

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA LA  
UTILIZACIÓN EFICIENTE DEL RECURSO, EN EL ESTADIO 1° DE MARZO DE  
LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

**JAVIER ALBERTO SANABRIA CALA  
FREDDY ANTONIO PEREZ GARCIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUÍMICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA LA  
UTILIZACIÓN EFICIENTE DEL RECURSO, EN EL ESTADIO 1° DE MARZO DE  
LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

**JAVIER ALBERTO SANABRIA CALA  
FREDDY ANTONIO PEREZ GARCIA**

**Monografía para Optar al Título de  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Director:**

**Ph.D. HUMBERTO ESCALANTE**

**Codirector:**

**Ing. Iván Augusto Rojas  
Jefe División Planta Física**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUÍMICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

A la memoria de mis Padres

Luis Fernando Sanabria y Aura Cala de Sanabria

JAVIER

## DEDICATORIA

*A Dios, dueño de mi vida*

*A mis padres que desde el cielo me han guiado hasta ahora.*

*A mis hermanos, por sus palabras de aliento y ayuda incondicional.*

*A Juliana y Andrés Felipe, por su cariño, paciencia, comprensión y ayuda, gracias  
por que están cerca de mí.*

*A él Doctor Humberto Escalante e Ingeniero Iván por su valiosa colaboración en la  
elaboración de esta monografía.*

*A él Doctor Crisóstomo Barajas por su inmensa colaboración y ayuda en el  
desarrollo de este trabajo.*

JAVIER

## **DEDICATORIA**

*A mis Padres Clara y Antonio*

*Que me han acompañado a lo largo del camino, brindándome la fuerza necesaria para continuar, dándome sabios consejos y orientación.*

*A mi hermana Erika Andrea*

*Por su cariño y apoyo, brindándome la fortaleza y motivo para seguir superándome.*

*A Anyela Yohana*

*Por darle sentido a mi vida, por sus enseñanzas y el apoyo que me ha brindado.*

**FREDDY**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	17
1. MARCO TEÓRICO .....	20
1.1 DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA .....	20
1.2 FACTORES TÉCNICOS.....	21
1.3 FACTORES ECONÓMICOS.....	21
1.4 COMPONENTES DE UN SISTEMA GENERAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS.....	22
1.4.1. Captación de Aguas Lluvias.....	22
1.4.2 Interceptor y Conducción de Aguas Lluvias.....	22
1.4.3. Volumen de Almacenamiento (VA).....	22
1.4.4. Oferta Acumulada (OA).....	23
1.4.5. Oferta de Agua en el Mes (OAM).....	23
1.4.6. Oferta del mes “i”, teniendo en cuenta las pérdidas OAMP .....	24
1.4 .7. Información pluviométrica .....	24
1.4.8. Coeficiente de Captación del Agua (CCA) .....	25
1.4.9. Demanda de Agua en el Mes (DAM) .....	26
1.4.10. Demanda Acumulada Al Mes (DAM').....	27
1.4.11 Almacenamiento .....	27
2. METODOLOGÍA .....	29
2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS FUNDAMENTOS DE CAPTACIÓN DE AGUAS.....	29
2.2 IDENTIFICACIÓN Y RECOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES DEL ESTADIO 1°DE MARZO .....	29
2.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	30
2.4 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL AGUA .....	30
2.5 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	30

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	32
3.1 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA .....	32
3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA LLUVIA CAPTADA .....	33
3.3 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA LLUVIA .....	36
3.4 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	38
3.5. COSTOS DEL AGUA POTABLE UTILIZADA EN EL RIEGO DEL ESTADIO 1° DE MARZO.....	40
3.6 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	40
4. PROPUESTA DE DISPOSICIÓN FINAL DEL AGUA RECOLECTADA .....	42
4.1 RIEGO POR ASPERSIÓN.....	42
4.2 PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL ESTADIO 1°DE MARZO. ....	42
CONCLUSIONES .....	45
RECOMENDACIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	50

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Coeficientes de Escurrimiento ( $C_e$ ) de los Diferentes Materiales en el Área de Captación. ....	26
Tabla 2. Resultados precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento. ....	36
Tabla 3 Costos de Construcción del Tanque de Almacenamiento de Aguas Lluvias. ....	41

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Valores de Precipitación Promedio Mensual en mm para los diez años analizados.....	32
Figura 2 Físicoquímico del Agua Lluvia Recolectada en el Estadio 1° Marzo.....	34
Figura 3. Volúmenes de almacenamiento de agua lluvias, por mes. ....	37
Figura 4. Ubicación del Tanque de Almacenamiento de Agua Lluvia en el Estadio 1° de Marzo.....	39
Figura 5 Esquema de Riego por Aspersión En El Estadio 1° de Marzo.....	44

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Especificaciones Técnicas Electrobomba Tipo Caracol Evans .....	50
Anexo B Cotización Sistema Riego por Aspersión. ....	52

**TITULO:** DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVÍAS PARA LA UTILIZACIÓN EFICIENTE DEL RECURSO, EN LA ESTADIO 1º DE MARZO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER\*

**.AUTOR:** PEREZ GARCÍA, Freddy Antonio\*\*  
SANABRIA CALA, Javier Alberto\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Agua Lluvia, Tanque de Almacenamiento, Desarrollo Sostenible.

**CONTENIDO:**

La investigación llevada a cabo se centró en la búsqueda de una mejora significativa al aprovechamiento del agua lluvia, para utilizarla en un sistema de riego por aspersión en la estadio 1º de marzo de la Universidad Industrial de Santander, es una práctica interesante tanto ambiental como económicamente, si se tiene en cuenta en la actualidad la gran demanda del recurso. El sistema se plantea como alternativa para el ahorro del agua potable utilizada en el riego de la gramilla del estadio 1º de Marzo de la UIS. Este proyecto presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un tanque de almacenamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable. Además se presenta un análisis de la viabilidad técnica y económica de dicho aprovechamiento. Los resultados sugieren que el aprovechamiento del agua es una opción técnicamente viable, pero requiere de una inversión inicial que puede ser alta. Este proyecto puede representar una solución interesante para contribuir a la gestión y el desarrollo sostenible de la Universidad. A futuro la puesta en marcha de esta iniciativa, en la UIS, redundará en una solución para contribuir a la gestión, el desarrollo económico, sostenible y ambiental del Alma máter y además de ser un componente importante en la gestión integral de los recursos hídricos del país al conservar y proteger el abastecimiento del agua para futuras generaciones. Éste trabajo contó con el apoyo de la UIS, en cabeza de la División de Planta física.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química, Especialización en Ingeniería Ambiental, Director: Ph.D. Humberto Escalante.

**TITLE:** SYSTEM DESIGN OF RAINWATER HARVESTING FOR EFFICIENT USE OF THIS NATURAL RESOURCE, IN THE PLAYING FIELD "PRIMERO DE MARZO" OF THE "UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER" (UIS).

**AUTHORS:** PEREZ GARCÍA, Freddy Antonio\*\*  
SANABRIA CALA, Javier Alberto\*\*

**KEYWORDS:** Rainwater, Storage Tank, Sustainable Development.

**CONTENT:**

The conducted research was focused on finding a significant improvement to the use of rainwater, in order to use it in a sprinkler system in the playing field "Primero de Marzo" from the Universidad Industrial de Santander, being an interesting practice, environmentally and economically to apply, if is taken into account the current high demand of the resource. The system could be an alternative for saving water used to irrigate the grass of the stadium March 1° from the Universidad Industrial de Santander. This project presents a conceptual engineering design proposal of a rainwater storage tank as an alternative to potable water saving. Besides, it also presents an analysis of the technical and economic feasibility of such use. The results suggest that water reuse is a technically feasible option, but it requires an initial investment which may be high; this project could be a good solution to assist in the management and sustainable development of the university. A future implementation of this initiative, the Universidad Industrial Santander will result in a solution to help manage the economic, environmental and sustainable Alma mater and besides being an important component in integrated management of water resources country to conserve and protect water supplies for future generations. This work was supported by the Universidad Industrial de Santander, headed by the Division of Physical Plant.

