

Proposed Design of a Rainwater Harvesting System for Flushing Toilets and Urinals of the Student Population in Higher Education Institutions

Adolfo León Agatón, Ing.¹

¹Fundación Universitaria los Libertadores, Colombia, aleona@libertadores.edu.co

Abstract— A theoretical proposal for the design of a system of rainwater for use in sanitary discharges only used by the student community for the Libertadores University Foundation, of which only three locations of the total university staff were taken arises. The proposal approximately on the technical and economic feasibility is shown by the study: rainfall (supply), the student population (demand), annual savings by capturing rainwater, the estimated costs in the implementation and recovery time investment.

Keywords— Use of rainwater, rain catchment, rainfall, sustainable systems.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.235>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6 **ISSN:** 2414-6668
DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.235>

Propuesta de diseño de un sistema aprovechamiento de aguas lluvias para la descarga de sanitarios y orinales de la población estudiantil en las instituciones universitarias

Adolfo León Agatón Ingeniero Industrial, Especialista en Derecho Tributario y Aduanero, Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria los Libertadores, Bogotá D.C., Colombia, aleona@libertadores.edu.co

Resumen - Se plantea una propuesta teórica sobre el diseño de un sistema de aguas lluvia para usarla únicamente en descargas sanitarias utilizadas por la comunidad estudiantil para la fundación universitaria los Libertadores, de la cual solo se tomaran tres sedes del total del claustro universitario. En la propuesta se muestra un aproximado sobre la viabilidad técnica y económica mediante el estudio de: precipitaciones (oferta), la población estudiantil (demanda), el ahorro anual por la captación del agua de lluvia, la estimación de los costos en la implementación y el tiempo de recuperación en la inversión.

Palabras Clave: Aprovechamiento de aguas lluvia, captación de aguas lluvia, precipitaciones, sistemas sostenibles.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso hídrico natural fuente de vida. Este preciado líquido, lo encontramos en el 70% de la superficie de la tierra del cual el 2.5 es consumible (PNUMA, 2007). Es un recurso sobre explotado, en gran medida, por la actividad del hombre que la utiliza para usos domésticos, agricultura y procesos industriales. Este fenómeno ha crecido conforme el aumento de la población y del desplazamiento de zonas rurales a urbanas. (FUSDA, 2008), Que traen como consecuencia secuelas al medio ambiente en desordenes climáticos, contaminación y el aceleramiento en el agotamiento de las reservas de agua potable, denominado estrés hídrico.

Una manera de aportar a la solución sobre los problemas de presión hídrica, y a un mejor aprovechamiento del recurso, se encuentran en los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia, que las recicla para su posterior uso, ya sea para consumo vital como cocinar, bañarse o en actividades suplementarias como en la descarga de sanitarios y lavado de pisos.

Este tipo de práctica no es reciente; se han descubierto sistemas de captación con antigüedad de más de 4000 años en el desierto del Negev, en Israel y Jordania. En centro América esta como ejemplo la cavilación maya, que recolectaban el agua en pozos construidos en el subsuelo con diámetro de 5 metros e hipermeabilizados con yeso. (Ballen Suarez et al, 2006).

En la actualidad este tipo de práctica es muy popular, debido al déficit de agua que se ve en muchos lugares; como el continente de África con sus reducidas fuentes hídricas y bajas precipitaciones, de los países con mayor población, como China, Japón e India. En sur América el clima semiárido entre otros casos. Todos estos factores, reflejan en la necesidad de

buscar fuentes alternas de abastecimiento hídrico. En su mayoría son apoyados por organizaciones ONG o el gobierno de cada país. Incluso, en lugares como en Estados Unidos existen compañías especializadas en la construcción y diseño de este tipo de sistemas (Ballen Suarez et. al, 2006). En Colombia, estos tipos de sistemas, no son muy conocidos, ya que el país cuenta con grandes recursos hídricos, y no se ve la necesidad ni la importancia de buscar alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de aguas alternas. Solo algunos lugares, Edificaciones de tipo institucional o comercial como Almacén Alkosto, el edificio de postgraduados de la universidad Nacional (Ballen Suarez et. al, 2006) y el centro comercial Calima, han adoptado este tipo de sistemas auto sostenibles.

