

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FILTRACIÓN AL VACÍO CON  
RECIRCULACIÓN DE AGUA (PROTOTIPO) EN LOS LABORATORIOS DE  
QUÍMICA EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FERNANDO ADOLFO ARENAS RANGEL  
BACTERIÓLOGO Y LABORATORISTA CLÍNICO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE QUIMICA  
ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2006**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FILTRACIÓN AL VACÍO CON  
RECIRCULACIÓN DE AGUA (PROTOTIPO) EN LOS LABORATORIOS DE  
QUÍMICA EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FERNANDO ADOLFO ARENAS RANGEL  
BACTERIÓLOGO Y LABORATORISTA CLÍNICO**

**Monografía para optar al título de  
ESPECIALISTA EN QUÍMICA AMBIENTAL**

**Director:  
JOHANNA LAYTON  
QUIMICA-ESPECIALISTA EN QUIMICA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE QUIMICA  
ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2006**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor agradece a:

Joanna Layton, química-Especialista en Química Ambiental por su orientación y asesoría durante todo el proyecto de investigación.

Jairo Puente Bruges, director de la Especialización en Química Ambiental de la Universidad Industrial de Santander por su colaboración y apoyo durante esta etapa de su formación profesional.

Jesús Ramírez, ingeniero químico por su colaboración y asesoría durante la realización del proyecto.

Universidad industrial de Santander y a la escuela de química por la oportunidad de realizar la Práctica dentro de sus instalaciones.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION .....	1
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2. MARCO TEORICO .....	6
2.1 IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA.....	6
2.2 USO EFICIENTE DEL RECURSO AGUA.....	7
2.3 CRECIMIENTO POBLACIONAL Y EL USO DEL AGUA.....	7
2.4 DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL RECURSO AGUA .....	9
2.5 CAMPAÑAS DE PROMOCIÓN Y REEMPLAZO POR APARATOS EFICIENTES O DE BAJO CONSUMO.....	10
2.6 CONSERVACIÓN MUNICIPAL .....	11
3. METODOLOGIA.....	12
3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	12
3.1.1 Materiales. ....	12
3.1.2 Construcción.....	13
3.2 DESCRIPCION DEL PROTOTIPO .....	15
3.2.1 Circuito.....	16
3.2.2 motobomba.....	16
3.2.3 Generación de vacío.....	18
3.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO.....	20
4. PRUEBAS Y ANALISIS .....	21
4.1 COMPARACIÓN .....	24
4.1.1 Consumo de agua.....	24
4.1.2 Consumo energético y su costo en pesos.....	28
4.1.3 Velocidad de filtración.....	32
4.1.4 Vacío.....	32
5. PROPUESTAS Y SUGERENCIAS.....	35

5.1 EFICIENCIA DEL EQUIPO .....	35
5.2 COSTO DEL EQUIPO .....	36
5.3 COMPARATIVO EN PESOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DE AGUA DE CADA EQUIPO. ....	36
5.4 AHORRO DE AGUA .....	36
5.5 AHORRO DE TIEMPO .....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Tiempo y succión en la Bomba de vacío.....	21
Tabla 2. Tiempo y succión en el Método convencional.....	21
Tabla 3. Tiempo y succión en el Prototipo .....	22
Tabla 4. Promedio de estudiantes que por asignatura, realizan filtraciones en los laboratorios de química. ....	25
Tabla 5. Volumen promedio de agua utilizado por cada asignatura durante la filtración convencional en semestre académico.....	26
Tabla 6. Costo del consumo de agua y alcantarillado generado por el prototipo y por el método convencional .....	28
Tabla 7. Tiempo empleado por cada método para realizar todas las filtraciones durante el semestre. ....	31

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Circuito de recirculación.....	13
Figura 2. Mangueras.....	14
Figura 3. Prototipo del sistema de filtración .....	15
Figura 4. Motobomba.....	16
Figura 7. Filtración de una solución sobresaturada por medio de bomba de vacío .....	22
Figura 8. Filtración de una solución sobresaturada por medio de del método convencional.....	23
Figura 9. Filtración de una solución sobresaturada por medio del prototipo con recirculación.....	24
Figura 10. Puntos de succión del prototipo.....	31
Figura 11. Medida de la succión en el método convencional.....	33
Figura 12. Medida de la succión en el prototipo .....	33
Figura 13. Medida de la succión en la bomba de vacío .....	34

## LISTA DE GRÁFICOS

Pág.

Grafica 1. Volumen promedio de agua utilizado por cada asignatura durante la filtración convencional en semestre académico.....	25
Grafica 2. Consumo de agua del producto y del método convencional .....	26
Grafica 3. Costo del consumo de agua y alcantarillado generado por el prototipo y por el método convencional .....	27
Grafica 4. Costo del consumo de energía de los equipos.....	30
Grafica 5. Tiempo utilizado por cada equipo para realizar el mismo número de filtraciones durante el semestre académico .....	32

## RESUMEN

1. **Título:** Implementación de un sistema filtración al vacío con recirculación de agua (prototipo) en los laboratorios de química en la universidad industrial de Santander\*
2. **Autor:** Fernando Adolfo Arenas Rangel  
Bacteriólogo y Laboratorista Clínico\*\*
3. **Palabras clave:** filtración al vacío, uso eficiente de agua, ahorro de agua

El agua es un recurso imprescindible para el sostenimiento de la vida en la tierra; el crecimiento poblacional ha incrementado el consumo y la utilización de la misma y por ende se está presentando una visible escasez. Muchos gobiernos preocupados por la cuestión, están generando estrategias para controlar y usar adecuadamente el recurso agua; esto significa la utilización de la menor cantidad de agua en un proceso que la requiera.

Las actividades académicas realizadas en los laboratorios de química de la universidad industrial de Santander (U.I.S) demandan la utilización de grandes volúmenes de agua potable durante los procesos de filtración al vacío en donde se utilizan aspiradores convencionales por medio de los cuales se descarta agua al alcantarillado para poder generar la succión. Este trabajo propone una solución efectiva, rápida y económica, para usar eficientemente el agua en los laboratorios de química en la U.I.S. La propuesta incluye el diseño y la construcción de un prototipo de filtración al vacío que utiliza agua para generar succión pero no la descarta al alcantarillado sino que la recircula por medio de un circuito y la comparación del mismo con los dos métodos utilizados en la escuela para realizar filtraciones al vacío (método convencional y bomba de vacío).

El prototipo es un equipo económico, su consumo máximo de agua no supera los cinco litros; con el se pueden ahorrar hasta 83,52 metros cúbicos de agua potable por semestre, posee una eficiencia que no difiere mucho de los otros sistemas de filtración y cuenta con dos puntos de trabajo que generan succión; esta característica agiliza los procesos y puede generar un ahorro de hasta 13 horas de trabajo por semestre, al ser comparado con la bomba de vacío.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental. Johanna Layton

## ABSTRACT

**1. Title:** Implementation of a vacuum filtration system with recirculation of water (prototype) in the chemistry laboratories in the Industrial University of Santander\*

**2. Author:** Fernando Adolfo Arenas Rangel  
Bacteriologist and Clinical Laboratorista \*\*

**3. Passwords:** vacuum filtration, efficient use of water, saving of water

The water is an indispensable resource for the maintenance of the life in the earth; the population growth has increased the consumption and the use of the same one and consequently this presenting a visible shortage. Many governments worried by the question, they are generating strategies to control and to use of the water resource appropriately; this means the use of the smallest quantity in water in a process that requires it.

The academic activities carried out in the laboratories of chemistry of the Industrial University of Santander (U.I.S) they demand the use of big volumes of drinking water during the vacuum filtration processes where conventional cleaners are used by means of which water is discarded to the sewer system to be able to generate the suction. This work proposes an effective, quick and economic solution, to use the water efficiently in the chemistry laboratories in the U.I.S. The proposal includes the design and the construction from a vacuum filtration prototype that uses water to generate suction but it doesn't discard it to the sewer system but rather it recycles it by means of a circuit and the comparison of the same one with the two methods used in the school to carry out vacuum filtrations (conventional method and vacuum pump).

The prototype is an economic equipment, its power consumption of water it doesn't overcome the five liters; with the they can be saved up to 83, 52 cubic meters of drinking water by semester, it possesses an efficiency that doesn't differ much of the other filtration systems and it has two working points that generate suction; this characteristic speeds up the processes and it can generate a saving of up to 13 working hours for semester, when being compared with the vacuum pump.

---

\* Work Degree

\*\* Faculty of Science. School of Chemistry. Specialization in Environmental Chemistry. Johanna Layton

## INTRODUCCION

El agua ha sido desde el comienzo de los tiempos, un recurso imprescindible para el sostenimiento de la vida en la tierra; desde la antigüedad se han presentado disputas por el control de este preciado líquido y gran parte del avance económico, social y cultural que han podido lograr muchas naciones se ha debido al privilegio de poder de disponer del mismo.