---

\* Work of Degree

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering, Scholl of Chemical Engineering. Specialization in Environmental Engineering. Director PhD. Humberto Escalante.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Diseñar un sistema de captación de aguas lluvias para la utilización eficiente del recurso, en el estadio 1° de marzo de la Universidad Industrial de Santander.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar fisicoquímicamente el agua captada proveniente del estadio 1° de Marzo, para poder determinar su posterior utilización y aprovechamiento en la Universidad Industrial de Santander.
- Diseñar el sistema de captación de aguas lluvias en el estadio 1° de Marzo de la Universidad Industrial de Santander, basados en los datos de precipitación brindados por el IDEAM.
- Proponer la deposición final del agua captada, en alguna de las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander.

## INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso natural más importante y cada vez más escaso en nuestro entorno; en la actualidad uno de los procedimientos que sin duda podría ayudar o incluso solucionar la escases de este recurso, es la captación de agua lluvia para uso doméstico, agrícola o industrial. La captación de aguas lluvias representa una práctica económica para el consumidor y amigable con el medio ambiente.

En América los sistemas de recolección de agua lluvia fueron empleados por las culturas prehispánicas y en diferentes países del mundo como Japón, Corea, India, Costa Rica, Haití y Colombia [1]. La recolección de agua lluvia es considerada como una alternativa viable a los sistemas de distribución para el suministro de agua.

En Colombia se han desarrollado varios estudios relacionados con el aprovechamiento de aguas lluvias. En el hipermercado Alkosto Venecia en Bogotá, se planteó un diseño para el aprovechamiento de aguas lluvias, donde se aprovechan 6,000 m<sup>2</sup> de cubierta para captar alrededor de 4,820 m<sup>3</sup> de agua lluvia al año, con lo cual satisface el 75% de la demanda actual de agua potable de la edificación, el almacén Alkosto de Villavicencio, tiene una cubierta de 1,061 m<sup>2</sup> con la cual capta el agua lluvia para ser almacenada en un tanque de 150 m<sup>3</sup>, posteriormente el agua es tratada por medio de los procesos de floculación, filtrado y cloración realizado en una planta de tratamiento, el sistema proporciona agua potable para todas las necesidad del almacén durante todo el año [1].

---

[1]. BALLÉN SUAREZ, José Alejandro., GALARZA GARCÍA, Miguel Ángel., y ORTIZ MOSQUERA, Rafael Orlando. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. VI SEREA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Brasil, 2006, p. 1-12.

Así mismo, en la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá, se evaluó la viabilidad técnica y económica de utilizar el agua lluvia como una alternativa para el riego y el lavado de zonas duras y fachadas del campus Universitario. En este estudio se desarrollan tres aspectos importantes, la estimación de los volúmenes disponibles de agua lluvia y de los posibles puntos de recolección, análisis preliminar de calidad del agua lluvia recolectada y cálculo de los costos de construcción de la infraestructura básica para recolectar el agua lluvia y proyección del ahorro generado al utilizar la solución propuesta [2].

En el instituto María Auxiliadora de Caldas, de Antioquia, se desarrolló un proyecto tendiente a utilizar el agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable. Este centro alberga 1300 personas entre estudiantes, profesores y empleados de planta, se propuso recolectar las aguas lluvias mediante captación en los techos que son de tejas de arcilla, en la institución educativa, los cuales tienen adecuada pendiente y superficie que facilitan el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección. La captación llegó a los 192,71 m<sup>3</sup>/mes en el mes de julio y permite utilizar el agua en actividades como descarga de sanitarios y lavado de zonas comunes [3].

La ciudad de Bucaramanga, está situada en una meseta a 959 msnm en la cordillera oriental de latitud norte con respecto al Meridiano de Bogotá y de longitud al Oeste de Greenwich respectivamente y según el IDEAM la capacidad fluvial de la ciudad alcanza 1279 mm al año [4].

---

[2]. Lara B, A.J., Torres A., A.E., Campos P., M.C., Duarte C., L., Echeverri R., J.I., and Villegas G., P.A. Aprovechamiento del agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá). 2 (2007), 193-202.

[3]. CASTAÑEDA, Natalia Palacio. Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, Como Alternativa para el Ahorro de Agua Potable, En la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Medellín, 2010. Trabajo de grado (Ingeniería Sanitaria). Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería Ambiental. p. 12-46.

[4]. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), [en línea]. Colombia. Disponible en: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1004>. [2012, 16 de Junio].

Por lo anterior, en las temporadas de lluvia en Bucaramanga podría estarse recolectando volúmenes significativos de aguas lluvias. Sin embargo, cuando se piensa en la alternativa de recolectar aguas lluvias, para usos particulares, deben evaluarse algunas variables importantes como: El terreno, la topografía, la altitud, cálculo de la precipitación pluvial neta, área de captación del agua lluvia, determinación de la demanda de agua [5].

La UIS está ubicada en la cabecera nor-occidental de la ciudad. La UIS cuenta con una población (estudiantil, profesoral y empleados administrativos) de aproximadamente 17,000 personas [6]. Los consumos de agua de la UIS, para la población residente, oscilan entre 60 Litros/persona/día y 70 Litros/persona/día, para uso alimenticio, industrial, y baterías de baños respectivamente [7]. La topografía del terreno de la UIS, presenta un ángulo de pendiente mayores al 37%, por cuanto esto se refleja en velocidades de escurrimiento altas, lo cual garantiza un escurrimiento de agua lluvia sin que causen problemas. De acuerdo a la distribución urbanística de la UIS, el Estadio 1° de Marzo se construyó en la cabecera del terreno en los predios cercanos a la vía de acceso de la carrera 30. En temporada de lluvias el estadio, por su diseño, se convierte en un área que facilita la acumulación y captación de aguas lluvias. Por lo anterior, el objetivo principal de este estudio fue estudiar las disponibilidades de aguas lluvias en la UIS (durante el año) y plantear un diseño de captación en los predios del estadio 1° de Marzo, para su posterior uso en el riego de la gramilla. Por lo expuesto anteriormente el concepto clásico de agua de lluvia como agua residual se le está dando un nuevo enfoque: **“el agua de lluvia como recurso”**.

---

[5]. Diseño de Sistemas de Captación del Agua Lluvia, Sistema de Captación del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano (COLPOS 1), a nivel de familia (CIDECALLI-CP). México, 2007. p. 50-51.

[6]. Universidad Industrial de Santander (UIS), [en línea]. Colombia. Disponible en: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/relacionesExteriores/documentos/2011/guiaEstudiantesExtranjeros/cartillaEstudiantesVisitantes.pdf>. [2012, 9 de Marzo].

[7]. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS - 2000, Sección I, Título A, Aspectos Generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Santafé de Bogotá, Noviembre, p. 10-80.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA

Existen diferentes técnicas para el aprovechamiento de las aguas lluvias, la mayoría de ellas para ser implementadas en residencias rurales o en regiones de alto grado de desabastecimiento de agua potable. El aprovechamiento del agua lluvia es una alternativa fácil de implementar en zonas dispersas o alejadas y de bajos costos de operación y mantenimiento. Las principales metodologías propuestas para el aprovechamiento del agua lluvia, plantean sistemas de captación en los techos por medio de canaletas que conducen el agua lluvia hacia un tanque de almacenamiento para su posterior uso.

En algunos casos el agua captada puede utilizarse para consumo humano y en menor proporción, para usos no potables. Factores tales como el lugar de aplicación, el método, las tecnologías, la complejidad del sistema, la finalidad y los usos posibles, hacen que los sistemas varíen desde barriles de agua lluvia para el riego de jardines en zonas urbanas, hasta la recolección a gran escala para los usos domésticos de una ciudad [8]. En términos generales un sistema de aprovechamiento de agua lluvia para uso doméstico debe poseer: a) captación en techos, b) recolección por canaletas y bajantes, c) interceptor de primeras aguas, d) almacenamiento en tanques, f) sistema de distribución y g) tratamiento. Sin embargo, en términos generales una unidad de captación de agua lluvia debe incluir: i) captación, ii) interceptor y iii) almacenamiento [9].

---

[8]. Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting Development. Third Edition, Texas, 2005, p. 5-50.

[9]. Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting Development. Texas, Third Edition, 2005, p. 10-40.

Uno de los parámetros más importante dentro del diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, es la determinación de los volúmenes de almacenamiento, seguido del potencial de ahorro de agua potable.