Es por estas causas entre otras, que en la fundación universitaria los libertadores, un centro de educación superior, desea implementar un sistema de este tipo. Por tanto se plantea la inquietud de como Diseñar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, para la descarga de sanitarios y orinales para las sedes Caldas Bolívar y Santander con el objetivo de adaptar a un costo razonable, el sistema a la estructura actual de la universidad.

De acuerdo con varios autores (Ballén Suarez et al, 2006); (UNATBASAR, 2001); (CIDECALLI, 2007); (Pérez, 2009) & (Palacio, 2010). Un sistema de agua lluvia se compone de los siguientes elementos:

Captación que es la superficie en la cual cae la lluvia; Recolección y conducción referido al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento. (CIDECALLI, 2007). Dependiendo del entorno se debe acudir a mallas protectoras que impidan que entren suciedad grande y tapone la tubería de canalización y conducción. Un Interceptor de primeras aguas que es el dispositivo en el que entran las primeras aguas del lavado del techo. Tratamiento (Filtración) que es el proceso para separar un líquido en el que está suspendido, al hacerlo pasar a través de un medio poroso y por el cual el líquido puede pasar fácilmente. El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. La intensidad en la limpieza también depende del uso que se le dé al agua, si es para consumo vital o para actividades suplementarias. Almacenamiento: Es el tanque destinado a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para una determinada

demanda. Y sistema de distribución, compuesta por la red de tubería y el sistema de bombeo.

Existen dos tipos básicos de sistema de agua lluvias clasificadas como sencillas y complejas. En un sistema sencillo el agua es captada por la cubierta el agua llega al tanque y se almacena en la parte inferior del lugar y este es aprovechado directamente. En los sistemas más complejos el agua es captada tratada almacenada y distribuida y su mecanismo es automático.

En el factor económico nos dice que con los datos suministrados por el factor técnico se puede hacer una evaluación económica ya que estos dos ítems se encuentran íntimamente relacionados y de él se puede concluir si el sistema es viable o no, por el costo de la implementación.

La metodología para el diseño involucra dos etapas (Ballen Suarez et al, 2006) & (UNATSABAR, 2001): Factibilidad técnica que es el estudio de la oferta y la demanda de agua y la factibilidad financiera que es la evaluación económica con los resultados obtenidos por la factibilidad técnica. De esto se desarrollan tres aspectos principales (Palacio, 2010):

- Calculo de volúmenes disponibles de agua lluvia en la zona
- Evaluación de agua potable ahorrado
- Estimación del presupuesto para la construcción del sistema. Y la proyección del ahorro al utilizarlo.

Para el diseño no se supone mayor problema en cuanto implantación para una edificación de nueva construcción, pero si en un edificio que ya existe, puesto que no es habitual que se disponga del espacio y los requerimientos estructurales necesarios para la instalación de un depósito de varios m³, además de la necesidad de añadir una o varias unidades de gestión de caudales pluviales/ de red y un nuevo trazado de tuberías de agua pluvial que han de servir a los puntos requeridos. Estos factores inciden decisivamente en el coste y, por tanto, dificultan su implantación masiva. (Perez, 2009) quien también afirma que al analizar la viabilidad será necesario no ceñirse estrictamente a criterios económicos y valorar también criterios de sostenibilidad y aprovechamiento de recursos naturales.

Por último, con la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvia se observan las siguientes ventajas y desventajas: (UNATSABAR, 2001);

- Sistema independiente útil para comunidades alejadas.
- Empleo de materiales y herramienta locales
- No requiere energía para la utilización del sistema. O es poca la cantidad utilizada
- Fácil de mantener
- Comodidad y ahorro

También nos muestra las desventajas las cuales son:

- Alto costo inicial
- La cantidad de agua de lluvia depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

II. METODOLOGIA

Como base para el desarrollo del proyecto, el área de estudio serán las sedes Caldas Bolívar y Santander de la universidad. Estas sedes quedan ubicadas en Bogotá capital de Colombia, en la localidad de chapinero.

Cada una de las sedes cuenta con sistema de aprovisionamiento de servicios públicos independientes. Y cada una de las sedes tiene una infraestructura de 6 pisos. Aproximadamente las tres sedes albergan 7040 personas durante el día, entre estudiantes, profesores y funcionarios.

