



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS POTENCIALES DEL USO DE  
UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE  
AGUA LLUVIA CREPES Y WAFFLES.**

Autor

Daniel Alejandro Pineda Pulgarín

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental

Medellín, Colombia

2019



ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS POTENCIALES DEL USO DE UN SISTEMA DE  
CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA CREPES Y WAFFLES.

Daniel Alejandro Pineda Pulgarín

Informe de práctica  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniería Ambiental

Asesores

Juan Sebastián Pérez Vallejo, Ingeniero Ambiental

María Alejandra Peña Arango, Ingeniera Ambiental

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia

2019

## TABLA DE CONTENIDO

ANALISIS DE LOS BENEFICIOS POTENCIALES DEL USO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA CREPES Y WAFFLES. .		3
1.	Resumen .....	3
2.	Introducción .....	3
3.	Objetivos.....	4
3.1.	General.....	4
3.2.	Específicos .....	4
4.	Marco Teórico .....	5
4.1.	Captación .....	6
4.2.	Recolección y Conducción .....	6
4.3.	Interceptor.....	6
4.4.	Almacenamiento .....	6
4.5.	Red de Distribución de Agua Lluvia y Sistema de Bombeo .....	6
5.	Metodología .....	7
6.	Resultados y análisis .....	8
7.	Conclusiones .....	14
8.	Referencias Bibliográficas.....	14

# **ANALISIS DE LOS BENEFICIOS POTENCIALES DEL USO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA CREPES Y WAFFLES.**

---

## **1. Resumen**

El consumo del recurso hídrico es un problema latente en la industria no solo por su costo económico, sino por la responsabilidad social que conlleva el consumo del agua. En Crepes y Waffles el uso eficiente y responsable de los recursos naturales siempre ha sido una meta y este proyecto presentó una estrategia que no solo logra disminuir el consumo de agua, sino que lo hace de manera sostenible aprovechando el agua lluvia.

En el sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia que se plantea construir para la compañía se espera reducir un 7% del consumo anual, captando el agua con las tuberías ya existentes y almacenando en un lugar adecuado para este fin. De esta manera se reducen costos y se maximiza el uso de espacios de la planta, mostrando que la infraestructura, la ubicación y las condiciones climatológicas de la planta de producción hacen viable la instalación de un sistema de captación de agua lluvia. Todo esto sin afectar ninguna etapa de la producción de alimentos, garantizando su inocuidad; ya que el agua que se capte por el sistema solo se usará para las instalaciones sanitarias, red contraincendios y lavado de camiones transportadores.

## **2. Introducción**

La Industria de alimentos se ha caracterizado por su consumo de agua, ya que de esto depende en parte el poder asegurar la inocuidad del servicio y producto. Todas las buenas prácticas de manufactura, la limpieza y desinfección de alimentos se basan en el consumo de agua potable, estos factores contribuyen a que la industria de alimentos ejerza una presión sobre el recurso hídrico.

La Compañía de Alimentos Colombianos CALCO S.A. Crepes y Waffles Antioquia, es una industria de alimentos que realiza la producción, preparación y servicio de comida gourmet. La Compañía cuenta con una planta de producción donde se llevan a cabo todos los procesos de limpieza y desinfección de las materias primas y se prepara las bases de todos los platos que se sirven en los puntos de venta.

Dentro de sus políticas, Crepes y Waffles posee una filosofía de sostenibilidad donde se compromete a la protección y uso eficiente de todos los recursos naturales, entre ellos el hídrico, realizando esfuerzos como la implementación de griferías ahorradoras y teniendo

acciones importantes en el tratamiento de aguas residuales; por medio de trampas de grasa y una planta de tratamiento de agua residual.

La captación de agua lluvia, es un sistema que ha venido creciendo en el sector residencial, esto debido a que no solo es una ayuda para el medio ambiente, sino que también es un sistema económicamente viable. En un hogar más de 2/3 del agua utilizada no es necesario que sea potable, como servicios sanitarios, limpieza, riego de jardines, etc., asimismo en el sector industrial el consumo de agua se puede reemplazar por agua lluvia en las instalaciones sanitarias y lavado de vehículos, ya que no tiene requerimientos de potabilización y en el presente estos sistemas se pueden adaptar a los métodos de captación y aprovechamiento de agua lluvia.

