que la economía del recurso hídrico sólo puede conseguirse mediante una verdadera concientización de los individuos hacia una cultura de ahorro de agua, es claro que se lograrían mejores resultados y ahorros más significativos mediante la instalación y utilización de accesorios y aparatos de bajo consumo.

Así, partiendo de la necesidad de utilizar métodos que contribuyan a la conservación del líquido, se han planteado gran diversidad de soluciones y sistemas de ahorro de agua, los cuales han evolucionado a través de la historia aplicando desde los principios más básicos hasta los más sofisticados y costosos dispositivos con el fin de disminuir el consumo en cada descarga del sanitario, en la ducha, en la cocina y en general, en el hogar.

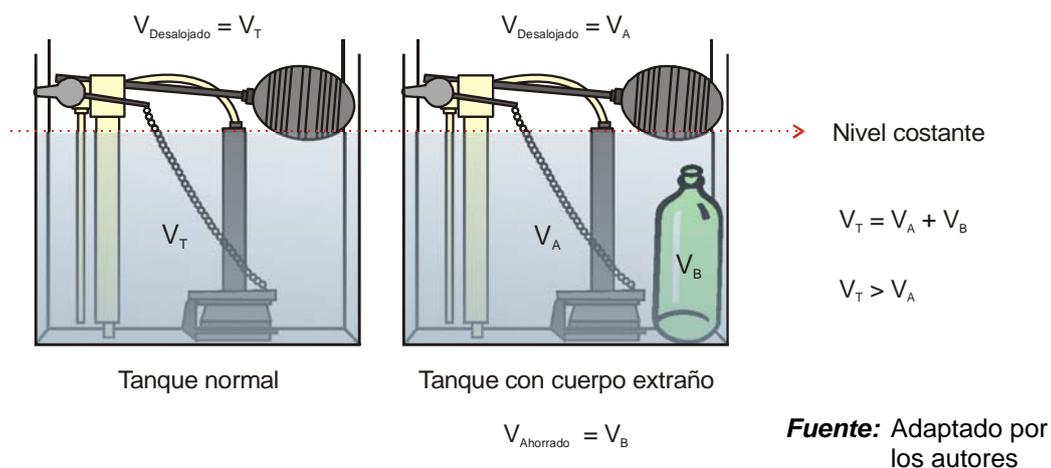
En los últimos años, se han comenzado a utilizar este tipo de dispositivos principalmente en los sitios públicos de los grandes centros comerciales o en sitios donde se reúnen muchas personas, los más comunes son los grifos y orinales que se activan exclusivamente con la presencia del usuario mediante el uso de sensores o fotoceldas, aunque también pueden funcionar con sistemas mecánicos que se encargan de cerrar el paso de agua después de determinado tiempo. Así mismo, también se encuentran en el mercado duchas y otros elementos de bajo consumo que se encargan de disminuir o dosificar el flujo del agua.

En cuanto al inodoro, que es el caso que nos ocupa y sin duda uno de los aparatos sanitarios que consume mayor cantidad de agua en el hogar, el hombre ha tratado de perfeccionarlo, preocupándose no sólo por el desarrollo estético del mismo sino por incorporar tecnología y diseño que permita minimizar problemas en cuanto al gasto excesivo del recurso, la poca higiene, la difícil limpieza, la difícil evacuación y el ruido, entre otros.

### 2.8.2. MÉTODOS Y DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA PARA EL SANITARIO

Existen métodos antiguos que aún se emplean para disminuir el consumo de agua en el sanitario, muchos de ellos son efectivos, otros no, pero la gran mayoría de éstos son rudimentarios y no poseen una tecnología adecuada que permita calcular a ciencia cierta la cantidad de agua que se ahorra, sin embargo, muchos hogares optan por utilizar este tipo de soluciones que, si bien no ofrecen seguridad e higiene para sus usuarios, permiten de alguna manera disminuir el consumo.

Entre los métodos más conocidos encontramos el método de desplazamiento de agua dentro del tanque (Véase la Figura 17), que consiste en disminuir el volumen de llenado, introduciendo en el tanque un cuerpo extraño, logrando la misma cabeza de presión, es decir, que mediante este desplazamiento se mantendrá constante el nivel del agua.

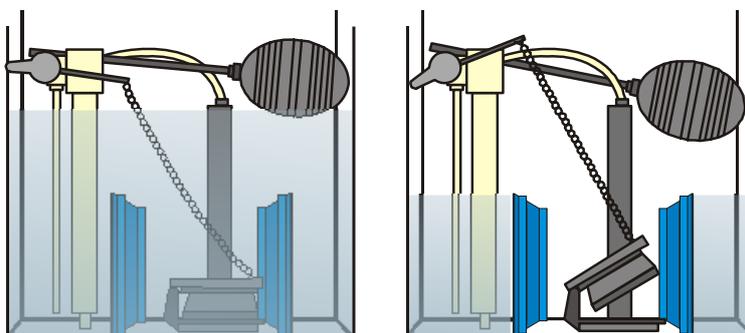


**Figura 17.** Método de desplazamiento de agua dentro del tanque.

En éste método, para el desplazamiento de agua se emplean diferentes objetos de fácil consecución en los hogares o en el mercado, como por ejemplo: ladrillos, botellas y bolsas de suero del tipo empleado en los hospitales.

El método de desplazamiento de agua más conocido y utilizado consiste en emplear un ladrillo, de 7cm x 14cm aproximadamente de sección transversal y 25cm de longitud, que se sumerge en el interior del tanque; con este elemento se permite un ahorro de agua de aproximadamente 2 litros, pero este sistema no es satisfactorio porque dicho elemento impide la normal salida de agua del tanque hacia la taza y se produce una limpieza ineficiente. Algo similar ocurre disponiendo botellas y otros elementos dentro del tanque, los cuales ocupan un volumen dentro de él, el mismo volumen que se consigue en ahorro de agua; sin embargo, es importante aclarar que todos estos elementos obstruyen la salida del agua a la taza y por tanto el agua necesaria para un eficiente lavado del sanitario es mayor.

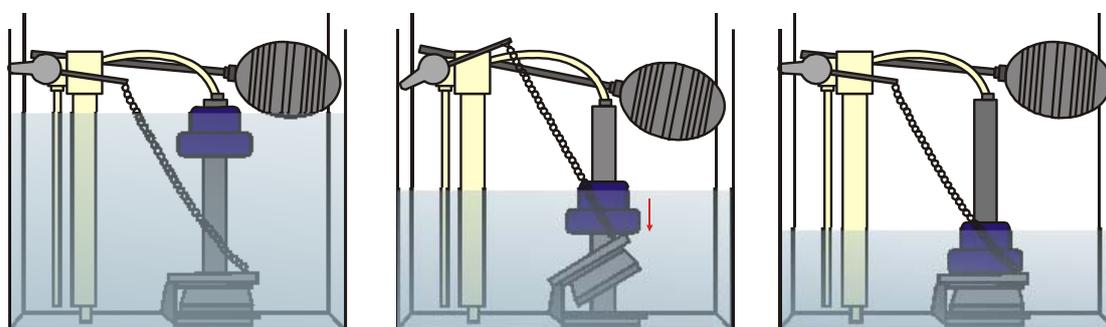
Para disminuir el consumo de agua en la descarga del sanitario también se han diseñado diversos elementos que limitan el vaciado del tanque de tal manera que éste no se desocupe totalmente (Véase la Figura 18); sin embargo, aunque en este tipo de dispositivos el ahorro del líquido es inminente, en muchos casos no permiten una limpieza eficiente de la taza, especialmente cuando se trata de la eliminación de residuos sólidos, ya que requieren de una cantidad mayor de agua para realizar un buen vaciado.



**Fuente:** Adaptado por los autores.

**Figura 18.** Dispositivo limitador de descarga (Saver Flush).

Dentro de este grupo de accesorios, también se encuentran aquellos que interrumpen la descarga cerrando el paso del líquido cuando todavía hay cierta cantidad de agua en el tanque, para ello, estos dispositivos generalmente utilizan diseños y materiales que aumentan el peso del flapper, que es el que se encarga de producir el selle, haciendo que éste caiga antes de evacuar toda el agua del tanque hacia la taza (Véase la Figura 19). Estos implementos presentan el mismo inconveniente que los anteriores en cuanto a la cantidad de agua necesaria para hacer una limpieza eficiente.



**Fuente:** Adaptado por los autores.

**Figura 19.** Dispositivo para interrumpir la descarga (Grival Saver).

Es importante anotar que los aparatos sanitarios generalmente están diseñados para funcionar con un volumen específico de agua, de tal manera que en muchos casos si la descarga se hace con una cantidad menor, el vaciado no será eficiente y va a ser necesario descargar el tanque más de una vez, lo cual lejos de lograr el propósito de ahorrar el agua, va a hacer aumentar su consumo.

Aunque la mayoría de los inodoros existentes consumen aproximadamente entre 14 y 18 lts por descarga, actualmente en el comercio se ofrecen aparatos sanitarios de bajo consumo de agua, los cuales utilizan entre 6 y 9 litros gracias a las variaciones internas de la forma del sifón; sin embargo, el éxito de estos modelos se basa en la capacidad del sifón de arrastrar con menos agua y su mercado está orientado exclusivamente para nuevas construcciones o para la remodelación de cuartos de baño, ya que implica el cambio total del aparato, por lo cual sería imposible e ilógico

exigir a todos los usuarios un cambio masivo de sus inodoros por un sistema de bajo consumo, quedando excluída de la posibilidad de ahorro de agua, la gran mayoría de la población que lógicamente ya posee un aparato sanitario en su hogar y que debido a la vida útil del mismo y a los altos costos que implica remodelar, no tienen previsto comprar uno nuevo.

Finalmente, entre los implementos más modernos de ahorro de agua están aquellos que trabajan con presión; aquí encontramos el famoso fluxómetro (Véase la Figura 20), empleado comúnmente en los centros comerciales, que utiliza la presión del agua para hacer la descarga. Bajo este mismo principio, últimamente se están diseñando sistemas más efectivos (Véase la Figura 21), que permiten una limpieza perfecta con una menor cantidad de agua, pero a costos mucho mayores, ya que además de aplicar una tecnología más avanzada, estos elementos no se comercializan individualmente sino incorporados a los nuevos modelos de aparatos sanitarios.



**Figura 20.** Fluxómetro.



**Figura 21.** Flushmate.

## **2.9. TEORIA DE FLUIDOS**

La materia ordinaria puede encontrarse normalmente en alguno de los tres estados siguientes: sólido, líquido o gaseoso, aunque existe un cuarto estado denominado plasma, que a pesar de ser poco común en la vida cotidiana, es el más corriente en el Universo. El sol, las estrellas y el gas de

la luz en un tubo fluorescente son ejemplos del estado de plasma, que es esencialmente un gas ionizado con igual número de cargas positivas que negativas.

Los otros tres estados de la materia suelen clasificarse en sólo dos grupos: sólidos y fluidos. Los sólidos son aquellos que poseen una forma y volumen propios, tienen una estructura periódica y ordenada, y como consecuencia, su forma no cambia salvo por la acción de fuerzas externas; además, entre sus moléculas existen unas intensas fuerzas atractivas que les permiten vibrar pero no desplazarse, por lo cual no pueden fluir. De otro lado, los líquidos y los gases, a diferencia de los sólidos, si tienen la capacidad de fluir gracias a que sus partículas o moléculas no permanecen en posiciones fijas sino que se mueven unas respecto de las otras, lo cual les da la capacidad de desplazarse, escapar por un agujero, bajar por una tubería, o ser trasvasados de un recipiente a otro, por lo cual son denominados fluidos.

### **2.9.1. DEFINICIÓN**

Los fluidos son aquellas sustancias capaces de desplazarse y que se deforman continuamente bajo la acción de esfuerzos cortantes, sin importar cuán pequeños sean estos<sup>(1)</sup>. Poseen partículas que fácilmente pueden moverse y cambiar sus posiciones relativas sin crear separación de masas, no ofreciendo resistencia apreciable a los cambios de forma, por lo cual se adaptan de acuerdo al recipiente que los contiene o con los que entran en contacto.

Cuando hablamos de fluidos, como se anotó anteriormente, nos referimos básicamente a los líquidos y los gases, aquellas sustancias que pueden fluir, sin embargo, a pesar de sus similitudes como materia fluida, entre ellos también se presentan características que los hace muy diferentes, especialmente las relacionadas con las fuerzas de interacción que existen entre sus partículas en movimiento y con la llamada compresibilidad.

---

<sup>(1)</sup> VALENCIA, Hugo A. 'Dinámica de los Fluidos. Aplicada a la Ingeniería Química'. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 1994.

Según las primeras, aunque en el estado líquido las moléculas no permanecen en posiciones fijas, las interacciones entre ellas siguen siendo lo suficientemente grandes para que el líquido pueda cambiar de forma sin cambiar apreciablemente de volumen, de esta manera los líquidos adoptan la forma del recipiente que los contiene, aunque poseen un volumen propio que se mantiene prácticamente constante aun en el caso de ser sometidos a presiones exteriores considerables. Por otra parte, en el estado gaseoso, aunque las moléculas también están en continuo movimiento, la interacción entre ellas es muy débil y sus partículas chocan unas contra otras dispersándose continuamente, por lo cual un gas se adapta al recipiente que lo contiene, tratando de ocupar todo el espacio disponible.

En cuanto a la compresibilidad, los líquidos poseen superficies libres, son ligeramente compresibles (aunque en la práctica son incompresibles) y una masa definida ocupa solamente un volumen determinado de un recipiente, adaptándose a la parte baja del recipiente que los contiene, mientras que los gases no poseen superficies libres, son compresibles y una masa determinada ocupa todo el volumen del recipiente que lo contiene sin importar el volumen de éste, así, los gases adoptan la forma del recipiente y además ocupan todo su volumen interior.

Sin embargo, a pesar de sus diferencias, desde el punto de vista de la dinámica, realmente no importa si el fluido es líquido o gas ya que las leyes que se aplican son las mismas, aunque en ocasiones, dependiendo del fluido que se trate, es posible desprestigiar algunos efectos y simplificar su estudio, el cual es bastante complejo, sobre todo si se presentan los denominados vórtices o torbellinos.

## **2.9.2. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS**

En el desarrollo de la dinámica de los fluidos existen propiedades que juegan un papel importante, mientras que otras influyen poco o nada. A continuación se definirán algunas de estas características fundamentales de los fluidos.

**2.9.2.1. Densidad de un Fluido**  $\rho = \frac{m}{V}$

Para un fluido en movimiento la densidad es la propiedad predominante, se representa por la letra griega "rho" ( $\rho$ ) y se define como la masa del fluido por unidad de volumen ( $\rho = m / V$ ). Su unidad de medida en el S.I. es  $\text{kg/m}^3$ , aunque también se utiliza frecuentemente la unidad  $\text{g/cm}^3$ .

La densidad es una propiedad o atributo característico de cada sustancia. La densidad de los líquidos es mucho mayor que la de los gases bajo las mismas condiciones, pero menor que la de los sólidos, en los cuales se mantiene aproximadamente constante, mientras que en los líquidos y particularmente en los gases, varía con las condiciones de medida. Así, en un líquido al aumentar la temperatura la densidad disminuye a causa del incremento de la energía cinética del fluido y por consiguiente, del aumento del volumen ocupado por las moléculas. En el caso de los líquidos se suele especificar la temperatura a la que se refiere el valor dado para la densidad y en el caso de los gases se ha de indicar, junto con dicho valor, la presión.

Por ejemplo, la densidad del agua a  $4^\circ\text{C}$  es  $\rho_{\text{agua}} = 1\text{g/cm}^3 = 1000\text{ kg/m}^3$ . En la Tabla 8 se ilustran las densidades de algunos fluidos a  $20^\circ\text{C}$  y una atmósfera.

**Tabla 8.** Densidades de algunos fluidos a  $20^\circ\text{C}$  y 1 atm.

LIQUIDOS	$\text{kg/m}^3$	GASES	$\text{kg/m}^3$
Agua	998	Hidrógeno	0,084
Etanol	787	Aire Seco	1,20
Gasolina	679	$\text{CO}_2$	1,83
Mercurio	13530	Nitrógeno	1,83
Queroseno	803	Metano	0,67
Agua mar	1024		

**Fuente:** Dinámica de los Fluidos. Hugo A Valencia. UIS. 1994

### 2.9.2.2. Peso Unitario o Específico $w$

Esta propiedad es importante en el análisis de los fluidos en reposo y se define como el peso de la unidad de volumen de dichos fluidos. El peso específico,  $w$ , representa la fuerza ejercida por la gravedad sobre la unidad de volumen del fluido y se mide, por lo tanto, en unidad de fuerza por unidad de volumen. En el sistema SI la unidad es  $N/m^3$ .

Por lo general, la fuerza ejercida por la gravedad o el peso de un cuerpo se representa en forma abreviada por la letra  $W$  y es igual a la masa del cuerpo multiplicada por la gravedad ( $W = m \cdot g$ ), por lo cual el peso específico,  $w$ , será  $w = W / V = m \cdot g / V$ .

Pero si tenemos en cuenta que  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$  entonces  $w = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{V} = \rho \cdot g$

Así, la densidad y el peso específico de un fluido están relacionados del modo siguiente:

$$w = \rho \cdot g \qquad \rho = \frac{w}{g}$$

En los líquidos, el peso específico puede considerarse constante para las variaciones ordinarias de presión; pero en los gases, varía no sólo con las condiciones de presión y temperatura, sino también con la elevación y situación geográfica.

### 2.9.2.3. Gravedad Específica $S$

Cuando se habla de gravedad específica hay que definirla en función de líquidos y sólidos y en función de gases.

a) Cuando se define en función de líquidos y sólidos, es la relación del peso unitario o específico del líquido o del sólido, al peso específico del agua pura a  $4^\circ\text{C}$  ( $39.2^\circ\text{F}$ ). A esta temperatura, el agua pura posee su valor máximo de peso, equivalente a  $1000 \text{ kg/m}^3$

b) Cuando se define en función de gases, se refiere a la relación del peso específico del gas en cuestión, al peso específico del aire, libre de  $\text{CO}_2$  e Hidrógeno, ambos a  $0^\circ\text{C}$  y  $101,3 \text{ kPa}$  absolutos.

Las temperaturas correspondientes a un valor de gravedad específica generalmente vienen dadas por una fracción, siendo el numerador la temperatura del líquido y el denominador la temperatura del agua que se toma como referencia. Así, por ejemplo: la gravedad específica 80°F/60°F, se refiere a la densidad del líquido a 80°F, dividido por la densidad del agua a 60°F.

#### 2.9.2.4. Compresibilidad

La magnitud de la resistencia que un fluido ofrece a la compresión se expresa por medio de lo que se denomina módulo de elasticidad volumétrico,  $K$ . Si una cantidad de fluido a presión  $p$  y volumen  $V$  se somete a un incremento de presión  $dp$  y este incremento provoca una variación del volumen  $-dV$ , entonces

$$\text{módulo de elasticidad volumétrico, } K = \frac{\text{incremento de presión}}{\text{deformación volumétrica}} = \frac{dp}{-\frac{dV}{V}} = -V \frac{dp}{dV}$$

Dado que la deformación volumétrica es adimensional,  $K$  tendrá las unidades de la presión. Para el agua,  $K = 2 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ .

#### 2.9.2.5. Viscosidad $\mu$

Un fluido no puede soportar esfuerzos cortantes en condición estática; sin embargo, cuando existe una fuerza cortante y el flujo tiene lugar, la velocidad a la cual el fluido cede a la fuerza varía para diferentes fluidos. Esta propiedad en virtud de la cual un fluido puede resistir fuerzas cortantes al estar en movimiento se denomina viscosidad y se representa con la letra  $\mu$  (mu).

Según lo anterior, la viscosidad de un fluido es una medida cuantitativa de su resistencia a fluir, o sea, de su tendencia a resistir el esfuerzo de corte; dicho de otro modo, la viscosidad representa el coeficiente de fricción interna del fluido.

Así, un fluido perfecto no tendría viscosidad, pero no hay fluidos perfectos, aunque los gases tienen menos variación de viscosidad que los líquidos, de los cuales el agua es uno de los menos

viscosos, mientras que la glicerina, el aceite pesado y las melazas son líquidos que tienen viscosidades relativamente altas.

A continuación definiremos dos unidades básicas de la viscosidad: la viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática.

a) Viscosidad dinámica o absoluta

Según la ley de la viscosidad de Newton, el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la velocidad de deformación por corte (gradiente de velocidad), donde la constante de proporcionalidad está definida como el coeficiente de viscosidad absoluta, es decir

$$\tau = \mu \frac{dV}{dy} \quad (\text{para un movimiento paralelo en línea recta}),$$

donde  $\tau = \frac{\text{fuerza}}{\text{área}} = \text{esfuerzo cortante}$

$$\frac{dV}{dy} = \text{gradiente de velocidad o velocidad de deformación en corte, y}$$

$$\mu = \text{coeficiente de viscosidad absoluta}$$

Por tanto,  $\mu = \frac{\tau}{\frac{dV}{dy}}$

Las unidades en que se expresa la viscosidad dinámica en el sistema gravitacional británico se pueden evaluar a partir de la ecuación anterior, teniendo en cuenta que el esfuerzo de corte  $\tau$  está en  $\text{lb}/\text{pie}^2$  y el gradiente de velocidad  $dV/dy$  está dado en  $(\text{pie}/\text{seg})/\text{pie}$ , por consiguiente, las unidades de  $\mu$  son:

$$\frac{\text{lb}/\text{pie}^2}{(\text{pie}/\text{seg})/\text{pie}} = \frac{\text{lb}/\text{pie}^2}{1/\text{seg}} = \frac{\text{lb} \cdot \text{seg}}{\text{pie}^2} = \frac{\text{slug}}{\text{pie} \cdot \text{seg}}$$

En el sistema métrico absoluto (c.g.s), la unidad básica de viscosidad recibe el nombre de poise que es equivalente a  $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{s}$  y en el sistema internacional (SI) su unidad es  $\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$  o bien  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ .

Experimentalmente se ha determinado que la viscosidad dinámica del agua a  $20^\circ\text{C}$  es de un centipoise, que es igual a 0.01 poise.

El análisis de la anterior ecuación también nos muestra que:

- Para un mismo fluido,  $\mu = \text{constante}$ , indica que si el esfuerzo se aumenta, se incrementa la velocidad con que se mueve el fluido.
- Un esfuerzo por pequeño que sea, siempre produce un gradiente de velocidad.
- Si  $\mu = \infty$  se tiene un sólido rígido, y si  $\mu = 0$  se tiene un fluido ideal.
- Si  $\mu \neq 0$  pero finito, indica que son fluidos reales.
- En los fluidos en reposo el esfuerzo cortante es nulo.

La viscosidad tiene su importancia en el estudio dinámico de los fluidos, y en el modelamiento y escalamiento de equipos. Se mide en aparatos denominados viscosímetros, existiendo diversos tipos de ellos (viscosímetro de Ostwald, de burbuja ascendente, de orificio, de tipo par, etc). Esta propiedad no se ve afectada apreciablemente por las variaciones de la presión, pero si por la temperatura, así, en los líquidos la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura y en los gases el efecto es contrario.