El crecimiento poblacional en el globo terráqueo ha incrementado sobre todo en las últimas décadas, el consumo y la utilización de agua; en muchos casos ya se está presentando escasez y por ende muchos gobiernos empiezan a mostrar preocupación sobre la situación y generan estrategias dirigidas al control y al uso adecuado del recurso agua. Usar adecuadamente el agua significa la utilización de la menor cantidad de la misma en un proceso que la requiera, esto quiere decir que se debe optimizar dicho proceso para que no se produzcan pérdidas dentro del mismo y pueda haber ahorro de agua. En este aspecto han habido progresos considerables con los cuales se han dado soluciones a algunos problemas particulares; para ello se han implementado políticas de concientización y sancionatorias que son válidas cuando de la conservación de la vida en la tierra se trata. Sin embargo el camino a seguir es arduo pero de obligatorio recorrer si queremos un futuro promisorio para nuestras generaciones. Se pueden hacer maravillas mundiales a través de acciones colosales generadas por las naciones o pequeños esfuerzos particulares que al ser sumados generen un impacto global. Este trabajo se inclina por una acción particular pero efectiva en cuestiones de ahorro agua; no se trata de maravillas de inventiva, sino de acogerse a una reglamentación y ponerla en práctica para promover con soluciones eficientes, rápidas y económicas, el uso adecuado y el ahorro de agua. El uso eficiente de agua se promueve en este trabajo a través de la construcción de un prototipo de filtración al vacío que utiliza agua para generar succión pero no la descarta al alcantarillado sino que la recircula por medio de un circuito. El prototipo es un

equipo poco complejo y de fácil accesibilidad que puede ayudar en muchas instituciones en la adopción de las políticas ambientales en conservación y uso eficiente de agua.

## **OBJETIVO GENERAL**

Disminuir el consumo de agua en los laboratorios de química en la Universidad Industrial de Santander a través de la implementación de un sistema prototipo de filtración al vacío acoplado a un circuito de recirculación de agua.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diseñar e Implementar un prototipo de filtración al vacío acoplado a un circuito de recirculación de agua.
- Determinar el consumo promedio de agua durante la filtración convencional a través de medición del volumen de agua utilizada por los estudiantes durante las prácticas de laboratorio.
- Comparar el consumo de agua durante la filtración convencional con el consumo generado por el circuito de recirculación utilizando los volúmenes gastados por los estudiantes y el consumo del circuito según sus especificaciones técnicas.
- Determinar el consumo de energía eléctrica de la bomba de vacío y el de la bomba acoplada al circuito de recirculación empleando los datos de voltaje, amperaje y el tiempo de trabajo de las mismas.
- Comparar el tiempo gastado por el sistema convencional durante la filtración con el tiempo gastado por el sistema prototipo acoplado al circuito de recirculación de agua.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades académicas realizadas en los laboratorios de química de la universidad industrial de Santander demandan la utilización de grandes volúmenes de agua potable; unos de los procedimientos donde hay abundante requerimiento de agua es la filtración al vacío en donde se utilizan aspiradores convencionales por medio de los cuales se descarta agua potable al alcantarillado para poder generar la succión. A pesar de la existencia de bombas de vacío que ayudan a agilizar el proceso de filtración, todavía es muy utilizado el método tradicional puesto que las bombas actuales no dan el rendimiento adecuado. Dadas las circunstancias en donde el mecanismo existente utilizado para ahorrar agua y tiempo en los procesos de filtración todavía no da solución efectiva al problema, se hace necesaria la búsqueda de alternativas diferentes que ayuden a disminuir las pérdidas de agua sin que con esto se entorpezca las actividades dentro de los laboratorios. Un mecanismo eficaz que podría dar solución al gasto innecesario de agua sería la implementación de un sistema de filtración al vacío acoplado a un circuito de recirculación que permita reutilizar el agua empleada para generar la succión en los procesos de filtración.

Las actuales tendencias mundiales hacen énfasis en la necesidad de cuidar y mantener los recursos hídricos para las futuras generaciones; la normatividad Colombiana amparada en la ley 373 de 1997, artículo 15 y el decreto 3102 de 1997 que reglamenta la anterior ley, de igual forma se refiere a este aspecto y propone la realización de un programa para el uso eficiente y ahorro del agua dirigido a todas las entidades y usuarios del sector privado u oficial; el programa deberá contener todos los mecanismos, proyectos y acciones encaminadas a ahorrar agua así como la implementación de equipos y sistemas que ayuden a disminuir el consumo de la misma.

Llevar a la realidad cualquier mecanismo encaminado a ahorrar el agua nos ayudaría a cumplir los objetivos de estas tendencias ambientales; la

implementación de un sistema de filtración con recirculación de agua en los laboratorios de química en la Universidad Industrial de Santander, podría ser uno de los mecanismos que nos permitirían contribuir con los propósitos mundiales para la conservación y el uso eficiente de este preciado líquido; también nos pondría en concordancia con el cumplimiento de la normalización colombiana y disminuiría los gastos correspondientes al consumo del agua potable ayudando de esta manera en la mejora de las finanzas de nuestra institución.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA**

El agua es el líquido más importante y preciado del mundo, es la base de nuestra naturaleza, el torrente sanguíneo de la biosfera y quien determina el mantenimiento de los sistemas vivientes. El agua juega un papel muy importante en el proceso de dispersión de energía. La energía que se disipa regula los procesos de la dinámica ecológica dentro de la biosfera de la Tierra. Este proceso controla la temperatura y crea condiciones termales que apoyan los procesos naturales. Un medio líquido como el agua sobre la superficie de la tierra disipa la energía del sol y genera vida. La evaporación y la posterior formación de las precipitaciones cierran el ciclo del agua y contribuyen a que se refresquen las zonas más calurosas de la tierra. (16)

El agua es un compuesto con características únicas y de gran significado para la vida, es el líquido más abundante en el globo terráqueo y el que determina en gran manera, los procesos químicos, físicos y biológicos que gobiernan el medio natural. El 70% del cuerpo humano es agua; una persona comienza a sentir sed después de perder solo el 1% de líquido corporal y corre peligro de muerte si la pérdida de líquido se aproxima al 10% (9). El ser humano puede sobrevivir sólo unos pocos días sin agua dulce.

La importancia que cobra el recurso agua para el mantenimiento de la vida en el planeta, hace necesario la búsqueda de alternativas que nos permitan seguir utilizando este vital líquido sin que se afecten las generaciones venideras. Para lograr este objetivo, se deben centrar los esfuerzos en utilizar eficientemente el agua. (19,20)

## **2.2 USO EFICIENTE DEL RECURSO AGUA**

La definición de uso eficiente del agua implica toda actividad que esté relacionada con utilizar el recurso de una mejor manera, hacer más o lo mismo con menos cantidad. Por lo tanto, se deben tomar medidas que permitan usar menos agua en cualquier proceso o actividad y así poder lograr conservación y el mejoramiento de los recursos hídricos. (10, 19,20)

Hacer un uso eficiente de agua implica la implementación de tecnologías y prácticas mejoradas que proporcionan igual o mejor servicio con menos agua, el uso eficiente del agua trae consigo múltiples beneficios para los diferentes sectores usuarios de la misma.

El uso eficiente del agua se basa implícitamente en el principio de escasez, y en que el agua dulce es un recurso finito, escaso y limitado. En las últimas décadas se ha visto cómo el crecimiento de la población en el ámbito mundial y la creciente extracción del recurso para suplir la demanda han llevado a que en la actualidad se reconozca, a nivel internacional, que estamos en medio de una crisis del recurso y que el ambiente y parte de la sociedad sufren a consecuencia del agua. Esta crisis se debe, ante todo, a la mala administración del recurso (10).

## **2.3 CRECIMIENTO POBLACIONAL Y EL USO DEL AGUA**

Conforme aumenta la población, aumenta también la demanda de agua dulce para la producción de alimentos, el uso doméstico (municipal) e industrial. (12, 13). La población mundial ha crecido por un factor aproximado de tres durante el siglo XX, mientras que el uso del agua ha crecido por un factor aproximado de siete. (1)

La disponibilidad de agua dulce impone límites al número de personas que puede sostener una zona e influye en el nivel de vida. A su vez, el crecimiento

y densidad de la población afectan habitualmente la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos de una zona cuando los habitantes tratan de abastecerse de agua cavando pozos, construyendo depósitos y embalses y desviando el curso de los ríos (12, 13). Si las necesidades son constantemente superiores a los suministros disponibles, en algún momento el uso excesivo de agua llevara al agotamiento de los recursos hídricos de superficie y subterráneos y provocara la escasez crónica de agua (14)

Para evitar la crisis del agua, sobre todo en países donde ya escasea y la población crece rápidamente, es vital contener el aumento de la demanda de agua mediante una mejor gestión de este recurso mientras se retarda a la brevedad posible el crecimiento de la población. Los programas de planificación familiar son muy importantes, no sólo para la salud reproductiva, sino también para la sostenibilidad del uso de agua dulce y otros recursos naturales en relación con el tamaño de la población (7, 15)

Si ha de prevenirse una crisis, la utilización excesiva y equivocada de agua dulce en el mundo debe cesar lo más pronto posible. No podemos permitirnos seguir despilfarrando y ensuciando nuestros preciosos suministros de agua. Las actividades humanas están alterando cada vez más el caudal del agua y se esta extrayendo el agua dulce sin dar tiempo a que se reponga. En todo el mundo se despilfarran enormes cantidades de agua con subvenciones agrícolas inapropiadas, sistemas de riego ineficientes, pérdidas en las cañerías municipales, fijación inadecuada de precios para al agua de los servicios municipales, ordenación ineficiente de las cuencas hidrográficas y otras prácticas imprudentes (7, 8, 18). Es hora que se apliquen amplias medidas de conservación y políticas eficaces de ordenación de las aguas y que se preste atención a la creciente demanda del agua dulce,

Varios países están empeñados en mejorar la eficiencia del riego, ahorrando así agua y protegiendo la tierra. El riego por goteo es una de las técnicas, consistente en una red de tubos porosos o perforados, instalados generalmente en la superficie o bajo tierra, que llevan el agua directamente a las zonas de las

raíces de los cultivos. Mediante esta técnica se mantienen bajas las pérdidas por evaporación, con una tasa de eficiencia del 95%. Se estima que en los sistemas de riego por goteo el uso del agua se reduce de un 40% a 60%, en comparación con los sistemas de riego por gravedad (17, 18).