El volumen de almacenamiento de agua lluvia tiene que ser descrito claramente [10], y se determina a partir de la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda acumulada [11]. En el diseño de un sistema de captación de agua lluvia es necesario considerar los factores técnicos y económicos.

## **1.2 FACTORES TÉCNICOS**

Los factores técnicos a tener presentes son la producción u oferta y la demanda de agua, está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con la información pluviométrica suministrada por las autoridades competentes y normalmente representadas por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto [12].

## **1.3 FACTORES ECONÓMICOS**

Al existir una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra

---

[10]. Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. October, 2006, p. 291-300.

[11]. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003.

[12]. Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination 243, 1-3, 2009, p. 195-207.

Que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que puede imposibilitar acceder a un sistema de captación de esta naturaleza. [12].

## **1.4 COMPONENTES DE UN SISTEMA GENERAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS**

### **1.4.1. Captación de Aguas Lluvias**

La captación está conformada por el área donde está ubicado el proyecto a desarrollar, para implementar el sistema de captación de aguas lluvias se pueden utilizar los techos de las edificaciones, canaletas, tejas, etc.

### **1.4.2 Interceptor y Conducción de Aguas Lluvias**

Este componente es una parte esencial de los sistemas de recolección de aguas lluvias, ya que conducirá el agua recolectada hasta el tanque de almacenamiento. En el caso de existir un sistema de recolección del agua, todo el enfoque se debe dar hacia el tanque de almacenamiento y en escoger la mejor ubicación para aprovechar las características del terreno.

### **1.4.3. Volumen de Almacenamiento (VA)**

El volumen necesario de almacenamiento de agua (VA), se define como la diferencia entre la oferta de agua acumulada (OA) y la demanda de agua acumulada por cada mes (DAM') (Ec.1). El mayor valor de (VA) será el volumen del tanque adoptado. Si (VA) dan valores negativos, quiere decir que las aéreas de captación no son suficientes para satisfacer la demanda.

---

[12]. Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination 243, 1-3, 2009, p. 195-207.

$$VA = OA - DAM' \quad (1)$$

Donde:

VA: volumen de almacenamiento del mes "i" (m<sup>3</sup>)

OA: oferta acumulada al mes "i" (m<sup>3</sup>)

DAM': demanda acumulada al mes "i" (m<sup>3</sup>)

#### 1.4.4. Oferta Acumulada (OA)

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$OA = OA' + OAMP \quad (2).$$

OA = oferta acumulada al mes "i" (m<sup>3</sup>).

OA' = Oferta acumulada al mes anterior "i-1" (m<sup>3</sup>).

OAMP: Oferta del mes "i" teniendo en cuenta las pérdidas (m<sup>3</sup>)

La oferta acumulada al mes (OA) será incluida en la ecuación (1) y así poder determinar el volumen de almacenamiento para el sistema de captación de aguas lluvias.

#### 1.4.5. Oferta de Agua en el Mes (OAM)

Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, se procede a determinar la cantidad de agua captada por mes.

$$OAM = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad (3).$$

Donde:

OAM: oferta de agua en el mes "i" (m<sup>3</sup>)

Ppi: precipitación promedio mensual ( $L/m^2$ )

Ce: coeficiente de escurrentía (0,85)

Ac: área de captación ( $m^2$ ) ( $7,350m^2$ )

La oferta de agua en el mes (*OAM*) es necesaria para poder hallar la oferta del mes teniendo en cuenta las pérdidas (*OAMP*), por lo tanto es necesaria para desarrollar la ecuación (4).

#### **1.4.6. Oferta del mes “i”, teniendo en cuenta las pérdidas OAMP**

De acuerdo con Abdulla y Al-Shareef [10], se puede asumir un valor del 20% anual en pérdidas debidas a la evaporación, almacenamiento y a la ineficiencia del sistema de captación. Por tal razón se afectará el volumen de la oferta disponible por ese porcentaje para no sobredimensionar el sistema e incluir en el diseño las pérdidas asociadas.

$$OAMP = 0,98 * OAM \quad (4).$$

Donde:

OAMP: oferta de agua en el mes “i” teniendo en cuenta las pérdidas ( $m^3$ )

OAM: oferta de agua en el mes “i” ( $m^3$ )

#### **1.4 .7. Información pluviométrica**

Para desarrollar el diseño se debe tener la información pluviométrica de la zona, la cual debe ser de mínimo diez años consecutivos, para tener mayor confiabilidad en el diseño. Adicionalmente, para un mejor análisis de la información se debe tener presente si durante el periodo contemplado se presentaron los fenómenos de El Niño y La Niña, pues intervienen directamente con la disponibilidad de agua

lluvia, ya sea porque ésta se vuelva escaza o abundante. Con los datos diarios obtenidos, se estiman los promedios mensuales de precipitación, de acuerdo con la ecuación (5) con estos resultados se puede analizar el factor técnico, para observar si se dispone del agua lluvia necesaria para poder implementar un sistema de captación de aguas lluvias o por el contrario la precipitación mensual no es suficiente para cubrir la demanda [13]. Además la ecuación (5) se empleará para obtener Ppi el cual será necesario para desarrollar la ecuación (3):

$$Ppi = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Pi}{n} \quad (5)$$

Donde:

Ppi: precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados (mm/mes)

n: número de años evaluados

pi: valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

#### **1.4.8. Coeficiente de Captación del Agua (CCA)**

La eficiencia de la captación del agua lluvia depende del coeficiente de escurrimientos de los materiales del área de captación, el cual varía de 0,0 a 0,9 [14]. En la tabla 1 se presentan los datos ya predeterminados para los diferentes coeficientes de escurrimientos de los materiales utilizados para implementar o construir un sistema de almacenamiento de agua lluvia, los cuales se introducen en la ecuación (3) dependiendo del material que se esté trabajando para hallar la oferta de agua en el mes.

---

[13]. Unidas de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Perú, Enero, 2001. p. 4-8.

[14]. Diseño de Sistemas de Captación del Agua Lluvia, Sistema de Captación del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano (COLPOS 1), a nivel de familia (CIDECALLI-CP). México, 2007. p. 51-52.

**Tabla 1.** Coeficientes de Esguerrimiento (Ce) de los Diferentes Materiales en el Área de Captación.

<b>Tipos de Captación</b>	<b>Ce</b>
Cubiertas superficiales	
Concreto	0,6 – 0,8
Pavimento	0,5 – 0,6
Geomembrana de PVC	0,85 – 0,90
Azotea	
Azulejos, teja	0,8 – 0,9
Hojas de metal acanaladas	0,7 – 0,9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0,2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0,0 – 0,3
Superficies naturales rocosas	0,2 – 0,5

**Fuente:** Diseño de Sistemas de Captación del Agua Lluvia, Sistema de Captación del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano (COLPOS 1), a nivel de familia (CIDECALLI-CP). México, 2007. p. 51-52.

#### 1.4.9. Demanda de Agua en el Mes (DAM)

La demanda de agua se puede estimar de diferentes maneras, una de ellas, es a partir de la dotación asumida por una persona o para utilizarla en riego. La cual calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades en cada uno de los meses.

$$DAM = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000} \quad (6).$$

DAM: demanda mensual (m<sup>3</sup>)

Dot: dotación (L/riego/día) (2 l/m<sup>2</sup>)

Nu: Total de Área para el riego (Área = 10,820 m<sup>2</sup>).

Nd: número de días del mes analizado

#### 1.4.10. Demanda Acumulada Al Mes (DAM')

La demanda acumulada de agua al mes (DAM') se determina de acuerdo con la expresión propuesta por Abdulla y Al-Shareef [10]. La (DAM'), se introduce en la ecuación (1) para poder determinar el volumen de almacenamiento para el tanque de captación de aguas lluvias.

$$DAM' = DAM + DAM (i - 1) \quad (7).$$

Donde:

DAM' = demanda acumulada al mes "i" (m<sup>3</sup>)

DAM = demanda acumulada al mes anterior "i-1" (m<sup>3</sup>)

DAM (i-1) =demanda acumulada al mes anterior (m<sup>3</sup>)

#### 1.4.11 Almacenamiento

El almacenamiento del agua lluvia consiste en depositarla dentro de cisternas o tanques, para abastecer a una población. El uso del agua almacenada es diverso. El agua almacenada puede utilizarse durante todo el año; tanto en periodo de sequia como de lluvia. La unidad de almacenamiento de agua lluvia debe ser duradera y cumplir con las siguientes especificaciones [15]:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- Debe tener una profundidad máxima de 2m de altura para minimizar las sobre-presiones
- Poseer una tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar

---

[15]. GHISI, E., BRESSAN, D., and Martini, M. Rainwater tank capacity and potencial for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastem Brazil. *Building and Environment*. 42, 4, 2007, 1654-1666.

