

SIMULACION DE LLENADO DE DOS TANQUES CON AGUA DE LAVADO DOMESTICO PARA VIVIENDA FAMILIAR CON SOSTENIMIENTO AMBIENTAL

Cristian Cortes¹, Jhon Guevara², Cristian Quitian³, Jhon Saavedra⁴, Hector Valero⁵

Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales (UNIECCI)

[¹cristiancortesbarreto@hotmail.com](mailto:cristiancortesbarreto@hotmail.com)

[²jagv.22@gmail.com](mailto:jagv.22@gmail.com)

[³cr-0216num@hotmail.com](mailto:cr-0216num@hotmail.com)

[⁴saafi.jj@gmail.com](mailto:saafi.jj@gmail.com)

[⁵hesavave83@gmail.com](mailto:hesavave83@gmail.com)

RESUMEN

Se implementa una simulación con dos tanques para el almacenamiento de aguas de lavado doméstico, el cual consta de sensores de nivel de agua y alarmas, con válvulas para el control del flujo de agua, y una electrobomba para el llenado del tanque superior. Se desarrolló una interfaz en Labview 2013 para una mejor visualización de la operación, a través de módulo DSC inserción de válvulas y tuberías, comprobando el correcto funcionamiento de la interfaz.

PALABRAS CLAVES: Tanques, simulación Labview, sensores, control.

ABSTRACT

Asimulation with two storage tanks for washing domestic waters, which consists of water level sensors and an electric pump for filling the upper tank, is implemented. Interface was developed in Labview 2013 for better visualization of the operation through the DSC module with insertion of valves anpipelines, ensuring the proper functioning of the interface.

KEYWORDS: Tank, simulation, Labview, sensors, storage.

1. INTRODUCCION

Con el crecimiento a gran escala de habitantes en Bogotá desde las últimas décadas [1] con lleva a que el recurso hídrico se consuma cada vez en grandes proporciones, la falta de una cultura por preservar el líquido vital, lleva a que este recurso hídrico cada vez sea más escaso en las reservas que contienen un líquido en una buena calidad para el consumo humano [2], y que el costo cada vez sea más alto por el desperdicio por parte de la ciudadanía. Debido a esto se plantea una solución tanto para reducir los costos de facturación y crear un impacto positivo para

el medio ambiente a través de la automatización para la reutilización de aguas residuales domesticas [3]; esta práctica es muy utilizada en otros países donde le tienen diversos usos en riegos agrícolas en jardines cementerios, calderas sistemas de refrigeración, todo con el objetivo de volverlo un ciclo hidrológico, así podríamos comenzar en una sociedad ideal de la reutilización de las aguas residuales y empezar a evitar la contaminación de otras aguas y esto sería un recurso hídrico alternativo para el beneficio de la sociedad y del medio ambiente [4].

La era de la virtualidad es una herramienta que ayuda a planificar a diseñar y poder corregir antes de ejecutar un proyecto en la realidad, la simulación a través de software como Labview ayuda a garantizar que el proyecto sea viable, debido a su entorno gráfico y las herramientas que ofrece el software ciclos de condicionales módulos de válvulas, tanques, plc, recopilar información y adquirir esta mediante tarjeta de datos [5]. Además la interfaz de Labview es muy aplicada en la industria por la facilidad que ofrece para simular en cualquier proceso industrial [6].

2. MARCO TEORICO

Es fundamental comprender el principio de funcionamiento del almacenamiento de aguas residuales para una vivienda familiar de dos plantas de nivel, y cada una de sus etapas del proceso de automatización.

2.1 Almacenamiento de agua

El proceso cuenta con dos tanques de almacenamiento de aguas residuales domesticas con capacidad del tanque uno (TK- 001) de 600 litros y el tanque dos (TK-002) con capacidad de 1100 litros, los cuales tienen unos indicadores de nivel de agua, nivel alto (LI- 01) y nivel bajo (LI-02). El tanque (TK-001) su función es de almacenar el agua proveniente de la lavadora y del lavamanos; el tanque (TK-002) su función es de distribuir el agua por gravedad a los tanques de los inodoros de la casa. Ver figura 1.