## **2.4 DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DEL RECURSO AGUA**

El suministro del recurso agua está limitado actualmente a nivel mundial. Considerando que no toda el agua puede ser utilizada sino que una parte de las aguas superficiales debe ser dejada en los ríos para salvaguardar el medio ambiente, más de la mitad de la esorrentía accesible está ya comprometida. En las regiones áridas y semiáridas, en países densamente poblados y en la mayoría del mundo industrializado, existe una competencia por los escasos recursos de agua. Una visión a nivel mundial de la disponibilidad de agua y de las demandas proyectadas indica preocupaciones específicas de estas regiones. Todos los países con un territorio árido como aquellos del Medio Oriente y África del Norte, importan grandes cantidades de alimentos por lo que la prioridad del uso del agua en estos países es asegurar el abastecimiento de las ciudades y los sectores industriales para poder generar los fondos requeridos para la importación de los alimentos. Debido al valor del agua por su escasez, estas regiones no podrán tener industrias que requieren gran cantidad de agua. El sector agrícola, en países áridos, está obligado a depender más y más de la disponibilidad de aguas servidas de las ciudades y a especializarse en la producción de cultivos que tienen alta productividad económica, tales como las verduras y las frutas. América Latina tiene abundantes fuentes de agua, aunque existen grandes diferencias entre las diferentes regiones de este continente. Los problemas de agua en América Latina se relacionan principalmente a:

- Una baja eficiencia de uso; la mayoría de los distritos de riego de América Latina tiene una eficiencia de alrededor de 30 a 40% en riego por gravedad, la cual, en algunos casos, es aún menor;

- Gestión de los recursos de agua, especialmente a nivel de cuenca hidrográfica y en particular a nivel de sistemas de riego. La gestión del recurso agua debe considerar aspectos ambientales y los diversos usos que se le puede asignar, como para bebida e higiene personal, acuicultura, agrícola, navegación, producción industrial, enfriamiento de plantas generadoras de energía, generación de energía por caída y con fines de recreación;
- Degradación del medio ambiente, las partes bajas de los valles irrigados están degradados por salinización y los relaves de las explotaciones mineras que contaminan los suelos y las aguas superficiales y subterráneas;
- Control de la contaminación. El principio "quien contamina, paga" no se cumple en muchos países de la Región.(2,6)

La situación de abastecimiento de agua en Colombia, en términos generales no alcanza los niveles críticos que acusa en muchos otros países del mundo, sin embargo se evidencian síntomas de alarma en algunos municipios y áreas urbanas en donde se deben definir políticas para la planificación, manejo y utilización del recurso hídrico.

En los próximos años no solamente continuará aumentando la demanda de agua para sus diferentes usos humanos y económicos, sino que, 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.(11)

## **2.5 CAMPAÑAS DE PROMOCIÓN Y REEMPLAZO POR APARATOS EFICIENTES O DE BAJO CONSUMO.**

Promover incentivos y promociones dirigidas a diferentes grupos de usuarios (doméstico, comercial, etc.) para el cambio de aparatos sanitarios, duchas, aireadores, tecnologías de bajo consumo (lavadoras, lavaplatos, etc.). Este

tipo de acciones hace efecto en la demanda promedio y pico del sistema.  
(10, 19,20)

## **2.6 CONSERVACIÓN MUNICIPAL**

Para conservar agua destinada al uso personal en las ciudades (inclusive la de uso doméstico y municipal) se requiere regular tanto el suministro como la demanda de agua. Gran parte del agua suministrada por las municipalidades se pierde antes de llegar a los consumidores, por fugas en las cañerías principales, tuberías y grifos, o por extraérsela de grifos ilegales (4, 21). Además, cuando los consumidores tienen acceso conveniente al agua corriente, usan mucho más de lo que realmente necesitan. En los Estados Unidos, por ejemplo, se usan para fines personales 600 litros por día, término medio, en comparación con 50 litros por día en la India (5).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El diseño del prototipo nació por la necesidad de buscar una solución para reducir el consumo de agua dentro de los laboratorios de química en la Universidad Industrial de Santander. Desde el principio se trato de implementar un sistema de filtración que tuviera la misma o superara la eficiencia de los sistemas actualmente usados (filtración convencional y bomba de vacío) en los laboratorios de la institución; esto sin obviar el objetivo principal que es el ahorro del agua. Por eso se pensó en recircular el agua a través de un circuito de tubería y anexar dentro de este los aditamentos para la generación de succión. Como se dijo anteriormente; el diseño del prototipo también buscaba mantener o superar la eficiencia de los sistemas de filtración actualmente usados por eso se acoplaron al equipo dos aspiradores. Después de varios ensayos, el circuito dio resultado y se pudo generar succión en ambos aspiradores.

**3.1.1 Materiales.** Los materiales son primordialmente tuberías de conducción, los aspiradores y un tanque de almacenamiento. Una sección de la tubería utilizada es en PVC de  $\frac{1}{2}$  pulgada con la cual se ensambló la parte del circuito en forma de tenedor de dos puntas; esta sección consta de una T repartidora, cuatro secciones de tubo, dos codos y tres reductores de  $\frac{1}{2}$  pulgada a  $\frac{1}{8}$  de pulgada en donde están acoplados los dos aspiradores y la manguera de alimentación proveniente de la motobomba. El resto de tubería consta de tres secciones de manguera de  $\frac{1}{8}$ ; dos de las cuales salen de los extremos de los aspiradores hacia el tanque de almacenamiento y la otra sale de la motobomba hacia una unión de  $\frac{1}{8}$  que va roscada al reductor de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{8}$  de pulgada para alimentar con agua al circuito. (Figura 1)

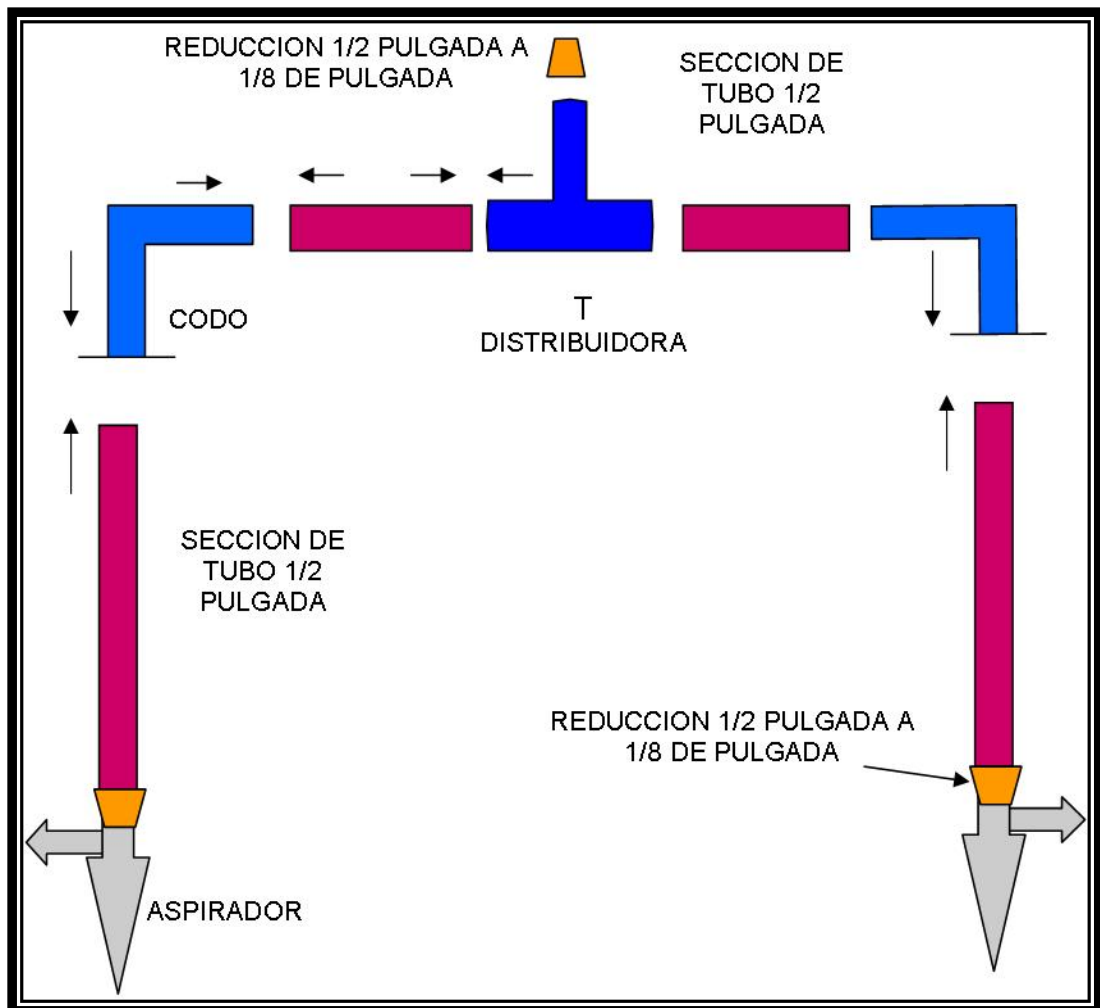


Figura1. Circuito de recirculación

**3.1.2 Construcción.** Para unir los segmentos de PVC se utilizó pegante líquido específico para este material, se procuró no dejar excedente de pegante en las uniones pues este al secarse, genera interferencias en el flujo de agua. Para ensamblar las diferentes partes, primero se acopló a la T repartidora la reducción de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{8}$  de pulgada a la cual se le enrosca la unión de  $\frac{1}{8}$  de pulgada, luego se tomaron dos de las secciones de tubo de  $\frac{1}{2}$  pulgada y se pegaron a las otras dos uniones de la T y en los otros extremos de estos tubos se acoplaron los dos codos. A los codos se le anexaron las otras dos secciones de tubo sobrantes y en los otros extremos de los mismos,

se incorporaran las reducciones de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{8}$  de pulgada de donde se enroscaron los aspiradores. De los extremos de los aspiradores se sujetaron las dos mangueras de  $\frac{1}{8}$  de pulgada y fueron dirigidas hacia el tanque de almacenamiento, igualmente en la unión de  $\frac{1}{8}$  de pulgada se adjunto otra manguera de  $\frac{1}{8}$  de pulgada que fue dirigida hacia la salida de la motobomba. (Figura 2) Esta manguera esta fija con abrazadera tanto en la unión como en la salida de la bomba.