- Disponer de una escotilla con tapa lo suficientemente grande, para permitir el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales
- El depósito debe estar dotado de dispositivos para el retiro de agua

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS FUNDAMENTOS DE CAPTACIÓN DE AGUAS.**

En esta primera etapa del proyecto se realizó una revisión del estado del arte en cuanto a conceptos teóricos, parámetros, modelos, etc, que se tienen en cuenta actualmente para el diseño de los sistemas de captación de aguas lluvias y la posterior utilización en riego. Todo lo anterior esta referenciado en el marco teórico de este informe.

### **2.2 IDENTIFICACIÓN Y RECOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES DEL ESTADIO 1° DE MARZO**

El estadio 1° de Marzo se encuentra ubicado en la zona deportiva hacia el oriente y en la cabecera de la Universidad Industrial de Santander, cuenta con un área total de 10,820 m<sup>2</sup>. El área disponible para captación de agua lluvia es de 7,350 m<sup>2</sup> y corresponde al área cubierta con la gramilla. El área total y el área de captación fueron calculadas in situ utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS). Esta área ya cuenta con la superficie, geomembrana que tiene un coeficiente de escorrentía de 0,85 según tabla 1, filtros y pendientes adecuadas para facilitar el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de captación. El tiempo para regar la gramilla del estadio 1° de Marzo es de cuatro horas y genera un gasto de 65 m<sup>3</sup> de agua potable a la semana, todo este proceso está siendo realizado de forma manual [16].

---

[16]. LONDOÑO SILVA, Andres Guillermo. Apoyo a las Obras de Rehabilitación Parcial de la Malla vial y Recuperación de la Cancha de Fútbol y Pista Atlética del Estadio 1° de Marzo de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. COLOMBIA, 2006. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. P. 56-72.

### **2.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

En esta etapa se procedió a adquirir la información sobre precipitación para la ciudad de Bucaramanga. Esta información fue suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y corresponden a los registros de la estación pluviométrica Quebradaseca. La información entregada por el IDEAM corresponde al registro No 23190830, para los años 2000 – 2010. Periodo mínimo recomendado para realizar un diseño del tanque de almacenamiento del sistema de captación de aguas lluvias [13]. Además se recopilarán los planos del estadio 1° de Marzo los cuales serán facilitados por planta física de la Universidad Industrial de Santander.

### **2.4 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL AGUA**

En esta etapa se procedió a realizar los análisis fisicoquímicos del agua lluvia recolectada en el estadio 1° de Marzo. Se recolectó muestras de agua lluvia aplicando la NTC-ISO 5667-3 (Norma Técnica Colombiana). Estas muestras de agua lluvia fueron analizadas por el laboratorio químico de consultas industriales de la Universidad Industrial de Santander, y fueron analizados los siguiente parámetros: a) pH, b) Temperatura, c) Dureza total, d) Carbonatos, e) Alcalinidad total, f) Bicarbonatos, g) Cloruros, de estos resultados se obtiene un criterio para poder decidir si el agua es de buena calidad para utilizarla en el riego de la gramilla del estadio 1° de Marzo.

### **2.5 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Las dimensiones serán de acuerdo con el volumen de agua lluvia captada y las normas de seguridad del terreno donde estará ubicado.

---

[13]. Unidas de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Perú, Enero, 2001. p. 4-8.

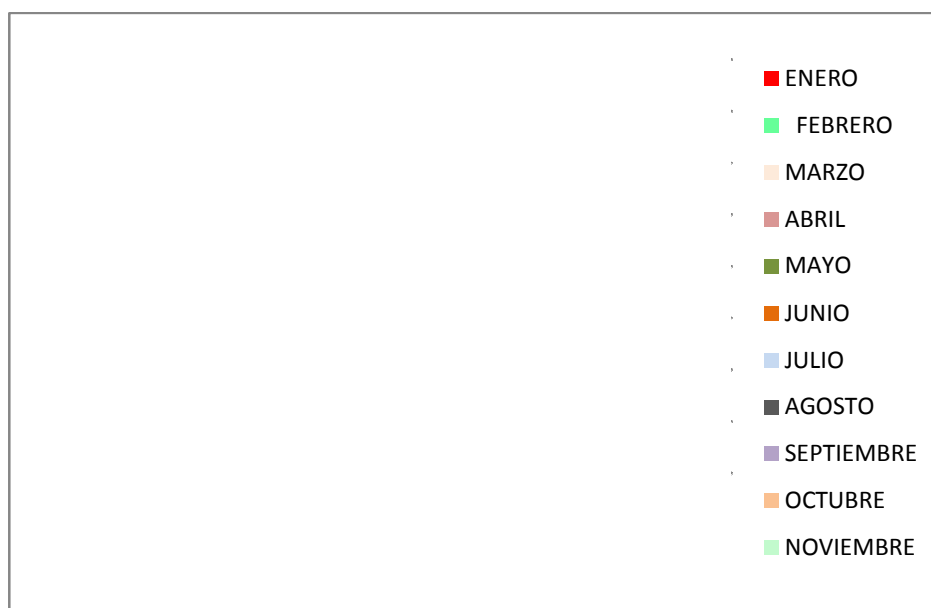
El estadio 1° de Marzo ya cuenta con un sistema de recolección y conducción por lo tanto todo el desarrollo matemático estuvo enfocado al diseño del tanque de almacenamiento. Para calcular los parámetros de diseño y el volumen de almacenamiento, serán utilizadas las ecuaciones (1) a la (7), planteadas en el marco teórico. De la Ec.2 a la Ec.7 se calcularon todos los parámetros como: la determinación de la precipitación promedio mensual, la demanda (total y acumulada), la oferta (total y acumulada), necesarios para poder solucionar la Ec.1, con la que se pudo calcular el volumen del tanque de almacenamiento para el sistema de captación de aguas lluvia, parte primordial en el desarrollo de esta monografía.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

En la figura 1, se presenta el reporte de precipitación pluviométrica promedio mensual, para los últimos diez años. En la Ec.5, la precipitación promedio mensual está expresada en mm y equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1mm de agua para mojar 1m<sup>2</sup> de área [15].

**Figura 1.** Valores de Precipitación Promedio Mensual en mm para los diez años analizados.



**Fuente:** Datos pluviométricos suministrados por el IDEAM, años 2000 – 2010, estación Quebradaseca, Bucaramanga.

---

[15]. GHISI, E., BRESSAN, D., and Martini, M. Rainwater tank capacity and potencial for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*. 42, 4, 2007, 1654-1666.

En la figura 1, se observa que el mes más lluvioso es Octubre, con un valor de 149,7 mm al mes y el mes más seco es diciembre con un valor de 72,3 mm al mes.

Los datos de precipitación mensuales se utilizan para poder realizar el cálculo del volumen de agua disponible en la zona donde se quiere implementar el proyecto, y a partir de estos datos poder empezar a diseñar el tanque de almacenamiento, porque si no habría un sobredimensionamiento del sistema respecto a la oferta de agua lluvia.

### **3.2 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL AGUA LLUVIA CAPTADA**

En la figura 2 se presenta la caracterización fisicoquímica realizada al agua lluvia captada en el estadio 1° de Marzo de la UIS.

Que de acuerdo a las características se puede concluir que el agua lluvia recolectada en el estadio 1° de Marzo es de muy buena calidad para cualquier tipo de riego, porque cumple con todos los parámetros establecidos para este fin, según el resultado del informe del laboratorio químico de consultas industriales relacionado en la figura 2. Por lo anterior, es viable para la UIS disponer del agua lluvia captada en el estadio 1° de Marzo en el riego de la gramilla.