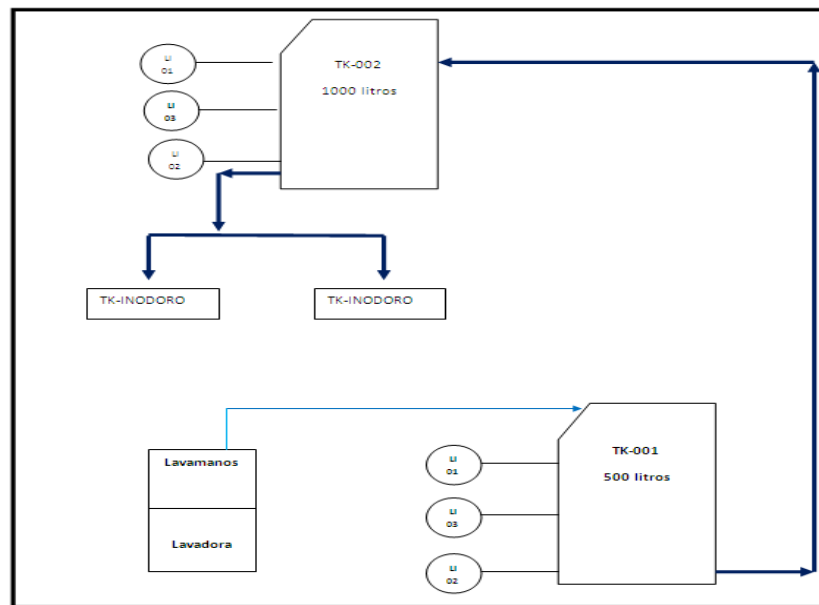


Figura1. Almacenamiento y distribución de aguas residuales

2.2 Funcionamiento de válvulas y motor

El sistema cuenta con una válvula solenoide V-100 [7] es la que da la apertura al tanque TK-001, para el llenado de agua proveniente de la lavadora y lavamanos, cuando el sensor de nivel medio LI-03[8] se activa, hay una señal para que actúe sobre la válvula solenoide V-101 y de paso de agua y encienda la electrobomba M-01[9] para el llenado del TK 002, al activar el sensor de nivel alto LI-01, automáticamente apaga la electrobomba y cierra la válvula V-101, la válvula de bola V-103 es una válvula manual que siempre va estar abierta para el paso del agua para los TK-inodoro. Si los tanques llegan a sufrir una falta de suministro y se activan los indicadores de nivel bajo LI-02, hay una señal que actúa en la válvula solenoide V-104 para que esta de apertura al ingreso de agua potable, si los tanques de almacenamiento y reserva se encuentran con el sensor de nivel LI-01 hay una señal que actúa en la válvula solenoide V-105 esta se abre para dejar salir agua hacia la red de alcantarillado y desocupar hasta el nivel LI-03 el tanque de almacenamiento. Ver figura 2.