Las mangueras llegan al tanque de almacenamiento a través de dos perforaciones laterales; el tanque esta herméticamente ajustado a la entrada de la motobomba para impedir fugas de agua

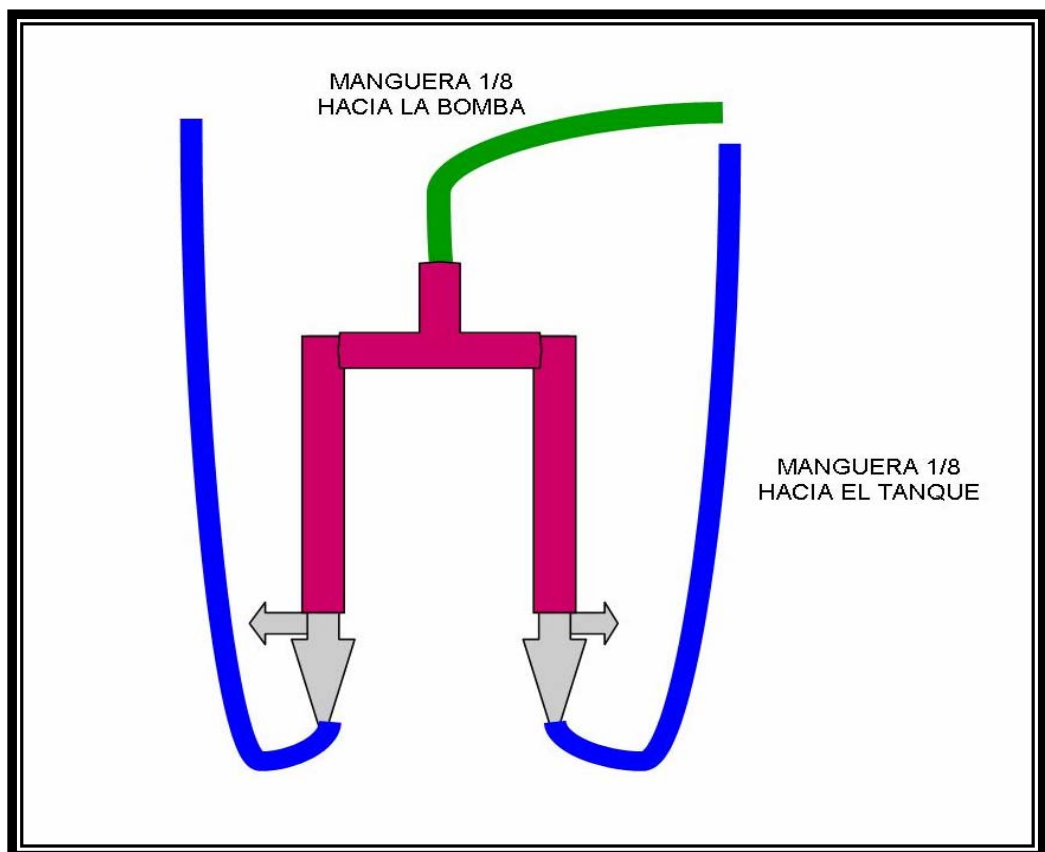


Figura 2. Mangueras

### 3.2 DESCRIPCION DEL PROTOTIPO

Este equipo se caracteriza por ser de fácil manejo e instalación, fuera de los aditamentos propios del mismo, solo hay que contar con una fuente de corriente eléctrica y una toma de agua. Puede transportarse sin inconvenientes pues no pesa más de 15 kilogramos; es desarmable casi en su totalidad lo que aligera los procesos de mantenimiento y el agua que se utiliza para recircular no necesariamente debe ser potable.

El prototipo consta de un circuito de recirculación construido en tubo de PVC, una motobomba, un tanque de almacenamiento, mangueras de recirculación y de dos aspiradores metálicos. (Figura 3 y 5)

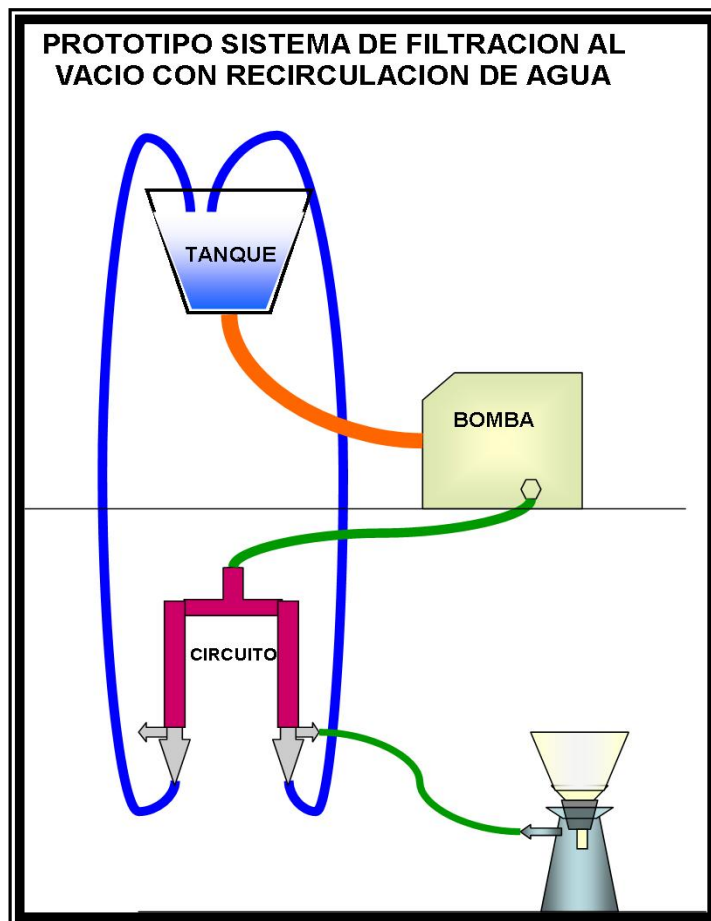


Figura 3. Prototipo del sistema de filtración

**3.2.1 Circuito.** El circuito tiene forma de tenedor con dos puntas a las cuales están acoplados los dos aspiradores, de los extremos de los aspiradores salen las mangueras de recirculación que van dirigidas al tanque de almacenamiento el cual posee una capacidad de 5 litros. (Figura 2)

**3.2.2 Motobomba.** Desde el tanque y por la acción de la fuerza de gravedad, el agua se deposita dentro de la motobomba. Dentro de la bomba, la fuerza impulsora ejercida por la misma hace que el agua sea transportada hasta la entrada del circuito para que empiece la recirculación (figura 4). La motobomba utilizada para impulsar el agua dentro de el circuito trabaja con corriente eléctrica a 110/230 V y tiene un amperaje de 9.8/4.9; consta de una potencia de  $\frac{3}{4}$  HP y puede girar a 3450 r.p.m.