**Figura 2** Físicoquímico del Agua Lluvia Recolectada en el Estadio 1°Marzo

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/16	
		Página 1 de 2	



\*Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1859 de 2011, en los parámetros pH, DBO<sub>5</sub>, DCO, SST, féosoles, SPM<sub>10</sub> gruesos y azúcares en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en sedos y toma de muestras puntuales y conjuntas\*



\*Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano\*

Informe de resultados No.	12-316	Fecha de emisión:	Junio 27 de 2012
Cliente:	DIVISION DE PLANTA FISICA		
Dirección del cliente:	Universidad Industrial de Santander		
Solicitud de servicio No.	12-298	No. de muestras:	01
Fecha de recepción de las muestras:	Junio 04 de 2012		
Muestras recibidas por:	Johanna Riveros		
Fecha de análisis:	Junio 04 de 2012 – Junio 27 de 2012		

### 1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	12-298-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Agua proveniente del colector de filtros del estadio		
Matriz de la muestra:	Agua cruda		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Universidad Industrial de Santander /colector de filtros del estadio		
Fecha del muestreo:	Marzo 01 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	5,98	Potenciométrico / SM 4500-H <sup>+</sup> B
Temperatura ( °C )	24,0	Termométrico / SM 2550 B
Conductividad (µS/cm)	22,2	Conductivimétrico / SM 2510
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	12,5	Titrimétrico-EDTA / SM 2340 C
Cloruros (mg Cl <sup>-</sup> /L)	15,08	Argentométrico / SM 4500-Cl <sup>-</sup> B
Carbonatos (mg CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /L)	0	Titrimétrico / SM 2320
Bicarbonatos (mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	26,56	Titrimétrico / SM 2320
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	26,5	Titrimétrico / SM 2320 B
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L)	<L.D	Espectrofotométrico / SM 4500 E
Sodio (mg Na/L)	0,68	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/L)	0,67	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/L)	<L.D	Absorción Atómica
Hierro Total (mg Fe/L)	0,001	Espectrofotométrico / SM 3500-Fe
RAS	0,23	Cálculo Matemático
%Sodio Posible	0,22	Cálculo Matemático
Sólidos Totales (mg/L)	44	Gravimétrico/ SM 2540 B

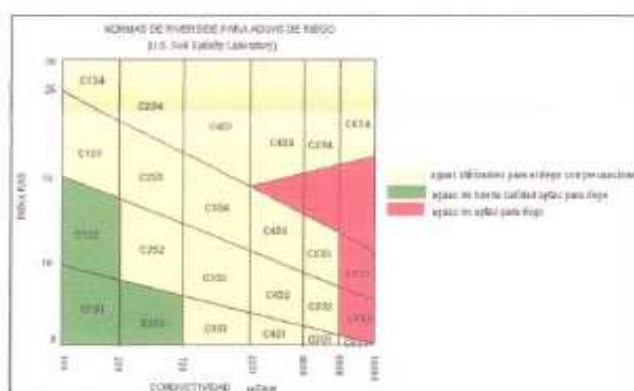
Ciudad Universitaria Carrera 27, Calle 9 – Edificio Camio Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465; Telefax: (7) 6345009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/laci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
 Bucaramanga – Colombia

**Fuente:** Laboratorio Químico de Consultas Industriales.

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 2	

Informe de resultados No. 12-315 Solicitud de servicio No. 12-298

Clasificación de la muestra de agua para riego, de acuerdo con la Conductividad y el RAS :  $C_2S_1$



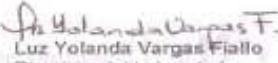
Observaciones: Agua de muy buena calidad apta para todo tipo de riego.

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:

  
**Luz Yolanda Vargas Fiallo**  
 Directora del Laboratorio  
 Química Msc Química UIS  
 MP-PQ 1144

Elaboró: Johanna Ríos

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

Fuente: Laboratorio Químico de Consultas Industriales.

### 3.3 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA LLUVIA

Se realizaron los cálculos de las Ec1 a la Ec7, relacionadas en el marco teórico para poder establecer el volumen de agua lluvia disponible para poder diseñar el tanque de almacenamiento del sistema de captación de agua, estos cálculos se resumen en la tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento.

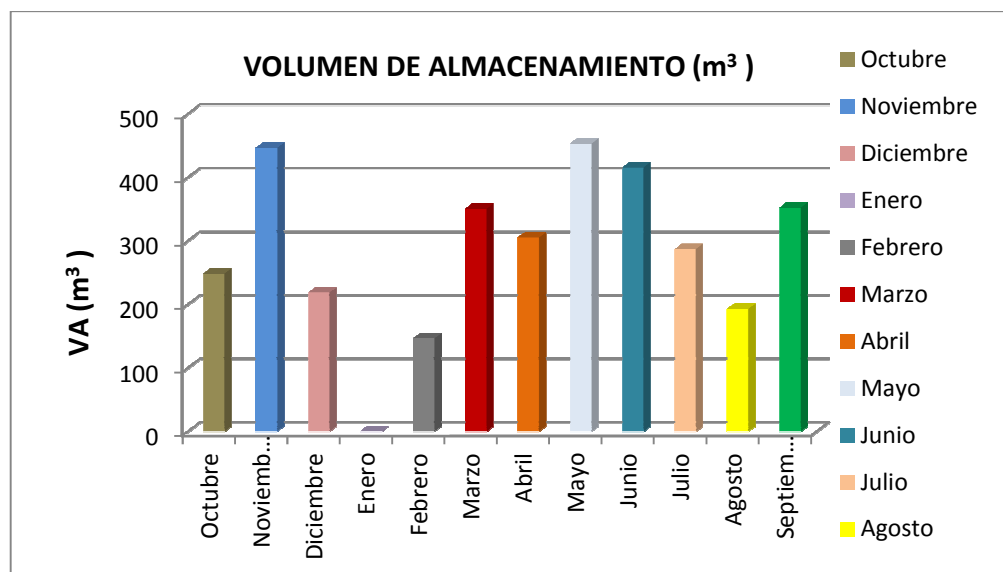
Mes	Ppi L/m <sup>2</sup>	Día mes	Demanda DA m <sup>3</sup> /mes	DAM' m <sup>3</sup> /mes	Oferta OAMP m <sup>3</sup> /mes	OA (m <sup>3</sup> /mes)	Volumen VA m <sup>3</sup> /mes
Octubre	149,7	31	670,84	670,84	916,54	916,54	248,82
Noviembre	138,9	30	649,2	1320,04	850,41	1766,95	446,91
Diciembre	72,3	31	670,84	1990,88	442,65	2209,6	218,72
Enero	74,0	31	670,84	2661,72	453,06	2662,66	0,94
Febrero	122,8	28	605,92	3267,64	751,84	3414,5	146,86
Marzo	142,9	31	670,84	3938,48	874,90	4289,4	350,92
Abril	98,7	30	649,2	4587,68	603,79	4893,19	305,51
Mayo	133,7	31	670,84	5258,52	818,58	5711,77	<b>453,25</b>
Junio	99,9	30	649,2	5907,72	611,63	6323,4	415,68
Julio	88,6	31	670,84	6578,56	542,44	6865,84	287,28
Agosto	94,2	31	670,84	7249,4	576,73	7442,57	193,17
Septiembre	132,1	30	649,2	7898,6	808,78	8251,35	352,75

**Fuente:** Los autores.

Según los resultados obtenidos en la tabla 2, el volumen de almacenamiento del tanque es el mayor valor obtenido en la acumulación de agua lluvia, es decir, el mayor volumen acumulado, y este equivale al mes de febrero con un valor de 453,25 m<sup>3</sup>.

En la figura 3 se relaciona, el volumen de almacenamiento mensual (VA) que en la mayoría de los años presentan fenómenos de pocas lluvias (El Niño), pero en caso de haber una mayor precipitación debida al fenómeno de la Niña, estos volúmenes podrían recolectarse sin necesidad de cubrir la demanda faltante con agua potable.