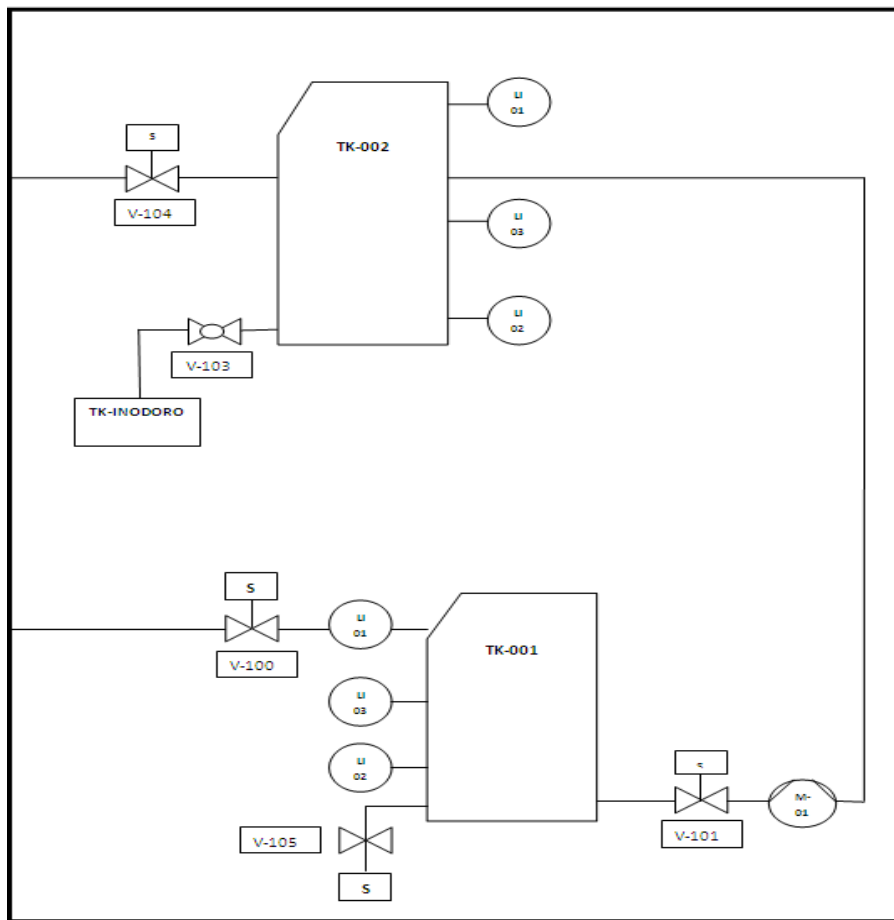


Figura 2. Distribución de válvulas y motor y sensores de nivel


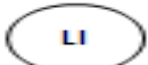
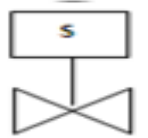

	tanque	TK-001 TK-002
	control de nivel	LI-01 LI-02 LI-03
	valvula solenoide	V-100 V-101 V-104 V-105
	electrobomba	M-01
	valvula de bola	V-103

Figura 3. Nomenclatura del proceso. [10]

3 CALCULO PARA EL CAUDAL PARA LA TUBERIA

Se debe tener los cálculos requeridos del caudal en la tubería para tener la información y facilitar la elección de la bomba que va alimentar el tanque de reserva, con la siguiente formula hallamos el caudal de la tubería.

$$Q=S*V \quad (1)$$

$$S=\pi/4*d^2 \quad (2)$$

Donde:

Q= caudal m³/s. [11].

S= área o sección de la superficie transversal interior del conducto normal a la dirección de la circulación del flujo en m² [11].

V= velocidad de circulación en m/s. [11].

El diámetro de la tubería se obtiene de los tanques de almacenamiento debido a que tienen un diámetro comercial de 1/2". La velocidad de circulación la obtenemos de consultar las tablas en el textos para una mejor precisión en caudal, el cual tomamos el valor de 2m/s [12]

Tabla1. Calculo del caudal

Q	S	V
0.25334 m/s	126.67 m2	2 m/S

3.1 Calculo para la selección de la bomba

Se debe tener en cuenta que según la posición de la bomba tiene una clasificación y además que influye al momento de tomar la decisión correcta.

Por la posición de la electrobomba que se encuentra ubicada al mismo nivel del agua a bombear es una **bomba de impulsión superficie de carga** se debe tener los siguientes aspectos [13] como se muestra en la figura 5.

Altura (H); Altura geométrica (Hg); Altura de aspiración (Ha); Altura de impulsión (Hi); altura manométrica (Hm).

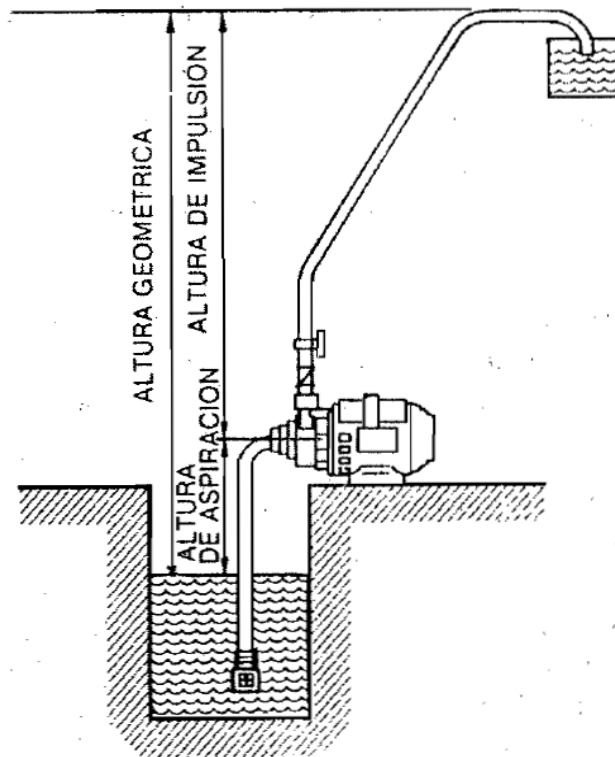


Figura 5. Representación gráfica de alturas [14]