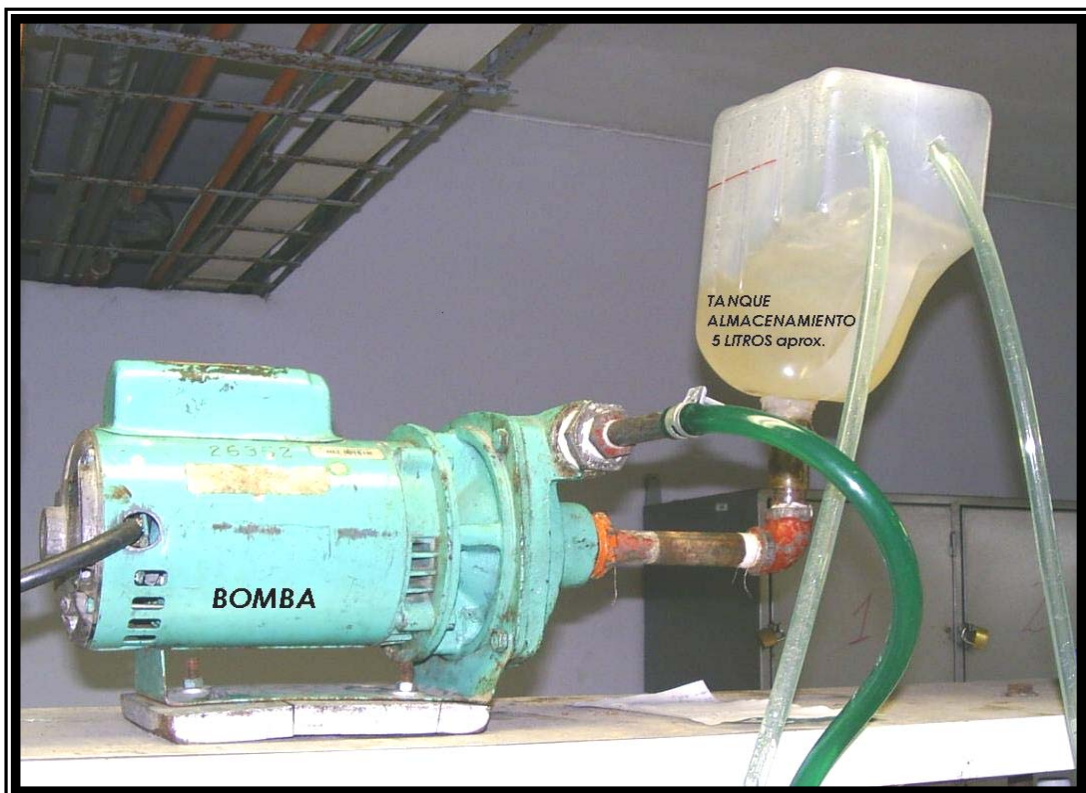


Figura 4. Motobomba



Figura 5. Prototipo del sistema de filtración al vacío con recirculación de agua

**3.2.3 Generación de vacío.** El prototipo en la actualidad esta generando una succión entre 22-24 pulgadas de Hg. en ambos aspiradores aunque en algunos ensayos, se logro generar succión de hasta 25 pulgadas de Hg. (Figuras 6) Con la succión de trabajo actual se pueden montar simultáneamente dos matraces de filtración con su respectivo embudo Buchner sin que ocurran perdidas significativas en la succión y en el tiempo de filtración. La generación de vacío en los aspiradores depende de varios factores dentro de los cuales podemos destacar:



Figura 6. Vacío generado por el prototipo

**3.2.3.1 Diseño adecuado:** El diseño es un factor muy importante para garantizar el adecuado funcionamiento del circuito, se deben evitar la incorporación excesiva de accesorios (codos, uniones, etc.) para impedir caídas de presión. El circuito debe ser lo mas corto posible para forzar la generación de succión y evitar recorridos excesivos que disminuyan la misma.

**3.2.3.2 Potencia de la bomba.** El prototipo actual esta trabajando con una motobomba de  $\frac{3}{4}$  HP de potencia que es suficiente para mantener la presión y generar succión en los dos aspiradores del circuito. Este mismo diseño se probó con una bomba de menor potencia pero no produjo succión en los aspiradores.

**3.2.3.3 Material de la tubería.** El material recomendado para la construcción del circuito debe ser lo mas liso que sea posible en su interior. Es por ello que los tubos de PVC y las mangueras plásticas fueron los materiales escogidos en el momento de armar el circuito. Los tubos y las mangueras permiten un desplazamiento fácil del agua pues no poseen corrugaciones como la tubería metálica.

**3.2.3.4 Ensamblaje del circuito y accesorios.** Otro punto crítico que puede generar la perdida de la succión es un mal ensamblaje del circuito, se debe tener muy presente no cargar de muchos accesorios el circuito (acoples, uniones, llaves de paso, codos, etc.) pues ellos se convierten en obstáculos para el paso del agua; durante el pegue de las secciones se debe guardar cuidado de que estas queden lo mas afrontadas posibles para evitar saltos del flujo de agua, (3) de igual forma hay que procurar que no quede exceso de pegante en las uniones pues cuando este se seca forma obstáculos que dificultan el paso del agua.

### 3.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO

En términos generales este equipo es muy fácil de operar, solo basta con seguir algunas recomendaciones sencillas pero indispensables para que pueda haber un buen funcionamiento y evitar averías en el sistema. Los pasos a seguir para poner en operación son los siguientes:

- Llenar completamente con agua toda la tubería del circuito incluyendo la cavidad de la motobomba. Este procedimiento se debe realizar en forma descendente de tal manera que se empiece a llenar de primero el tanque de almacenamiento, seguido de la motobomba para terminar con la tubería. Si este proceso se realiza adecuadamente, se garantiza que el aire contenido en las tuberías y la bomba, sea desplazado y salga completamente de ellas; lo que facilita la purga del circuito.
- Purgar el circuito y la motobomba de tal forma que no que aire dentro de ella ni en el sistema de tubería. Esto es importante pues si llega a quedar aire dentro de la bomba puede que esta no funcione bien o se averíe. La purga se realiza dejando circular agua por las tuberías para que esta desplace el aire.
- Encienda la motobomba.
- Verifique que halla succión en los aspiradores, si no es así es porque quedo aire dentro del sistema; en tal caso apague la bomba inmediatamente y vuelva a purgar el circuito. La succión en los aspiradores se puede experimentar de forma sencilla, solo hay que colocar el dedo en la boquilla y sentir si esta succiona la yema. De manera técnica, se puede instalar un vacuometro en los aspiradores para medir exactamente la cantidad de succión que se esta generando.
- Una vez verificado que el sistema esta generando la succión adecuada, ya se puede empezar el proceso de filtración; para ello conecte el matraz de filtración acoplado al embudo Buchner a la boquilla del aspirador y empiece a filtrar.

#### 4. PRUEBAS Y ANALISIS

Se realizo una comparación de el prototipo con los dos métodos actualmente utilizados (Con bomba de vacío y método convencional) en los laboratorios de la escuela de química para filtrar al vacío, para ello se utilizo una solución acuosa sobresaturada la cual se sometió a filtración por cada uno de los métodos en mención, se utilizo un filtro franja azul y se midieron los tiempos y la succión en los diferentes métodos. El volumen de solución sobresaturada utilizado fue de 200 ml, el cual es un volumen promedio que se utiliza durante las prácticas de laboratorio. Los tiempos utilizados durante la filtración con la bomba de vacío y método convencional, se tomaron en el transcurrir de una práctica normal de laboratorio; para luego ser promediados y tabulados. (Tabla 1 y 2). De igual forma se midió el tiempo promedio (Tabla 3) utilizado por el prototipo para filtrar los mismos 200 ml de solución y de esta manera se procedió a comparar los tres métodos. La filtración en los diferentes métodos se llevo a cavo sin ningún inconveniente por lo que se logro obtener gran cantidad de parte sólida y un aceptable filtrado. (Figuras 7,8 y 9).

Las pruebas en los diferentes métodos de filtración arrojaron los siguientes resultados:

##### **BOMBA DE VACIO**

<b>TIEMPO</b>	2:30 min.
<b>VACIO (pulg. Hg.)</b>	20 pulg. Hg.
<b>Vm a filtrar</b>	200ml

Tabla 1. Tiempo y succión en la Bomba de vacío

##### **METODO CONVENCIONAL**

<b>TIEMPO</b>	1:35 min.
<b>VACIO (pulg. Hg.)</b>	25 pulg. Hg.
<b>Vm a filtrar</b>	200ml

Tabla 2. Tiempo y succión en el Método convencional

### PROTOTIPO

<b>TIEMPO</b>	1:40 min.
<b>VACIO (pulg. Hg.)</b>	24 pulg. Hg.
<b>Vm a filtrar</b>	200ml

Tabla 3. Tiempo y succión en el Prototipo



Figura 7. Filtración de una solución sobresaturada por medio de bomba de vacío



Figura 8. Filtración de una solución sobresaturada por medio de del método convencional.



Figura 9. Filtración de una solución sobresaturada por medio del prototipo con recirculación.

#### 4.1 COMPARACIÓN

**4.1.1 Consumo de agua.** Se cuenta con dos métodos que no difieren significativamente en el tiempo de filtración, pero que presentan diferencias abismales con respecto al consumo de agua; el caudal promedio de agua que evacua un aspirador del método convencional es de **0.1870** litros por segundo lo que para el ensayo anterior significaría un consumo promedio de **17.77** litros en los 1:35 minutos que en promedio dura la prueba en realizarse, esto sin contar que la llave del agua se abre antes de empezar la filtración y se cierra después de terminar la misma, además este calculo solo tiene en cuenta el consumo por grupo de dos estudiantes. Si nos remitimos al número de estudiantes (Tabla 4, Grafica 1) que en promedio realizan filtraciones durante un semestre, tendríamos los siguientes datos:

ASIGNATURA	PROMEDO ESTUDIANTES	No GRUPOS POR PAREJA	FILTRACIONES PROMEDIO DURANTE EL SEMESTRE	TOTAL FILTRACIONES
ORGANICA I	100	50	3	150
ORGANICA II	100	50	3	150
ORGANICA III	40	20	6	120
INORGANICA	20	10	5	50
TOTAL	260	130	18	470

Tabla 4. Promedio de estudiantes que por asignatura, realizan filtraciones en los laboratorios de química.