Este trabajo plantea la evaluación de un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia para la Compañía de Alimentos Colombianos CALCO S.A.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. General**

- Evaluar beneficios potenciales de un sistema de captación y aprovechamiento de agua potable, mediante un estudio que analice tanto los factores económicos y como los ambientales

#### **3.2. Específicos**

- Realizar un análisis financiero sobre la viabilidad del sistema de agua lluvia, enfocándose en el periodo de retorno, valor presente neto y tasa interna de retorno, y evaluando su beneficio para la compañía.
- Proponer la realización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia a la Gerencia de la Compañía y departamentos afines.

#### 4. Marco Teórico

La presión que se ejerce hoy en día al recurso hídrico hace que cada vez sea difícil para cierto grupo poblacional acceder a un servicio de acueducto, asimismo es importante resaltar que el agua es un elemento fundamental para el desarrollo personal y regional. El ciclo hidrológico se ve afectado por la demanda que ejerce la industria sobre el recurso hídrico, por lo cual es importante que desde estas crezcan iniciativas para la protección de este.

La planta de producción de alimentos de Calco S.A se encuentra ubicada en el departamento de Antioquia, municipio de Medellín, la cual hace parte de la región andina del continente, y se estima que puede sobrepasar los 4000 mm <sup>[2]</sup> de lluvia anuales, esto muestra un potencial para el aprovechamiento del agua lluvia.

Los modelos climáticos globales empleados por las organizaciones como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) predicen un incremento generalizado de la precipitación en Colombia entre el 10 y 15% <sup>[3]</sup>, dicha predicción hace que los sistemas de aprovechamiento sean más viables.

Para Medellín estos modelos y datos estadísticos describen las condiciones climáticas de la ciudad, se tienen datos donde un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de lluvia y la probabilidad de días mojados en Medellín varía considerablemente durante el año, la temporada mojada dura 8,5 meses, del 26 de marzo al 9 de diciembre, con una probabilidad de más del 69 %. La temporada más seca dura 3,5 meses, del 9 de diciembre al 26 de marzo <sup>[4]</sup>.

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, se observa en los informes del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 7 de mayo, con una acumulación total promedio de 272 milímetros. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 28 de enero, con una acumulación total promedio de 108 milímetros <sup>[4]</sup>.

Según los datos de la precipitación mencionados podemos comenzar a evaluar metodologías de captación de agua lluvia, como la metodología utilizada por Palacio (2010) <sup>[1]</sup>, donde ubica elementos básicos para el sistema de captación de agua potable y su aprovechamiento son:

- a. Captación
- b. Recolección
- c. Interceptor de primeras aguas
- d. Almacenamiento

Además de los componentes mencionados se podría potenciar el diseño agregando, los siguientes elementos:

e. Sistema de filtración rápida

f. Red de distribución de agua lluvia (sistema de bombeo).

#### 4.1. Captación

Es la superficie destinada para la recolección del agua lluvia. La mayoría de los sistemas utilizan la captación en los techos, los cuales deben tener adecuada pendiente (no inferior al 5%) y superficie, que faciliten el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

#### 4.2. Recolección y Conducción

Es el conjunto de canaletas adosadas en los bordes bajos del techo, con el objeto de recolectar el agua lluvia y de conducirla hasta el sitio deseado. Las canaletas se deben instalar con una pendiente que permitan la conducción hasta los bajantes. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua.

#### 4.3. Interceptor

Es el dispositivo dirigido a captar las primeras aguas lluvia correspondientes al lavado del área de captación, con el fin de evitar el almacenamiento de aguas con impurezas. En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m<sup>2</sup> de techo.

#### 4.4. Almacenamiento

Es el depósito destinado para la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia a los diferentes usos. La unidad de almacenamiento debe ser duradera y debe cumplir con unos aspectos específicos.