Teniendo las medidas de altura geométrica y la clasificación de la bomba en las fichas técnicas nos sirven como soporte para tener una elección de electrobomba adecuada la altura geométrica de los tanques de almacenamiento es de 6.60m con el resultado del caudal y la altura nos vamos a la ficha técnica y en el comercio encontramos una electrobomba marca comercial con ficha técnica:

Q: 5-35l/min Q Max: 2100l/hora.

Max: 35m 1/2Hp

V: 110V/220V

Esta electrobomba cumple con el funcionamiento adecuado para el suministro de agua.

4. INTERFAZ DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Utilizando el software Labview 2013 para el uso de la interfaz para el proyecto el cual se usa las herramientas de control, módulos de extensión y ciclos condicionales que serán utilizados para la respectiva simulación.

En la interfaz encontramos instrumentos virtuales que se ven reflejados en nuestra ventana como indicadores de los tanques, en indicador para la lavadora y las manos y una red de tubería que está conectada a los tanques y válvulas, donde se puede interactuar con el proceso de almacenamiento en la vivienda.

Los tanques cuentan con un sensor de nivel el cual está indicando la capacidad de agua que tiene cada tanque conectados a unos ciclos “while” para que el sistema de llenado no se interrumpa en ningún momento y manejando la “estructura case” con un “True” para condicionar el botón start y el reset con el cual condicionamos el botón reset como se observa en la figura 6

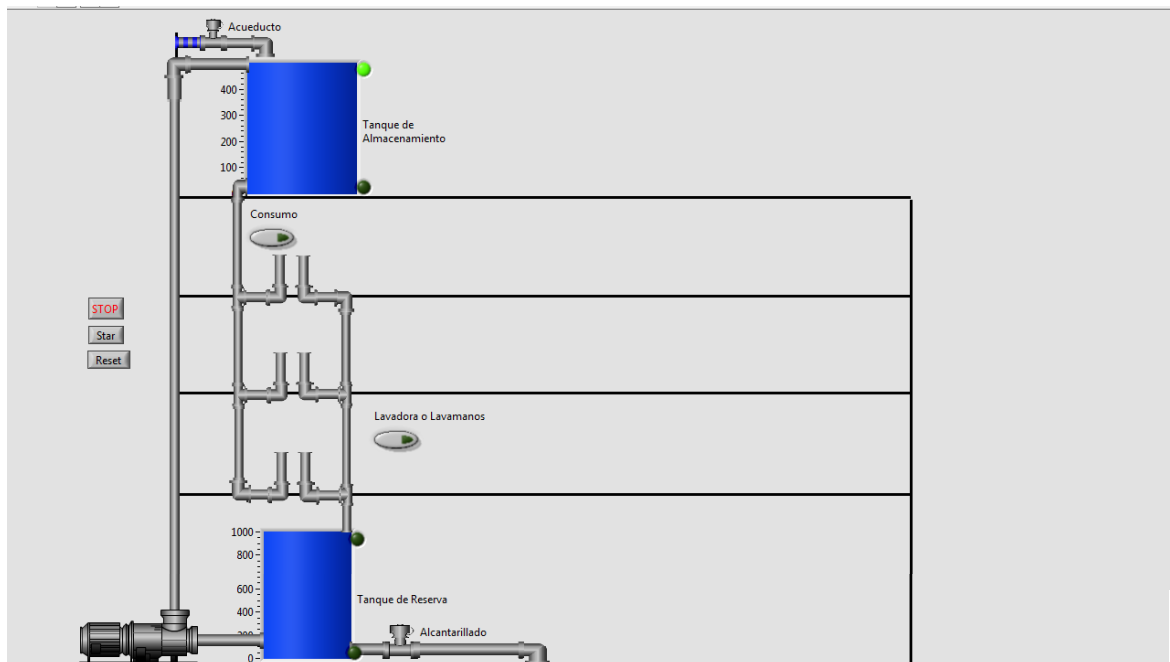


Figura 6. Panel frontal

Los programas desarrollados mediante Labview se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VIs. Todos los VIs tienen un panel frontal y un diagrama de bloques. Las

paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VIs. [15] como se muestra en la figura 7