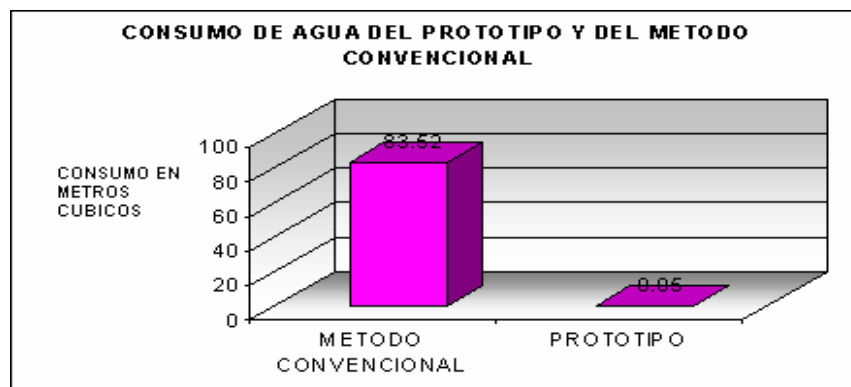
Grafica 1. Volumen promedio de agua utilizado por cada asignatura durante la filtración convencional en semestre académico

<b>AGIGNATURA</b>	<b>Vm UTILIZADO</b>
ORGANICA I	2665.5 lt
ORGANICA II	2665.5 lt
ORGANICA III	2132.4 lt
INORGANICA	888.5 lt
<b>TOTAL</b>	<b>8351.9 lt</b>

Tabla 5. Volumen promedio de agua utilizado por cada asignatura durante la filtración convencional en semestre académico

Durante un semestre si se utilizara solamente el método convencional para realizar las filtraciones, se podrían llegar a gastar hasta 8351.9 litros de agua potable; unos 83.52 m<sup>3</sup> (Grafica 2, Tabla 5) que se irían al alcantarillado sin oportunidad de darle otro uso.

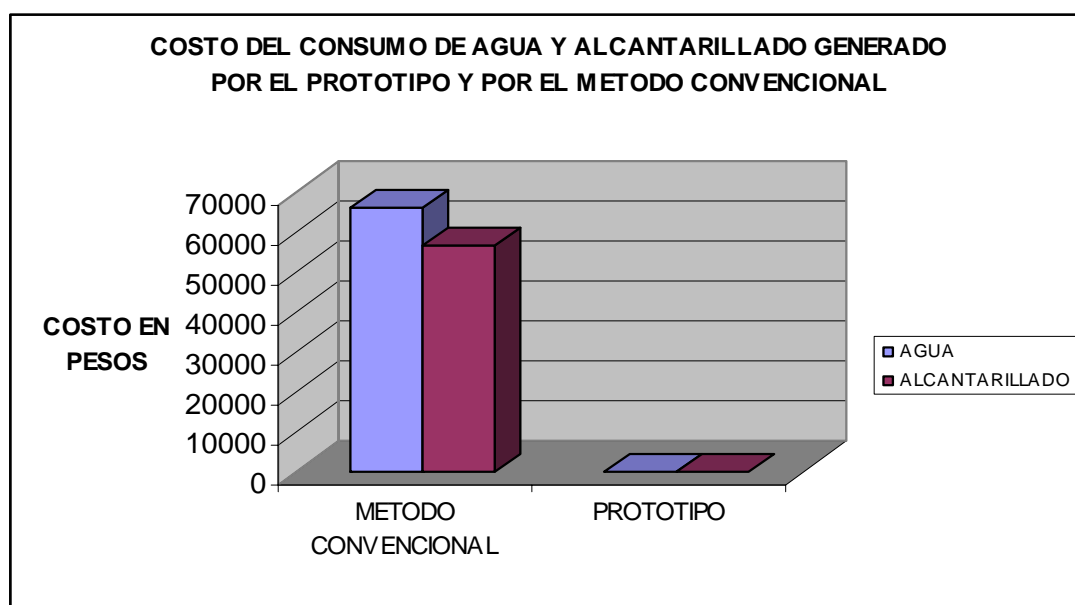
El prototipo de filtración al vacío con recirculación, posee un tanque con capacidad de 5 litros; este mismo volumen estará representando el consumo máximo (Grafica 2) de agua del equipo puesto que no es necesario reemplazar el vital líquido cada vez que se vaya a realizar un nuevo proceso de filtración.



Grafica 2. Consumo de agua del producto y del método convencional

#### 4.1.1.1 Costo del consumo de agua y alcantarillado generado por el prototipo y por el método convencional.

Utilizar exclusivamente el método convencional para realizar las filtraciones durante el semestre académico; (TABLA 6) podría generar un gasto que por concepto de acueducto ( Grafica 3); significaría unos 65730.24 pesos (787 pesos; Valor m<sup>3</sup> de agua estrato 4; tarifas Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A 2006) y por alcantarillado unos 56376 pesos (675 pesos; Valor m<sup>3</sup> alcantarillado estrato 4; tarifas Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A 2006); en cambio, utilizar exclusivamente el prototipo para realizar las filtraciones de un semestre acarrearía solamente un costo de 39.35 pesos por concepto del acueducto y 33.75 pesos por alcantarillado (Grafica 3); esto suponiendo que se recambien en cada semestre, los 5 litros que el prototipo utiliza para su funcionamiento, lo que no es necesario si se guardan las medidas preventivas necesarias durante la operación del mismo.



Grafica 3. Costo del consumo de agua y alcantarillado generado por el prototipo y por el método convencional

	MÉTODO	
	CONVENCIONAL	PROTOTIPO
<b>Agua</b>	65730.24 pesos	39.35 pesos
<b>Alcantarillado</b>	56376 pesos	33.75 pesos

Tabla 6. Costo del consumo de agua y alcantarillado generado por el prototipo y por el método convencional

**4.1.2 Consumo energético y su costo en pesos.** Según las especificaciones de los motor se determinaron las potencias de cada equipo mediante la siguiente formula:  $P=V*A$

P=Potencia en Watios (w)

V= voltaje;

A= amperaje

• **Bomba de vacío ( 115v – 2.9A)**

$$P=V*A$$

$$P= 115V * 2.9 A$$

$$P= 333.5 W/1000 = 0,3335 KW$$

**Bomba del prototipo (110V - 9.8<sup>a</sup>)**

$$P=V*A$$

$$P= 110V * 9.8 A$$

$$P= 1078w/1000 = 1.078KW$$

El consumo energético se determina mediante la siguiente formula:  $E= P*t$

E = Energía

P= Potencia

t = tiempo

### **Bomba de vacío**

$$P = 0,3335 \text{ KW}$$

$$T = 2,30 \text{ minutos (150 segundos)}$$

$$E = 0.3335 * 150$$

$$E = 50.025\text{KW}/3600\text{seg} = 0.0138 \text{ KWh}$$

Si se realizaran todas las filtraciones (470 aprox.; tabla 4.) a través de la bomba de vacío se tendría un consumo energético (0.0138 Kwh. \* 470) de 6.5310 Kwh. aproximadamente, que en términos monetarios significaría un gasto de 2127.5 pesos colombianos (Valor Kwh. industrial = 324.29 pesos; tarifas Electrificadota de Santander S.A.; 2006)

### **Bomba del prototipo**

$$P = 1.078\text{KW}$$

$$T = 1,40 \text{ minutos (100 segundos)}$$

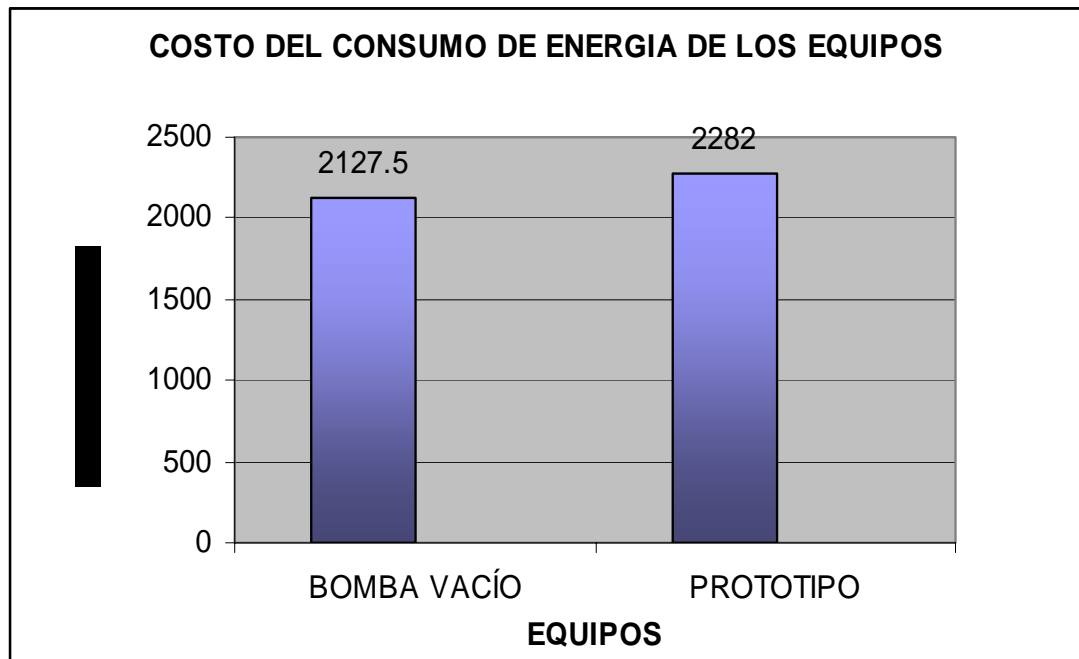
$$E = 1.078 * 100$$

$$E = 107.8\text{KW}/3600\text{seg} = 0.02994 \text{ Kwh.}$$

Si se hicieran todas las filtraciones (TABLA 4) a través del prototipo se tendría un gasto energético (0.02994 Kwh. \* 470) de 14.07 Kwh. Este valor tendría que dividirse en dos puesto que a través del prototipo se pueden hacer dos filtraciones simultaneas lo que nos daría un consumo de 7.036 aproximadamente (Grafica N° 4), que en términos monetarios significaría un gasto de 2282 pesos colombianos (Grafica N° 4) (Valor Kwh. industrial = 324.29 pesos; tarifas Electrificadota de Santander S.A.; 2006)

Como se aprecia en los datos, el costo del consumo de la motobomba perteneciente al prototipo es mayor que el de la bomba de vacío, esto se debe a las características de potencia de la motobomba que este caso es mayor que la de la bomba al vacío. Sin embargo el incremento por parte de la

bomba del prototipo es de solo 154.5 pesos; lo que en términos reales no muestra una diferencia significativa entre los dos equipos.