**Figura 3.** Volúmenes de almacenamiento de agua lluvias, por mes.



Fuente: Los autores

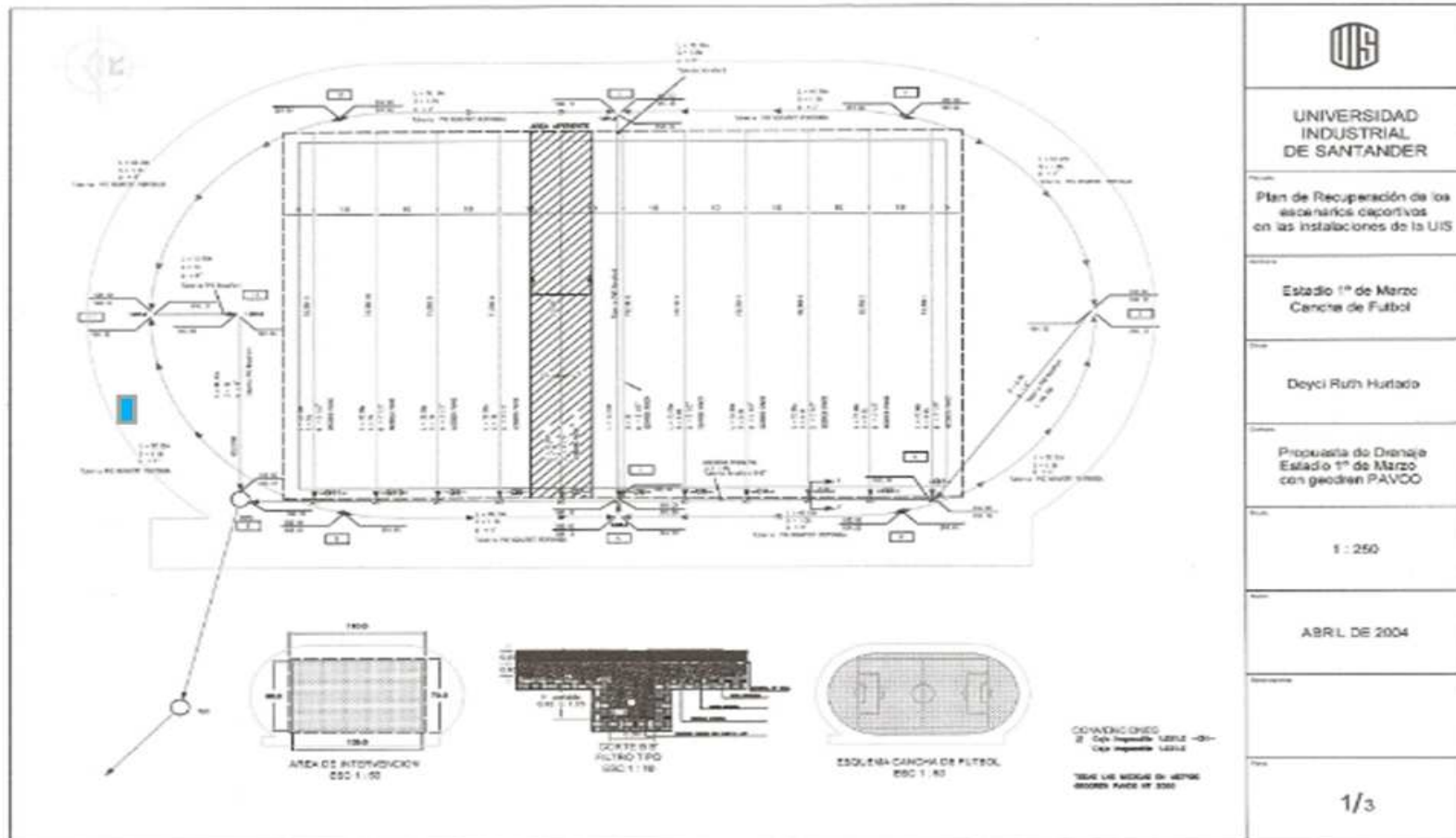
La oferta de agua lluvia se cálculo teniendo como base un área de captación de 7,350 m<sup>2</sup>. La determinación de la demanda acumulada y de la oferta acumulada se realizó siguiendo la Ec.1, por lo tanto se obtuvieron los valores del volumen almacenado durante un mes, como se ilustra en la figura 3. No se tienen meses donde la demanda es mayor a la oferta acumulada, por consiguiente no se necesita agua potable para cubrir la demanda faltante, esto indica en primera instancia que el proyecto es viable para un ahorro de agua potable, como se analiza en la figura 3.

### **3.4 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Siguiendo los parámetros: a) área para la construcción del tanque de almacenamiento de agua, b) normas de seguridad, c) características del terreno, d) oferta de agua al mes, se determinó construir un tanque que almacene un volumen de 200 m<sup>3</sup> de agua lluvia. Se propuso para efectos constructivos y para evitar sobrepresiones, tanque en concreto reforzado enterrado, rectangular de 8,0m ancho x 12,5m largo x 2,0m profundidad.

En la figura 4 se relaciona el sitio escogido en las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander, para la construcción del tanque de almacenamiento del sistema de captación de aguas lluvias, este terreno reúne todas las características y parámetros antes mencionadas, que brindarán seguridad y eficiencia al sistema de captación de aguas lluvias.

**Figura 4.** Ubicación del Tanque de Almacenamiento de Agua Lluvia en el Estadio 1° de Marzo.



Fuente: Planta Física, Universidad Industrial de Santander.

### **3.5. COSTOS DEL AGUA POTABLE UTILIZADA EN EL RIEGO DEL ESTADIO 1° DE MARZO**

La Universidad Industrial de Santander tiene un gasto de 1.1 salarios mínimo legal vigente por semana, en el pago del operario y el recibo de consumo de 65m<sup>3</sup> de agua potable utilizada en el riego de la gramilla del estadio 1° de Marzo.

Con el sistema de captación de aguas lluvias que se propuso, se quiere dar a conocer los beneficios ambientales, económicos y sociales, que traerían para la institución educativa, porque ya no se estaría utilizando el recurso hídrico para este fin, sino el cual puede estar conducido o encaminado a disminuir las necesidades de agua potable de otros sectores de la ciudad, además como el tanque de almacenamiento de aguas lluvias que se propone tiene una capacidad de 200 m<sup>3</sup>, alcanzaría para cubrir los gastos de agua para riego de la gramilla del estadio 1° de Marzo, de aproximadamente un mes.

### **3.6 COSTOS DE COSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

En la tabla 3 se relacionan los costos de los materiales para realizar la construcción del tanque de almacenamiento de aguas lluvias para el sistema de captación de aguas lluvias, que se implementó en el estadio 1° Marzo.

De la tabla 3 se puede concluir que realizando los cálculos de los costos de construcción del tanque de almacenamiento, no son muy altos en comparación a los beneficios ambientales, económicos y sociales, que traerían consigo el iniciar la implementación del sistema de captación de aguas lluvias, el cual situará a la Universidad Industrial de Santander como una de las instituciones pioneras en adoptar estos sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en Santander.

**Tabla 3** Costos de Construcción del Tanque de Almacenamiento de Aguas Lluvias.

<b>ETAPAS</b>	<b>COSTO con IVA (pesos)</b>
Localización y replanteo	500.000
Excavaciones manuales	2.200.000
Retiro y cargue de material sobrante	1.080.000
Solado de base 5m <sup>3</sup>	1.400.000
Refuerzo hierro 164 barras ½ " (6m) para base. (puesta en obra)	2.460.000
Mano de obra Instalación.	4.000.000
Concreto base 20m <sup>3</sup> impermeable.	8.100.000
Concreto paredes impermeabilizado (16.4m <sup>3</sup> )	7.710.000
Refuerzo paredes varilla 92 (6m) ½"	1.380.000
Alambre negro 6 (kg) amarre acero	24.000
Varios o imprevistos	500.000
Subtotal	29.354.000
Subtotal 30% margen de seguridad en el proyecto.	8.806.200
<b>TOTAL</b>	<b>38.160.200</b>

**Fuente:** Datos suministrados, por la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander.

## 4. PROPUESTA DE DISPOSICIÓN FINAL DEL AGUA RECOLECTADA

### 4.1 RIEGO POR ASPERSIÓN

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a la gramilla por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

Para conseguir un buen **riego por aspersión** son necesarios:

- Presión en el agua por medio de una electrobomba.
- Una red de tuberías o mangueras adecuadas a la presión del agua.
- Aspersores adecuados que sean capaces de esparcir el agua a presión que les llega por la red de distribución.
- Depósito de agua que conecte con la red de tuberías o mangueras [17].