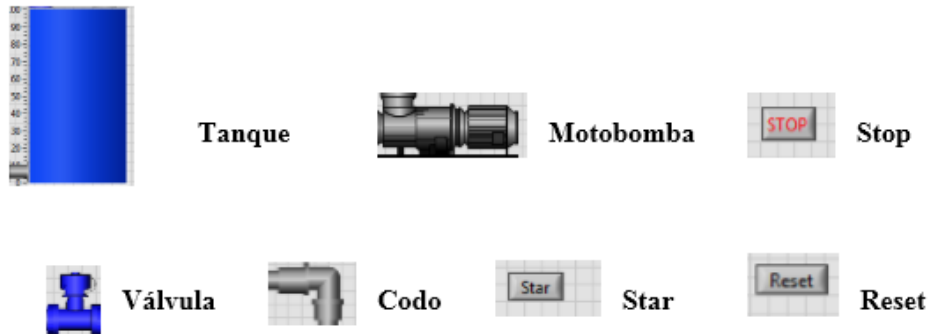


Figura 7. Nomenclatura parte gráfica del panel frontal

La programación posee unos controles de llenado, ciclos de funcionamiento etc., en las cuales miramos en la figura8. Para sacar provecho del rendimiento disponible en procesadores multinúcleo, se ha de usar el multihilo en sus aplicaciones (en otras palabras dividir las aplicaciones en secciones directas que puedan ser ejecutadas de forma independiente). Si se emplea los tradicionales lenguajes basados en texto, debe crear y administrar hilos para implementar el paralelismo [16]

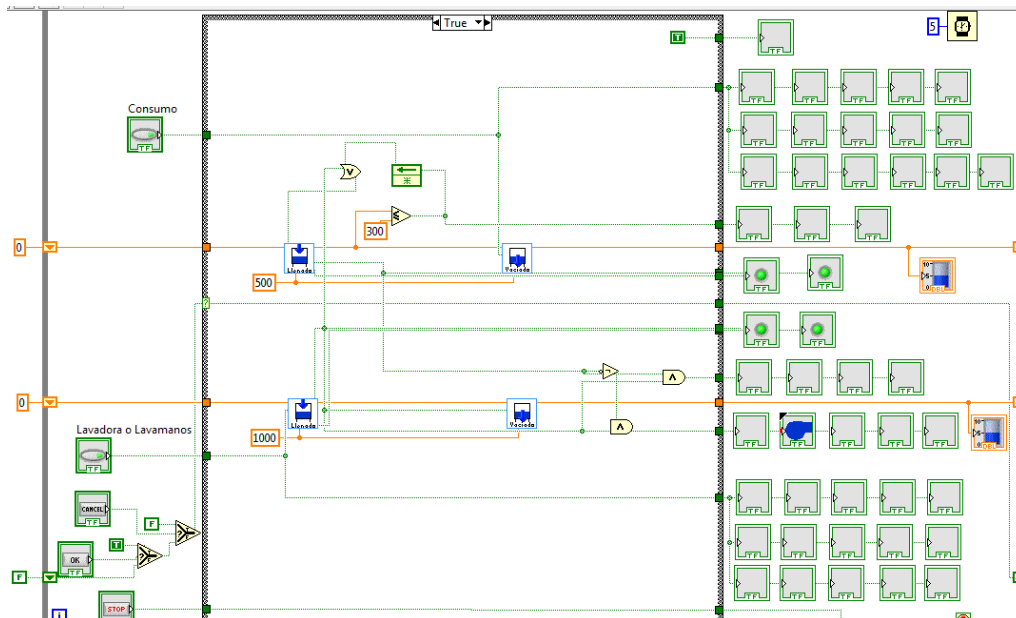


Figura8. Diagrama de bloques

Al igual que otras estructuras posee varios sub-diagramas, que se superponen como si de una baraja de cartas se tratara. En la parte superior del sub-diagrama aparece el identificador del que se está representando en pantalla. A ambos lados de este identificador aparecen unas flechas que permiten pasar de un sub-diagrama a otro [17]. En la programación encontraremos en el primer tablero un ciclo “While” donde podremos poner ciclos infinitos o repetitivos para el sistema, también utilizamos una estructura “CASE” en la cual se tiene:

TRUE la condicionamos al botón de STAR

FALSE la condicionamos al botón de RESET

Por otra parte para entender un poco más de la programación el significado del color de las líneas que se ven en la programación como lo son las líneas naranjas las cuales son constantes numéricas y las líneas verdes son donde corren datos booleanos como se ve en la figura 9. En la programación también se observa el uso de compuerta lógicas como la AND, OR Y NOR utilizadas como indicadores como de se ve en la figura 9.

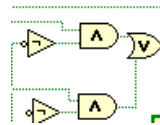


Figura 9. Compuertas lógicas

Encontramos también un tiempo de espera como se muestra en la figura 10 es el cual nos evalúa el tiempo entre cada ciclo en milisegundos en este caso es el llenado de los tanque

Las selectoras son las que evalúan que tipo de estructura CASE es si es TRUE o si es FALSE

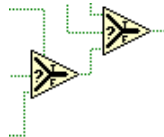


Figura 10. Selectoras

5. COSTOS DEL PROYECTO

La evaluación de los costos en el proyecto es fundamental para soportar que tan beneficiosa sea la propuesta, en adquisición de elementos a nivel local, cuantos proveedores están disponibles y

lo más importante cual es el mejor precio en el mercado. A continuación se puede observar el costo de inversión que se necesita para la implementación del proyecto aclarando que los precios varían según el proveedor y la marca de los elementos. Ver tabla 2.

Tabla 2. Tabla de elementos para la implementar propuesta y sus costos en miles de pesos.

COSTO DE INVERSION				
DESCRIPCION	REFERENCIA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (Pesos)	COSTO (Pesos)
Tanque botella	1100 litros	1	\$369.000	\$369.000
Tanque botella	600 litros	1	\$119.000	\$119.000
Tubo PVC	Diámetro ½ "	18	\$2.100	\$37.800
Codo PVC	Acople codo ½ "	8	\$250	\$2.000
Acople de salida y entrada	Acople reductor 1" a ½"	2	\$1.300	\$2.600
electrobomba	Maraca comercial ½ Hp 110V AC	1	\$85.000	\$85.000
Válvula solenoide 2/2	½" ALIMENTACION 110v	4	\$146.000	\$584.000
Sensor de nivel	Angulo recto flotador	4	\$23.000	\$92.000
Válvula de bola	½"	1	\$15.000	\$15.000
TOTAL				\$1.306.400

5.1 Costos en la facturación por consumo de agua en lavadora y lavamanos.

En una vivienda familiar parte del consumo de agua lo origina el uso de lavadora y lavamanos cada vez que se requiera, para este caso vamos a tener en cuenta que la casa modelo cuenta con tres baños tres lavamanos, y como es una casa familiar se cuenta con una lavadora. Evaluaremos el consumo de agua por estratos debido que el precio de m³ de agua varia en los niveles sociales, para tener en cuenta estos costos los tomamos de las tarifas que están estipuladas para el año 2015[18] regidas por la empresa de acueducto de agua y alcantarillado de Bogotá, se realiza el costo de facturación teniendo en cuenta el número de personas que habitan en una vivienda.

El consumo de una lavadora es de 70 litros aproximadamente, en Bogotá una persona promedio está utilizando un litro de agua para lavarse las manos. En la siguiente tabla se muestra los costos de facturación sin implementar el proyecto. Ver tabla 3.