Grafica 4. Costo del consumo de energía de los equipos

**4.1.2 Tiempos de filtración.** Refiriéndonos a los datos de las pruebas; la bomba de vacío sin contar el tiempo utilizado para montar y desmontar el matraz en cada proceso, emplea 5 minutos para realizar dos filtraciones en dos momentos diferentes mientras el prototipo tan solo utiliza 1:40 minutos (100 segundos) para realizar el mismo numero de filtraciones en forma simultanea, gracias a que cuenta con dos puntos de trabajo que conservan la misma succión (tabla N° 3). Esta es una ventaja que posee el prototipo y que ayuda a disminuir el tiempo que emplean los estudiantes durante la filtración. (Figura 10)

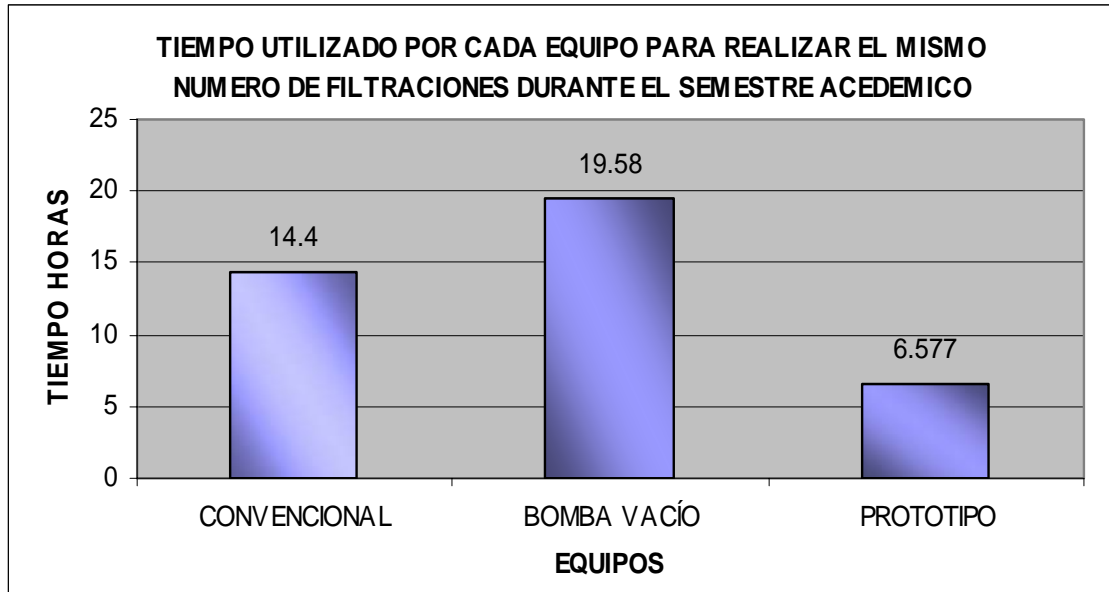


Figura 10. Puntos de succión del prototipo

Por otro lado; (Grafica 5, tabla 7) si realizáramos todas las filtraciones con el prototipo, se podrían ahorrar hasta 13 horas aproximadamente si se compara con la bomba de vacío y hasta 7.8 horas aproximadamente comparado con el método convencional.

MÉTODO	TIEMPO	N° de Filtraciones	TOTAL segundos	Total horas
CONVENCIONAL	95 seg.	470	44650 seg.	14.40 horas
BOMBA VACÍO	150 seg.	470	70500 seg.	19.58 horas
PROTOTIPO	100 seg./2	470	23500 seg.	6.577 horas

Tabla 7. Tiempo empleado por cada método para realizar todas las filtraciones durante el semestre.



Grafica 5. Tiempo utilizado por cada equipo para realizar el mismo número de filtraciones durante el semestre académico

**4.1.3 Velocidad de filtración.** Al medir los tiempos requeridos por los diferentes métodos para filtrar el mismo volumen de una solución sobresaturada, se pudo observar que el método convencional es el más veloz de todos, sin embargo al comparar el tiempo (tabla N° 3) utilizado por el prototipo para realizar el mismo procedimiento, no existe una diferencia significativa al respecto. La bomba de vacío resulto ser la menos veloz (tabla N° 1) de los tres métodos utilizando sorpresivamente casi el doble de tiempo que requirió el método convencional para realizar la misma operación.

**4.1.4 Vacío.** Para medir la succión se utilizo un vacuometro que se acoplo a los aspiradores del prototipo y del método convencional e igualmente a la manguera de succión de la bomba de vacío. El método convencional (figura11) genera mayor succión que el prototipo de recirculación y que la bomba de vacío (tablas 1, 2 y 3) pero utiliza para ello grandes volúmenes de agua; la diferencia entre el vacío generado por el método convencional y el prototipo (figura 12) es mínima a pesar de que este ultimo utiliza dos puntos de succión.

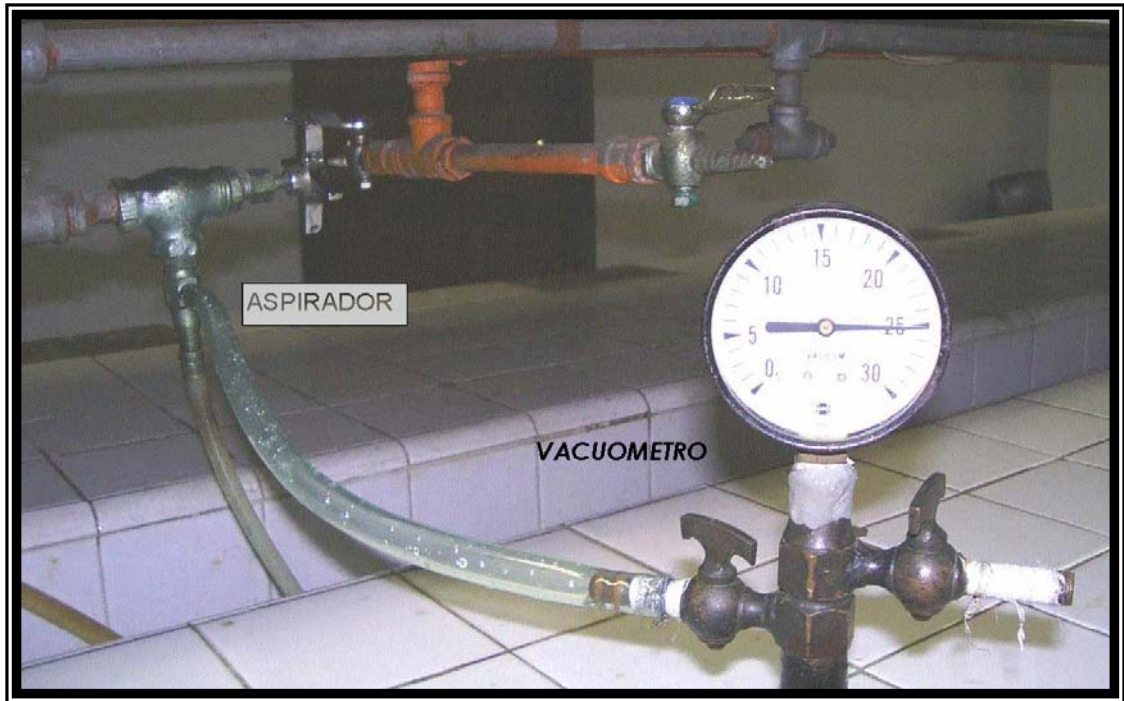


Figura 11. Medida de la succión en el método convencional.



Figura 12. Medida de la succión en el prototipo

Como se aprecia en la figura 13 la bomba de vacío está generando una succión de 20 pulgadas de Hg.; que es inferior a la succión del prototipo y a la del método tradicional, además está midiendo valores errados en su manómetro, lo que muestra problemas técnicos e ineficiencia en el equipo.