### 4.2 PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL ESTADIO 1° DE MARZO.

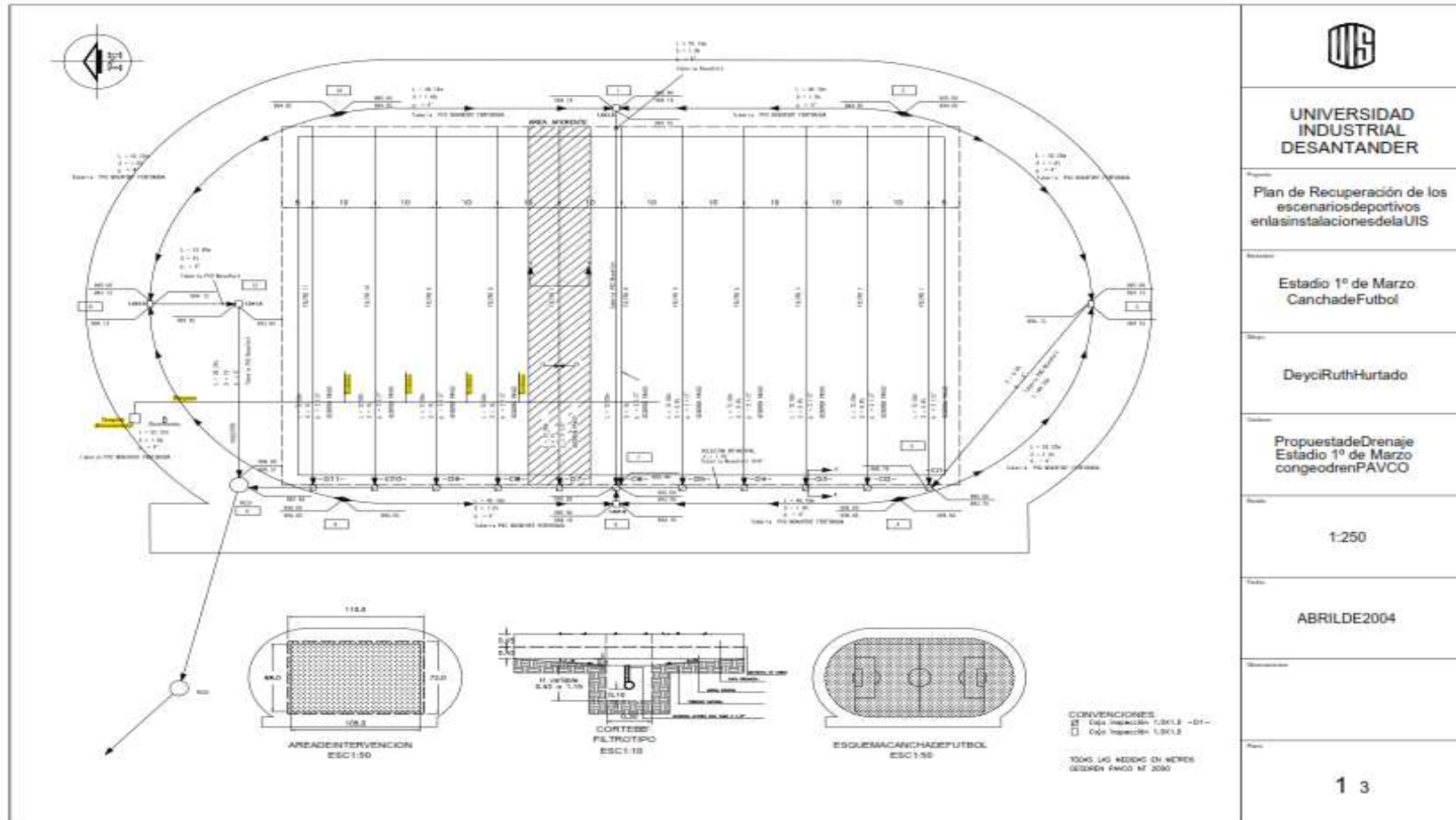
La propuesta para disponer del agua almacenada estuvo enfocada hacia analizar la ventajas, para que la Universidad Industrial de Santander puede implementar un sistema de riego por aspersión para utilizarlo en la gramilla del estadio 1° de Marzo, por la características del terreno, localización y capacidad del tanque de

---

[17]. VELASCO MERO, Andrea Cristina. Diseño, cálculo e instalación de un sistema de riego para la cancha de fútbol del complejo deportivo de la Universidad Técnica de Manabí del Cantón Portoviejo, Portoviejo. Ecuador, 2008. Trabajo de grado (Ingeniería Agrícola). Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agrícola. P. 20-44.

Almacenamiento, fácil implementación, bajos costos de diseño y operación, se propuso realizar una interconexión entre el tanque de almacenamiento y el sistema de riego por aspersión, su localización se detalla en la figura 5. En este sistema de riego por aspersión un operario rotará los aspersores por todo el estadio 1° de Marzo, teniendo intervalos de 2 horas entre la rotación de los riegos; las especificaciones técnicas y costos de los distintos componentes del sistema se adjuntan en los anexos.

**Figura 5** Esquema de Riego por Aspersión En El Estadio 1° de Marzo



Fuente: Planta Física, Universidad Industrial de Santander.

## CONCLUSIONES

- Según los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al agua captada es de excelente calidad para el riego de la gramilla del estadio 1° de Marzo.
- A partir de los datos pluviométricos se garantiza el suministro de agua lluvia para el riego de la gramilla del estadio 1° de Marzo.
- El diseño del tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 200 m<sup>3</sup>, el cual alcanza para veinte días de riego de la gramilla del estadio 1° de Marzo.
- El sistema de aprovechamiento de agua lluvia consta de: a) Captación, b) Tanque de almacenamiento, y c) sistema de riego.
- De tal manera se propone un sistema de almacenamiento y disposición del agua lluvia captada, sencillo y de fácil operación, el cual tendrá un costo de \$ 40.660.200 de pesos.
- El periodo de recuperación de la inversión realizada por la Universidad Industrial de Santander en la construcción del tanque de almacenamiento es de tres años.

## RECOMENDACIONES

- Para la construcción o implementación de un tanque de almacenamiento de agua lluvia, que sea de un mayor volumen, se debe realizar un estudio geológico y estructural, además escoger otro terreno de la Universidad Industrial de Santander del propuesto por este trabajo.
- Para trabajos futuros se sugiere el poder implementar la potabilización del agua recolectada, para utilizarla en pro del bienestar de la Universidad Industrial de Santander obteniendo con esto un progreso y un avance en aspectos ambientales, sociales y económicos de nuestra sociedad.
- Se deja abierta la monografía para que trabajos futuros, realicen todos los cálculos pertinentes para poder implementar el sistema de riego por aspersión en el estadio 1° de Marzo situado en la Universidad Industrial de Santander.

## BIBLIOGRAFÍA

Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. October, 2006, p. 291-300.

Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination 243, 1-3, 2009, p. 195-207.

BALLÉN SUAREZ, José Alejandro., GALARZA GARCÍA, Miguel Ángel., y ORTIZ MOSQUERA, Rafael Orlando. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. VI SEREA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Brasil, 2006, p. 1-12.

CASTAÑEDA, Natalia Palacio. Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, Como Alternativa para el Ahorro de Agua Potable, En la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Medellín, 2010. Trabajo de grado (Ingeniería Sanitaria). Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería Ambiental. p. 12-46.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003.

Diseño de Sistemas de Captación del Agua Lluvia, Sistema de Captación del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano (COLPOS 1), a nivel de familia (CIDECALLI-CP). México, 2007. p. 50-51.

Diseño de Sistemas de Captación del Agua Lluvia, Sistema de Captación del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano (COLPOS 1), a nivel de familia (CIDECALLI-CP). México, 2007. p. 51-52.

GHISI, E., BRESSAN, D., and Martini, M. Rainwater tank capacity and potencial for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastem Brazil. Building and Environment. 42, 4, 2007, 1654-1666

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), [en línea]. Colombia. Disponible en:  
<http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&lId=1004>. [2012, 16 de Junio].