#### b) Viscosidad cinemática

Se define como la razón de la viscosidad dinámica de un fluido a su densidad de masa a la misma temperatura, es decir: 
$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

A diferencia de la viscosidad dinámica, la viscosidad cinemática en los gases, varía fuertemente con la presión. En el sistema Inglés, la unidad es  $\text{pie}^2/\text{s}$  y en el sistema c.g.s se define como el stoke y es equivalente a  $\text{cm}^2/\text{s}$ .

#### 2.9.2.6. Cohesión

Es la atracción molecular entre moléculas semejantes y son interacciones que se manifiestan entre las cargas eléctricas fundamentales (electrones y núcleos); que integran la materia de la fase homogénea. En los líquidos, estas fuerzas tienen un radio de acción no mayor a  $10^{-7}$  m y su acción es importante en los fenómenos de volatilidad, punto de ebullición y solubilidad.

### **2.9.2.7. Adhesión**

Es la atracción molecular entre moléculas diferentes. Cuando la adhesión entre dos superficies se manifiesta por fuerzas de valencias del mismo tipo, la adhesión se denomina específica y cuando es por acción de interconexión, se le llama mecánica.

### **2.9.2.8. Tensión Superficial**

El término tensión superficial, se usa ampliamente para identificar el esfuerzo aparente en la interfaz de contacto entre dos fluidos inmiscibles, por ejemplo en la interfaz entre agua y aire. El origen de tal esfuerzo aparente en la interfaz, es debido a las fuerzas de atracción intermoleculares existentes en los fluidos.

A una distancia apreciable de la superficie libre de los líquidos, las moléculas se atraen unas a otras con fuerzas iguales. Sin embargo, aquellas moléculas más próximas a la superficie libre, están sometidas a una atracción hacia el fondo, la cual no está balanceada por una atracción similar desde arriba. Este desequilibrio crea una pequeña película en la superficie libre de los líquidos, que se comporta como si estuviera bajo tensión, mostrando fenómenos muy interesantes. Como ejemplo, una aguja de coser de acero o una cuchilla de dos filos de afeitarse, pueden hacerse flotar en agua, mientras esta película delgada no sea rota. El grosor de esta película se considera despreciable.

La tensión superficial es precisamente la causante de que las pequeñas gotas de agua de lluvia o de rocío adquieran una configuración esférica. Esto se observa aún mejor en el mercurio.

La circulación de los líquidos que posean una superficie libre son afectados, aunque ligeramente, por esta tensión superficial. Este fenómeno es aún mayor con diferenciales muy bajas y poca profundidad.

La magnitud de la tensión superficial,  $\sigma$ , tiene las unidades N/m y su valor depende principalmente del par de fluidos en contacto y de la temperatura. La tensión superficial disminuye con aumento de la temperatura, y aumenta cuando la presión del fluido se incrementa; el agua a 20°C tiene un valor de 0,0728 N/m.

### 2.9.2.9. Capilaridad

Esta propiedad, consiste en la elevación o descenso de un líquido en un tubo capilar, ( $r = 0,1$  mm); cuando la adhesión es mayor que la cohesión, los líquidos ascienden en tubos que mojan (agua, alcohol) y cuando es menor, descienden en los tubos a los que no mojan, como por ejemplo el mercurio; en este caso, la presión capilar actúa hacia abajo y ocasiona una depresión capilar del líquido dentro del tubo y el menisco es convexo.

Cuando el líquido sube por el tubo hasta cierta altura  $h$ , la superficie del mismo dentro del tubo, es cóncava y el ascenso capilar debido a la acción atractiva molecular, es igual a:

$$h = \frac{2 \sigma}{r g \rho} \quad \text{donde,}$$

$\sigma$ ,	tensión superficial del líquido, N/m
$r$ ,	radio del tubo, m
$g$ ,	gravedad, 9,8 m/s <sup>2</sup>
$\rho$ ,	densidad del líquido, kg/m <sup>3</sup>

La ecuación anterior representa a la Ley de Jurin relativa a los fenómenos capilares y que se aplica si la superficie es esférica.

También, el fenómeno de la capilaridad se explica basándose en el fenómeno de la tensión superficial (en combinación con el fenómeno de adhesión) y de hecho; la capilaridad de un líquido ha sido utilizada como una medida de su tensión superficial, aunque la capilaridad mide la adhesión de un líquido en una superficie, al igual que la acción de cohesión de las moléculas del líquido.

### **3. ESTRUCTURACION DEL PROBLEMA**

Con base en las inquietudes dadas acerca de los problemas relacionados con la creciente disminución del recurso hídrico y apoyados en el análisis de información realizado en el capítulo anterior, se determinaron los siguientes aspectos básicos para la estructuración de nuestro problema de diseño.

#### **3.1. ESTABLECIMIENTO DEL FENOMENO O SITUACION A ANALIZAR**

Después de analizar la crítica situación del agua en el mundo, el mal manejo que se está haciendo de ella y la importancia de tomar acciones inmediatas que contribuyan a la preservación del recurso hídrico, hemos orientado nuestros esfuerzos hacia la búsqueda de soluciones concretas para este problema ambiental.

#### **3.2. ACCION DEL DISEÑO INDUSTRIAL**

La preocupación social por la defensa del medio ambiente y los cada vez más altos precios del recurso hídrico han orientado a muchos Diseñadores e Ingenieros a desarrollar productos más eficientes en el uso del agua, ya que el solo hecho de satisfacer nuestras necesidades con menos consumo del líquido supone una importante reducción en los costos económicos particulares y colectivos, además de mejorar la calidad del recurso disponible tanto para el consumo humano como para nuestros entornos naturales.

Es así como, una vez establecido el objetivo principal de nuestro proyecto, nuestra acción como Diseñadores Industriales consiste en diseñar un sistema que nos permita disminuir el consumo de agua en los aparatos sanitarios, que como ya es conocido es el principal causante del desperdicio de agua en el hogar debido al gran volumen de agua limpia que se pierde con las descargas innecesarias del mismo. Para lograr lo anterior, proponemos específicamente la independización de las descargas del sanitario.

### **3.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos años el hombre ha ido tomando conciencia sobre la escasez del recurso hídrico preocupándose cada vez más por su preservación, lo cual lo ha llevado a utilizar métodos eficientes para reducir el consumo excesivo e innecesario del agua; sin embargo, aunque han sido innumerables las soluciones que muchos han planteado al respecto, continuamente se siguen buscando nuevos y mejores sistemas o dispositivos que permitan hacer un mejor uso del recurso, especialmente en el hogar, ya que allí se presenta un alto porcentaje del consumo de agua potable; y aunque es importante anotar que la economía del recurso hídrico sólo puede conseguirse mediante una verdadera concientización de los individuos hacia una cultura de ahorro de agua, es claro que se lograrían mejores resultados y ahorros más significativos mediante la instalación y utilización de accesorios y aparatos que permitan disminuir el consumo de agua en cada descarga del sanitario, en la ducha, en la cocina y en general, en el hogar.

En cuanto al inodoro, que es sin duda uno de los aparatos sanitarios que consume mayor cantidad de agua en el hogar, el hombre ha tratado de perfeccionarlo, preocupándose no sólo por el desarrollo estético del mismo sino por incorporar tecnología y diseño que permita minimizar problemas en cuanto al gasto excesivo del recurso, la poca higiene, la difícil limpieza, la difícil evacuación y el ruido, entre otros.

Actualmente, la mayoría de los inodoros existentes consumen aproximadamente entre 14 y 18 lts por descarga, aunque en el comercio se ofrecen aparatos de bajo consumo de agua, que utilizan entre 6 y 9 litros gracias a las variaciones internas de la forma del sifón; sin embargo, el mercado de éstos, está orientado exclusivamente para nuevas construcciones o para la remodelación de cuartos de baño y sería imposible exigir a todos los usuarios un cambio masivo de sus inodoros por un sistema de bajo consumo, quedando excluida de la posibilidad de ahorro de agua, la gran mayoría de la población que lógicamente ya posee un aparato sanitario en su hogar y que debido a la vida útil del mismo y a los altos costos que implica remodelar, no deciden comprar uno nuevo.

Ante lo anterior, podemos observar la vital importancia de desarrollar nuevos sistemas que permitan ser utilizados en cualquier tipo de cisterna, sin necesidad de reemplazar completamente el aparato sanitario y que a su vez garanticen una óptima limpieza a un bajo consumo de agua; éste es el reto que nosotros como Diseñadores Industriales nos hemos planteado con el fin de aportar nuestros conocimientos a la difícil situación que pone en peligro nuestros recursos naturales.

### **3.3.1. IMPACTO ESPERADO**

Nuestra intención principal, con este proyecto, es lograr que las personas tomen plena conciencia de la necesidad de un empleo más conservativo del agua, a fin de evitar que en un futuro cercano haya que acudir al racionamiento del líquido. Para esto, es urgente emprender acciones que lleven a la preservación del recurso, mediante el uso racional de este importante elemento; siendo nuestra misión como Diseñadores Industriales, aportar nuestros conocimientos en el desarrollo de sistemas o dispositivos que permitan economizar dicho recurso en el hogar, teniendo en cuenta que el consumo doméstico representa un alto porcentaje del consumo de agua potable.

Además, dentro del hogar, pretendemos lograr la reducción del consumo de agua en el aparato sanitario, que como ya es conocido es el principal causante del desperdicio de agua.

### **3.3.2. USUARIOS POTENCIALES DIRECTOS E INDIRECTOS**

Partiendo de la base de poder lograr, en la comunidad, una verdadera concientización con respecto a la importancia del uso racional del recurso hídrico, como usuarios directos están todas las personas adultas, de sexo masculino o femenino, con edades entre los 18 y 70 años, que tengan capacidad de compra, y que además sientan dicho compromiso ecológico, que los motive a adquirir el producto.

Por otro lado, como usuarios indirectos encontramos a todas las personas que hagan uso del producto a desarrollar; dentro de este grupo están niños y adultos, sin importar edad, sexo o condición social, que utilicen un aparato sanitario para evacuar sus desechos orgánicos, ya sea en su hogar o en algún establecimiento público.

También podemos clasificar como usuarios indirectos del producto a aquellas personas que se encarguen de su distribución, comercialización e instalación, aunque, cabe anotar que nuestro propósito es que el proceso de instalación lo pueda llevar a cabo el mismo usuario directo.

### **3.4. ANALISIS DE LAS SOLUCIONES EXISTENTES**

Teniendo como base lo expuesto en el capítulo 2.8.2, referente a los Métodos y Dispositivos de Ahorro de Agua para el Aparato Sanitario, podemos concluir que en nuestro mercado se utilizan generalmente 4 principios básicos para dar solución al problema planteado. Estamos hablando de los métodos de ahorro por Desplazamiento de Agua, Limitación de Descarga, Independencia de Descargas y Descarga Presurizada; dentro de los cuales podríamos clasificar la mayoría de los productos existentes.

A continuación presentamos un análisis de algunos de los sistemas más empleados.

### 3.4.1. AHORRO POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA

Como se explicó en la sección 2.8.2, este método consiste en disminuir el volumen de agua necesario para llenar el tanque, introduciendo en él un cuerpo extraño, con el cual se consigue un ahorro en el volumen desalojado equivalente al volumen de dicho cuerpo.

Los elementos empleados en este método de ahorro de agua son generalmente rudimentarios; dentro de éstos, están las soluciones empleadas comúnmente de colocar ladrillos, botellas y bolsas dentro de la cisterna, sin embargo, bajo este mismo principio algunos fabricantes han diseñado y comercializado productos como los siguientes:

<b>Producto:</b>	<b>Save-a-flush Sachet</b>															
<b>Fabricante:</b>	KMA (UK) Ltd															
<b>Detalles:</b>  	<b>Descripción:</b> Dispositivo de desplazamiento de agua que localizado dentro de la cisterna ahorra mínimo un litro de agua en cada descarga. El agua en la cisterna infla el dispositivo y desplaza un litro de agua, ahorrando dicho litro en cada descarga. Save-a-flush es una marca registrada y las patentes para este producto se han colocado en Gran Bretaña, E.E.U.U., Canadá y Malasia. <b>Funcionamiento:</b> El principio es simple, se coloca el Save-a-flush dentro de la cisterna. Una vez sumergido, los gránulos super absorbentes que están contenidos dentro de la bolsa micro-perforada, se expanden al entrar en contacto con el agua, ocupando y desplazando 1 litro del contenido del tanque, reduciendo el volumen de descarga aproximadamente en un 10%. <b>Ventajas:</b> Es simple, efectivo y sencillo de usar. Es rápido de instalar (sólo toma segundos). No requiere personal especialmente capacitado ni mantenimiento técnico. Su costo es bajo y es duradero. <b>Desventajas:</b> Su uso es recomendado sólo en cisternas de más de 7 litros de capacidad. Su ubicación dentro del tanque puede obstruir la caída del flapper, ocasionando fugas. El tanque siempre se desocupa en su totalidad, por lo cual no permite la independencia de descargas.															
<b>Costo:</b>	Depende de la cantidad <table border="1" data-bbox="598 1742 1370 1827"> <thead> <tr> <th>Unidades</th> <th>1 a 30</th> <th>31 a 200</th> <th>201 a 600</th> <th>601 a 1000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Costo por unidad</td> <td>£1.20</td> <td>£1.10</td> <td>£1.00</td> <td>£0.95</td> </tr> <tr> <td></td> <td>\$ 5384</td> <td>\$ 4935</td> <td>\$ 4487</td> <td>\$ 4262</td> </tr> </tbody> </table>	Unidades	1 a 30	31 a 200	201 a 600	601 a 1000	Costo por unidad	£1.20	£1.10	£1.00	£0.95		\$ 5384	\$ 4935	\$ 4487	\$ 4262
Unidades	1 a 30	31 a 200	201 a 600	601 a 1000												
Costo por unidad	£1.20	£1.10	£1.00	£0.95												
	\$ 5384	\$ 4935	\$ 4487	\$ 4262												
<b>Ahorro potencial:</b>	1 litro de agua por descarga. Aprox. 5-10% del volumen normal. Dos mil galones de agua cada año.															

<b>Producto:</b>	<b>Toilet Tank Bank</b>
<b>Fabricante:</b>	Niagara Conservation
<b>Detalles:</b>	<p><b>Descripción:</b>            Generalmente un sanitario convencional utiliza más agua de la necesaria para la limpieza de la taza. Esta bolsa, dentro del tanque, reduce la cantidad de agua existente en él, cerca de 0,8 galones, ahorrando dicha cantidad de agua en cada descarga.</p> <p><b>Funcionamiento:</b>            Simplemente debe llenarse la bolsa de agua, cerrar la válvula para prevenir la evaporación eventual, y colgar la bolsa dentro del tanque del sanitario.</p> <p><b>Ventajas:</b>            Es un accesorio simple, sencillo, económico y fácil de instalar. El Toilet Tank Bank está fabricado en un material no corrosivo, resistente a los microbios, al crecimiento de hongos, y además tiene una válvula anti-evaporación para que nunca se necesite rellenarlo nuevamente con agua.</p> <p><b>Desventajas:</b>            Al igual que el anterior su función es sólo la de ocupar un espacio dentro del tanque y disminuir la cantidad de agua desalojada en su equivalente de volumen, pero no permite independizar descargas, los sistemas no operan confiablemente y pueden verse obstruidos al contar con un elemento extraño en su interior.</p>
<b>Costo:</b>	US \$1.75 (\$4095)
<b>Ahorro potencial:</b>	Ahorra aprox. 1 galón por descarga.



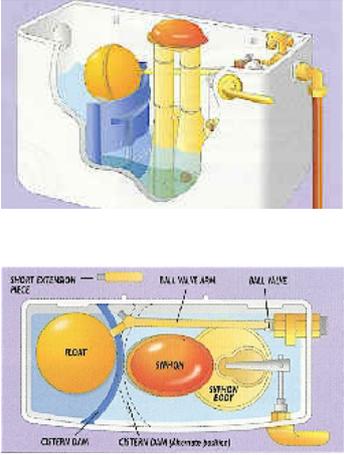
### 3.4.2. AHORRO POR LIMITACIÓN DE DESCARGA

Este método consiste en impedir que el tanque se desocupe por completo durante la descarga, colocando elementos que limiten el espacio de llenado y/o de vaciado del mismo; logrando una disminución en el volumen de agua utilizada. Dentro de estos elementos encontramos:

<b>Producto:</b>	<b>Hippo The Water Saver</b>
<b>Fabricante:</b>	Hippo The Water Saver
<b>Detalles:</b>	<p><b>Descripción:</b>            Hippo es un producto hecho en polietileno de alta resistencia, plegado al estilo origami, que cuando se abre da la apariencia de una caja. Tiene un pequeño agujero que actúa como una válvula de alivio que permite a la circulación lenta del agua para prevenir el estancamiento y la evaporación.</p> <p><b>Funcionamiento:</b>            Este producto se ubica en el tanque debajo del flotador, de tal manera que cuando se realiza la descarga, el agua contenida dentro, permanece allí mismo, siendo éste el volumen ahorrado.</p>



	<p><b>Ventajas:</b>  El ahorrador de agua Hippo es una alternativa simple, probada y de bajo precio que ayuda a ahorrar el agua en los sanitarios. Puede instalarse en cualquier cisterna, sin necesidad de personal calificado ni herramientas. Es duradero, está diseñado para toda una vida, y aún así, es económico, el costo de la inversión se paga en un periodo de 8 - 12 semanas. Instalado en casa proporciona un ahorro de por lo menos \$89.000 (£20) por año; instalado en empresas o lugares concurridos, el ahorro puede calcularse por lo menos en \$13.000 (£3) por persona al año.</p> <p><b>Desventajas:</b>  Es más eficaz en las cisternas más viejas que usan de 9 a 12 litros por descarga. No permite la independencia de descargas, el tanque siempre va a desalojar la misma cantidad de agua, aquella que está por fuera del Hippo. No garantiza totalmente la limpieza del sanitario, puede necesitar descargar varias veces, si el volumen de agua empleado no es el correcto para producir la acción sifónica.</p>																		
<p><b>Costo:</b></p>	<p>Para uso casero 3 Hippo Water Savers cuestan £6.95 (\$31185), incluyendo impuestos y gastos de envío. Al por mayor, según la cantidad:</p> <table border="1" data-bbox="600 954 1362 1043"> <thead> <tr> <th>Unidades</th> <th>25</th> <th>50</th> <th>100</th> <th>250</th> <th>1000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Costo por unidad</td> <td>£1.16</td> <td>£0.96</td> <td>£0.87</td> <td>£0.78</td> <td>£0.66</td> </tr> <tr> <td></td> <td>\$5.205</td> <td>\$4.307</td> <td>\$3.903</td> <td>\$3.499</td> <td>\$2.961</td> </tr> </tbody> </table> <p>Estos precios no incluyen impuestos (17.5%)</p>	Unidades	25	50	100	250	1000	Costo por unidad	£1.16	£0.96	£0.87	£0.78	£0.66		\$5.205	\$4.307	\$3.903	\$3.499	\$2.961
Unidades	25	50	100	250	1000														
Costo por unidad	£1.16	£0.96	£0.87	£0.78	£0.66														
	\$5.205	\$4.307	\$3.903	\$3.499	\$2.961														
<p><b>Ahorro potencial:</b></p>	<p>Cada vez que descarga el sanitario, Hippo ahorra 3 litros de agua, aproximadamente 33% del volumen de la cisterna.</p>																		

<p><b>Producto:</b></p>	<p><b>Cistern Dam</b></p>
<p><b>Fabricante:</b></p>	<p>Flow Control Water Conservation Ltd</p>
<p><b>Detalles:</b></p> 	<p><b>Descripción:</b>  Aunque la mayoría de sanitarios utilizan entre 10 y 12 litros de agua por descarga, está comprobado que sólo 7 litros son indispensables para una buena limpieza; de modo que los litros restantes son malgastados innecesariamente. Este producto evita que esos litros de más sean desperdiciados, aislándolos por completo del orificio de descargue. Está hecho en un compuesto sintético flexible, cuyos bordes autoadhesivos están diseñados para sujetarse firmemente al interior de la cisterna.</p> <p><b>Funcionamiento:</b>  El Cistern Dam, una vez colocado dentro del tanque, lo divide en dos compartimientos, actuando como una represa, aislando una parte del agua contenida en el tanque, para evitar que ésta sea desalojada en el momento de la descarga.</p> <p><b>Ventajas:</b>  El Cistern Dam es económico, rápido y fácil de instalar. Puede ser utilizado en cualquier tipo de cisterna. Su principio es muy simple, disminuyendo efectivamente el desperdicio de agua.</p> <p><b>Desventajas:</b>  El agua estancada con el tiempo, puede producir malos olores y</p>

	desaseo, por lo cual se requiere de una limpieza periódica del tanque. No permite la independencia de descargas.
<b>Costo:</b>	Cada Cistern Dam cuesta aproximadamente £2.95 (\$13237).
<b>Ahorro potencial:</b>	Este producto puede ahorrar hasta un 30% de agua por descarga, aproximadamente 3 litros.

En las soluciones anteriores podemos observar el principio de limitación de descarga, utilizando el concepto de retener parte del agua contenida en la cisterna, para que el vaciado no sea total, mediante la utilización de contenedores internos y divisiones dentro del tanque. Sin embargo, otro concepto muy utilizado en los productos existentes, para ahorrar agua limitando la descarga, consiste en interrumpirla mediante la utilización de pesos o contrapesos, que obliguen al flapper o sello a caer antes de que el tanque se desocupe completamente.

Dentro de este tipo de soluciones encontramos las siguientes:

<b>Producto:</b>	<b>Grival-Saver ó Water-Saver</b>
<b>Fabricante:</b>	Grival y otros
<b>Detalles:</b>	<p><b>Descripción:</b> El Grival Saver es un dispositivo ahorrador de agua compuesto por dos cuerpos o cápsulas, que se desplazan a lo largo del conducto de rebose y en determinado momento se encargan de cerrar el flujo de agua hacia la taza. Sus cuerpos pueden separarse o unirse hasta tener el ajuste adecuado para una evacuación eficiente del aparato sanitario.</p> <p><b>Funcionamiento:</b> El Grival-Saver se coloca en el tubo de rebose del sanitario, permitiendo que flote libremente; de tal manera que en el momento de la descarga, se desplaza con el nivel del agua hasta que su peso se vuelve mayor que la fuerza del agua que lo hace flotar, obligándolo a caer sobre el flapper, produciendo a su vez la interrupción de la descarga.</p> <p><b>Ventajas:</b> Es económico, fácil de instalar y de graduar. No afecta el desempeño normal del sanitario. Se puede instalar en cualquier sanitario convencional que utilice tubo de rebose. Se puede ajustar para evacuar líquidos con solo accionar la manija y para sólidos sosteniendo la manija unos segundos más.</p> <p><b>Desventajas:</b> Es necesario hacer varios intentos en su ajuste hasta obtener un funcionamiento adecuado para una buena descarga. El producto no ofrece una buena comunicación con respecto a su uso.</p>
<b>Costo:</b>	Paquete por 2 a un costo de \$15200.
<b>Ahorro potencial:</b>	Puede ahorrar hasta un 40% del volumen de agua en el tanque, según el ajuste. Ahorra hasta 13000 lts de agua por persona al año.