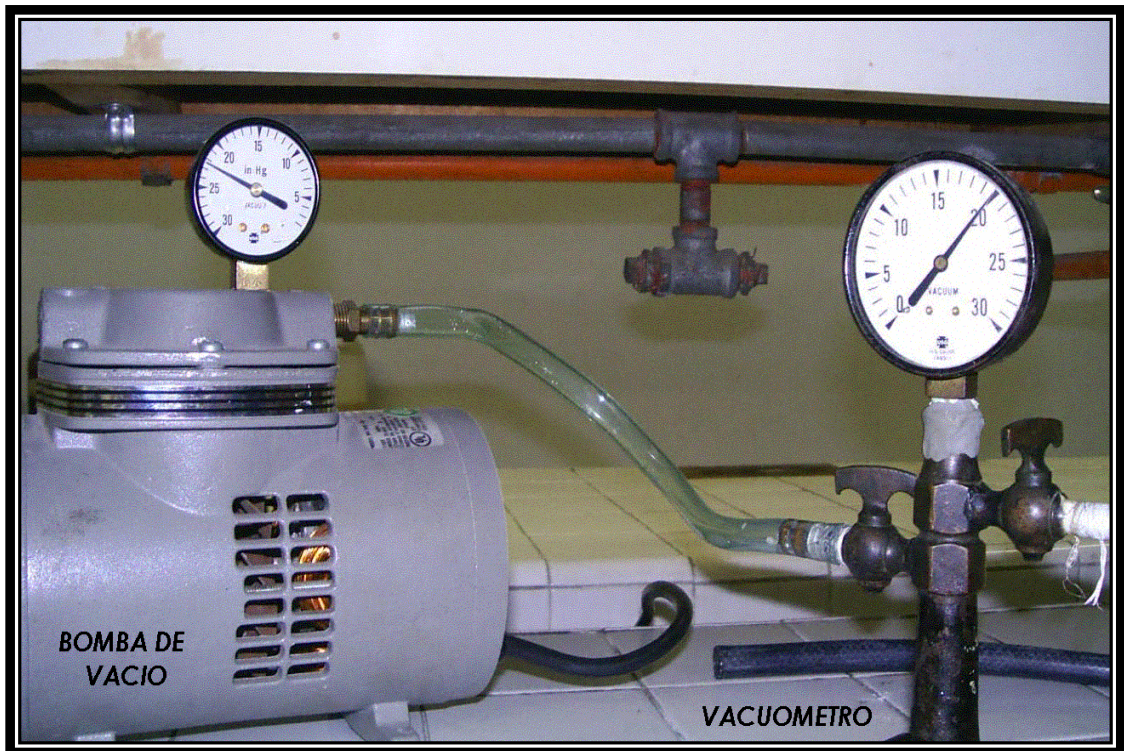


Figura 13. Medida de la succión en la bomba de vacío

## **5. PROPUESTAS Y SUGERENCIAS**

El uso eficiente del agua señalado en la Ley 373 de 1997 específica que tanto las entidades públicas como privadas deben implementar mecanismos y equipamiento que contribuyan a disminuir el consumo de agua. El cumplimiento de dicha ley es obligatorio y la no acogencia de la misma acarrearía sanciones a las instituciones y al personal que este a cargo de las mismas (20) (DECRETO 3102 DE 1997, artículos 7,8 y 9).

La implementación de cualquier mecanismo que colabore al ahorro de agua contribuye de una manera u otra a mejorar la calidad ambiental de nuestro entorno. Indudablemente la propuesta de implementar un prototipo de filtración al vacío con recirculación de agua, marca una pauta ambiental en donde el ahorro del recurso agua cobra vital importancia. El prototipo es un equipo económico desde cualquier punto de vista, su consumo máximo de agua no supera los cinco litros, su eficiencia no tiene nada que envidiarle a la mostrada por los otros sistemas de filtración. Es un equipo que agiliza los procesos pues cuenta con dos puntos de succión para realizar la filtración. Además es un equipo producto de la tecnología criolla que soluciona un problema sin tener que recurrir a la inventiva extranjera.

### **5.1 EFICIENCIA DEL EQUIPO**

La eficiencia del equipo se puede aumentar, reduciendo accesorios en las tuberías; de esta forma disminuirían las caídas de presión y se podría utilizar una bomba de menor capacidad para aminorar costos. De igual forma se puede utilizar tubería de menor diámetro para forzar un aumento de presión y evitar en lo máximo, la utilización de tubería y accesorios metálicos pues estos traen muchas corrugaciones. Una bomba de mayor potencia podría ser una opción si se quieren más de dos puntos de vacío para trabajar.

## **5.2 COSTO DEL EQUIPO**

El prototipo es un equipo muy económico y sus partes confortantes son fáciles de adquirir en el mercado. La inversión para construir un equipo con el propuesto, no supera la suma de un millón doscientos mil pesos colombianos (\$1.200.000) y al compararlo con lo que puede costar una buena bomba de vacío, este valor no supera la mitad del costo de la misma. Por otro lado, con el diseño actual que posee el equipo, se puede realizar el mismo trabajo que harían dos bombas de vacío trabajando simultáneamente; lo que demuestra que desde todo punto de vista tanto ambiental como económico, este prototipo es bastante ahorrador.

## **5.3 COMPARATIVO EN PESOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DE AGUA DE CADA EQUIPO.**

En términos monetarios el prototipo consumiría durante el semestre (grafica 4) tan solo 2282 pesos para realizar todas las filtraciones de las actividades académicas; esto comparado con los 122106 pesos que se gastarían por concepto de consumo de acueducto y alcantarillado (Grafica 3) si se utilizara solamente el método convencional, nos demuestra que el prototipo es un equipo económicamente poco consumidor. Por otro lado si se compara el consumo energético del prototipo con el de la bomba de vacío (grafica 4) (2127 pesos), tan solo tendríamos un exceso de 154 pesos lo que nos daría una diferencia poco significativa.

## **5.4 AHORRO DE AGUA**

Según las pruebas hechas con este prototipo en donde el consumo de agua es de 5 litros como máximo para la realizar las filtraciones que se deseen y comparado con el volumen utilizado por el método convencional para filtrar de 200 ml de una solución, se pueden llegar a ahorrar hasta **17.77** litros de agua

potable durante cada proceso de filtración utilizando el prototipo de recirculación.

En una práctica rutinaria de laboratorio donde se realizan procesos de filtración hay un promedio de 20 estudiantes dispuestos por lo general en grupo de a dos; por lo que en cada práctica se realizan como mínimo 10 procesos de filtración. Para las pruebas hechas en el prototipo esto significaría un ahorro de 177.7 litros de agua por practica. Durante un semestre académico, en los laboratorios de química se realizan un promedio de 470 filtraciones (tabla 4) lo que nos representa un ahorro de 83,52 metros cúbicos de agua potable si se implementara el prototipo de filtración.

## **5.5 AHORRO DE TIEMPO**

Por otro lado, el prototipo reduce los tiempos utilizados durante la filtración pues consta de dos tomas de vacío que se pueden utilizar simultáneamente. Este aspecto nos representa un ahorro de 13 horas (Grafica 5) con respecto a la bomba de vacío que es el método que no utiliza agua durante la filtración. Con estas 13 horas se podrían realizar dos a más prácticas de laboratorios, clases magistrales, talleres o cualquier otra actividad académica para fortalecer el conocimiento de los estudiantes.

Las bondades de el prototipo en muchas cuestiones son bastante explicitas y por ello seria muy significativo que en la escuela de química se implementara un sistema de filtración como el anteriormente expuesto. Esto pondría a la escuela de química en la vanguardia con respecto a la legislación ambiental colombiana y a su vez se agilizaría sustancialmente los procesos de filtración en las prácticas de laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ASOCIACIÓN MUNDIAL PARA EL AGUA (GWP) Manejo integrado de recursos hídricos .2000.
2. CHANDUVÍ FERNANDO LA ACCIÓN DE LA FAO SOBRE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS. FAO. Gestión de la Calidad del Agua. Pág. 11-12
3. CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías.1992.
4. ECONOMIST. Water in the Middle East: As thick as blood. Economist, Dec. 23, 1996. p. 53-55.
5. EUROPEAN SCHOOLBOOKS (ES). The battle for water: Earth's most precious resource. Cheltenham, United Kingdom, ES. 1994. p. 1-16.
6. FALKENMARK, M., LUNDQVIST, J., and WIDSTRAND, C. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. Natural Resources Forum 13(4): 258-267. Nov. 1989.
7. FALKENMARK, M. and LINDH, G. Water and economic development. In: Gleick, P., ed. Water in crisis. New York, Oxford University Press, 1993. p. 80-91.
8. GLEICK, P. Water and conflict: Fresh water resources and international security. International Security 18(1): 79-112. Summer 1993.

9. GLEICK, P. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *International Water* 21(2): 83-92. 1996.
10. INTERNATIONAL WATER AND SANITATION CENTRE (IRC). *Uso Eficiente Del Agua*, 2004.
11. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). OFERTA Y DEMANDA DEL RECURSO HIDRICO EN COLOMBIA. Pág. 11-12
12. KIERNAN, V. Wealthy nations face drinking water crisis. *New Scientist*, Jun. 1, 1996. p.10.
13. KRAEMER, D. Integrated information management and the utilization of hydrological data.
14. MERLA, A. A Commitment to the global environment: The role of GEF and international waters.
15. MCKIBBEN, B. A special moment in history. *Atlantic Monthly*, May 1998. p. 55-78. POSTEL, S. *Last oasis: Facing water scarcity*. New York, Norton, 1997. p. 17-191.
16. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. *Water: the bloodstream of the biosphere*.(2003) 358, 1921–1934
17. POSTEL, S. *Last oasis: Facing water scarcity*. New York, Norton, 1997. p. 17-191.

18. POSTEL, S. Water and agriculture. In: Gleick, P., ed. Water in crisis. New York, Oxford
19. REPUBLICA DE COLOMBIA. LEY 373. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. JUNIO 1997.
20. REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. DECRETO 3102. Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. 1997
21. WARNER, D. Drinking water supply and environmental sanitation for health. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, Mar. 19-21, 1998. P.1-10.