Con la implementación del sistema se desea cubrir la demanda sanitaria de los estudiantes, (discriminando las unidades sanitarias utilizadas por el área administrativa). Entonces, por la finalidad en el uso del agua captada para la universidad, esta no será purificada.

a. Identificación de los factores externos e internos involucrados en la parametrización del diseño del sistema de aguas lluvia. (Factor técnico y económico)

La Precipitación en la zona: Datos pluviométricos mínimo de los últimos 10 años. Idealmente de los últimos 15 años. (UNATSABAR, 2001).

Se trabajara con los datos suministrados por la estación pluviométrica de la estación sede IDEAM Cra 10 de Bogotá. Ya que es la más cercana a la zona y aún se encuentra activa. Los años estudiados fueron del 2000 al 2012. (13 años)

Se adopta el modelo de cálculos propuestos por la unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural (UNATSABAR, 2001) para el Volumen de almacenamiento de aguas tratadas, determinación de la oferta, y la demanda. Con la particularidad que se cambiara el periodo mensual a diario. Esto como conclusión a que las sedes ni las aledañas, cuentan con espacios para implementar el sistema de almacenamiento y distribución para reservas de un mes.

(Palacio, 2010) Para intercepción de primeras aguas, oferta teniendo en cuenta las pérdidas.

Costo de ahorro por la utilización del agua de lluvia para el caso de la factibilidad económica. Las formulas se encuentran en la tabla.1

Se ha decidido otros tipos de espacios ajenos a estas sedes, pero que hacen parte de la universidad y se encuentra conjunta, con espacios grandes algunos sin construir y los otros en reestructuración. Para poder construir el sistema de almacenaje y de control, esto, sin afectar en el diseño de dichas sedes, por lo que no se ve afectada ninguna de las partes. Las sedes alternas se encuentran más cercanas a la sede Bolívar.

Antes de determinar los valores de (Dai) y (Aai) se organizan los datos ubicando en la fila superior el día con la Ppi de mayor valor, luego se continua con el orden regular de los meses/días. Consulte como ejemplo (Palacio, 2010) Tabla 2.Resultados.

En la universidad hay tres diferentes tipos de techos; Concreto cubierto con un manto para impermeabilizar a base de asfalto

y aluminio (Mezclas bituminosas: $C_e=0.9-1$) Tejas: (Tejados y azoteas: $C_e=0.9-1$) y Domos en polímero: (impermeables: $C_e=0.7- .95$) Valores tomados de. (Anejos a la memoria, 1995). Que para efectos de cálculos se promediaran estos tres tipos de C_e quedando entonces un coeficiente promedio general de: ($C_e: 0.83-0.98$) $C_e=0.9$.

Se tomó la totalidad de las cubiertas de las tres sedes (A_c)= 4877,38 m². Costo de metro cubico (m³) es: \$2423,98 pesos.

Tabla 1. Cálculos a utilizar para la determinación de la oferta y la demanda y el costo de ahorro.

variables		Ecucion
Ppi (mm/día) precipitación promedio Diario "i" de todos los años evaluados	Ppi: precipitación promedio diario "i" de todos los años evaluados (mm/día) n: número de años evaluados pi: valor de precipitación del día "i", (mm)	$Ppi = \frac{\sum_{i=1}^n Pi}{n}$
Di (m ³) Demanda diaria del día "i"	Nu: número de usuarios que se benefician del sistema Dot: Dotación (L/persona/día)	$Di = \frac{Nu * Dot}{1000}$
Ai (m ³) Oferta de agua en el día "i"	Ppi: precipitación promedio diario (L/m ²) Ce: Coeficiente de escorrentia Ac: Área de captación (m ²)	$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000}$
Ai (m ³) teniendo en cuenta las perdidas (A'i)	Perdidas del 20% anual, distribuido durante un periodo de 365,25 días	$A'i = Ai - \left(Ai * \frac{0,2}{365,25} \right)$
Dai (m ³) demanda acumulada al día "i"	Da(1-i): Demanda acumulada al día anterior Di: demanda del día "i" (m ³)	$Dai = Da_{(i-1)} + Di$
Aai (m ³) oferta acumulada al día "i"	Aa(1-i): Oferta acumulada al día anterior "i-1" Ai: Oferta del día "i" (m ³)	$Aai = Aa_{(i-1)} + Ai$
Vi (m ³) volumen de almacenamiento del mes "i"	Aai: oferta acumulada al día "i" (m ³) Dai: demanda acumulada al día "i" (m ³)	$Vi = Aai - Dai$
V _{int} (m ³) Volumen del interceptor	Atecho: Área del techo a captar (m ²) $V_{int} = \left(1 - \frac{L}{m^2} * A_{techo} \right) / 1000$	
Ca (\$ colombianos) Costo de ahorro.	Cm ³ : Costo de metro cubico (m ³) P: Cantidad de precipitación de agua en la zona Pp: Promedio de Precipitaciones	$Ca = Pp * Cm^3$