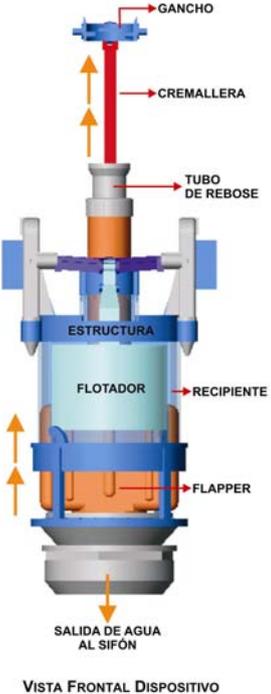
<b>Producto:</b>	<b>STOP DE AGUA para WC</b>
<b>Fabricante:</b>	RST-Iberia
<b>Detalles:</b>  	<b>Descripción:</b> El Stop de Agua de WC RST es un producto que consta de unas pesas o cargas de acero inoxidable AISI 503, que colocadas sobre los tubos de descarga de los sanitarios ayudan a interrumpir la descarga, antes de que el tanque se desocupe totalmente. Se comercializa de dos maneras, una para colocarlo dentro del tubo y otra para colocarlo en su exterior. <b>Funcionamiento:</b> Las cargas de acero son colocadas sobre los tubos de descarga de los sanitarios, dándoles el peso necesario para vencer la fuerza del agua que los hace flotar, interrumpiendo la descarga, antes de que el tanque se desocupe totalmente. Se pueden conseguir dos tipos de descarga: una descarga pequeña (de 2 a 3 litros), presionando brevemente el accionador y una descarga grande (de 9 a 10 litros) mediante una presión más larga. <b>Ventajas:</b> Con el STOP DE AGUA para WC, se pueden re-equipar cisternas no ahorradoras mediante escasos cambios. Este producto permite la independencia de descargas dosificando con la presión del dedo la cantidad de agua a descargar de la cisterna. <b>Desventajas:</b> El accionamiento es manual y el tipo de descarga depende del tiempo de pulsación de la palanca o el accionador, lo cual puede ocasionar fatiga al usuario e imprecisión en las descargas. Además, este producto no puede utilizarse en sistemas con flappers accionados por cadenas.
<b>Costo:</b>	El precio de estos productos es de € 11 (\$35000 aprox.)
<b>Ahorro potencial:</b>	Con este sistema se puede conseguir un ahorro hasta del 50% del consumo de agua.

### 3.4.3. AHORRO POR INDEPENDENCIA DE DESCARGAS

Este tipo de soluciones consiste en la adecuación del aparato sanitario, o sus componentes, para que realice dos tipos de descargas con diferentes volúmenes de agua, dependiendo del tipo de desechos que se vayan a evacuar. Por lo general los productos que utilizan doble descarga, utilizan también algunos de los principios descritos anteriormente; especialmente en lo que se refiere a la limitación de la descarga, donde pudimos encontrar algunos ejemplos que nos permitían la independización de descargas, mediante la interrupción de la descarga, aunque cabe anotar que también se puede lograr utilizando el principio contrario, la prolongación de la descarga.

Debido a que estos principios de funcionamiento pueden ser de especial interés durante el desarrollo del proyecto, vamos a describir estas soluciones más detalladamente.

<b>Producto:</b>	<b>Ref. 9200</b> <b>(Mecanismo por Prolongación del Tiempo de la Descarga)</b>
<b>Fabricante:</b>	Almanit Sanitary Fittings
<b>Detalles:</b> 	<b>Descripción:</b> Este sistema permite al usuario independizar la descarga del aparato sanitario, realizando una evacuación parcial y total del volumen de agua empleado en la eliminación de residuos líquidos y sólidos respectivamente. El dispositivo está compuesto por: una estructura guía, con un diseño modular que facilita al usuario su instalación; un flapper, que además de sellar la cisterna, trabaja como tubo de rebose; un flotador, que actúa en un recipiente localizado a un costado de la estructura, permitiendo detener por unos segundos el flapper y desalojar la cisterna; un gancho y una cremallera encargados de transmitir el movimiento al flapper, y dos botones independientes que controlan todo el sistema. El dispositivo se activa por la presión de dos pulsadores que están ubicados en la parte superior del tanque. <b>Funcionamiento:</b> La descarga parcial se realiza oprimiendo un primer pulsador que se encuentra ubicado en la parte superior del tanque, el cual acciona un gancho que pivota en un punto fijo, y a su vez le transmite movimiento vertical a una cremallera que esta unida al flapper por un brazo. El flapper se eleva verticalmente a cierta altura, permaneciendo suspendido dentro del agua durante unos segundos, mientras la cisterna comienza a desocupar parte del volumen contenido dentro de ella. Posteriormente, gracias a la forma del flapper, en el cual su base actúa como contrapeso, éste vence la fuerza del agua que lo hace flotar y cae, sellando inmediatamente la salida de agua en la cisterna. Hasta este momento el sistema no varía mucho con respecto a los mencionados anteriormente. Por otro lado, la descarga total se efectúa oprimiendo un segundo pulsador, nuevamente el gancho le transmite movimiento vertical a la cremallera y esta a su vez al flapper; sin embargo, en esta ocasión, el desplazamiento transmitido es mayor y por ende el flapper se eleva a mayor altura flotando dentro del agua; cuando el

 <p>VISTA FRONTAL DISPOSITIVO</p>	<p>flapper empieza a caer queda enganchado sobre un mecanismo que lo hace detener en esa altura por unos segundos, liberando la cisterna un mayor volumen de agua. Dicho mecanismo es controlado por el flotador que se encuentra al costado de la estructura, dentro de un recipiente; que al ir perdiendo el nivel de agua, permite que el flotador baje, desactivando de esta manera el mecanismo de soporte, razón por la cual el flapper cae firmemente y el sistema es sellado, finalizando la descarga.</p> <p><b>Ventajas:</b></p> <p>Su estructura modular que facilita el armado e instalación. Posee un diseño innovador, que organiza cada una de sus partes, ubicando: flotador, tubo de rebose, flapper y pulsadores sobre un mismo eje. El mecanismo empleado para prolongar el tiempo de descarga es sencillo y efectivo, utiliza conceptos básicos de flotación y dinámica de fluidos. El flapper posee un diseño especial en su forma, presenta un área plana en su base, permitiendo crear una columna de agua, que al momento de la descarga, ayuda a impulsar y cerrar la salida del líquido en el tanque. Los pulsadores ubicados en la parte superior de la cisterna, ofrecen al usuario una comunicación precisa en el momento de realizar las descargas.</p> <p><b>Desventajas:</b></p> <p>Se debe diseñar una tapa especial para las cisternas existentes que permita emplear este dispositivo de forma vertical, ya que los accionamientos del sistema están ubicados en la parte superior. Aunque el diseño del flapper permite crear una columna de agua que aumenta el caudal al momento de la descarga, el dispositivo no garantiza un 100% de efectividad en el sifón. Esta compuesto por gran cantidad de piezas internas, por lo cual está más propenso a fallar. No se consigue fácilmente en nuestro mercado.</p>
<p><b>Costo:</b></p>	<p>Su costo aproximado es de DM 18 (\$30162 aprox.) sin incluir impuestos ni gastos de envío.</p>
<p><b>Ahorro potencial:</b></p>	<p>La descarga pequeña permite economizar hasta el 50% del contenido del tanque.</p>

<p><b>Producto:</b></p>	<p><b>Ref. 9020 (Mecanismo de Interrupción por Columna de Agua)</b></p>
<p><b>Fabricante:</b></p>	<p>Almanit Sanitary Fittings</p>
<p><b>Detalles:</b></p> 	<p><b>Descripción:</b></p> <p>Este dispositivo permite al usuario limitar la cantidad de agua que desea descargar del aparato sanitario, el aporte de este producto respecto a los anteriores consiste en un sistema de graduación, ubicado en el mismo eje del flapper, que ofrece al usuario la oportunidad de descargar una mayor o menor cantidad de agua dependiendo de sus necesidades, garantizando una descarga eficiente del aparato sanitario.</p> <p>Igual que el anterior, el producto ofrece las dos opciones de evacuación en la cisterna; con la diferencia que el sistema de graduación mencionado anteriormente crea una columna de agua que ayuda al flapper a caer más rápidamente, interrumpiendo la descarga, antes de que el tanque se desocupe por completo.</p> <p>El dispositivo esta compuesto por: una campana que protege al</p>

	<p>flapper y hace parte de la estructura del sistema, un flapper que además de sellar la cisterna trabaja como tubo de rebose, una camisa con guías alrededor del flapper, una bandeja que contiene la columna de agua ayudando a interrumpir la descarga, un soporte con guías que permite subir o bajar todo el sistema dependiendo de la altura de la cisterna, dos ganchos, dos cadenas, y dos pulsadores que permiten su accionamiento.</p> <p><b>Funcionamiento:</b></p> <p>El dispositivo se activa por la presión de dos pulsadores que se encuentran ubicados en la parte superior del tanque. La descarga parcial se realiza oprimiendo un primer pulsador, el cual acciona un gancho que hala una cadena que se encuentra unida al flapper, haciéndolo realizar un desplazamiento vertical, elevándolo hasta cierta altura para que la cisterna comience a desocuparse. Como se describió anteriormente el flapper está protegido por una camisa de un diámetro mayor que posee unas guías en las cuales se aloja una bandeja graduable, donde, al momento de la descarga se forma una columna de agua, que hace que el flapper pese más, obligándolo a caer rápidamente e interrumpir la descarga. La bandeja que forma la columna de agua se puede graduar para conseguir una descarga más o menos prolongada, según los requerimientos del aparato sanitario. De otra forma, la descarga total se efectúa oprimiendo el segundo pulsador; ahora el gancho hala otra cadena que eleva el flapper, efectuando un recorrido mayor en referencia al anterior, para que el flapper flote durante unos segundos en el agua con el objetivo de permitir la descarga total del tanque. En este accionamiento la columna de agua creada por la bandeja no actúa porque es un sistema independiente. Segundos después, cuando el volumen de agua ha sido desalojado el flapper cae con el nivel del agua y finaliza la descarga..</p> <p><b>Ventajas:</b></p> <p>Posee un diseño que permite graduar la altura del dispositivo según el tamaño de la cisterna. El dispositivo está compuesto por una estructura modular que facilita el armado y la instalación en el interior del tanque. Los elementos que lo conforman están distribuidos a lo largo del eje del flapper, optimizando el espacio en el interior de la cisterna. Los pulsadores están ubicados de forma estratégica permitiendo una mejor visibilidad al usuario para accionar el sistema. Este diseño posee un sistema más compacto que el anterior, conformado por un número mas reducido de piezas plásticas, haciéndolo funcional y liviano.</p> <p><b>Desventajas:</b></p> <p>Se debe diseñar una tapa especial que permita emplear este dispositivo de forma vertical para las cisternas existentes, ya que la mayoría de los sistemas actuales están diseñados para accionar al frente. El sistema no garantiza un correcto funcionamiento del sifón en el aparato sanitario. No se consigue fácilmente en nuestro mercado.</p>
<p><b>Costo:</b></p>	<p>Su costo aproximado es de DM 20 (\$33513 aprox.) sin incluir impuestos ni gastos de envío.</p>
<p><b>Ahorro potencial:</b></p>	<p>La descarga pequeña permite economizar hasta el 50% del contenido del tanque.</p>

### 3.4.4. AHORRO POR DESCARGA PRESURIZADA

La descarga presurizada es quizá el método que produce mejores resultados en cuanto a ahorro de agua se refiere, sin embargo es también el que implica mayores costos, en la medida en que es indispensable la utilización de un nuevo aparato sanitario, adecuado para este tipo de descarga.

<b>Producto:</b>	<b>FLUSHMATE</b>
<b>Fabricante:</b>	Sloan Valve Company
<b>Detalles:</b> 	<b>Descripción:</b> <p>Este sistema utiliza presión en lugar de gravedad para realizar la descarga, creando una acción de descarga más fuerte; donde el aparato envía agua a la taza a una velocidad 3 veces mayor que la gravedad, resultando en una acción rápida de empuje en lugar de la acción sifónica más lenta de las unidades típicas que se encuentran en el mercado de hoy.</p> <b>Funcionamiento:</b> <p>El recipiente del FLUSHMATE® atrapa el aire, y a medida que se llena de agua, utiliza la presión en la línea de suministro para comprimir el aire atrapado. Cuando se descarga el sanitario, el aire comprimido, reacciona como un resorte, impulsando el agua del recipiente hacia la taza, así que en lugar de la acción de "arrastre" o de sifón de una unidad que funciona por gravedad, la unidad asistida por presión "empuja" los desechos hacia fuera, a una alta velocidad. Esta acción de descarga tan enérgica limpia la taza mucho mejor que las unidades por gravedad.</p> <b>Ventajas:</b> <p>Los inodoros equipados con el FLUSHMATE® eliminan la necesidad de descargar más de una vez. Esto se debe al diseño de una trampa más grande y sencilla, con menos recodos. Además debido a que el FLUSHMATE utiliza una velocidad de flujo más fuerte se reducen las obstrucciones hasta en un 90% frente a las tecnologías convencionales de 1.6 galones por descarga. El espejo de agua es más grande (10 x 12 pulgadas), reduciendo los malos olores y manteniendo la taza más limpia porque se reduce el área superficial seca, así facilita la limpieza; las tazas de gravedad típicas de bajo consumo incorporan una superficie de agua más pequeña, que requiere de una limpieza más frecuente. Este producto tiene menos partes móviles, así que hay menos probabilidad de problemas.</p> <b>Desventajas:</b> <p>La taza del sanitario debe estar hidráulicamente diseñada para este sistema, ya que debe "empujar" los contenidos en la vía de trampa en lugar de sacarlos con sifón por gravedad. El FLUSHMATE® no es un producto adaptable, sino una parte integral de todo un conjunto sanitario. Los costos para la implementación de este sistema son altos, ya que requieren de una taza especial, que implica el cambio total del aparato sanitario.</p>

<b>Costo:</b>	Varios fabricantes de porcelana sanitaria, han incluido el sistema FLUSHMATE, en sus productos. Específicamente dentro de nuestro mercado encontramos los modelos Prestigio y Cyclone comercializados por Corona y Mancesa. Su costo es aproximadamente de \$300000=
<b>Ahorro potencial:</b>	El volumen de agua empleado es menor de 1.6 galones (6 litros), ahorrando hasta un 20% más agua que las tecnologías convencionales de bajo consumo.

<b>Producto:</b>	<b>Fluxómetro</b>
<b>Fabricante:</b>	Varios Fabricantes
<b>Detalles:</b>	<p><b>Descripción:</b> Estos sistemas de descarga presurizada se accionan mediante un grifo de cierre automático (mecánico o electrónico) instalado sobre una derivación de la red interior de agua. Dado que la presión proviene de la red, y no de la columna de agua existente en la cisterna, alcanza una elevada potencia de descarga, lo que permite un lavado muy eficaz.</p> <p><b>Funcionamiento:</b> El accionamiento de estos sistemas de descarga se produce al ejercer presión sobre un mecanismo que permite el paso de agua. Pueden encontrarse diferentes tipos de accionamiento (manija, botón y pedal generalmente).</p> <p><b>Ventajas:</b> Dado que no es necesario el llenado de cisternas, los fluxores están siempre listos para la descarga y no existen tiempos de espera entre usos. La elevada presión del agua permite realizar una descarga muy eficaz en poco tiempo, consiguiendo una limpieza exhaustiva. Ocupan un reducido espacio y poseen pocas zonas expuestas al vandalismo, por lo cual suelen colocarse en instalaciones de uso público. Al igual que en los mecanismos de las cisternas, ya existen marcas que ofrecen la posibilidad de que los fluxores dispongan de doble pulsador, permitiendo realizar descargas de 3 o 6 litros.</p> <p><b>Desventajas:</b> Generalmente no son empleados en líneas sanitarias para el hogar, ni se comercializa como un accesorio sino como un sistema completo de un conjunto sanitario. Su taza requiere diseño especial al igual que el anterior.</p>
<b>Costo:</b>	Su costo aproximado es de \$100000=
<b>Ahorro potencial:</b>	Generalmente consume sólo 6 litros, ahorrando un 40% de agua.

Según el análisis anterior, podemos observar una característica común en la mayoría de los productos descritos, y es que su éxito y su eficiencia se basan en la capacidad del sifón, de los sanitarios modernos, de arrastrar con menos agua; por lo cual no se pueden garantizar plenamente para los modelos sanitarios antiguos, ya que sólo disminuyen el consumo del líquido, sin aportar

mejoras en el empuje o en la succión, de las cuales depende en gran parte la consecución de una buena limpieza del aparato sanitario. Los únicos productos que en la actualidad están aportando a ésta última característica son los de descarga presurizada, que desafortunadamente, por sus costos, no pueden ser implementados en todos los hogares colombianos.

### **3.5. DETERMINACION DE NECESIDADES**

El siguiente planteamiento de necesidades, corresponde a la síntesis de los problemas o puntos críticos detectados durante el análisis del funcionamiento, activación y operación de los sistemas sanitarios existentes.

- Por lo general, se emplean grandes cantidades de agua para descargar eficientemente el sanitario.
- Generalmente se utiliza la misma cantidad de agua para descargar el tanque.
- La deficiente ubicación de algunos accionamientos en los aparatos sanitarios, genera mayores esfuerzos físicos para el usuario.
- La falta de conocimiento acerca del funcionamiento del aparato sanitario y la carencia de una buena comunicación visual entre aparato – usuario son en muchas ocasiones las causantes del mal uso de éste.
- Muchos sanitarios no garantizan una buena limpieza al hacer la descarga.
- Una de las principales causas del desperdicio de agua en los aparatos sanitarios es la presencia de fugas en las conexiones.
- El tiempo de llenado entre descargas es largo y puede ocasionar inconvenientes para descargas seguidas.
- El ruido tanto en el llenado como en la descarga del tanque es molesto para el usuario.
- Los sistemas actuales presentan inconvenientes para su instalación y mantenimiento.

### **3.6. PERFIL DEL PRODUCTO A DISEÑAR Y PARÁMETROS DE DISEÑO**

Con base al conocimiento que se tiene del problema en esta etapa del diseño, procederemos a enunciar los parámetros que se tendrán en cuenta para el desarrollo del producto a diseñar, no obstante, hay que dejar claro que los parámetros planteados podrán obviarse si el criterio de evaluación no los considera importantes para conseguir los objetivos del proyecto.

#### **3.6.1. REQUERIMIENTOS DE USO**

El producto debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Adaptarse a cualquier tamaño de cisterna.
- Ser desarmable.
- Estar compuesto por piezas removibles en caso de desgaste o daño de alguna de ellas.
- Ser fácil de instalar dentro de la cisterna.
- Ofrecer al usuario la posibilidad de escoger que tipo de descarga va a realizar.
- Garantizar el ahorro en el consumo de agua.
- Contribuir en la preservación del recurso hídrico.
- Contribuir en la reducción del gasto económico mensual en la facturación del servicio.
- Ofrecer seguridad al usuario en su manipulación y funcionamiento.
- Desempeñar su función adecuadamente sin crear riesgos de desbordamiento o desperdicio del líquido.
- Evitar las aristas cortantes que representen algún peligro para el usuario en su manipulación.
- Poseer dispositivos que regulen las presiones que intervienen en los procesos de llenado y/o descarga del aparato sanitario.
- Poseer una configuración que evite la acumulación excesiva de residuos provenientes del suministro de agua.

- Incluir información sobre las operaciones de mantenimiento que se deben tener en cuenta para su óptimo desempeño.
- Poseer una configuración estructural que permita una adecuada limpieza.
- Las piezas de refacción sean de fácil adquisición en el mercado.
- Las dimensiones de las piezas deben cumplir los estándares que se utilizan actualmente en el mercado.
- Ofrecer una adecuada relación con el usuario en cuanto a su biomecánica.
- Las partes del producto deben mantener una adecuada relación dimensional con el usuario.
- Tener en cuenta factores ergonómicos que garanticen la óptima adecuación y relación entre el producto y el usuario.
- En el diseño del producto deben considerarse aspectos ergonómicos como displays, controles y accionamientos.
- Evitar que el producto ocasione fatiga al usuario en las diferentes etapas en las cuales halla una interrelación directa de estos.
- Tener una excelente comunicación visual, de manera que proporcione al usuario la información necesaria para su uso.
- Tener en cuenta la influencia que tiene sobre el usuario el uso de colores y texturas.
- Tener en cuenta que el usuario debe ser capaz de percibir la función para la cual está hecho el producto.

### **3.6.2. REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN**

El producto debe:

- Tener en cuenta los principios básicos de dinámica de fluidos.
- Considerar los diferentes tipos de mecanismos empleados en los productos existentes que se comercializan actualmente, ya sean mecánicos, eléctricos, neumáticos, hidráulicos, etc.

- Tener en cuenta los conceptos de presión y gravedad utilizados normalmente para producir la descarga del sanitario.
- Garantizar una óptima limpieza del aparato sanitario.
- Garantizar una independencia en las descargas del aparato sanitario.
- Estar provisto de dispositivos de seguridad que eviten el desperdicio del líquido causado por fugas y derrames del aparato sanitario.
- Permitirle al usuario la posibilidad de escoger de forma independiente el tipo de descarga a realizar.
- Ser resistente a los agentes químicos y corrosivos del agua.
- Los accionamientos, mecanismos y demás componentes del producto estarán sometidos a esfuerzos constantes de tensión y compresión.

### **3.6.3. REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES**

- El producto debe estar compuesto de diversas partes de tal modo que facilite su fabricación, empaque y embalaje.
- La cantidad de elementos que conforman el producto debe ser inferior a 50 piezas.
- Tener en cuenta que el producto debe llegar al usuario semi-armado.
- Tener en cuenta que algunos mecanismos deben estar protegidos del contacto directo con el agua.
- Los distintos componentes, partes y elementos del producto estarán unidos entre sí por medio de ensamblajes.
- Considerar que un ajuste adecuado de las piezas durante el ensamblaje repercute directamente en el buen funcionamiento del producto.
- Cada una de las partes que conforman el producto deberá cumplir una función específica dentro del mismo.