Tabla 3. Costo de facturación de lavadora y lavamanos en moneda pesos

COSTO DE FACTURA SIN IMPLEMENTACION DE PROPUESTA EN GASTOS DE USO DE LAVAMANOS Y LAVADORA									
ESTRATO	ENTRADA VALOR m3	SALIDA VALOR m3	COSTO TOTAL DE M3en lavamanos	COSTO TOTAL DE m3 EN LAVADORAS	NUMERO DE PERSONAS	FRECUENCIA DE LAVADORA DIAS	COSTO TOTAL LAVADORA # FRECUENCIA	TOTAL # DIAS LAVAMANOS	TOTAL #DIAS LAVADORA
1	753.37	461.61	\$1.21	\$85.05	6	3	\$17.86	\$0.53	\$428.64
2	1.506.75	923.23	\$2.43	\$170.10	4	3	\$35.72	\$1.42	\$ 857,30
3	2.134.55	1.307.91	\$3.44	\$240.97	4	4	\$67.47	\$2.84	\$1.619.33
4	2.511.24	1.538.71	\$4.05	\$283.50	4	5	\$99.22	\$3.94	\$2.381.37
5	3.892.43	2.323.46	\$12.43	\$ 435,11	4	5	\$152.29	\$74.18	\$3.654.94
6	4.143.55	2.477.33	\$13.24	\$463.46	4	5	\$162.21	\$84.17	\$3.893.08

5.2 Costo de facturación por consumo de agua en inodoros.

El mercado se encuentran inodoros de bajo consumo 6 litros de agua, a comparación de los antiguos inodoros que consumían 13 litros de agua [19], a continuación se mostrara el consumo en una vivienda familiar teniendo en cuenta el número de personas y el número de descargas que realiza cada persona, se promedia que cada persona hace dos descargas al día, y con las tarifas del acueducto y alcantarillado de Bogotá. Ver tabla 4.

Tabla 4. Costo de facturación de inodoro moneda pesos

COSTO DE FACTURACION DE USO DE INODORO SIN IMPLEMENTACION										
ESTRATO	ENTRADA VALOR m3	SALIDA VALOR m3	INODOROS LITROS	NUMEROS DE PERSONAS	TOTAL LITROS	NUMERO DE DESCARGAS	TOTAL LITROS DESCARGADOS	TOTAL m3	COSTO TOTAL m3 DIA (PESOS)	COSTO TOTAL EN 60 DIAS
1	753,37	461,61	6	6	72	12	864	0,864	\$1,049,74	\$62,984,50
2	1,506,75	923,23	6	4	48	8	384	0,384	\$ 933,11	\$55,986,69
3	2,511,24	1,307,91	6	4	48	8	384	0,384	\$1,321,91	\$79,314,36
4	2,511,24	1,538,71	6	4	48	8	384	0,384	\$1,55,18	93,310,92
5	3,892,43	2,323,46	6	4	48	8	384	0,384	\$2,386,90	\$143,214,06
6	4,143,55	2,477,33	6	4	48	8	384	0,384	\$2,542,42	\$152,545,18

5.3 Beneficios de implementar la propuesta.

Uno de los beneficios de implementar esta propuesta es el ahorro en la facturación de los m³ de agua de salida, además el tener agua almacenada en el tanque, el contador de agua no haría registro de agua potable durante las descargas de los inodoros, lo cual ayuda a tener un impacto

ambiental positivo, para la conservación de agua potable. La idea de reutilizar el agua viene de países como Kuwait, Israel, Singapur, Estados Unidos [20], países donde el ciclo hidrológico es de niveles muy altos en tratamiento de agua con plantas de purificación y es un ciclo repetitivo. Ver tablas 5.

Tabla 5. Tablas de beneficio de la implementación moneda en pesos.

BENEFICIO DE IMPLEMENTACION EN LAVADORA Y LAVAMANOS (EN PESOS)			BENEFICIO DE IMPLEMENTACION DE PROPUESTA EN INODOROS			
TOTAL DE FACTURACION SIN IMPLEMENTACION	TATAL FACTURACION CON IMPLEMENTACION	AHORRO	ESTRATO	COSTO TOTAL m3 POR DIA	COSTO TOTAL POR 6DIAS	AHORRO
\$ 429,18	\$266.12	\$163.06	1	\$ 650.911	\$ 39.054.641	\$ 23.931
\$ 858,71	\$532.46	\$326.25	2	\$ 578.591	\$ 34.715.475	\$21.272.00
\$1,622,18	\$1.005.86	\$616.32	3	\$ 819.669	\$ 49.180.117	\$30.134.00
\$2,385,31	\$1.479.05	\$906.26	4	\$ 964.317	\$ 57.859.045	\$35.452.00
\$3,729,13	\$2.335.20	\$1.393.92	5	\$ 1.494.692	\$ 89.681.544	\$53.533.00
\$3,977,25	\$2.489.08	\$1.488.16	6	\$ 1.591.125	\$ 95.467.496	\$57.078.00