Para el trazado de la red de distribución del sistema, se trabajara sobre los planos arquitectónicos y estructurales entregados por el área de planeación de la universidad.

Para el dimensionamiento de la tubería, se utilizara el método de la certeza total, utilizando los caudales simultáneos y los diámetros especificados en la tabla 1. Según melguizo y elaborado por (Palacio, 2010). Para el cálculo de las pérdidas de energía, velocidades, caudales, y presiones en el sistema de tubería, y cálculos generales sobre la potencia de la bomba se realizaron basados en el libro mecánica de Fluidos Sexta edición de (Robert L Mott).

III. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.

a. Precipitación promedio diario.

Como resultado se dieron 365 datos de Ppi, sobre el promedio diario de los trece años evaluados. Por lo que para efectos en la muestra de los resultados, se tomaron las máximas diarias por mes.



Figura 1. Días de mayor precipitación promedio en el mes para una evaluación de 13 años.

En la figura 1. Se observa que el día de mayor precipitación se dio en el mes de abril con 12.792 mm en el día. Los días de menor precipitación se dan en el mes de julio con una máxima de precipitación diaria de 4.22 mm

b. Demanda diaria, oferta diaria, demanda diaria acumulada, oferta diaria acumulada y volumen de almacenamiento.

A continuación se presenta los resultados diarios obtenidos para la demanda y la oferta.

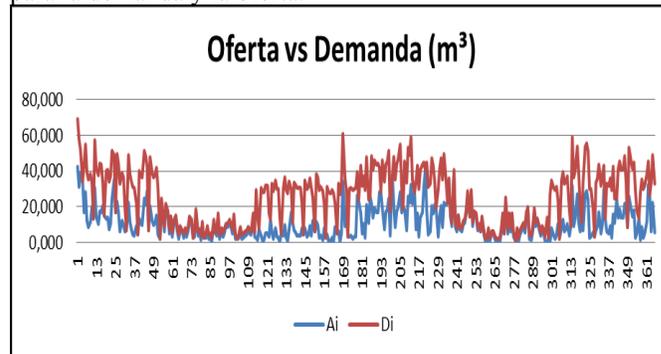


Fig. 2. Presentación general de los datos obtenidos en el cálculo de la demanda y la oferta diaria en un periodo anual.

De acuerdo con los resultados de las precipitaciones diarias la demanda y la oferta del día "i" y a que para los acumulados de la demanda y la oferta se debe organizar los datos con el mayor Ppi. El cual se dio el 10 de abril, por tanto se ubica de primero como se observa en la tabla 2. Para luego continuar con el orden regular de los días/meses.

Tabla 1. Resultado de la obtención del tanque y porcentaje de ahorro acumulado en un año

DIA	MES	Ppi	Ai (m³)	Aai (m³)	Di (m³)	Dai (m³)	Vi (m³)	Acumulado %
10	Abr	12,792	56,119	56,119	29,681	29,681	26,438	189,075
31	Jul	0,925	4,0578793	1662,2232	2,286	1472,719	189,504424	112,8676584
9	Abr	1,769	7,761	5866,737	29,681	6452,953	-586,216	90,916

Para el volumen de almacenamiento de acuerdo a los cálculos, se dio el 31 de Julio, con un valor de 189.504 m³ que es el mayor valor positivo de la columna Vi, de acuerdo a los cálculos efectuados este valor correspondería al valor óptimo, teniendo en cuenta las interacciones que hay entre la demanda y la oferta en cada día, por tanto este valor lo tomaremos para el volumen máximo diario del tanque. Ver figura 3.