#### **3.6.4. REQUERIMIENTOS TÉCNICO-PRODUCTIVOS**

- Tener en cuenta las limitantes que existen en nuestro medio en cuanto a tecnología.
- Aprovechar los recursos disponibles en nuestra región en cuanto a maquinaria, mano de obra e insumos.
- El modo de producción del modelo funcional será de tipo artesanal con la proyección de realizar prototipos industrialmente.
- Tener en cuenta que en el mercado existen algunas piezas semi-elaboradas que pueden ser implementadas a nuestro producto.
- En lo posible, las piezas que conforman el producto deben conservar una modularidad que permita simplificar los procesos de producción.
- Los materiales a emplear en la fabricación del producto deben ser resistentes a los agentes químicos y corrosivos del agua.
- Los materiales a emplear en la elaboración del producto serán poliméricos.
- El producto será sometido a una serie de pruebas específicas que permitan garantizar su funcionalidad.
- Entre los procesos de fabricación que se utilizarán para la elaboración de las partes constitutivas del producto encontramos los procesos de inyección, soplado y vulcanizado.
- El producto debe ser liviano y ocupar poco espacio con el fin de facilitar su empaque, embalaje y transporte.

#### **3.6.5. REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS O DE MERCADO**

- Tener en cuenta la demanda del producto para establecer el tamaño de la serie de producción y los procesos más adecuados.
- La oferta del producto debe ser consecuente con la demanda y con nuestra capacidad de producción.

- El valor comercial del producto debe ser inferior a U\$50.
- El consumidor podrá adquirir el producto en supermercados, ferreterías y almacenes especializados.
- El producto sera ofrecido directamente por el fabricante a los centros de distribución.
- Considerar que la publicidad y la presentación general del producto son fundamentales para su comercialización y aceptación por parte del consumidor.
- Es importante que el usuario reconozca en la publicidad el valor funcional del producto.
- El producto en general debe garantizar una vida útil no inferior a 3 años y sus repuestos deben ser de fácil adquisición en el mercado.
- Considerar las ventajas y desventajas que presentan productos similares existentes en el mercado.

#### **3.6.6. REQUERIMIENTOS FORMALES**

- Formalmente el producto debe comunicar que es moderno, confiable tecnológicamente y sencillo de operar.
- La disposición formal del producto debe estar equilibrada proporcionándole una estabilidad visual.
- Considerar que un buen diseño formal se logra fundamentalmente a través de la simplicidad de la forma, la relación o proporción entre las partes componentes y la repetición de elementos.
- La presentación final del producto debe captar la atención visual del usuario.
- Tener en cuenta que es conveniente utilizar elementos formales como el contraste, el ritmo en la composición del producto para darle fuerza visual.
- Considerar la importancia que tiene el color y la textura del producto en la percepción del usuario sobre la función del mismo.
- Resaltar a través del color elementos o partes del diseño esenciales o que cumplan funciones semejantes.

- Tomar en cuenta los principios reguladores del diseño como la armonía, el equilibrio, la gravedad, el ritmo, la gradación, el modulo y el contraste.

#### **3.6.7. REQUERIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN**

- Tomar en cuenta la normalización existente para identificar o informar las operaciones de accionamiento, mantenimiento y reparación que debe ejecutar el usuario.
- El producto debe incluir todas las instrucciones necesarias para su instalación y uso.

## **4. DESARROLLO PROYECTUAL**

### **4.1. PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS**

Teniendo como base la investigación realizada con respecto a nuestro problema de diseño y habiendo ya planteado unas necesidades y unos parámetros, que nos ayudan a tener una visión más amplia del tipo de producto o solución a la cual debemos llegar, procederemos a plantearnos unas posibles soluciones o hipótesis básicas con respecto al producto y a los principios que van a ser utilizados durante el desarrollo de las alternativas de diseño.

En esta etapa del proyecto se realizó básicamente una lluvia de ideas y una representación gráfica de las mismas en bocetos (generalmente a mano alzada), teniendo en cuenta que nuestra intención es desarrollar un dispositivo que permita minimizar el desperdicio de agua en la descarga del sanitario, que pueda ser instalado o acondicionado a cualquiera de los aparatos existentes. Adicionalmente, nuestros análisis han comprobado que para eliminar residuos líquidos no es indispensable utilizar la misma cantidad de agua que se usa para eliminar residuos sólidos, y a pesar de esto, cada vez que vamos al baño, generalmente descargamos el tanque en su totalidad, independientemente del tipo de desechos; por esta razón, nuestras hipótesis y alternativas se fundamentarán en la necesidad de realizar dos tipos de descargas, con diferentes consumos del líquido.

Finalmente, cabe dejar en claro que para plantear estas hipótesis, al igual que para proponer nuestras alternativas tuvimos presentes los principios que hemos explicado, en los cuales se basan la mayoría de productos existentes.

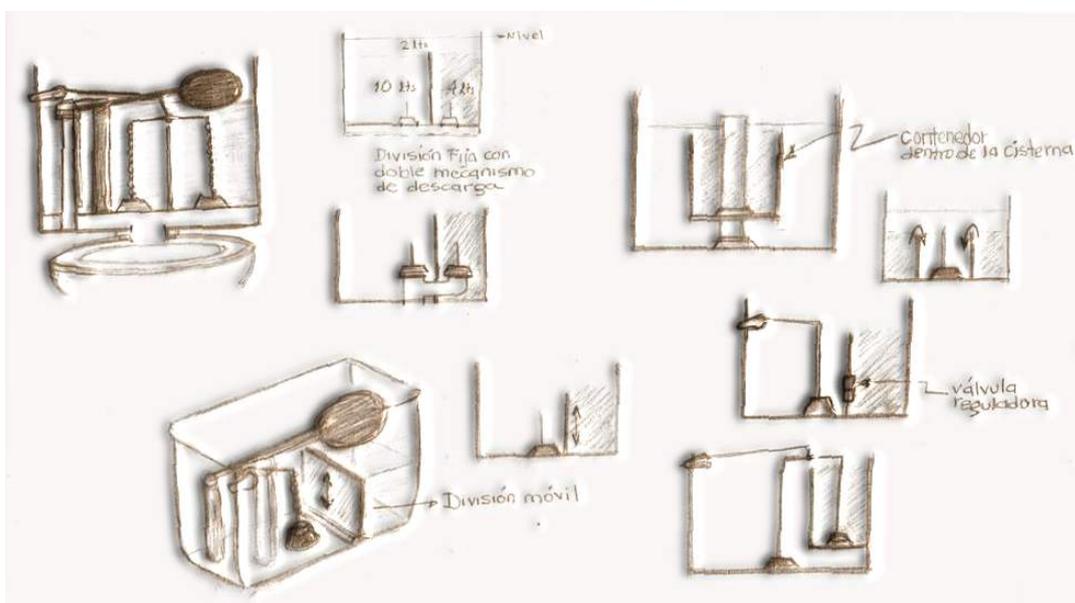
Entre las posibles soluciones planteamos las siguientes:

#### 4.1.1. AHORRO POR LIMITACIÓN DE DESCARGA – TANQUES INDEPENDIENTES

Con esta solución se pretende independizar la descarga de la cisterna mediante la utilización de dos contenedores independientes, con diferentes capacidades según el tipo de desechos a eliminar, teniendo en cuenta que la descarga de residuos líquidos requiere una menor cantidad de agua que la de residuos sólidos.

De esta manera se proponen dos tipos de descarga: una descarga de 4 a 6 litros aproximadamente, propuestos para la eliminación de desechos líquidos, y una descarga de 10 a 12 litros para la evacuación de sólidos.

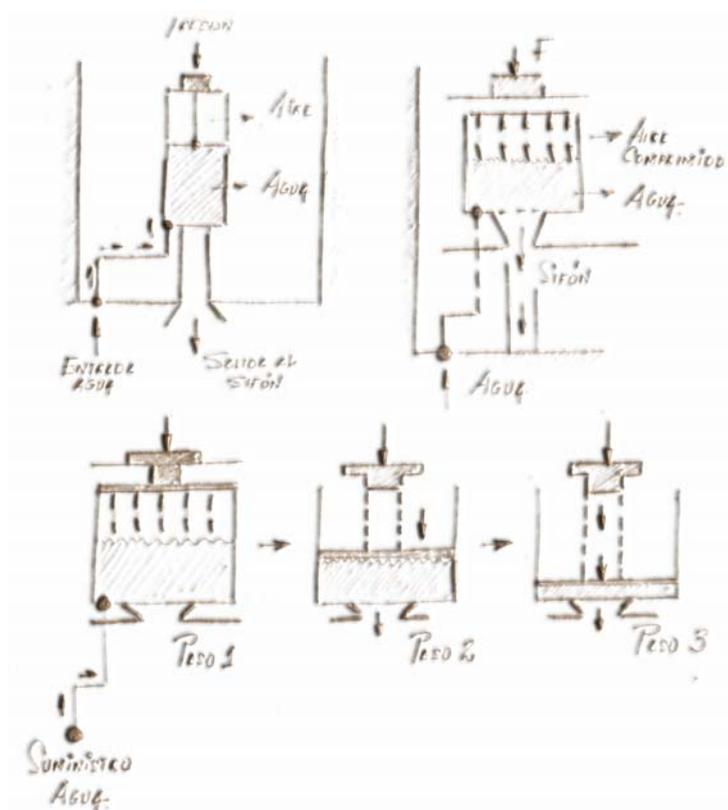
Los contenedores independientes podrán hacer su trabajo dentro de una cisterna normal, ya sea desarrollando elementos para dividir el tanque o ubicando dentro de él un segundo contenedor.



#### 4.1.2. AHORRO POR DESCARGA PRESURIZADA

En este tipo de soluciones se buscará la posibilidad de emplear presiones de agua o de aire para evacuar completamente el sanitario, teniendo en cuenta que los sistemas de limpieza a presión permiten el manejo de bajas cantidades de agua con óptimos resultados.

Para la evacuación, podrán desarrollarse sistemas externos que generen e inyecten presión a los mecanismos de descarga, adecuar sistemas existentes, o bien podrá ser utilizada la presión que trae el agua a través de la tubería de suministro. Además, realizando los estudios correspondientes se pueden llegar a calcular las presiones necesarias para la evacuación de cada tipo de desechos.

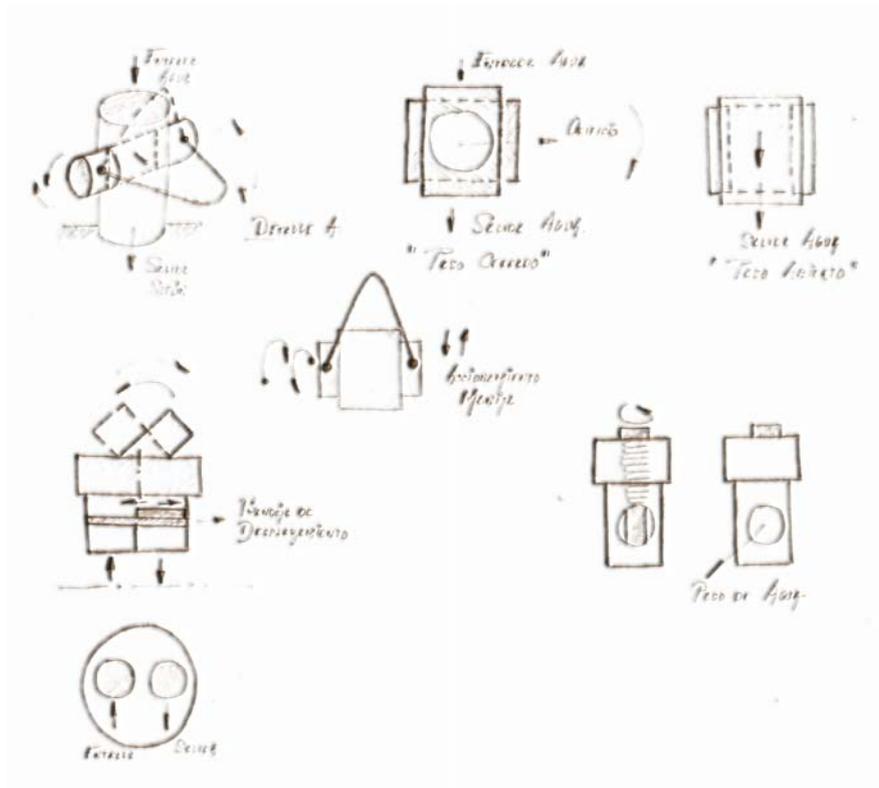


#### 4.1.3. INDEPENDENCIA DE DESCARGAS-INTERRUPCIÓN O PROLONGACIÓN DE DESCARGA

Con este sistema se pretende controlar la salida del agua a la taza, evitando que la cisterna se desocupe por completo cuando se estén eliminando residuos líquidos.

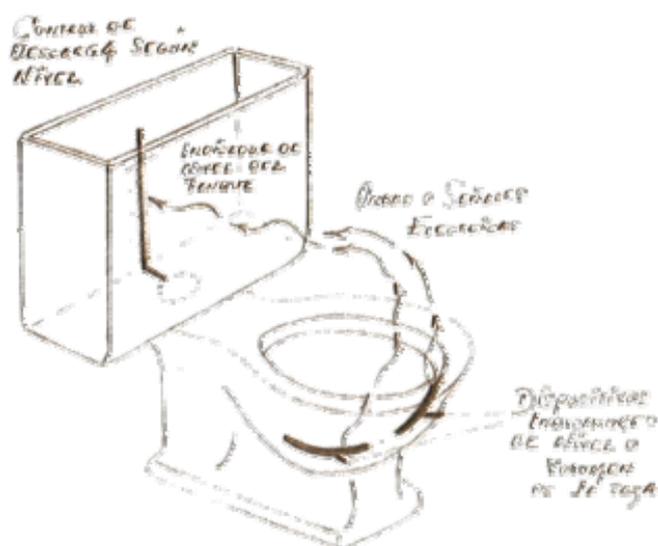
En este tipo de soluciones generalmente se utilizan cargas adicionales que hacen que el proceso de descarga del tanque termine antes de que sea evacuado todo su contenido. Estas cargas o contrapesos estarán ubicados en el interior de la cisterna y actuarán cada vez que se necesite realizar la limpieza del sanitario, además deben estar elaborados en un material que permita el contacto permanente con el agua.

La interrupción de la descarga puede lograrse también mediante la utilización de válvulas, mecanismos temporizadores, o puede desarrollarse de tal manera que sea el mismo usuario el que calcule y decida la cantidad de agua que desea o necesita descargar.



#### 4.1.4. MEDIDOR PARA DESCARGA

Mediante este sistema se pretende que el aparato sea autónomo y calcule la cantidad de agua que necesita descargar, según el volumen o el nivel en el cual se encuentre el agua en la taza, que a su vez depende del tipo de desechos que contiene. Este tipo de solución requiere la utilización de dispositivos que permitan medir y controlar la cantidad de agua necesaria para realizar una limpieza completa del retrete.

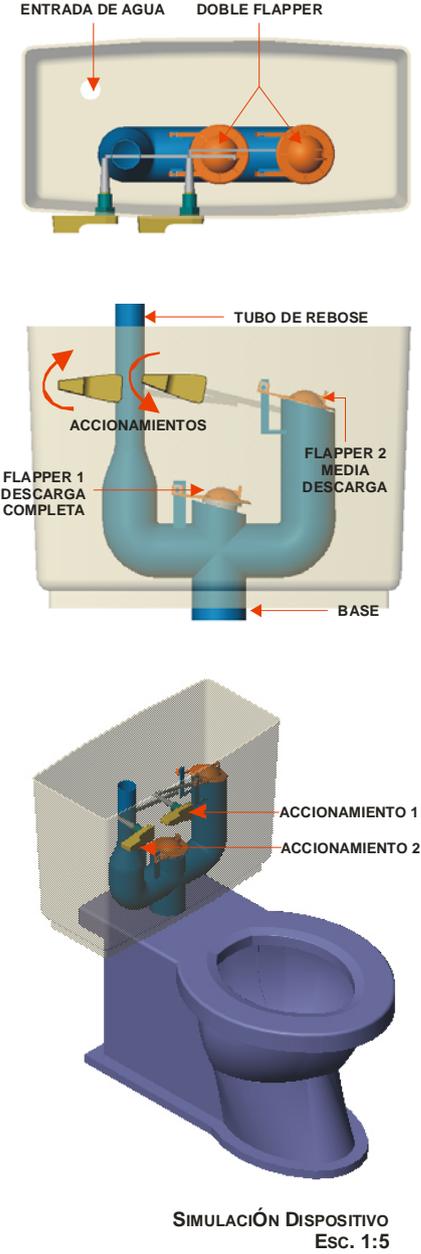


Estas son algunas hipótesis que se plantean para el desarrollo de nuestro dispositivo, sin embargo durante la evolución de las alternativas es muy probable que se combinen dos o más posibilidades para obtener un diseño óptimo, que nos permita minimizar el desperdicio del agua.

#### 4.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Esta fase del proyecto es una de las más importantes dentro del proceso de diseño porque en ella se describen las alternativas de solución al problema planteado a fin de seleccionar una o varias de ellas, para desarrollarlas y finalmente presentar una propuesta de diseño factible.

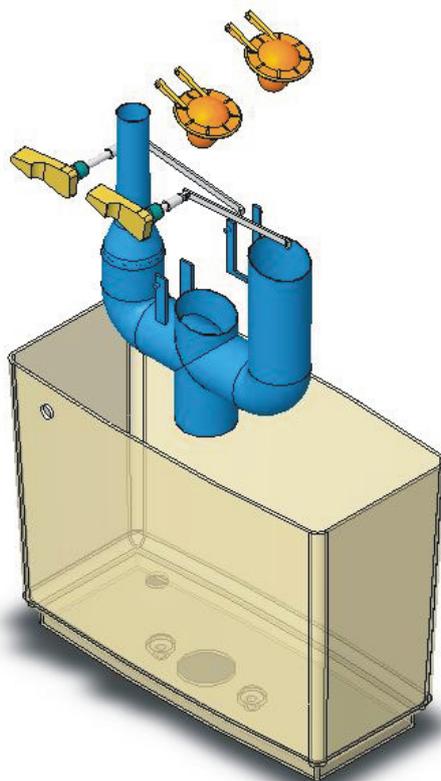
4.2.1. ALTERNATIVA 1.1 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS.

<p style="text-align: center;"><b>ALTERNATIVA 1</b></p>	<b>LIMITACIÓN DE DESCARGAS</b>
	<b>1.1 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS.</b>
 <p style="text-align: center;">SIMULACIÓN DISPOSITIVO Esc. 1:5</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Sistema limitador de descarga de agua que permite independizar la evacuación del líquido, antes de desalojar el volumen total de la cisterna como ocurre en el aparato sanitario tradicional. Es accionado por dos palancas y dos flappers, cada flapper se encuentra ubicado a diferente altura en el interior del tanque, permitiendo realizar descargas de 5 y 10 litros respectivamente.</p> <p><b>FUNCIONAMIENTO:</b> Este sistema se opera de manera similar al existente en el mercado, la diferencia radica en que el usuario tiene la opción de escoger la cantidad de agua que desea descargar, mediante el accionamiento independiente de dos palancas que se encuentran en la parte exterior de la cisterna, dicha independencia se logra gracias a la diferencia de alturas entre flappers, que son los encargados de enviar la cantidad de agua necesaria para la limpieza del mismo.</p> <p><b>VENTAJAS:</b> Permite independizar la descarga del aparato sanitario ahorrando un 50% del consumo de agua habitual. El principio de funcionamiento es similar a los dispositivos que existen actualmente en el mercado, permitiendo al usuario familiarizarse rápidamente con esta propuesta. No requiere personal capacitado para su instalación ni mantenimiento técnico. Es rápido y sencillo de usar, sus partes pueden ser sustituidas con facilidad. Esta fabricado en materiales poliméricos, lo cual garantiza una larga vida útil y una operación confiable durante muchos años.</p> <p><b>DESVENTAJAS:</b> El dispositivo no garantiza 100% la efectividad en la limpieza del aparato sanitario. La propuesta no ofrece ningún aporte para disminuir el ruido en el sistema de llenado de la cisterna. Los mecanismos de seguridad para evitar fugas o derrames del líquido son deficientes.</p>

# ALTERNATIVA 1

## LIMITACIÓN DE DESCARGAS

### 1.1 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS.



Funcionales	Uso	Estructurales	Técnico - Productivos
<b>Fuente Energía</b>	<b>Transportabilidad</b>	<b>N piezas</b>	<b>Tecnología</b>
Accionamiento Manual	Caja de 10x30x30 9000 cm <sup>3</sup> 3.0 Kg	12 Piezas	Inyección Plástico
<b>Transmisión</b>	<b>Adaptación a Cisternas</b>	<b>Uniones</b>	<b>Costo Producción</b>
Por bielas y palancas	Con la gran mayoría	Uniones roscadas y uniones rápidas de presión y lengüeta	75.000 Unidad
<b>Protec. Mecanismos</b>	<b>Desarmable</b>	<b>Carcasas</b>	<b>Control de calidad</b>
Dentro del Tanque Ninguno	Para el embalaje y Montaje	Ninguna	Bajo, las piezas se realizan por molde o inyección
<b>Acabados</b>	<b>Instalación</b>	<b>Protección Elementos</b>	<b>Materias Primas</b>
Cromado en partes exteriores, en interiores ninguno	Por el usuario	Ninguna, las partes no se corroen	Polipropileno alta densidad Aluminio

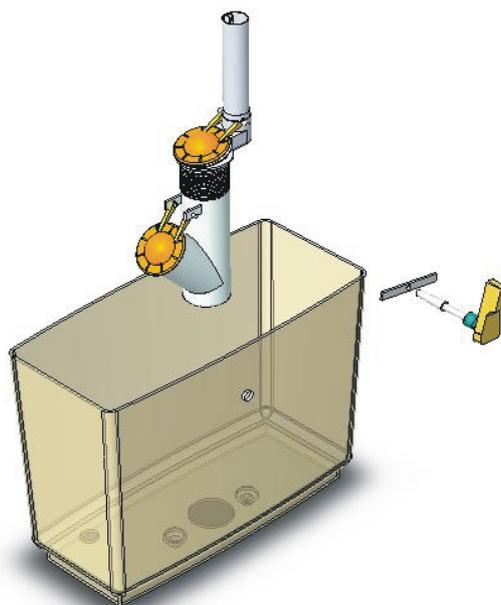
**4.2.2. ALTERNATIVA 1.2 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS SOBRE UN MISMO EJE.**