Lara B, A.J., Torres A., A.E., Campos P., M.C., Duarte C., L., Echeverri R., J.I., and Villegas G., P.A. Aprovechamiento del agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá). 2 (2007), 193-202.

LONDOÑO SILVA, Andres Guillermo. Apoyo a las Obras de Rehabilitación Parcial de la Malla vial y Recuperación de la Cancha de Fútbol y Pista Atlética del Estadio 1° de Marzo de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. COLOMBIA, 2006. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. P. 56-72.

Unidas de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Perú, Enero, 2001. p. 4-8.

Universidad Industrial de Santander (UIS), [en línea]. Colombia. Disponible en: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/relacionesExteriores/documentos/2011/guiaEstudiantesExtranjeros/cartillaEstudiantesVisitantes.pdf>. [2012, 9 de Marzo].

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS - 2000, Sección I, Título A, Aspectos Generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Santafé de Bogotá, Noviembre, p. 10-80.

VELASCO MERO, Andrea Cristina. Diseño, cálculo e instalación de un sistema de riego para la cancha de fútbol del complejo deportivo de la Universidad Técnica de Manabí del Cantón Portoviejo, Portoviejo. Ecuador, 2008. Trabajo de grado (Ingeniería Agrícola). Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agrícola. P. 20-44.

Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting Development. Third Edition, Texas, 2005, p. 5-50.

Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting Development. Texas, Third Edition, 2005, p. 10-40.

## ANEXOS

### Anexo A. Especificaciones Técnicas Electrobomba Tipo Caracol Evans



Ref: 4HME200

Potencia: 2.0 HP

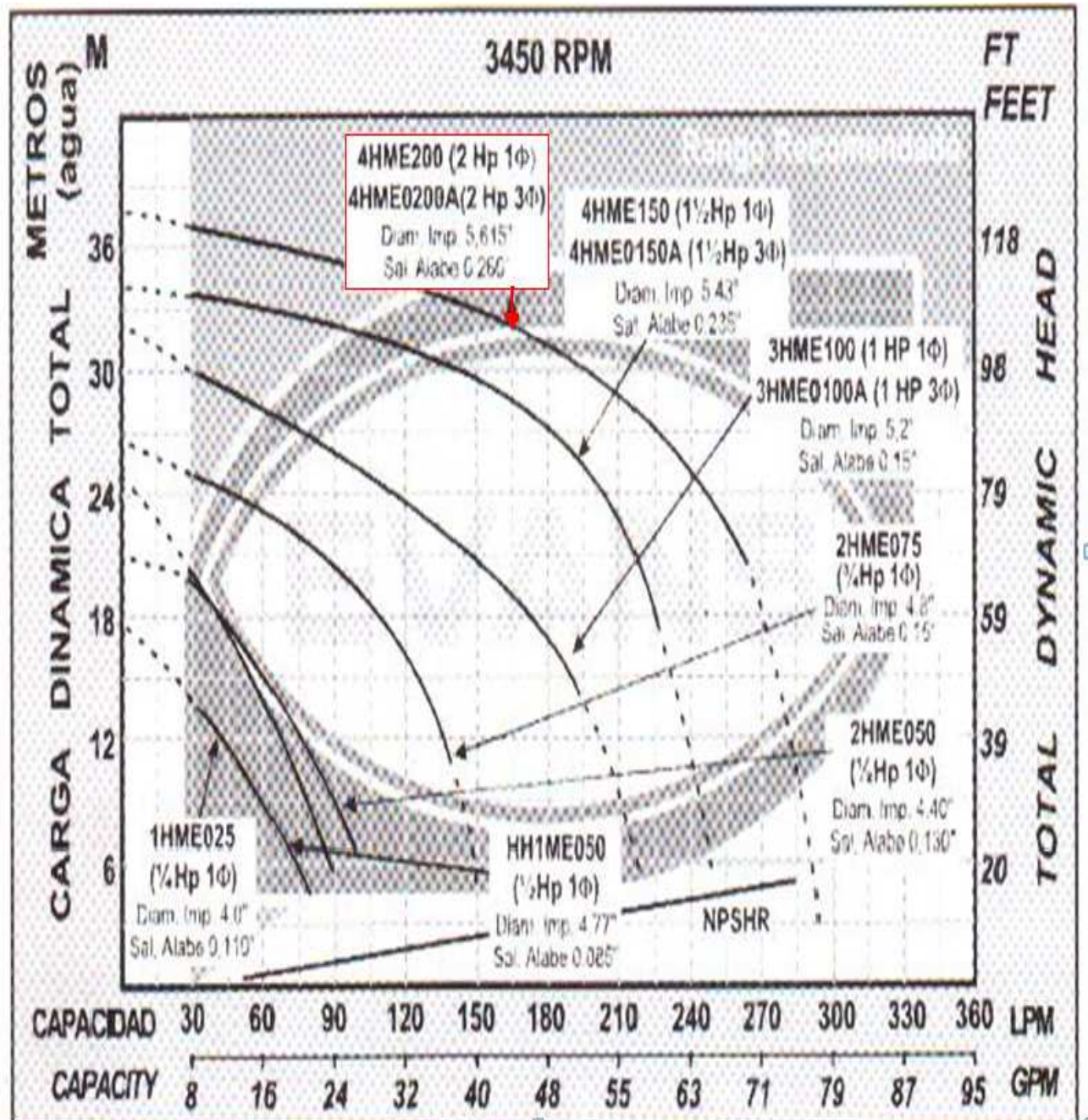
Modelo: EC-220

Voltaje: 110/220 (monofásica)

Altura máxima: 38 mts

Succiona y descarga: 1 ½" x 1 ¼"

Caudal: 294 LPM



**Anexo B Cotización Sistema Riego por Aspersión.**

**El Agrario Nuevo Ltda.**

MAQUINARIA AGRICOLA E INDUSTRIAL

Bucaramanga JUNIO 28 de 2012

Señores  
**FREDY PEREZ**  
Ciudad

Ref. Cotización

En atención a su solicitud estamos cotizando lo siguiente:

Electrobomba tipo caracol EVANS

**VALOR TOTAL..... \$480.000**

**ACCESORIOS DE INSTALACION**

- > 6 Aspersores de 1/4 plásticos ..... \$ 72.000
- > Manguera de succión de 1 1/2"x6mts ..... \$ 93.000
- > Válvula de pie de 1 1/2" ..... \$ 35.000
- > 1 llave bola de 1 1/4" metálica..... \$ 29.000
- > 2 juegos Acople rápido de 1 1/2" ..... \$ 64.000
- > 1 tee de cebamiento de 1 1/4" hg ..... \$ 12.500
- > 13 abrazaderas de 1 1/2" ..... \$ 39.000
- > 2 rollos de manguera de 1 1/2"x100mts.... \$278.000
- > 6 Uniones de 1 1/2"x 3/4" ..... \$36.000
- > 6 Insertos de 1/4" pvc ..... \$ 6.000
- > 6 adaptadores hembra 1/4" ..... \$ 3.000
- > 6 racores de 1/4" aluminio ..... \$ 20.400
- > 12 abrazaderas 3/4" industrial..... \$ 36.000
- > 1 unión de 1 1/2" aluminio ..... \$ 11.000

**CONDICIONES COMERCIALES**

PRECIO IVA incluido 16%

GARANTIA: 1 AÑO

TIEMPO DE ENTREGA: 1 DIA

FORMA DE PAGO: CONTADO

*El Agrario Nuevo Ltda.*  
Cualquier información adicional por favor comunicarse con nosotros al 6334851-  
6525662  
Av. Quebradaseca No. 18-77  
Tel: 6334851 Bucaramanga-Col

**FABIAN MAURICIO PICON S**  
Gerente General



STERLING



PIROMEC

BARNES

HONDA



MARUYAMA



LUISE

penagos



MAIRIYAKA

PEROLLO

GRUNDFOS

LOVATO ELECTRIC

Estudios Técnicos y Montajes - Equipos de Riego y Presión Constante - Electrobombas - Pico Ensiladoras - Fumigadoras  
Avenida Quebradaseca No. 18-77 - Tel. 633 4851 / 652 5663 - Fax: 642 1729 - Cel. 310 665 0866 - Bucaramanga (Col.)  
E-mail: elagrariounuevo@hotmail.com