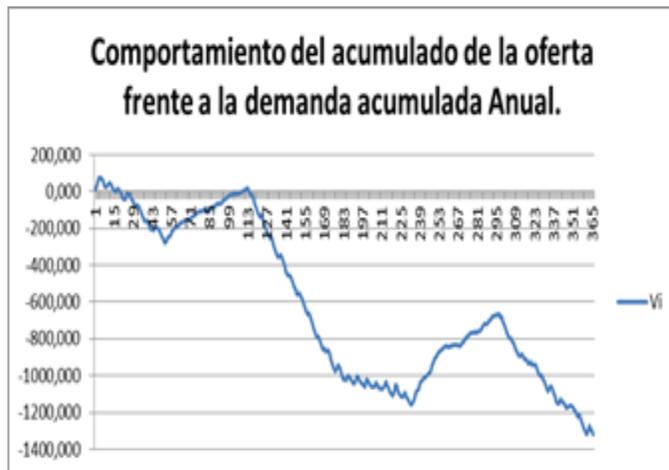


Figura 3. Valores de los volúmenes Vi en la que se observa la interacción que hay entre la oferta y la demanda.

De acuerdo a los acumulativos, resultado entre las interacciones de la oferta acumulada y la demanda acumulada. En un periodo de un año. Se tiene que la oferta de agua aporta 5866.737m³ frente a la demanda con un total de 6452.953m³ esto da como resultado un porcentaje de abastecimiento del sistema de 90.92%.

Tabla 3. Potencial de ahorro para un periodo anual

Total abastecimiento con agua lluvia		
variables (valores anuales)	m³	% Acumulado
demanda Di	6452,953	90,92
Oferta de agua lluvia	5866,737	
demanda por cubrir	-586,216	

Costo de ahorro por la utilización del agua de lluvia.

De acuerdo a los resultados arrojados en la tabla 3. Y asumiendo el costo por metro cubico según recibos de acueducto es de \$2423.98. se puede calcular el costo total ahorrado

Tanque interceptor de primeras aguas, tanque recolector de aguas limpias y tanque de almacenamiento de aguas tratadas.

Para el tanque interceptor de primeras aguas, se tuvo en cuenta que por cada m² de area de captacion se debe desechar 1 mm.(UNATSABAR, 2001). Para el segundo interceptor de aguas se definió el volumen tomando como base, la mayor oferta en el dia Ai entre los 365 dias evaluados. Se dejara un margen de 5mm del espejo de agua al borde del tanque. El dimensionamiento del tanque de almacenamiento Vi, se calculo de acuerdo a los resultados de la tabla 2. Y tambien se dio un margen de altura entre el borde del tanque y el espejo del tanque de 11cm.

Tabla 2. Especificaciones de las dimensiones de los tanques de recolección y almacenamiento.

Especificación		Volu men m³	Alto	Lar go	Ancho	Volumen interno tanque
T1	1° interceptor (Vint)	3,7	1,80	2	1,03	3,70
T2	2° interceptor	42,23	2,50	5	3,60	45,00
T3	Almacenamiento (vi)	189,5	3,00	6	10,52	189,5
T3	Altura colchón de agua	1,687	0,81	6	5,50	26,83
T2	h espejo de agua y borde del T3	0,154	2,35	5	3,60	42,23
T3	h espejo de agua y borde del T3	0,11	2,39	6	5,50	78,94

El segundo interceptor resguardara las aguas lluvias, recolectadas durante un periodo de 24 horas (12:00 am). Cada vez que se cumpla el periodo establecido y contabilizado por un temporizador, enviara la señal a un contactor que cerrara el circuito (ON) de la valvula electrica normalmente cerrada, que esta a la salida del tanque T2 y al sistema de bombeo que pasara el agua al tanque de almacenamiento Vi. Cuando T2 quede vacio, un sensor de nivel dara la señal al contactor de abierto(off). El sistema de bombeo dejara de funcionar y la Valvula el sistema de bombeo se cerrara. Dependiendo de la altura en la que quede el agua en T3, se dara paso a que entre el agua potable suministrada por el acueducto. La altura

minima que debe conservar el tanque es de 1m. que para las dimensiones establecidas en Vi sera una altura de 0.82m que sera igual al mayor valor de la demanda diaria (26.822 m³) por seguridad la altura sera de 1m (colchon). Un sensor de nivel o capacitor, es quien dara la señal a la valvula. Para que se abra y deje pasar el agua potable. Cuando cumpla con la altura minima establecida, se cerrara. Por seguridad el tanque T2, tendra un un sistema de desague en la parte superior, dado el caso de que haya precipitaciones mayores a las estudiadas y haya rebose. El material de los tanques son en plastico reforzado de fibra de vidrio PRFV. Ver Anexo 1. Sobre la dinamica general del sistema.