<p style="text-align: center;"><b>ALTERNATIVA 1</b></p>	<b>LIMITACIÓN DE DESCARGAS</b>
	<b>1.2 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS SOBRE UN MISMO EJE.</b>
<p style="text-align: center;">SIMULACION DISPOSITIVO Esc. 1:5</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Este dispositivo limitador de descarga, es una evolución de la anterior alternativa, permite independizar el volumen de agua que es desalojado del interior de la cisterna. Es accionado por una palanca y dos flappers, que se encuentran ubicados sobre un mismo eje, pero a diferentes alturas, haciendo que la estructura de este producto sea mas compacta y realizando las mismas descargas de la anterior propuesta.</p> <p><b>FUNCIONAMIENTO:</b> Este sistema se opera de manera similar al existente en el mercado, el usuario tiene la opción de escoger la cantidad de agua que desea descargar, mediante el accionamiento de una palanca que se encuentra ubicada en la parte exterior del tanque, la primer descarga evacua una cantidad de agua suficiente para eliminar orina, mientras que la segunda descarga permite evacuar residuos sólidos, dicha independencia se logra gracias a la diferencia de alturas entre flappers que son los encargados de enviar la cantidad de agua necesaria para la limpieza del mismo.</p> <p><b>VENTAJAS:</b> El dispositivo es sencillo de accionar y mas eficaz que la anterior alternativa. Su estructura esta compuesta por menos piezas, haciéndolo mas confiable y económico. Permite independizar la descarga del aparato sanitario ahorrando un 50% del consumo de agua habitual. No requiere personal capacitado para su instalación ni mantenimiento técnico. Es rápido y sencillo de usar, sus partes pueden ser sustituidas con facilidad. Esta fabricado en materiales poliméricos, lo cual garantiza una larga vida útil y una operación confiable durante muchos años.</p> <p><b>DESVENTAJAS:</b> El dispositivo no garantiza 100% la efectividad en la limpieza del aparato sanitario. La propuesta no ofrece ningún aporte para disminuir el ruido en el sistema de llenado de la cisterna. Los mecanismos de seguridad para evitar fugas o derrames del líquido son deficientes.</p>

# ALTERNATIVA 1

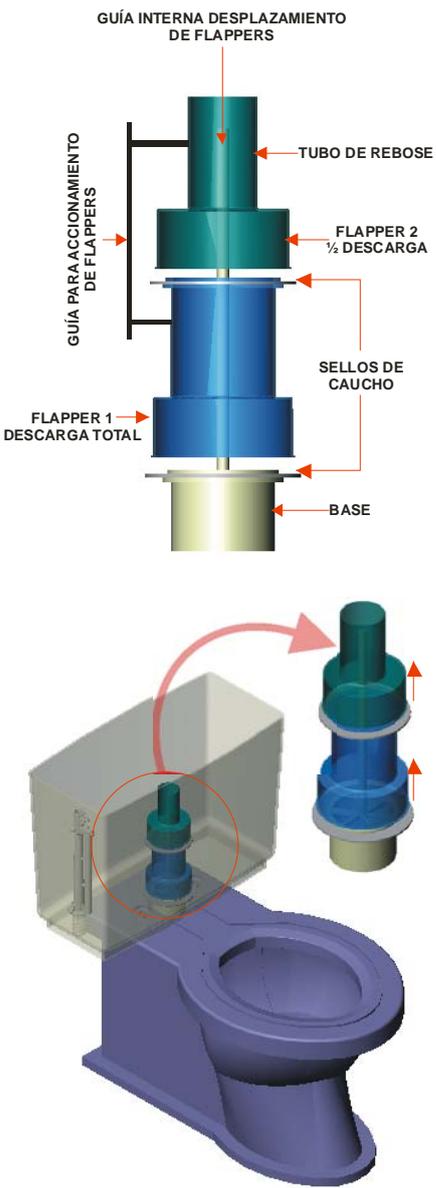
## LIMITACIÓN DE DESCARGAS

### 1.2 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS SOBRE UN MISMO EJE.



Funcionales	Uso	Estructurales	Técnico - Productivos
<b>Fuente Energía</b>	<b>Transportabilidad</b>	<b>N piezas</b>	<b>Tecnología</b>
Accionamiento Manual	Caja de 10x30x30 9000 cm <sup>3</sup> 2.2 Kg	8 Piezas	Inyección Plástico
<b>Transmisión</b>	<b>Adaptación a Cisternas</b>	<b>Uniones</b>	<b>Costo Producción</b>
Por palanca y cordel	Con la gran mayoría	Uniones roscadas y uniones rápidas de presión y lengüeta	50.000 Unidad
<b>Protec. Mecanismos</b>	<b>Desarmable</b>	<b>Carcasas</b>	<b>Control de calidad</b>
Dentro del Tanque Ninguno	Para el embalaje y Montaje	Ninguna	Bajo, las piezas se realizan por molde o inyección
<b>Acabados</b>	<b>Instalación</b>	<b>Protección Elementos</b>	<b>Materias Primas</b>
Cromado en partes exteriores, en interiores ninguno	Por el usuario	Ninguna, las partes no se corroen	Polipropileno alta densidad Aluminio

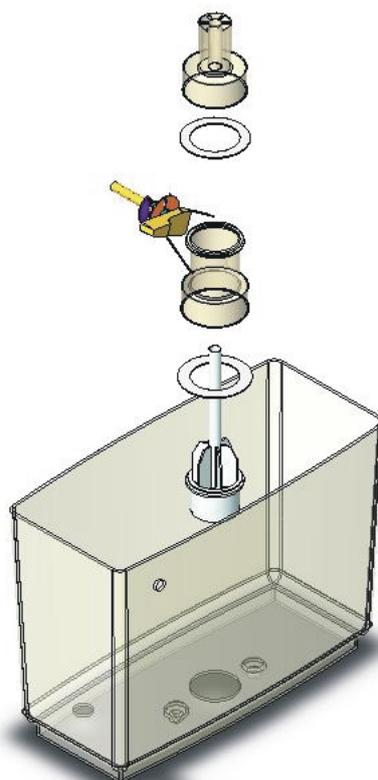
**4.2.3. ALTERNATIVA 1.3 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS CONCÉNTRICAS.**

<p style="text-align: center;"><b>ALTERNATIVA 1</b></p>	<b>LIMITACIÓN DE DESCARGAS</b>
	<b>1.3 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS CONCÉNTRICAS</b>
 <p style="text-align: center;">SIMULACIÓN DISPOSITIVO Esc. 1:5</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Este dispositivo limitador de descarga emplea el mismo principio que las anteriores alternativas: diferencia de altura entre flappers, permitiendo al usuario independizar el volumen de agua que es desalojado del interior de la cisterna. Posee un diseño especial, que combina la función del tubo de rebose y el flapper que encontramos en cualquier aparato sanitario.</p> <p><b>FUNCIONAMIENTO:</b> El aporte de este sistema respecto a las anteriores propuestas, consiste en el diseño del tubo de rebose que actúa además como flapper, permitiendo realizar dos tipos de descarga de agua, mediante el accionamiento de una palanca que se encuentra ubicada en la parte exterior del tanque, la primer descarga evacua una cantidad de agua suficiente para eliminar orina, mientras que la segunda descarga permite evacuar residuos sólidos, dicha independencia se logra gracias a la diferencia de altura entre flappers, que son los encargados de enviar la cantidad de agua necesaria para la limpieza del mismo.</p> <p><b>VENTAJAS:</b> El diseño del tubo de rebose es funcional, porque además de cumplir su trabajo en caso de desbordamiento del líquido, actúa como doble flapper para independizar la descarga de agua en la cisterna. Su estructura esta compuesta por menos piezas, haciéndolo más confiable y económico. Permite independizar la descarga del aparato sanitario ahorrando un 50% del consumo de agua habitual. No requiere personal capacitado para su instalación ni mantenimiento técnico. Es rápido y sencillo de usar, sus partes pueden ser sustituidas con facilidad. Es más fácil de instalar gracias a su diseño compacto. Esta fabricado en materiales poliméricos, lo cual garantiza una larga vida útil y una operación confiable durante muchos años.</p> <p><b>DESVENTAJAS:</b> El dispositivo no garantiza 100% la efectividad en la limpieza del aparato sanitario. La propuesta no ofrece ningún aporte para disminuir el ruido en el sistema de llenado de la cisterna.</p>

# ALTERNATIVA 1

## LIMITACIÓN DE DESCARGAS

### 1.3 MECANISMO LIMITADOR DE DESCARGA POR DIFERENCIA DE ALTURAS CONCÉNTRICAS



Funcionales	Uso	Estructurales	Técnico - Productivos
<b>Fuente Energía</b>	<b>Transportabilidad</b>	<b>N piezas</b>	<b>Tecnología</b>
Accionamiento Manual	Caja de 9x9x25 2025 cm <sup>3</sup> 2.5 Kg	7 Piezas	Inyección Plástico
<b>Transmisión</b>	<b>Adaptación a Cisternas</b>	<b>Uniones</b>	<b>Costo Producción</b>
Por palanca y biela	Con la gran mayoría	Uniones roscadas y uniones rápidas de presión y lengüeta	65.000 Unidad
<b>Protec. Mecanismos</b>	<b>Desarmable</b>	<b>Carcasas</b>	<b>Control de calidad</b>
Dentro del Tanque Ninguno	Para el embalaje y Montaje	Ninguna	Bajo, las piezas se realizan por molde o inyección
<b>Acabados</b>	<b>Instalación</b>	<b>Protección Elementos</b>	<b>Materias Primas</b>
Cromado en partes exteriores, en interiores ninguno	Por el usuario	Ninguna, las partes no se corroen	Polipropileno alta densidad Aluminio

4.2.4. ALTERNATIVA 2.1 MECANISMO ECONOMIZADOR POR PRESIÓN / RESORTE

<p style="text-align: center;"><b>ALTERNATIVA 2</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>DESCARGA PRESURIZADA / RESORTE</b></p>
	<p style="text-align: center;"><b>2.1 MECANISMO ECONOMIZADOR DE AGUA POR PRESIÓN / RESORTE</b></p>
<p style="text-align: center;">SIMULACIÓN DISPOSITIVO Esc. 1:5</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> Este dispositivo emplea un mecanismo que permite realizar dos evacuaciones, independizando el volumen de agua que es desalojado del interior de la cisterna. Consiste: en un recipiente hermético que cumple la función de flapper permitiendo la descarga total del tanque, dentro de este recipiente actúa un segundo flapper que es impulsado por un resorte, el cual se encuentra comprimido por un embolo, cuya finalidad es la descarga parcial de la cisterna.</p> <p><b>FUNCIONAMIENTO:</b> Este dispositivo posee una cápsula hermética en el interior de un recipiente que actúa como flapper, cuando el agua llena la cisterna, una parte del líquido se dirige hacia la cápsula, haciendo que un embolo se desplace y comprima un resorte que se encuentra en el interior de ella. Una vez llena la cisterna, la cápsula esta lista para realizar una descarga parcial del líquido. Con este sistema, el usuario puede realizar dos descargas en el aparato sanitario: Una descarga parcial, que emplea la fuerza comprimida en el interior de la cápsula y una descarga total, accionando el recipiente que actúa como flapper, el cual queda suspendido por unos segundos y libera el volumen total de la cisterna.</p> <p><b>VENTAJAS:</b> El agua sale inyectada con la fuerza que proporciona el resorte, garantizando un sifón más eficiente que los anteriores dispositivos. Mayor velocidad del agua cuando llega al punto de desbordamiento en el sifón, optimizando el volumen del líquido contenido en la cisterna. Fácil y rápido de instalar porque su estructura reduce la cantidad de piezas del sistema tradicional. El diseño del flapper es eficiente, porque además de cumplir su función, también actúa como tubo de rebose.</p> <p><b>DESVENTAJAS:</b> Requiere un mantenimiento periódico, ya que el resorte se puede desgastar por el uso continuo del sistema. La cápsula debe ser hermética para evitar el contacto del agua con los mecanismos, haciendo que este dispositivo sea costoso. No garantiza una eficiente limpieza del aparato sanitario.</p>

## ALTERNATIVA 2

### DESCARGA PRESURIZADA / RESORTE

#### 2.1 MECANISMO ECONOMIZADOR DE AGUA POR PRESIÓN / RESORTE



Funcionales	Uso	Estructurales	Técnico - Productivos
<b>Fuente Energía</b>	<b>Transportabilidad</b>	<b>N piezas</b>	<b>Tecnología</b>
Accionamiento Manual	Caja de 20x7x7 980 cm <sup>3</sup> 0.85 Kg	6 Piezas	Inyección Plástico
<b>Transmisión</b>	<b>Adaptación a Cisternas</b>	<b>Uniones</b>	<b>Costo Producción</b>
Por bielas y palancas	Con la gran mayoría	Uniones roscadas y uniones rápidas de presión y lengüeta	80.000 Unidad
<b>Protec. Mecanismos</b>	<b>Desarmable</b>	<b>Carcasas</b>	<b>Control de calidad</b>
Dentro del Tanque Ninguno	Para el embalaje y Montaje	Ninguna	Bajo, las piezas se realizan por molde o inyección
<b>Acabados</b>	<b>Instalación</b>	<b>Protección Elementos</b>	<b>Materias Primas</b>
Cromado en partes exteriores, en interiores ninguno	Por el usuario	Ninguna, las partes no se corroen	Polipropileno alta densidad Aluminio

**4.2.5. ALTERNATIVA 3.1 MECANISMO PARA INDEPENDIZAR LA DESCARGA POR PROLONGACIÓN DE TIEMPOS.**

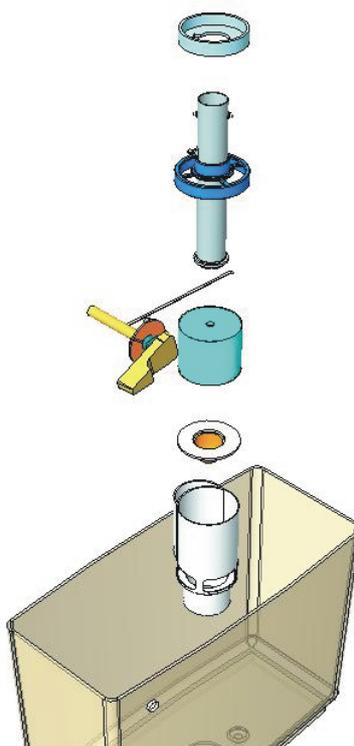
<h1 style="text-align: center;">ALTERNATIVA 3</h1>	INDEPENDENCIA DE DESCARGAS
	3.1 MECANISMO PARA INDEPENDIZAR LA DESCARGA POR PROLONGACIÓN DE TIEMPOS
	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b></p> <p>Es un dispositivo que permite al usuario realizar dos descargas del volumen de agua contenido en la cisterna, la primera descarga se realiza accionando una palanca que se encuentra ubicada en el exterior del tanque, el flapper queda suspendido por unos segundos flotando en el líquido y desocupando parcialmente su contenido.</p> <p>La segunda descarga se realiza prolongando el tiempo de vaciado de la anterior opción, es decir, el usuario a través del accionamiento de un dial hace que el flapper tenga un mayor desplazamiento vertical, de manera que cuando el nivel del agua disminuye, el flapper permanece suspendido por un tiempo mayor, gracias a la acción de un mecanismo que lo sostiene, dejando abierto por mas tiempo la entrada de agua para efectuar el sifón.</p> <p><b>FUNCIONAMIENTO:</b></p> <p>El dispositivo está compuesto por: una estructura que sirve de guía para el desplazamiento vertical del flapper, un flapper con nuevo diseño, porque además de cumplir su función, actúa como tubo de rebose en caso de desbordamiento de la cisterna y un recipiente adherido a la estructura que permite flotar una cápsula, responsable de prolongar el tiempo de vaciado en el tanque.</p> <p>La descarga parcial se realiza accionando una palanca que se encuentra en el exterior de la cisterna, haciendo que el flapper se desplace verticalmente hacia arriba, quedando suspendido por un corto tiempo dentro del agua, la cisterna desaloja una pequeña cantidad de líquido y gracias a la acción del contrapeso que posee el flapper cierra la salida de agua al sifón.</p> <p>La descarga total de la cisterna se lleva a cabo mediante el accionamiento de un dial ubicado en el exterior del tanque, este dial activa el flapper, haciendo que se desplace a una mayor altura que en el anterior caso. Al desocuparse el contenido de la cisterna, el flapper va perdiendo altura y llega a un punto en que se inmoviliza durante unos segundos por efecto de la cápsula que lo detiene, logrando evacuar una gran cantidad de líquido.</p> <p>La cápsula también esta flotando en un recipiente adherido a la estructura del sistema y una vez el agua es desalojada, la cápsula libera el flapper y cierra la salida del líquido al sifón.</p>

<b>ALTERNATIVA 3</b>	<b>INDEPENDENCIA DE DESCARGAS</b>
	<b>3.1 MECANISMO PARA INDEPENDIZAR LA DESCARGA POR PROLONGACIÓN DE TIEMPOS</b>
<p>ESTRUCTURA CAPSULA TUBO DE REBOSE</p> <p>FLAPPER</p> <p>SALIDA DE AGUA AL SIFÓN</p> <p>DESPLAZAMIENTO DE LA CAPSULA DENTRO DEL RECIPIENTE</p> <p>RECIPIENTE QUE FORMA LA COLUMNA DE AGUA</p>	<p><b>VENTAJAS:</b></p> <p>Es un sistema compacto conformado por pocas piezas, haciendo de este diseño una alternativa económica, de fácil instalación.</p> <p>Posee un diseño innovador: todos los elementos que comúnmente encontramos en una cisterna tradicional, son reemplazados por una estructura vertical, haciendo cómoda su instalación y ofreciendo una mejor maniobrabilidad en el interior del tanque.</p> <p>El mecanismo empleado para prolongar el tiempo de vaciado en la cisterna es sencillo y efectivo.</p> <p>No requiere personal capacitado para su instalación.</p> <p>El diseño del flapper es eficiente, porque además de cumplir su función, también actúa como tubo de rebose.</p> <p>Fácil y rápido de instalar porque su estructura reduce la cantidad de piezas del sistema tradicional.</p> <p><b>DESVENTAJAS:</b></p> <p>No garantiza un 100% de efectividad en el sifón: una vez realizada las descargas, el sistema independiza eficientemente pero no asegura la limpieza.</p> <p>Poco caudal cuando llega al punto de desbordamiento en el sifón.</p> <p>El sistema no ofrece un mecanismo que permita inyectar presión en el momento de la descarga y de esta manera ganar caudal.</p> <p>VISTA FRONTAL</p> <p>SECCION A-A'</p>

## ALTERNATIVA 3

### INDEPENDENCIA DE DESCARGAS

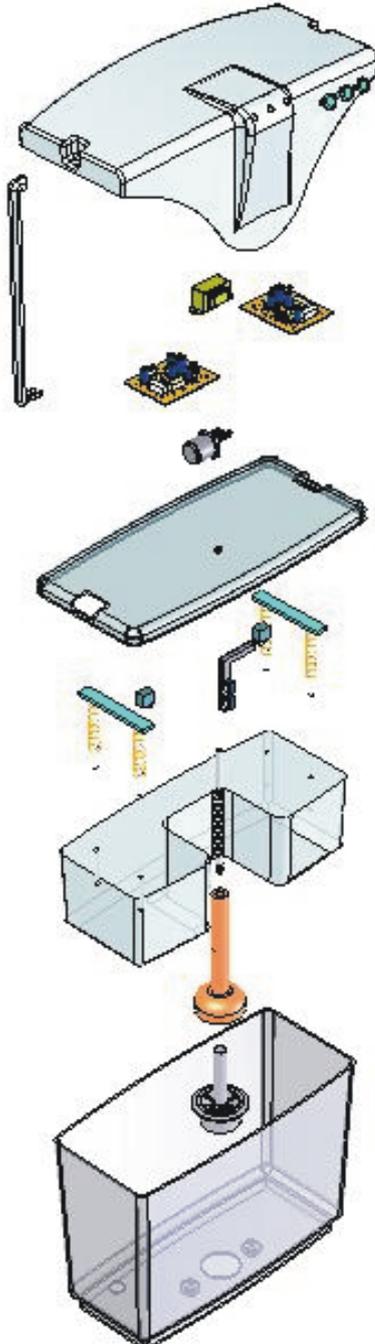
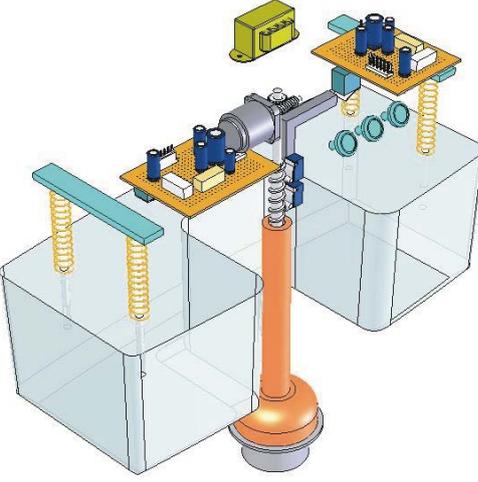
#### 3.1 MECANISMO PARA INDEPENDIZAR LA DESCARGA POR PROLONGACIÓN DE TIEMPOS



Funcionales	Uso	Estructurales	Técnico - Productivos
<b>Fuente Energía</b>	<b>Transportabilidad</b>	<b>N piezas</b>	<b>Tecnología</b>
Accionamiento Manual	Caja de 20x9x9 1800 cm <sup>3</sup> 1.6 Kg	10 Piezas	Inyección Plástico
<b>Transmisión</b>	<b>Adaptación a Cisternas</b>	<b>Uniones</b>	<b>Costo Producción</b>
Por palanca, dial y cordel	Con la gran mayoría	Uniones roscadas y uniones rápidas de presión y lengüeta	92.000 Unidad
<b>Protec. Mecanismos</b>	<b>Desarmable</b>	<b>Carcasas</b>	<b>Control de calidad</b>
Dentro del Tanque Ninguno	Para el embalaje y Montaje	Ninguna	Bajo, las piezas se realizan por molde o inyección
<b>Acabados</b>	<b>Instalación</b>	<b>Protección Elementos</b>	<b>Materias Primas</b>
Cromado en partes exteriores, en interiores ninguno	Por el usuario	Ninguna, las partes no se corroen	Polipropileno alta densidad Aluminio