6. CONCLUSIONES

La propuesta inicialmente tiene una inversión alta para implementarla en los estratos 1 y 2 porque el punto de recuperación sería a largo plazo, y agregándole que estos estratos tienen un consumo vital de 12m³ subsidiado, en comparación de los estratos del 3 en adelante que no tienen este subsidio, lo cual hace que sea beneficiosa y son estos los que consumen más agua durante un periodo facturación. En los estratos sin subsidio estaríamos hablando que la recuperación de la inversión que sería a cinco años, este tiempo se reduciría en el caso de que se sobre pase el consumo de agua estipulado en este trabajo.

Fuera de los costos de ahorro en consumo de agua por descarga de los inodoros es el impacto favorable al medio ambiente, debido que se deja de consumir de 288 litros a 648 litros de agua potable, lo cual es un gran beneficio, porque se estaría contribuyendo con el ahorro del líquido vital que cada vez es más escaso en nuestro país. Ahora estaríamos dando el primer paso para incursionar en la alternativa del recurso hidrológico como en otros países de Europa donde tienen un sistema cíclico.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]Tendencia Demográfica, consultado: 3 de julio 2015. Disponible:
<http://institutedeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0120/01211.htm>:
- [2]Consulta de la norma, consultado: 7 de julio 2015. Disponible:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39310>:
- [3]Clasificación de las aguas residuales, consultado: 12 de julio 2015. Disponible:
<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/07/clasificacion-de-las-aguas-residuales.html>:
- [4]Reutilización de aguas residuales, Recursos hídricos, consultado: 7 de julio 2015. Disponible:
<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH28.pdf>
- [5]Labview, 2013-national instruments, página, consultado: 30 de junio 2015. Disponible:
<http://www.ni.com/newsroom/release/labview-2013-all-systems-go/es/>:
- [6] LajaraVizcainoJose. Pelegrí Sebastián Jose. (2007). Labview. Entorno grafico de programación. México: AlfaomegaMarcombo editores.
- [7] Greene W. Richard (1989). Válvulas Selección uso y mantenimiento. México: McGraw-Hill.
- [8]Areny Pallas Ramón (1989) Sensores de nivel (pa.40-45).Barcelona: Marcombo Editores.
- [9] Carnicer R. Enrique. Mainar H. Concepción (2004). Bombas Centrifugas. Madrid España: Thomson Paraninfo.
- [10] NORMAS ISA S-1984(R 1992) Instrumentación Identificación y símbolos.
- [11] Antonio Creus Solé (1997).Medición de caudal (pa.91-105).México. Alfaomega editores.
- [12]Carnicer R. Enrique. Mainar H. Concepción (2004). Bombas Centrifugas. Madrid España: Thomson Paraninfo.
- [13] Carnicer R. Enrique. Mainar H. Concepción (2004). Bombas Centrifugas. Madrid España: Thomson Paraninfo
- [14]Carnicer R. Enrique. Mainar H. Concepción (2004). Cálculos principales (pa.23-28).Madrid España: Thomson Paraninfo
- [15]Richar C. Dorf, Robert H. Bishop: ‘Sistemas de Control Moderno’, (Pearson Education, 2005, 10th edn.), pp.4-723
- [16]Funciones compuertas lógicas Labview, consultado 14 de julio 2015. Disponible:<http://www.esi2.us.es/~asun/LCPC06/TutorialLabview.pdf>
- [17]Manualdecurso y ejercicios: LabVIEW FPGA. (Publicado porNationalInstruments, vers. 2009)
- [18]Acueducto de Bogotá, consultado: 21 julio 2015. Disponible:
<http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal>

[19] Ahorradores de agua-Guía latinoamericana. consultado 21 julio 2015.
Disponible:<http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-ahorradores.htm>

[20] RWL Wáter, consultado 21 de julio 2015. Disponible:<http://www.rwlwater.com/en-donde-se-practica-la-mayor-reutilizacion-de-agua/?lang=es>