Red de distribucion y bombeo

El agua no se utilizara para consumo directo y no se encuentra en un área de alta contaminación por partículas grandes así que la parte de filtración se reducirá a los primeros dos tanques de intercepción y a un filtro de succión, que limpiara el agua de suciedad antes de que pase a la bomba, protegiéndola y de paso limpiando más el agua, antes de que llegue al tanque de almacenamiento. El sistema de distribución de agua lluvia para los sanitarios y orinales será totalmente independiente al utilizado para la distribución de consumo de agua potable, en la que se encuentra lavamanos, cafeterías etc. Como las unidades sanitarias hacen parte de dicha red, se taparan esas entradas con un tapón. Y las salidas de sanitarios y orinales se conectaran al nuevo sistema. En los tramos dados del nuevo sistema para las sedes Caldas Santander y Bolívar, con sus especificaciones en diámetros y longitud. El cálculo de caudal se realizó a través del método del caudal máximo posible (Carmona, 1992), en la que se puede presentar que todos los aparatos funcionan simultáneamente.

Para determinar la energía que las bombas agregan al fluido, previamente se calcularon los valores de elevación de presión del fluido hasta el punto más alto de destino, la carga de velocidad que se transfiere a lo largo del sistema, de las pérdidas de energía dadas por la longitud de la tubería y los accesorios independientes para cada sede. La eficiencia de cada bomba se determina de acuerdo al especificado por el fabricante, de ello también depende la potencia de entrada de la bomba. Las bombas deben ser de succión negativa, ya que los tanques serán subterráneos.

Tabla5. Carga total de las bombas en watts y horse powers para las sedes Caldas Bolívar y Santander

sede	perdidas de energía		Presion		nivel	carga v	características bomba		
	hl (m) accesorios	hl (m) tubería	Kpa	psi	altura estatica (m)	velocidad m/s	carga dinamica total TDH (N*m/N)	Potencia de la bomba(W)	Potencia en (HP)
C	55,9	7,976	99,572	14,442	10,15	0,904	174,501	170452,273	228,580
B	137,2	6,251	168,24	24,401	14,65	1,299	327,641	540754,54	725,164
S	43,1	22,554	138,81	20,133	17,15	1,970	223,585	304464,542	408,294

Captación y canalización

- Las bajantes tiene dragantes protectores así que se dejen tal cual.
- Se utilizará como área de captación todos los tejados y cubiertas de las tres sedes: Caldas Santander y Bolívar. Se mantendrán los mismos tejados, es decir que por el momento no habrá cambio de tejado.
- Se utilizaran para el nuevo sistema. las canaletas y bajantes del sistema de lluvias que tiene la universidad. para recoger el agua lluvia y conducirla hasta el T1. Las canaletas se dejen sin malla protectora. Ya que no hay árboles y aves, por lo que con la acostumbrada limpieza del área de mantenimiento es suficiente.

Costo, Valor del proyecto.

Debido a la falta de información de planos de los sistemas hidráulicos (suministro de agua potable, de desagües de aguas lluvias, red contra incendios, etc.), se realizara un presupuesto aproximado sin tener en cuenta el gasto en metraje de tubería accesorios y terminación del montaje del sistema de conducción del agua lluvia hacia los tanques, por desconocimiento en su ubicación. Por tanto los valores dados pueden aumentar por la faltante.

Tabla 5. Presupuesto aproximado para el aprovechamiento de agua lluvia.

Tanque de almacenamiento T3 + construccion	\$ 60.000.000
Tanque T2 + construccion	\$ 45.000.000
Tanque interceptor T1 + construccion	\$ 11.000.000
sistema de bombeo + construccion	\$ 7.000.000
red sistema de distribucion + instalacion	\$ 15.465.894
Costo Total implementacion del sistema	\$ 138.465.894

Con los resultados obtenidos en la tabla 5. Si se implementara el sistema de aguas lluvias, el periodo de recuperación sobre la inversión sería de 14 años. El Costo inicial de inversión sería muy elevado, teniendo en cuenta que además del costo por la implementación del sistema, aun se debe cubrir la demanda con agua potable. Y sumar los costos por la terminación del sistema de canalización (tubería faltante para conducir el agua hacia los tanques).