4.2.6. ALTERNATIVA 4.1 MECANISMO DE DESCARGA POR CONTROL DE TIEMPOS.

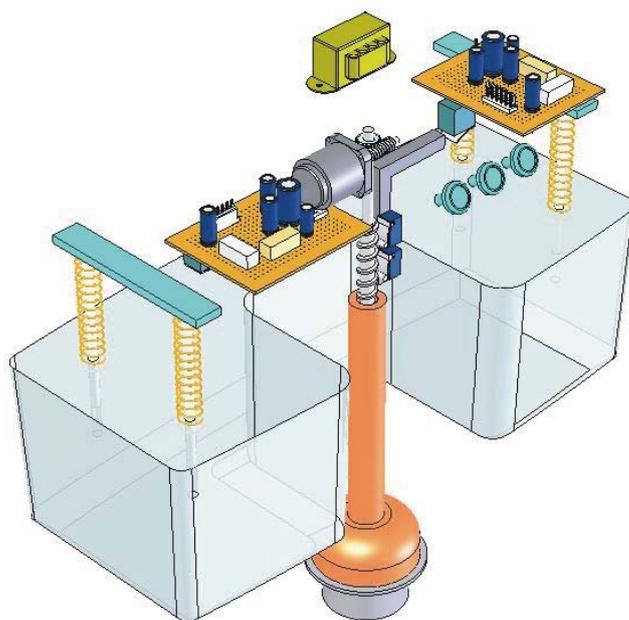
<p style="text-align: center;"><b>ALTERNATIVA 4</b></p>	<b>DESCARGA CONTROLADA</b>
	<b>4.1 MECANISMO DE DESCARGA POR CONTROL DE TIEMPOS / ACCIONAMIENTO ELECTRÓNICO</b>
<p>The diagrams illustrate the components and assembly of the electronic flush system. The top diagram labels the following parts: SISTEMA ELECTRONICO, MOTOR, TAPA, RESORTE, PULSADORES, CAPSULA, FLAPPER, and GANCHO. The middle diagram is labeled 'SISTEMA ELECTRÓNICO ACOPLADO A LA CISTERNA'. The bottom diagram is labeled 'SISTEMA ELECTRÓNICO ACOPLADO CON TAPA' and shows the system integrated with the toilet tank lid.</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN:</b></p> <p>Este dispositivo permite al usuario disminuir el consumo de agua empleado en los aparatos sanitarios, realizando dos descargas del volumen de líquido contenido en la cisterna: cuatro litros son empleados para la evacuación de orina y cinco litros para la evacuación de sólidos.</p> <p>El sistema inicia cuando el usuario oprime uno de los dos pulsadores de accionamiento que se encuentran ubicados en el panel frontal de la tapa del tanque, eligiendo la función, si el usuario pulsa el servicio de orina, el sistema activa el motor y este hace elevar el flapper, luego de una fracción de tiempo expulsa la cantidad de agua requerida para la limpieza del sanitario, simultáneamente realiza el llenado del tanque. Esta operación es similar para el servicio de evacuación de heces variando en el tiempo y cantidad del vaciado de agua.</p> <p><b>FUNCIONAMIENTO:</b></p> <p>El dispositivo esta conformado por: una estructura donde se alojan los componentes electrónicos, un sistema electrónico compuesto por dos pulsadores que accionan el sistema, un microcontrolador, una fuente, y una electroválvula que permite la entrada de agua para el llenado de la cisterna, una cápsula que ocupa gran parte del interior del tanque permitiendo el desplazamiento del líquido, cuatro resortes que ayudan a presurizar la descarga, un flapper cuya finalidad es sellar la cisterna para bloquear el paso del líquido, un tornillo sin fin ubicado en el interior del flapper que al engranarse con un piñón obtiene como resultado el desplazamiento sobre su propio eje, una tapa que se encarga de proteger todo el sistema, dos ganchos que sirven de unión entre la tapa y el tanque del aparato sanitario.</p> <p>El sistema microcontrolador como su nombre lo indica permite realizar un control automático al vaciado del agua, contenida en un tanque normal de servicio familiar para el sanitario. Este sistema electrónico da la oportunidad al usuario de seleccionar la descarga de agua según la necesidad fisiológica, en este caso si es orina o deposición; la cantidad de agua necesaria para la limpieza del sanitario en el servicio de orina no es la misma que para la deposición, de ahí surge la necesidad que existan dos funciones de trabajo para el sistema electrónico.</p>

<b>ALTERNATIVA 4</b>	<b>DESCARGA CONTROLADA</b>
	<b>4.1 MECANISMO DE DESCARGA POR CONTROL DE TIEMPOS / ACCIONAMIENTO ELECTRÓNICO</b>
 <p data-bbox="343 1848 582 1881"><b>EXPLOSIÓN CISTERNA</b></p>	<p data-bbox="710 504 837 526"><b>VENTAJAS:</b></p> <p data-bbox="710 537 1380 660">El dispositivo garantiza la independencia de la descarga en el aparato sanitario: efectuando una evacuación de 4 litros para la eliminación de residuos líquidos y 5 litros para la eliminación de residuos sólidos.</p> <p data-bbox="710 660 1380 750">El dispositivo efectúa el sifón una vez son realizadas las descargas, garantizando todas las condiciones de higiene y limpieza que las normas contemplan.</p> <p data-bbox="710 750 1380 929">En el desarrollo de esta propuesta se emplearon cuatro conceptos básicos que fueron trabajados individualmente a lo largo de la evolución de las anteriores alternativas: Desplazamiento de volumen de agua, descarga Presurizada, limitación de descarga e Independencia de descarga.</p> <p data-bbox="710 929 1380 996">Los mecanismos empleados brindan seguridad al usuario tanto es su aspecto técnico como en su funcionamiento.</p> <p data-bbox="710 996 1380 1064">Permite un ahorro de agua del 50% aproximadamente comparado con las cisternas existentes.</p> <p data-bbox="710 1064 1380 1153">Los displays diseñados para el panel frontal de la tapa ofrecen una comunicación clara, precisa y directa acerca del óptimo uso del accionamiento del sistema.</p> <p data-bbox="710 1187 885 1209"><b>DESVENTAJAS:</b></p> <p data-bbox="710 1220 1380 1288">Se requiere de personal técnico para el mantenimiento e instalación del dispositivo.</p>  <p data-bbox="837 1825 1252 1881"><b>EXPLOSIÓN DETALLES ELECTRÓNICOS CISTERNA</b></p>

# ALTERNATIVA 4

## DESCARGA CONTROLADA

### 4.1 MECANISMO DE DESCARGA POR CONTROL DE TIEMPOS / ACCIONAMIENTO ELECTRÓNICO



Funcionales	Uso	Estructurales	Técnico - Productivos
<b>Fuente Energía</b>	<b>Transportabilidad</b>	<b>N piezas</b>	<b>Tecnología</b>
Accionamiento Electrónico	Caja de 42x22x17 15708 cm <sup>3</sup> 2.5 Kg	16 Piezas	Inyección Plástico Microcircuitos
<b>Transmisión</b>	<b>Adaptación a Cisternas</b>	<b>Uniones</b>	<b>Costo Producción</b>
Microcontrolador- Motor-SinFin	Con la gran mayoría	Uniones roscadas y de presión	122.250 Unidad
<b>Protec. Mecanismos</b>	<b>Desarmable</b>	<b>Carcasas</b>	<b>Control de calidad</b>
Tapa	Para el embalaje y Montaje	Ninguna	Bajo, las piezas se realizan por molde o inyección
<b>Acabados</b>	<b>Instalación</b>	<b>Protección Elementos</b>	<b>Materias Primas</b>
Cromado en partes exterior- res, en interiores ninguno	Personal Técnico	Ninguna, las partes no se corroen	Polietileno

### 4.3. EVALUACIÓN Y SELECCION DE ALTERNATIVAS

En esta etapa del proyecto se hace necesario realizar un análisis más profundo de las diferentes alternativas desarrolladas, que nos permita evaluar el grado de compatibilidad de las mismas con los criterios o requerimientos establecidos con anterioridad; con el fin de poder seleccionar la alternativa o alternativas más favorables para el cumplimiento de los objetivos propuestos y continuar con su desarrollo y evolución.

Para la realización de esta evaluación vamos a desarrollar un cuadro comparativo, en el cual calificaremos las alternativas propuestas a partir de unos Criterios y unos Puntajes de Evaluación específicos.

**Criterios de Evaluación:** Vamos a tomar como criterios principales de evaluación, los siete Factores fundamentales en cualquier Proceso de Diseño (Uso, Función, Estructural, Técnico-Productivo, Económico, Formal, y de Identificación), a los cuales se les otorgará un porcentaje de acuerdo al nivel de importancia que representa cada uno dentro del proyecto. Así mismo estableceremos unos subcriterios de acuerdo a los requerimientos más importantes planteados, correspondientes a cada uno de estos Factores de Diseño.

**Puntajes de Evaluación:** Los Criterios serán evaluados según el porcentaje otorgado, mientras que los subcriterios se evaluarán asignándoles un valor numérico de 0 a 3, de la siguiente manera:

- 0 Si el requerimiento no se cumple.
- 1 Si el requerimiento se cumple en poca proporción.
- 2 Si el requerimiento se cumple medianamente.
- 3 Si el requerimiento se cumple satisfactoriamente.

Para al finalizar contar con una apreciación numérica y saber cual es la mejor alternativa y que aspectos se deben tener en cuenta al desarrollarla.

**Tabla 9.** Evaluación de Alternativas.

<b>CRITERIO DE EVALUACION</b>	<b>ALTERNATIVAS</b>					
<b>1. REQUERIMIENTOS DE USO (15%)</b> (Interacción directa Producto-Usuario)	<b>A 1.1</b>	<b>A 1.2</b>	<b>A 1.3</b>	<b>A 2.1</b>	<b>A 3.1</b>	<b>A 4.1</b>
Practicidad	1	1	2	2	2	3
Seguridad	1	1	1	1	1	3
Mantenimiento	1	1	1	1	2	2
Reparación	2	2	2	1	1	3
Manipulación	1	1	2	2	3	3
Antropometría	1	1	1	1	2	3
Ergonomía	1	1	1	1	2	2
Percepción	1	2	1	2	2	3
<b>Total Parcial</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	<b>1.8</b>	<b>2.6</b>
<b>2. REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN (30%)</b> (Principios de Funcionamiento del Producto)	<b>A 1.1</b>	<b>A 1.2</b>	<b>A 1.3</b>	<b>A 2.1</b>	<b>A 3.1</b>	<b>A 4.1</b>
Mecanismos	1	1	2	2	2	3
Confiabilidad	1	1	1	1	1	3
Versatilidad	1	1	1	2	1	3
Resistencia	2	2	2	1	1	3
Acabados	1	1	2	1	1	2
<b>Total Parcial</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.2</b>	<b>2.8</b>
<b>3. REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES (10%)</b> (Componentes, Partes y Elementos Constitutivos)	<b>A 1.1</b>	<b>A 1.2</b>	<b>A 1.3</b>	<b>A 2.1</b>	<b>A 3.1</b>	<b>A 4.1</b>
Carcasas	1	2	1	2	2	3
Uniones	1	1	1	1	2	3
Centro de Gravedad	1	2	1	1	2	3
Estructurabilidad	2	1	1	2	2	3
<b>Total Parcial</b>	<b>1.2</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>4. REQUERIM. TÉCNICOS-PRODUCTIVOS (10%)</b> (Métodos de Manufactura)	<b>A 1.1</b>	<b>A 1.2</b>	<b>A 1.3</b>	<b>A 2.1</b>	<b>A 3.1</b>	<b>A 4.1</b>
Mano de Obra	2	1	1	1	2	3
Modo de Producción	1	2	1	1	2	2
Normalización	1	1	1	2	1	3
Estandarización	1	1	2	2	1	3
Materias Primas	2	2	1	1	2	3
Proceso de Producción	1	1	1	1	2	2
Costo de Producción	2	1	1	1	2	3
<b>Total Parcial</b>	<b>1.4</b>	<b>1.2</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.7</b>	<b>2.7</b>
<b>5. REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS (15%)</b> (Comercialización, Distribución y Demanda)	<b>A 1.1</b>	<b>A 1.2</b>	<b>A 1.3</b>	<b>A 2.1</b>	<b>A 3.1</b>	<b>A 4.1</b>
Precio Comercial	2	2	1	1	2	3
<b>Total Parcial</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

CRITERIO DE EVALUACION	ALTERNATIVAS					
	A 1.1	A 1.2	A 1.3	A 2.1	A 3.1	A 4.1
<b>6. REQUERIMIENTOS FORMALES (10%)</b> (Caracteres Estéticos del producto)						
Estilo	1	1	1	2	2	2
Unidad	2	2	2	2	2	3
Simplicidad de Forma	1	1	2	2	2	2
Proporción	1	1	2	1	3	2
Equilibrio	1	1	2	1	3	2
<b>Total Parcial</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.8</b>	<b>1.6</b>	<b>2.4</b>	<b>2.2</b>
<b>7. REQUERIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN (10%)</b> (Presentación y Comunicación del Producto)						
Impresión	1	1	1	1	2	3
Ubicación	2	1	1	1	2	3
<b>Total Parcial</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL FINAL</b>	<b>1.37</b>	<b>1.32</b>	<b>1.25</b>	<b>1.28</b>	<b>1.87</b>	<b>2.7</b>

**Fuente:** Adaptado por los autores.

De la anterior Tabla de evaluación de alternativas podemos concluir que la Alternativa 4.1 es la que más se ajusta al perfil del producto propuesto, por lo cual vamos a proceder a desarrollarla y evolucionarla, tratando de solucionar los aspectos en los cuales no fue favorecida en la anterior evaluación, si éstos se consideran lo suficientemente importantes para el desarrollo de nuestro producto.

#### 4.4. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Para el desarrollo y evolución de la alternativa seleccionada, se elaboraron y tuvieron en cuenta modelos teóricos, gráficos y posteriormente funcionales o de comprobación, que nos permitieron definir las características básicas del producto, los principios a utilizar para lograr su función como sistema ahorrador de agua, los mecanismos adecuados para la comprobación de dichos principios y finalmente verificar su correcto funcionamiento.

#### 4.4.1. ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN DEL FLUIDO

Desde el punto de vista de la función del fluido se pudo determinar que el objetivo de ahorro del consumo de agua en un sistema de descarga, es posible siempre y cuando se hagan modificaciones, cumpliendo los siguientes parámetros:

- Mantener una presión alta sobre la descarga
- Mantener un tiempo de descarga mínimo.

Estos parámetros se explican con el análisis teórico siguiente:

##### 4.4.1.1. Coeficiente de Descarga.

El coeficiente de descarga ( $C_D$ ) es la relación entre el caudal real que pasa a través de un orificio y el caudal ideal. Este coeficiente se expresa así:

$$C_D = \frac{\text{caudal real}}{\text{caudal ideal}} = \frac{Q}{A * (2gH)^{0.5}}$$

Donde:  $A$  = área de la sección recta del orificio  
 $H$  = carga total que produce el flujo del fluido.

El coeficiente de descarga no es constante. Para un orificio dado, varía con el Número de Reynolds. La siguiente tabla contiene los coeficientes de descarga para orificios circulares en el caso de agua a 15 °C evacuándola a la atmósfera.

**Tabla 10.** Coeficientes de descarga para orificios circulares, para agua a 15 C.

Altura de carga	Diámetro del orificio, en cm					
	0.625	1.250	1.875	2.500	5.00	10.00
H = metros						
0.24	0.647	0.627	0.616	0.609	0.603	0.601
0.42	0.635	0.619	0.610	0.605	0.601	0.600
0.60	0.629	0.615	0.607	0.603	0.600	0.599
1.20	0.621	0.609	0.603	0.600	0.598	0.597

**Fuente:** \* F.W.Medaugh y G.D.Johnson.

#### 4.4.1.2. Estudio de modelos de descarga.

Con el fin de observar y predecir el correcto funcionamiento de nuestro sistema, y definir algunos aspectos importantes con relación al comportamiento del fluido, teniendo como base el nivel de agua en el tanque o cisterna, se desarrollaron dos modelos teóricos: uno con nivel de agua constante y uno con nivel variable. Veamos los resultados:

##### **Modelo 1. Descarga con nivel constante del agua en el recipiente.**

Este modelo supone que el nivel del agua en el tanque permanece constante, ya sea por el efecto de entrada de un caudal igual al que sale por el agujero del fondo, o bien porque posee un volumen muy grande.

Si se aplica la ecuación de Bernouilli entre el nivel y el punto de descarga, se obtiene que la **velocidad de salida** del líquido no es más que:

$$V = (2 * g * H)^{0.5}$$

Y por lo tanto el caudal, Q, estará dado por:

$$Q = A * V$$

Las ecuaciones anteriores son teóricas y en la práctica se ha obtenido por medidas experimentales, que la velocidad de salida y el caudal o gasto concuerdan con los teóricos si se corrige por un coeficiente de descarga,  $C_D$ . Un valor práctico para este coeficiente, de acuerdo a la tabla es de 0.61.

Es importante anotar que la velocidad sigue una ley parabólica con la profundidad.

##### Tiempo de vaciado del tanque.

El tiempo que tarda el recipiente en vaciarse desde una altura h puede ser determinado calculando el tiempo que la carga tarda en descender un volumen diferencial.

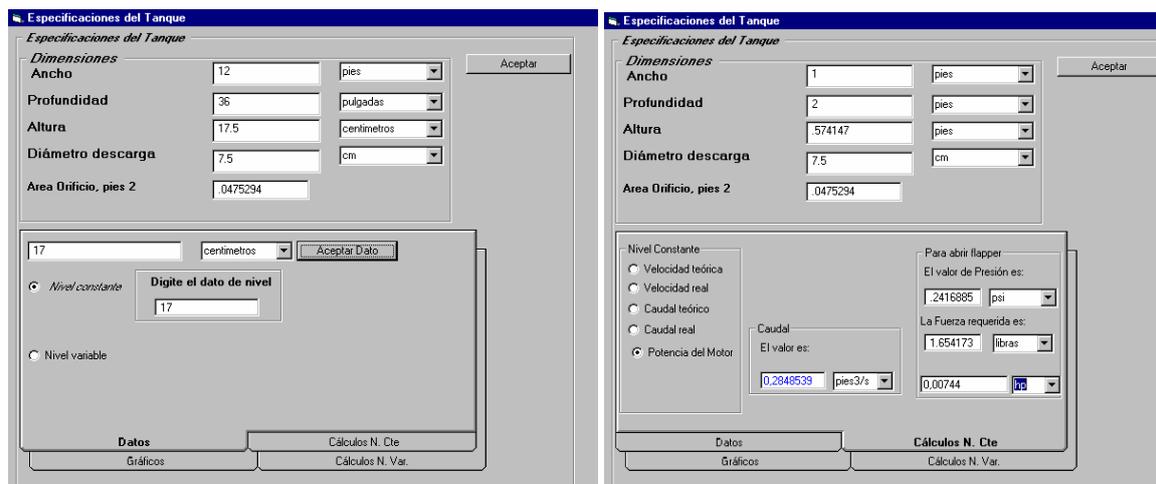
##### **Modelo 2. Descarga con nivel variable del agua en el recipiente.**

Este modelo supone que el nivel del agua en el tanque varía con el tiempo debido a que no entra agua a medida que se está vaciando.

Se supone que el recipiente tiene una superficie horizontal  $A$  muy grande, en comparación con el área del orificio  $A_L$  que equivale a que la velocidad de descenso del agua en el recipiente sea despreciable.

Como la altura va disminuyendo a medida que se efectúa la descarga, la velocidad es menor que en el modelo 1, y por consiguiente lo es el caudal. El **tiempo de vaciado** es igual al volumen total dividido por el caudal, y esta relación da que **es dos veces mayor** del que se tendría si el gasto inicial fuese constante.

Un programa de computador fue desarrollado en Visual Basic para determinar datos correspondientes a diversas situaciones de nivel de descarga y evaluar presiones y fuerzas sobre el flapper. En las figuras que siguen se presentan los datos correspondientes a una simulación típica de descarga.



**Figura 22.** Entorno de Trabajo Programa Simulador de Descarga.

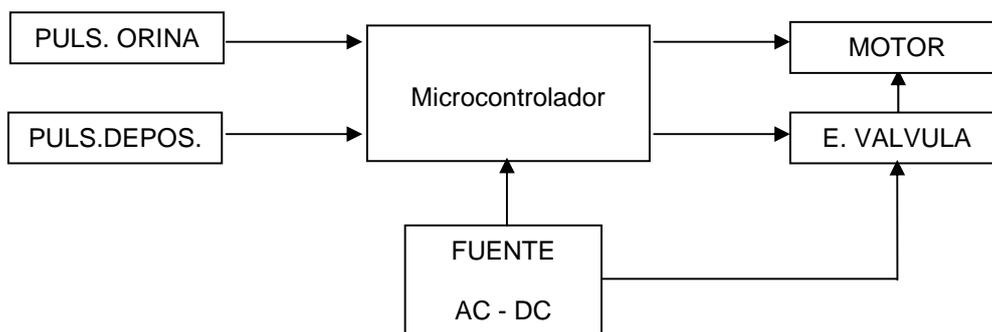
Resumiendo, se puede concluir, que las modificaciones en el sistema de vaciado de un tanque, que sigan un comportamiento de descarga bajo nivel constante, permiten el mayor ahorro de consumo de agua. Este concepto es aplicable en nuestro sistema en la medida en que se permita la entrada de agua a la cisterna, al mismo tiempo que se está produciendo la descarga.

#### 4.4.2. ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS

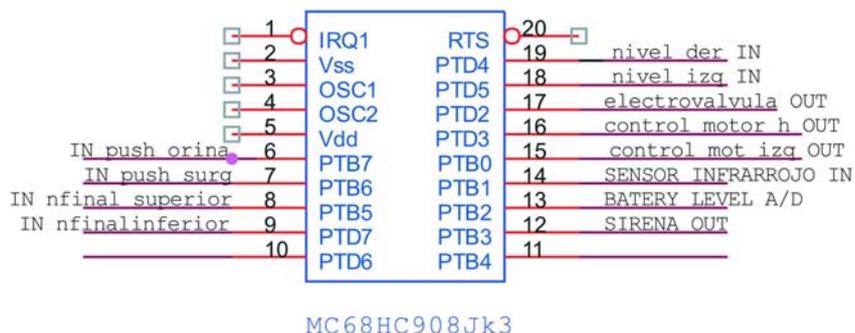
Este sistema esta conformado por un microcontrolador MCU el cual es de 8 bits y de la familia HC908 de Motorola, para este proyecto se utilizó el microcontrolador MC68HC90JK3 encargado del control lógico, instalado en la tarjeta de control, en ella también se encuentra el integrado encargado de controlar el motor DC, y el control del circuito de activación de la Electroválvula.

El sistema electrónico esta alimentado por medio de la línea eléctrica domiciliaria 120 Voltios AC, cuenta con un sistema de soporte de alimentación eléctrica por medio de dos baterías secas de 24 Voltios DC, el sistema tiene una fuente regulada DC.

El siguiente diagrama muestra las etapas del sistema microcontrolador.



#### Descripción Técnica del Circuito



## CIRCUITO DE FUENTE

LM 78L12, LM78L05, puente rectificador, filtros, batería, opto triac, triac, tip 110, tip 127, banco de diodos, pulsadores, finales de carrera, transformador 120/24 Voltios, transformador 12 / 110 Voltios. Reflector infrarrojo.

Tarjeta de control: el JK3 MCU transistores npn 3904, resistencias. Puente de rectificación de polaridad para conversión desde la batería, LM555, conversor DC/AC, cargador de batería.

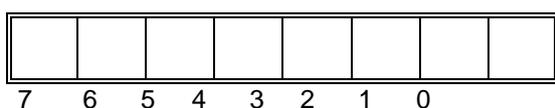
Funcionamiento el sensor de posición de usuario indica si el inodoro va ser usado, si se opone quiere decir que debe pasar a la rutina de atención orina o deposición, el usuario realiza su servicio, luego pulsa la tecla correspondiente al servicio, se activa el motor de vaciado con el tiempo relacionado al servicio 3 sg, ó 5sg y se cierra.

A continuación se monitorea el nivel del tanque y se activa la electroválvula, que al llegar el nivel alto se desactiva.

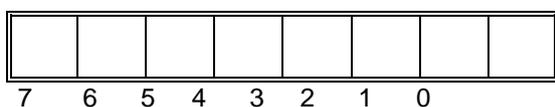
Definición salidas o entradas:

1= salida, 0= entrada, en DDRx

PORTB

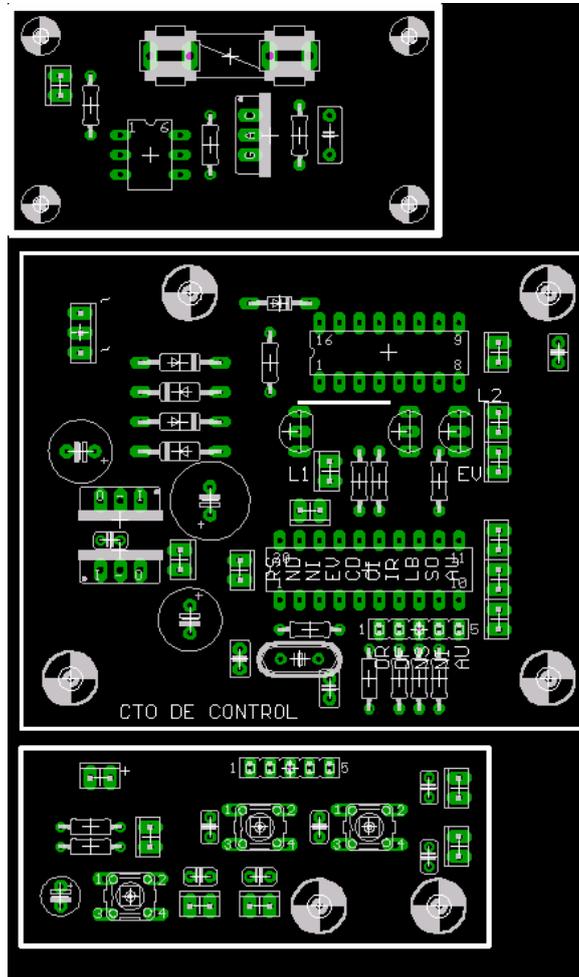


PORTD



El Circuito de control del motor es el IC LB1649 VCCmax=25V; I<sub>max</sub>= 1Amp. Este integrado controla bidireccional el sentido del motor permitiendo controlarlo por un circuito lógico. Para esta aplicación se necesita una alimentación de 22 V regulados, para el funcionamiento del motor.

## Diagramas Pulsadores / Microcontroladores / Electroválvula



### 4.4.3. DESARROLLO FUNCIONAL

Durante esta fase del proyecto se desarrollaron algunos modelos, tanto formales y dimensionales, como de comprobación, con el fin de verificar la funcionalidad de los principios a utilizar en nuestro sistema ahorrador de agua y así mismo escoger los mecanismos más apropiados para nuestra propuesta de diseño.

Fue así como, inicialmente, se intentó utilizar en nuestro sistema elementos mecánicos que nos permitieran un desplazamiento vertical del flapper, sobre su mismo eje, para lo cual se propusieron básicamente tres tipos de mecanismos: palancas, cremallera-piñón y tornillo sinfín-corona, encontrando que éstos por sí solos no ofrecen la posibilidad de una descarga controlada, ya que si bien podemos especificar el inicio de la operación, no podemos definir en que momento o en que condiciones se va a producir el selle de la válvula de salida; lo cual era nuestro objetivo para establecer una independización a través del control del tiempo de cada descarga, por lo que fue necesario recurrir a la adaptación de dispositivos electrónicos que nos permitieran dicho control.

Además, teniendo en cuenta que los mecanismos requerían de grandes esfuerzos para su accionamiento, se decidió utilizar un pequeño motor para facilitar la operación del sistema.



CREMALLERA-PIÑÓN



TORNILLO SIN FIN



MOTOR - DISPOSITIVOS ELECTRONICOS

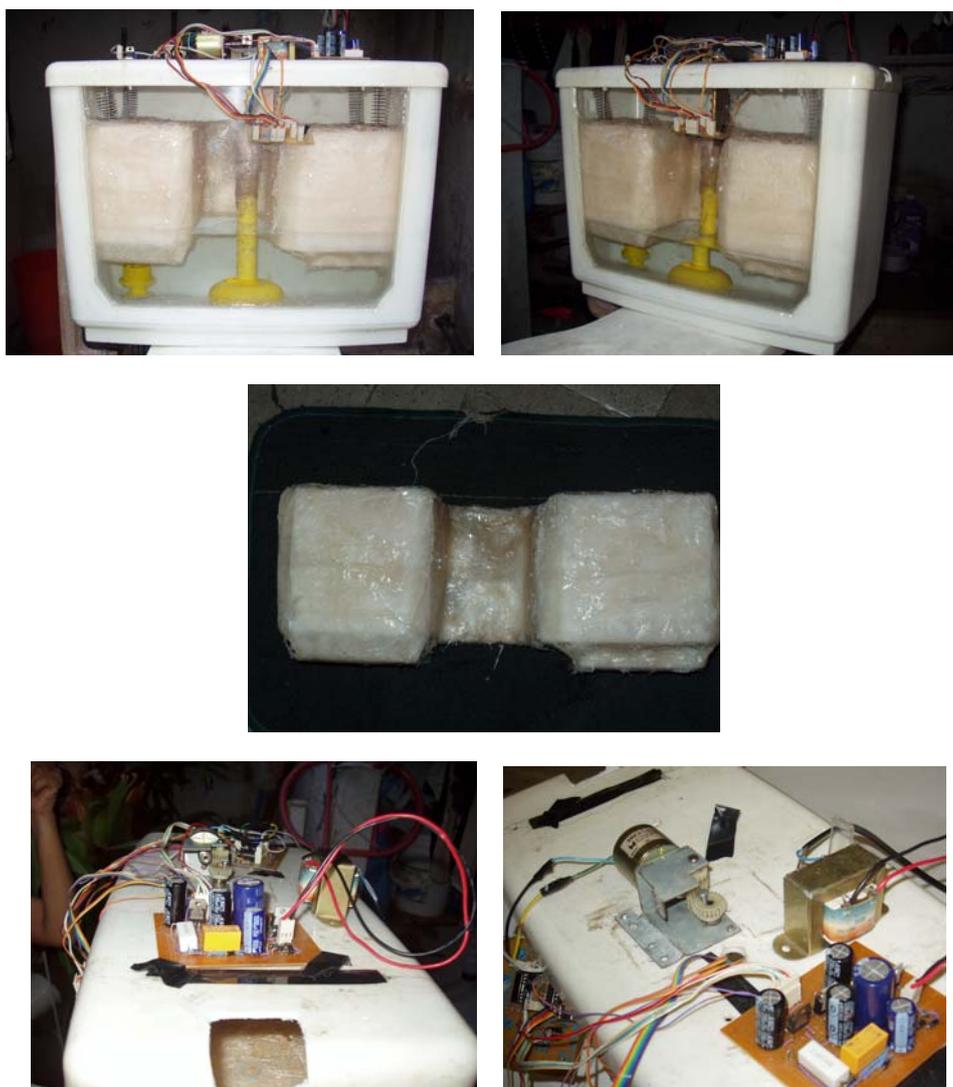
**Figura 23.** Mecanismos para la Elevación del Flapper.



**Figura 24.** Imágenes Desarrollo Funcional.

#### 4.4.4. ELABORACIÓN DE MODELOS DE COMPROBACIÓN

El modelo de comprobación, se realizó de la forma más aproximada posible a la alternativa seleccionada, a escala 1:1, buscando con él desarrollar y probar la propuesta funcional de nuestro producto, para posteriormente evolucionar y definir el aspecto estructural y formal del mismo.

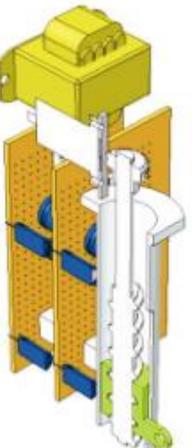


**Figura 25.** Imágenes Desarrollo Modelo de Comprobación. ParteA.



**Figura 26.** Imágenes Desarrollo Modelo de Comprobación. ParteB.

4.4.5. EVOLUCIÓN ALTERNATIVA SELECCIONADA

EVOLUCIÓN	DESCARGA CONTROLADA
	EVOLUCIÓN MECANISMO DE DESCARGA POR CONTROL DE TIEMPOS / ACCIONAMIENTO ELECTRICO
 <p data-bbox="331 1086 630 1142"><b>Explosión Cisterna Mecanismo Evolucionado</b></p>	 <p data-bbox="845 1108 1220 1142"><b>Explosion Evolucion Alternativa</b></p>
 <p data-bbox="343 1713 694 1747"><b>Caja controladora del sistema</b></p>	 <p data-bbox="805 1691 1284 1758"><b>Sistema para desplazamiento vertical para usarse con cualquier tipo de flapper.</b></p>

EVOLUCIÓN	DESCARGA CONTROLADA		
	EVOLUCIÓN MECANISMO DE DESCARGA POR CONTROL DE TIEMPOS / ACCIONAMIENTO ELECTRICO		
Funcionales	Uso	Estructurales	Tecnico - Productivos
Fuente Energia	Transportabilidad	N piezas	Tecnología
Eléctrica y accionamiento Manual	Caja de 40x20x15 12000 cm <sup>3</sup> 2.7 Kg	14 Piezas	Inyeccion Plastico Microcircuitos
Transmision	Adaptacion a Cisternas	Uniones	Costo Produccion
Microcontrolador	Con la gran mayoría	Uniones roscadas y de presión	100000 Unidad
Protec Mecanismos	Desarmable	Carcasas	Control de calidad
Caja	Para el envalaje y Montaje	Ninguna	Bajo las piezas se realizan por molde o inyeccion
Acabados	Instalacion	Proteccion Elementos	Materias Primas
Cromado en partes exte. en interiores ningulo	Personal Tecnico	Ninguna, las partes no se corroen	Poliutileno

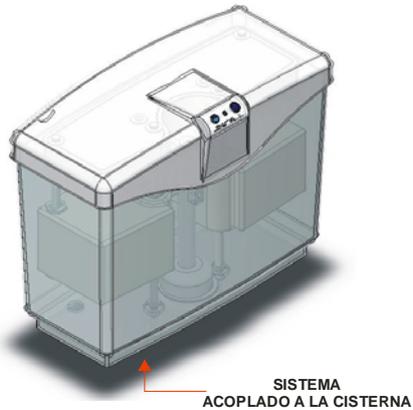
## 5. DESARROLLO DE LA SOLUCION DE DISEÑO - PROPUESTA FINAL

Retomando algunos de nuestros planteamientos con respecto al sistema que se va a diseñar, tenemos que este proyecto es principalmente de carácter ecológico, cuya finalidad es el ahorro de agua, por ser este el recurso natural más importante para la supervivencia, no sólo del ser humano sino también de cualquier especie viviente. Sin embargo, no podemos dejar de lado que en el desarrollo de nuestro producto también influyen otros aspectos de origen económico, si tenemos en cuenta que hoy por hoy necesitamos productos de excelente calidad, que contribuyan a la canasta familiar, permitiendo también un ahorro de este tipo.

Desde estos puntos de vista observamos que actualmente la gran mayoría de familias poseen sanitarios que tienen un consumo excesivo de agua, de 10 a 15 litros por descarga, en donde la opción más viable en cuanto a ahorro del recurso sería el cambio total del aparato sanitario por uno de bajo consumo (en el mercado se encuentran sanitarios que descargan de 6 a 9 litros), cuyos precios oscilan entre \$280.000 y \$360.000, e incluso valores más altos. Además, si a este valor le sumamos el gasto que generaría cambiar un sanitario convencional (plomero, materiales, etc.), podemos apreciar claramente que la opción de cambio origina un impacto económico bastante alto para la gran mayoría de usuarios, que prefieren seguir utilizando los aparatos convencionales.

Es aquí donde queremos enfatizar que la intención de este proyecto no es vender sanitarios, es ofrecer un dispositivo de fácil adaptación a cualquier sanitario convencional, que contribuya al ahorro, no solo de agua sino también de dinero. Aunque cabe aclarar que el sistema planteado puede también ser adecuado e instalado para su utilización en los nuevos modelos de porcelana sanitaria.

## 5.1. DESCRIPCION DEL PRODUCTO



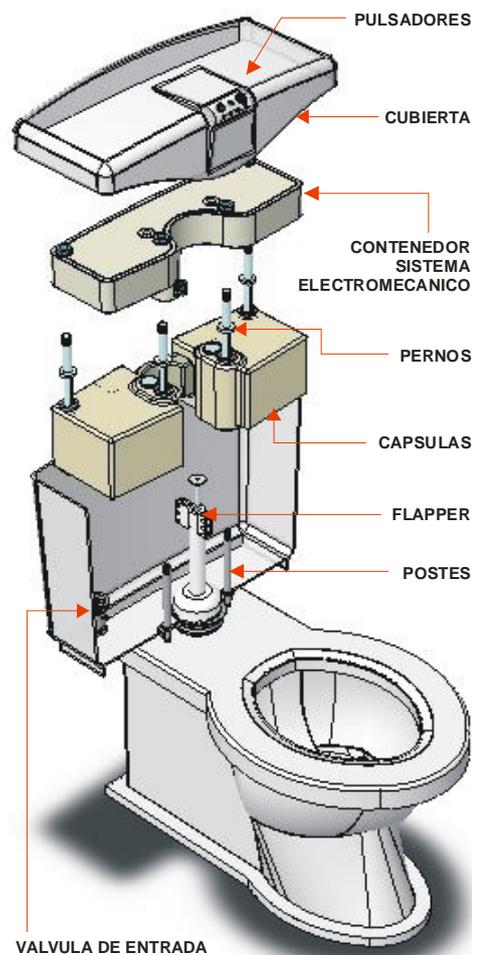
El dispositivo diseñado permite al usuario disminuir el consumo de agua empleado en los aparatos sanitarios, realizando dos descargas del volumen de líquido contenido en la cisterna: cuatro litros son empleados para la evacuación de orina y cinco litros para la evacuación de sólidos. Además el sistema garantiza todas las condiciones de higiene, seguridad y limpieza, que exige las normas ICONTEC.

### 5.1.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema desarrollado está conformado básicamente por:

Un flapper, su función consiste en bloquear normalmente el paso del líquido del tanque a la taza. Su diseño especial, le permite actuar al mismo tiempo como tubo de rebose, evitando que el agua supere el nivel máximo permitido dentro del tanque, al mismo tiempo que ofrece doble opción de acople con el sistema elevador, según sea la ubicación en el tanque sanitario, de los agujeros de salida de agua a la taza y de unión tanque-taza.

Un sistema de control de llenado, conformado por una válvula de entrada de agua y una electroválvula, la cual permite o retiene el paso del líquido.



Un sistema de cápsulas, conformado por dos cápsulas y una unión, que ocupan gran parte del interior del tanque, permitiendo el desplazamiento del líquido, dentro de las cuales se han incorporado los resortes que ayudan a presurizar la descarga, siendo asegurados a las cápsulas mediante un sistema de tuercas con sus respectivos empaques para aislarlos de la humedad.

Una estructura donde se alojan los componentes de control electrónicos y el sistema mecánico de elevación del flapper. El sistema electrónico está conformado por: tres pulsadores (uno por tipo de descarga y un reset), un transformador, una tarjeta fuente, una tarjeta de control y dos baterías. Por otra parte, el sistema de elevación, está compuesto básicamente por un motor y un mecanismo tornillo sin fin-corona.

Un conjunto elementos de fijación, necesarios para el ensamble del sistema, que incluye postes, pernos, tuercas, pines y empaques de caucho.

Una cubierta que protege todo el sistema, en la cual se encuentran localizados los controles de accionamiento del sistema.

## **5.1.2. ANÁLISIS DE USO**

### **5.1.2.1. Proceso de instalación**

- Identifique claramente cada uno de los componentes del sistema.
- Desinstale la grifería existente en su aparato convencional, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Retire cuidadosamente el tanque de la taza, extrayendo los tornillos de fijación.
- Ponga en posición la válvula de salida ó flapper, ajuste por debajo del tanque con su tuerca y luego introduzca el empaque espumoso para sellar la unión entre el tanque y el inodoro.

- Introduzca la Válvula de entrada y ajuste por debajo con la tuerca inferior.
- Ubique el tanque en su posición inicial, fijándolo a la taza, con los postes de anclaje, asegúrelos con su tuerca bajo la taza.
- Realice la conexión entre el sistema de suministro de agua, la electroválvula y la válvula de entrada.
- Ensamble el sistema de cápsulas de desplazamiento y ubíquelo a través de los postes.
- Inserte los pernos de alargamiento, y asegúrelos con los pines suministrados.
- Coloque el contenedor del sistema electromecánico y asegúrelo con sus respectivas tuercas.
- Conecte el flapper al sistema elevador electromecánico, utilizando el pin suministrado.
- Finalmente coloque la cubierta, tapando el sistema.

#### **5.1.2.2. Secuencia de Operación**

Ahora si, nuestro producto está listo para ser puesto en funcionamiento. Miremos:

La operación de llenado, es controlada por una electroválvula, que recibe la orden de activación o desactivación según el nivel de agua en el tanque. Es preciso destacar que los estudios realizados, por nuestros ingenieros, con respecto a la descarga del fluido arrojaron como resultado la importancia de mantener un nivel constante de agua en el tanque sanitario, mientras se desarrolla la acción de descarga, proporcionando así una velocidad de salida también constante, por lo cual, el sistema de llenado debe ser activado al mismo tiempo con la descarga, evitando en cierta proporción la caída del nivel de agua, para conseguir una mejor acción de descarga.

Por otro lado, la operación de descarga se inicia cuando el usuario oprime uno de los pulsadores de accionamiento, que se encuentran ubicados en el panel frontal de la cubierta del sistema, eligiendo el tipo de descarga. Así, si el usuario pulsa el servicio de descarga parcial, para la eliminación de orina, el sistema activa el motor, haciendo elevar el flapper, manteniéndolo en dicha posición por una fracción de tiempo, expulsando la cantidad de agua requerida para la limpieza del sanitario, una vez transcurrido el tiempo determinado, en este caso 3 seg, el sistema controlador envía la orden para que el motor cambie su sentido de giro, permitiendo que el flapper descienda. Esta misma secuencia de operación se realiza cuando el usuario pulsa el servicio de descarga total, para la eliminación de residuos sólidos, con la diferencia que el tiempo que va a transcurrir entre la elevación del flapper y su posterior descenso, así como la cantidad de agua desalojada, va a ser mayor. Para esta opción el tiempo de descarga varía a 5 seg.

### **5.1.3. ANÁLISIS FUNCIONAL**

A diferencia de los sistemas sanitarios tradicionales, que generalmente sólo utilizan la fuerza de la gravedad para desarrollar su función, nuestro sistema utiliza para su funcionamiento, como dispositivo ahorrador de agua, además de la gravedad, cuatro principios de ahorro, utilizados comúnmente, pero de manera independiente, en los diversos sistemas encontrados en el mercado.

Estos cuatro conceptos básicos, que fueron desarrollados individualmente a lo largo de la evolución de las alternativas, son:

- Ahorro por Desplazamiento de volumen de Agua.
- Ahorro por Limitación de descarga.
- Ahorro por Independencia de descargas, y
- Ahorro por Descarga Presurizada.

Veamos la forma como fueron aplicados dentro de nuestro sistema:

- Ahorro por Desplazamiento de Agua: este método consiste en disminuir el volumen de agua necesario para llenar el tanque, introduciendo en él un cuerpo extraño, generalmente objetos de fácil consecución como ladrillos, botellas y bolsas de suero, con los cuales se consigue un ahorro equivalente al volumen de dicho cuerpo, al mismo tiempo que se mantiene la misma cabeza de presión, debido a que el nivel máximo de agua en el tanque permanece constante.

Este principio se aplicó añadiendo al diseño unas cápsulas que ocupan gran parte del volumen interior de la cisterna, permitiendo el desplazamiento del líquido, especialmente hacia la parte central del tanque sanitario, donde se forma una columna de agua sobre el orificio de salida, que mantiene el nivel máximo de llenado permitido en el tanque, la mayor altura posible del líquido y por ende una mayor cabeza de presión que la que habría con la misma cantidad de agua, si dichas cápsulas no existieran, ya que inmediatamente el nivel sería más bajo. Así, en el momento de la descarga, la columna de agua actúa bajo la fuerza de la gravedad, siendo impulsada hacia la taza por el orificio de salida a una mayor velocidad, gracias a la altura del líquido, ( $V = 2gh^{1/2}$ ),

- Un segundo principio de funcionamiento aplicado en nuestro sistema es el Ahorro por Limitación o Interrupción de Descarga, que consiste básicamente en impedir que el tanque se desocupe por completo durante la descarga, colocando elementos que limiten el espacio de llenado o vaciado del mismo, o en su defecto que obliguen al sistema de descarga a sellar el paso de agua antes de tiempo; logrando una disminución en el volumen de agua utilizada equivalente al agua represada dentro del tanque.

Este principio es aplicado en nuestro producto, mediante la utilización de un mecanismo tornillo sin fin-corona, el cual se encarga de realizar y controlar el desplazamiento vertical del flapper, este mecanismo a su vez es accionado por un motor, el cual es manejado por un sistema electrónico que controla el tiempo de cada descarga. De esta manera una vez transcurrido dicho tiempo, el mecanismo va a obligar a caer el flapper produciendo el fin de la descarga, aunque el tanque no se halla desocupado totalmente, descargando únicamente la cantidad requerida para el vaciado.

- Como tercer principio de ahorro de agua, tenemos el Ahorro por Independencia de Descargas. Este principio, como su nombre lo indica, consiste en la adecuación del aparato sanitario, o sus componentes, para que realice dos tipos de descargas con diferentes volúmenes de agua, dependiendo del tipo de desechos que se vayan a evacuar.

En lo que se refiere a este principio, se plantea la independización de descargas a través de la utilización de un sistema electrónico de control de tiempos, el cual hace que el flapper se mantenga en posición de descarga, permitiendo el paso del agua, durante un determinado periodo de tiempo. Así se determinan dos tipos diferentes de vaciado, desarrollando el proceso de descarga parcial, en un menor tiempo que la descarga total, permitiendo ésta última un mayor volumen de flujo del líquido hacia la taza, garantizando dos descargas eficientes.

- Finalmente, se aplicó también en el producto, el principio de Ahorro por Descarga Presurizada, donde se utiliza la presión, además o en lugar de la gravedad, para realizar el vaciado, creando así, una acción de descarga más fuerte.

Nuestro producto aplicó este concepto, mediante la utilización de 4 resortes, los cuales se comprimen durante el proceso de llenado del tanque, siendo liberados en el momento de la descarga, de tal manera que imprimen su fuerza recuperadora sobre el líquido a desalojar, empujándolo hacia el orificio de salida, ocasionando una descarga más efectiva.