El periodo de recuperación de la inversión podría disminuir levemente si se tiene en cuenta que el costo por metro cubico de agua aumenta por acumulados iguales o superiores al 3% del IPC (Índices de precios al consumidor. (EAAB, 2014)

Aunque el tiempo de la inversión sea largo, con el tiempo se tendrá un sistema sostenible. Contribuyendo así a la mejora del medio ambiente, ya que se está usando agua de lluvia en actividades en las que no son vitales el agua potable.

C. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados se puede decir que el sistema es viable ya que cubre la demanda en un 75% anual sobre las tres sedes. Que para efectos de reducción de costos, se puede hacer el montaje del sistema omitiendo una de las tres sedes de estudio, como la sede caldas, que es la que menor demanda tiene. De esta forma se podría cubrir la demanda total y se restaría los costos de instalación en tubería y sistema de bombeo sobre dicha sede.

Hay que tener en cuenta que el sistema se diseñó bajo periodos hidrológicos de 13 años promediados, y que estos valores podrían variar en los años futuros por lo que el valor de las precipitaciones podrían variar, si bien para ser mayores o menores a las planteadas. Entonces por defecto podría variar el tamaño de los de los tanques. Además, que la estación seleccionada fue elegida ya que fue la más cercana (a unas 43 calles) y que aún se encuentra activa con datos continuos necesarios para la investigación.

El sistema de bombeo debe ser más específico al presentado, para efectos de optimización de dicho sistema, El cual puede ser asesorado por un experto en el tema por ejemplo un ingeniero hidráulico. Esto podría reducir más los costos de implementación.

El sistema de distribución fue realizado sobre planos arquitectónicos por lo que se debe recurrir a los hidráulicos de la universidad para tener una mayor exactitud en cuanto al diseño. Para evitar que afecte otros sistemas, como el eléctrico, o que no se cruce con otras tuberías, y que no se dañe la parte estructural.

Por defecto de ser investigación teórica, se desconoce factores de vital importancia como el estudio de suelos para enterrar los tanques, trayendo como consecuencia el posible cambio de ubicación tanto de los tanques como del sistema de bombeo. Y de la ubicación exacta de los tramos del sistema de conducción de aguas lluvias hacia los desagües. Por lo que no se puede dar un nivel de detalle más que un enfoque superficial de la dinámica del sistema. Entonces es aconsejable que se deba realizar un estudio más a fondo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PNUMA, «Perspectivas del medio ambiente,» 2007.
- [2] FUSDA, «Medio ambiente y desarrollo: hacia un manejo sustentable del agua. Nueva Vision social democracia,» p. 36, 2008.
- [3] Diaz, «(septiembre de 2013). Ingeniero hidraulico. (Y.

- Mariño, & A. Leon, Entrevistadores)».
- [4] UNATBASAR, «Guía de diseño para captacion del agua de lluvia: Unidad de apoyo Tecnico en saneamiento Basico Rural - UNATSABAR. Centro Panamericano de ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente Division de Salud y Ambiente Organizacion Panamericana de la salud Ofici,» 2001.
- [5] CIDECALLI-CP, «Diseño de sistema de captacion de agua lluvia: Sistema de captacion de agua de lluvia para uso domestico y consumo humano (COLPOS 1), a nivel de familia,» 2007.
- [6] P. I.F., «Aprovechamiento de aguas pluviales. Departamento de construcciones arquitectonicas II. Arquitectura tednica, EPSEB-UPC.,» 2009.
- [7] N. Palacios, «Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como aLternativa para el ahorro de agua potable, en la institucion Maria Auxiliadora de caldas,antioquia. Universidad de Antioquia.,» 2010.
- [8] R. Carmona, «Instalaciones Hidraulicas Sanitarias y de gas en edificaciones. Santafe de Bogota, D.C: Coinascotplo-Ascotplo.,» 1992.
- [9] EAAB, «Alcantarillado y aseo de Bogota,» 2014.
- [10] Ballen Suarez et al, «Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. VI SERA- Seminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento Urbano de Agua Joao Pessoa (Brasil).,» 2006.
- [11] Ballen Suarez et. al, «Sistema de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. VI serea-seminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua (brasil),» 2006.