No hay duda, con la combinación de estos principios, no solo logramos independizar las descargas del aparato sanitario, permitiendo una disminución en el consumo de agua en los mismos, sino que también puede garantizar perfectamente la efectividad en sus funciones de llenado, descarga y limpieza.

### 5.1.3.1. Sistema Electrónico

El funcionamiento de los dispositivos electrónicos se realiza de la siguiente manera:

1. Proviene una corriente alterna de 110V, con una frecuencia de 60 Htz.
2. Esta corriente pasa a través de un **TRANSFORMADOR**, convirtiéndola de 110V a 9V, utilizando la misma frecuencia.
3. La **TARJETA DE ALIMENTACION O FUENTE**, se encarga de convertir la corriente alterna en una señal continua y acondiciona el voltaje de alimentación al circuito del proyecto. (Voltaje empleado para accionar la tarjeta de control, el motor, la electroválvula, etc.)
4. En la **TARJETA DE CONTROL Y FUNCIONAMIENTO** encontramos:
  - 4.1 **Microcontrolador:** Permite realizar un control automático sobre el flapper, dependiendo de la orden dada en el panel de control, el microcontrolador recibe las señales de los finales de carrera del nivel del agua y controla las alturas y los tiempos de desplazamiento del flapper.
  - 4.2 **Driver del Motor:** Recibe las señales del microcontrolador para cambiar el sentido de giro del motor.
  - 4.3 **Panel Frontal:** Donde ubicamos los accionamientos.
  - 4.4 **Finales de Carrera:** Son los 2 sensores que están ubicados debajo de la base e indican hasta que altura se debe posicionar el flapper.
5. **MOTOR:** Es el encargado de proporcionar el movimiento y el sentido de giro del flapper.

**ELECTROVALVULA:** Es quien nos permite el paso del agua desde el suministro para llenar la cisterna, la electroválvula esta formada por un electroimán y un embolo, cuando se energiza la electroválvula el embolo actúa y abre la electroválvula permitiendo el paso del liquido.

### 5.1.4. ANÁLISIS ERGONÓMICO

Para diseñar los displays y los elementos que están en contacto directo con el usuario se tuvieron en cuenta algunos aspectos como el tipo de esfuerzo realizado, los alcances, el manejo del color, y las texturas entre otros.

Se utilizaron las tablas antropométricas del estudio realizado por Jairo Estrada para la población colombiana (hombres y mujeres) en el rango de edad de joven adulto.

Los displays diseñados para el panel frontal de la tapa ofrecen una comunicación clara, precisa y directa acerca del óptimo uso del accionamiento del sistema.

Se tuvieron en cuenta los esfuerzos que realizaría la mano del usuario al momento de la instalación del dispositivo dentro de la cisterna. Observamos esfuerzos de torsión, aprehensión y tracción, por tal motivo nos apoyamos en la forma de los elementos que componen el dispositivo para brindar una correcta solución.

El sistema electrónico esta protegido por una tapa que garantiza seguridad, aislando la completamente del agua y evitando filos en sus aristas que puedan lastimar al usuario al momento de su instalación.

#### **5.1.5. ANÁLISIS DE COLOR**

El dispositivo posee intrínsecamente un código de colores que permite al usuario relacionar las partes que lo conforman, evitando confusiones al momento de su instalación en el interior de la cisterna. El color además de tener un valor informativo, posee un valor simbólico, de esta manera permite organizar por familia de objetos los componentes del sistema, dado que un buen porcentaje de sus partes no están a la vista del usuario, pero al momento de su instalación permite organizar y facilitar la ubicación de las piezas.

#### **5.1.6. ANÁLISIS DE COSTOS**

##### **5.1.6.1. Materiales Propuestos y Costos de Producción**

En las siguientes tablas podemos hacer un análisis de los materiales propuestos para la producción de nuestro Sistema de Ahorro de Agua, y sus respectivos costos, suponiendo una producción de 10000 unidades.

**Tabla 11.** Materiales y Costos de Producción Sistema Mecánico.

COMPONENTES	MATERIAL	PROCESO	\$ MOLDE (*)	\$ UNIDAD (*)
CAPSULA	POLIETILENO	SOPLADO	\$ 7.500.000	\$ 3000
TAPA	POLIETILENO	INYECCION	\$ 10.000.000	\$ 10750
TORNILLO SIN FIN	POLIETILENO	INYECCION	\$ 4.000.000	\$ 4300
PIÑON	POLIETILENO	INYECCION	\$ 750.000	\$ 700
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 22.250.000</b>	<b>\$ 18750</b>

(\*) Precios para una producción de 10000 unidades

**Fuente:** Realizado por los Autores.

**Tabla 12.** Materiales y Costos de Producción Sistema Electrónico.

COMPONENTES	CANTIDAD	\$ UNIDAD (*)	\$ FINAL (*)
MICROCONTROLADOR	2	\$ 2500	\$ 5000
DRIVER	2	\$ 4000	\$ 8000
FUENTE	1	\$ 25.000	\$ 25.000
TARJETAS	1	\$ 15.000	\$ 15.000
BATERIAS SECAS	2	\$ 10.000	\$ 20.000
BATERIA CARGADOR	1	\$ 9000	\$ 9000
ELECTROVÁLVULA	1	\$ 7000	\$ 7000
TRANSFORMADOR	1	\$ 4500	\$ 4500
MOTOR	1	\$10.000	\$10.000
		<b>TOTAL</b>	<b>\$103.500</b>

(\*) Precios para una producción de 10000 unidades

**Fuente:** Realizado por los Autores.

Según los datos anteriores el Costo Total del Producto, incluyendo tanto sus componentes mecánicos, como el mecanismo de control electrónico, es de **\$122.250**.

#### **5.1.6.2. Costos Por Consumo De Electricidad**

Según visita realizada a la Empresa Electrificadora de Santander, nos suministraron la siguiente información en referencia al consumo mensual de electricidad:

El estrato 1 y 2 tiene un subsidio del 20 % sobre el consumo, los estratos 5 y 6 tienen un incremento del 20% mas el 10% en zonas residenciales, mas el 15% en zonas comerciales, mas el 5% en zonas industriales.

**Tabla 13.** Tabla De Valores De Luz X Kw Por Consumo De 0 A 200 Kw

ESTRATO	CONSUMO	VALOR KBS	VALOR BTS
1	0 A 200KBS	\$284.20	0.2842
2	0 A 200KBS	\$284.20	0.2842
3	0 A 200KBS	\$284.20	0.2842
4	0 A 200KBS	\$284.20	0.2842
5	0 A 200KBS	\$284.20	0.2842
6	0 A 200KBS	\$284.20	0.2842
COMERCIAL	0 A 200KBS	\$284.20	0.2842

**Fuente:** Empresa Electrificadora de Santander. ESSA.

Según pruebas realizadas el consumo del dispositivo adaptado a un sanitario convencional de una familia de cinco personas, con 750 descargas mensuales genera un gasto de 2,1 KW por mes.

VALOR WATIO	CONSUMO DE W - MES	GASTO MENSUAL ELECTRICIDAD
\$0.23	2100	\$483

CONSUMO DE POTENCIA ELECTRICA EN OPERACIÓN					
DISPOSITIVO	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA	CARGA	TIEMPO
ELECTROVALVULA	110-120 V	145 mAmp	16 Wats		2 mint
MICRO-DISP	5 V	70 mAmp	375mWats		2 mints
DRIVER	20 V	333 mAmp	6.6Wats	60 Ohm	10 seg
<b>Total</b>			23 Wats		

CONSUMO DE POTENCIA ELECTRICA EN NO OPERACIÓN					
DISPOSITIVO	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA	CARGA	TIEMPO
ELECTROVALVULA	110-120 V	0	0		23H 15'
MICRO-DISP	5 V	70 mAmp	375mWats		
DRIVER	20 V	10mAmp	200mWats		
<b>Total</b>			575mWats		

### 5.1.6.3. Costos Por Consumo De Agua

Según visitas realizadas al Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A se obtuvieron los siguientes cuadros de valores por consumo de mtr3 de agua según estrato correspondientes al año 2004 de esta manera:

#### AGUA POR CONSUMO DE 1 A 20 M3 POR ESTRATO

ESTRATO	CONSUMO	VALOR M3	VALOR LITRO
1	1 - 20 M3	\$305.17	0.30517
2	1 - 20 M3	\$422.92	0.42292
3	1 - 20 M3	\$716.28	0.71628
4	1 - 20 M3	\$716.28	0.71628
5	1 - 20 M3	\$859.54	0.85954
6	1 - 20 M3	\$859.54	0.85954
COMERCIAL	1 - 20 M3	\$859.54	0.85954

#### AGUA POR CONSUMO DE 1 A 40 M3 POR ESTRATO

ESTRATO	CONSUMO	VALOR M3	VALOR LITRO
1	1 - 40 M3	\$716.28	0.71628
2	1 - 40 M3	\$716.28	0.71628
3	1 - 40 M3	\$716.28	0.71628
4	1 - 40 M3	\$716.28	0.71628
5	1 - 40 M3	\$859.54	0.85954
6	1 - 40 M3	\$859.54	0.85954
COMERCIAL	1 - 40 M3	\$859.54	0.85954

#### AGUA POR CONSUMO DE 41 M3 EN ADELANTE M3

ESTRATO	CONSUMO	V/ M3	V/R LITRO
1	41 M3 EN ADELANTE	\$716.28	0.71628
2	41 M3 EN ADELANTE	\$716.28	0.71628
3	41 M3 EN ADELANTE	\$716.28	0.71628
4	41 M3 EN ADELANTE	\$716.28	0.71628
5	41 M3 EN ADELANTE	\$859.54	0.85954
6	41 M3 EN ADELANTE	\$859.54	0.85954
COMERCIAL	41 M3 EN ADELANTE	\$859.54	0.85954

Para nuestro análisis de gastos en pesos tomamos un hogar perteneciente al estrato 3 conformado por un grupo familiar de 5 personas, de las cuales cada una asiste al baño cinco veces diarias,

cuatro para eliminación de líquidos y una para la eliminación de heces, según este modelo se realizan las siguientes proyecciones:

**SANITARIO CONVENCIONAL:**

**GASTO PROMEDIO EN LITROS ESTRATO DEL 1 AL 4 ( CONSUMO DE 1 A 40 M3 MENSUALES )**

V/R LITRO	CANTIDAD DE LTRS QUE DESCARGA	DESCARGAS DIARIAS	GRUPO FAMILIAR	GASTO DIARIO	GASTO MENSUAL
\$0.72	10	5	5	\$180.00	\$5,400.00

**GASTO PROMEDIO EN LITROS ESTRATO DEL 5 AL 6 APLICA EN ZONAS COMERCIALES ( CONSUMO DE 1 A 40 M3 MENSUALES)**

VALOR LITRO	CANTIDAD DE LTRS QUE DESCARGA	DESCARGAS DIARIAS	GRUPO FAMILIAR	GASTO DIARIO	GASTO MENSUAL
\$0.86	10	5	5	\$215.00	\$6,450.00

Estos cuadros nos muestran que una familia perteneciente al estrato tres esta gastando \$ 5.400 mensuales solo por utilizar los servicios de un sanitario, en sitios como colegios, universidades, hospitales, centros comerciales etc, el consumo es mayor y por ende el gasto seria mayor

**SANITARIO CON LA ADAPTACIÓN DEL DISPOSITIVO**

**GASTO PROMEDIO EN \$ ESTRATO DEL 1 AL 4 ( CONSUMO DE 1 A 40 M3)**

VALOR LITRO	CANTIDAD DE LITROS QUE DESCARGA	DESCARGAS DIARIAS	GRUPO FAMILIAR DE PERSONAS	GASTO DIARIO	GASTO MENSUAL
\$0.72	5	5	5	\$90.00	\$2,700.00

**GASTO PROMEDIO EN PESOS ESTRATO DEL 5 AL 6 ( CONSUMO DE 1 A 40 M3)**

VALOR LITRO	NUMERO DE LITROS QUE DESCARGA	DESCARGAS DIARIAS	GRUPO FAMILIAR DE 5 PERSONAS	TO GASTO DIARIO	GASTO MENSUAL
\$0.86	5	5	5	\$107.50	\$3,225.00

Este cuadro indica que una familia perteneciente al estrato tres que utiliza el dispositivo esta gastando \$ 2.700 mensuales, comparado con el cuadro anterior muestra claramente un ahorro del 50% parcialmente, dado que faltaría sumarle el gasto de electricidad.

### GASTO MENSUAL DE H2O POR LITROS

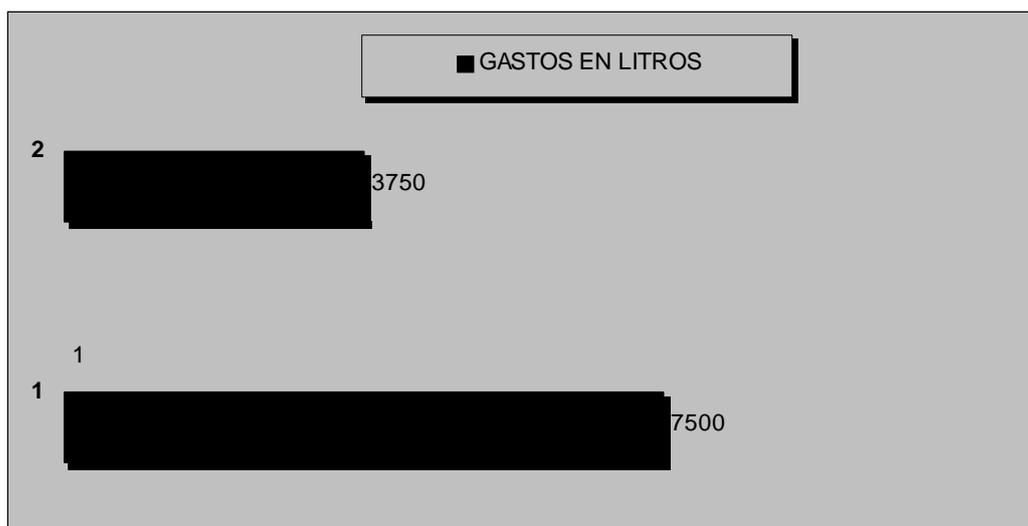
#### SANITARIO CONVENCIONAL

LITROS	# DE DESCARGAS DIARIAS	GRUPO FAMILIAR	DIAS	TOTAL LITROS
10	5	5	30	7500

#### SANITARIO CON DISPOSITIVO

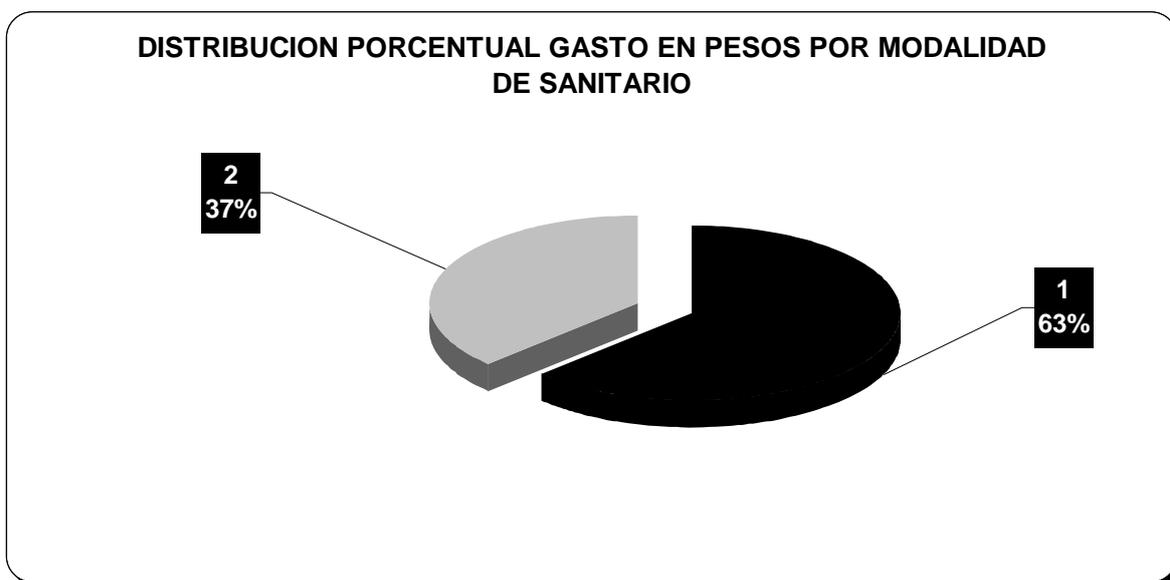
LITROS	# DE DESCARGAS	GRUPO FAMILIAR	DIAS	TOTAL LITROS
5	5	5	30	3750

Una familia perteneciente al estrato tres que posea un sanitario convencional esta consumiendo 7.500 litros de agua mensual solo por utilizar los servicios de un sanitario, a diferencia del sanitario que tenga adaptado el dispositivo el consumo es de 3.750 litros mensuales, que comparado con el anterior equivalen a un ahorro del 50%. en litros de agua.



Este dispositivo adaptado en sitios como colegios, universidades, hospitales, centros comerciales, etc donde la utilización del sanitario es masiva, representaría un ahorro significativo.

CONSUMO SANITARIO CONVENCIONAL	CONSUMO SANITARIO CON DISPOSITIVO INCLUIDO V/R ELECTRICIDAD
\$5,400.00	\$3,183



El diagrama nos indica claramente que el 63% es la participación de un sanitario convencional, y un sanitario con la adaptación del dispositivo tiene una participación del 37%, estos porcentajes son comparados frente al gasto total en pesos osea \$ 8.583 mensuales.

En los cuadros anteriores nos muestran que el consumo del sanitario convencional , comparado con un sanitario que tenga el dispositivo corresponde al 50% en agua.

El consumo de un sanitario que tenga adaptado el dispositivo corresponde a: \$ 2.700 de consumo en agua mas \$ 483 correspondiente al consumo de la electricidad, tendríamos un total de \$ 3.183,

que comparados con los \$ 5.400 que gasta un sanitario convencional significa que estamos economizando 41% en pesos.

#### **5.1.7. CARACTERÍSTICAS VARIAS**

El sistema permite un ahorro de agua del 60% aproximadamente, comparado con los aparatos tradicionales.

Permite ser adaptado a la gran mayoría de las cisternas de los aparatos convencionales.

Los mecanismos empleados brindan seguridad al usuario en cuanto a que garantizan el perfecto funcionamiento del aparato sanitario.

Todos los componentes del sistema electromecánico en el cual se basa el funcionamiento del sistema se encuentran protegidos del contacto con el agua y la humedad.

El diseño de displays y su ubicación en el panel frontal de la cubierta, ofrecen una comunicación clara, precisa y directa respecto al modo de accionamiento del sistema.

En su gran mayoría, los componentes del sistema fueron desarrollados estructural y formalmente no solo para garantizar su funcionamiento, sino también para disminuir cualquier riesgo de accidente al usuario, especialmente durante los procesos de instalación y manipulación.

El sistema es completamente desarmable, facilitando su transportabilidad, empaque y embalaje.

El proceso de instalación puede ser realizado por el usuario.

Es recomendable que los procesos de mantenimiento y refacción del sistema sean desarrollados por personal capacitado.

En su mayoría los elementos de fijación del sistema, tuercas y empaques son elementos comerciales que pueden adquirirse con facilidad en el mercado.

Aunque esta compuesto por bastantes piezas, la gran mayoría de ellas vienen pre-ensambladas, facilitando el proceso de montaje del sistema.

La mayoría de los componentes del sistema, especialmente aquellos que tienen contacto directo con el agua, están elaborados en polietileno, bajo los procesos de inyección y soplado.

## CONCLUSIONES

- Este proyecto, es primordialmente de carácter ecológico, cuya finalidad es el ahorro de agua, por ser este el recurso natural más importante para la supervivencia, no solo del ser humano sino también de cualquier especie viviente.
- La intención de este proyecto no es vender sanitarios, es ofrecer un dispositivo de fácil adaptación a cualquier sanitario convencional que contribuya al ahorro, no solo de agua sino también de dinero.
- El dispositivo permite al usuario disminuir el consumo de agua empleado en los aparatos sanitarios, realizando dos descargas del volumen de líquido contenido en la cisterna: cuatro litros son empleados para la evacuación de orina y cinco litros para la evacuación de sólidos.
- En la actualidad un sanitario convencional gasta 7.500 litros de agua mensual, un sanitario al cual se le logre adaptar el dispositivo gasta 3.750 litros de agua, que corresponde a un ahorro del 50% en agua.
- El dispositivo genera un gasto de \$2.700 por consumo de agua mas \$ 483 por consumo de electricidad, para un gran total de \$ 3.183, comparados con los \$ 5.400 que gasta un sanitario convencional significa que estamos economizando 41% en pesos.
- El dispositivo tiene un costo aproximado de \$122.250, haciendo de que esta propuesta sea económica y este al alcance de la población.

## BIBLIOGRAFÍA

BRIGAUX, Guy y GARRIGOU, Maurice. Fontanería e Instalaciones Sanitarias. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona. 1976.

BURDEK, Bernhard E. Diseño. Historia, Teoría y Práctica del Diseño Industrial. Ediciones Gustavo Gili S.A. de C.V. México. 1994.

CRUZ G., Alberto J. Principios de Ergonomía. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

ESTRADA M., Jairo. Ergonomía. Introducción al Análisis del Trabajo. Editorial Universidad de Antioquia. 1992.

GOULDEN, Gontran. Cuartos de Baño. Guía para el Diseño de Cuartos de Baño. Edit. Pomaire. Barcelona. 1969.

GUEVARA MELO, Eduardo S. Coherencia Formal. Escuela de Diseño Industrial. UIS. 1995.

HARDENBERGH, W. A. y RODIE, Edward B. Ingeniería Sanitaria.

HERNÁNDEZ REY, Alvaro. Sistemas Sanitarios. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 1987.

ICONTEC. Normas Colombianas (NTC 920-1 Sistemas de bajo consumo de agua)

JONES, Christopher. Métodos de Diseño. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona. 1982.

LOBACH, Bernard. Diseño Industrial. Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona. 1981.

MARTINEZ V., Julio C. y RAMIREZ, Alvaro H. Desarrollo de un Aparato Sanitario de Bajo Consumo. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Santa Fe de Bogotá. 1990.

Mc. CORMICK, Ernest. Ergonomía, Factores Humanos en Ingeniería y Diseño. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona. 1993.

MILLER, John G. Plomería. Un Manual de Herramientas, Materiales, Métodos e Instrucciones. Editorial Diana S.A. México. 1964.

RAMIREZ, F.; ROSAS, P. y SANCHEZ, R. Diseño de Unidad Sanitaria. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana.

RODRIGUEZ M., Gerardo. Manual de Diseño Industrial. Curso Básico Ediciones Gustavo Gili, S.A. de C.V. México. 1983.

SALLOVITZ, Manuel, Tratado de Ingeniería Sanitaria. Editorial El Ateneo. Buenos Aires. 1941.

STEEL, Ernest W., Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona. 1953.