#### 4.5. Red de Distribución de Agua Lluvia y Sistema de Bombeo

Esta red debe ir paralela a la red de acueducto y debe llegar a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia, así que deberá protegerse la red de suministro de agua potable con una válvula de cheque para evitar que el agua lluvia se mezcle con el agua potable. El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias y demás espacios requeridos <sup>[1]</sup>.

Para realizar un análisis de viabilidad y poder unir los datos de precipitación y de sistema de captación es necesario aplicar métodos de análisis financieros como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de retorno entre otros.

El método del Valor Presente Neto (VPN) consisten en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. En su definición el VPN muestra los beneficios netos generados por el proyecto durante su vida útil después de cubrir la inversión inicial y obtenido la ganancia requerida de la inversión <sup>[5]</sup>.

Para toma de decisión de aceptación y rechazo de proyectos según el VPM se tienen los siguientes criterios de decisión:

1. Si el VPN es mayor que cero, aceptar el proyecto.
2. Si el VPN es menor que cero, rechazar el proyecto.
3. Si el VPN es igual a cero, aceptar el proyecto.

En el caso de la Tasa Interna de Retorno (TIR), constituye la tasa de interés a la cual se debe descontar los flujos de efectivos generados por el proyecto a través de su vida económica para que estos se igualen con la inversión, para tomar decisiones de aceptación y rechazo de proyectos según la TIR se tienen en cuenta los siguientes criterios

1. Si la TIR es mayor a la tasa de corte (tasa exigida por el inversionista), aceptar el proyecto.
2. Si la TIR es menor a la tasa de corte, rechazar el proyecto.
3. Si la TIR es igual a tasa de corte, aceptar el proyecto <sup>[5]</sup>.

## **5. Metodología**

La metodología que se realizó para este estudio se basó en analizar los potenciales beneficios del aprovechamiento del agua lluvia, es importante aclarar que el agua captada solo será utilizada para instalaciones sanitarias, red contraincendios y lavado de camiones transportadores. Además, se analizó la infraestructura de la planta y la capacidad de almacenamiento a través de los planos en planta, también se analizaron los valores de precipitación promedio en la zona y la capacidad de captación que tiene la Compañía para calcular un estimado del porcentaje potencial de aprovechamiento, estos datos se toman de las estaciones del IDEAM.

Posteriormente fue necesario realizar un análisis financiero donde se evaluó el periodo de retorno, realizando una comparación entre el precio del acueducto actual y diferentes cotizaciones sobre los elementos necesarios para la construcción del sistema, además calculando el valor presente neto y la tasa interna de retorno de dicho proyecto. Para calcular el valor neto se utilizan los flujos de caja, estos son los ingresos y egresos que se esperan durante la vida útil del proyecto, también se tiene la tasa de descuento, esta es la tasa mínima de rendimiento que se espera; estas mismas variables se usan para calcular la tasa interna de retorno, a continuación, se detallan las fórmulas usadas para los indicadores:



$$VPN = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC}{(1+i)^t}$$

$I_0$  = Inversión Inicial

FC = Flujo de caja anual

$i$  = Tasa de corte/ rendimiento requerido/ costo de capital

$t = 1, 2, \dots, n$  : número de periodos de vida útil del proyecto

$$TIR = i_1 + \left[ (i_2 - i_1) \frac{(VPN_1)}{|VPN_1| + |VPN_2|} \right]$$

$i_1$  = Tasa de corte, con la que se calcula el VPN del proyecto y cuyo resultado debe ser positivo.

$i_2$  = Tasa de corte, con la que se calcula el VPN del proyecto y cuyo resultado debe ser negativo.

$|VPN_1|$  = VPN positivo, en valor absoluto.

$|VPN_2|$  = VPN negativo, en valor absoluto.

Al terminar todo este estudio se envió a la Gerencia de la Compañía para que esta evaluara su viabilidad y se pudiera comenzar con una etapa de construcción e implementación.

## 6. Resultados y análisis

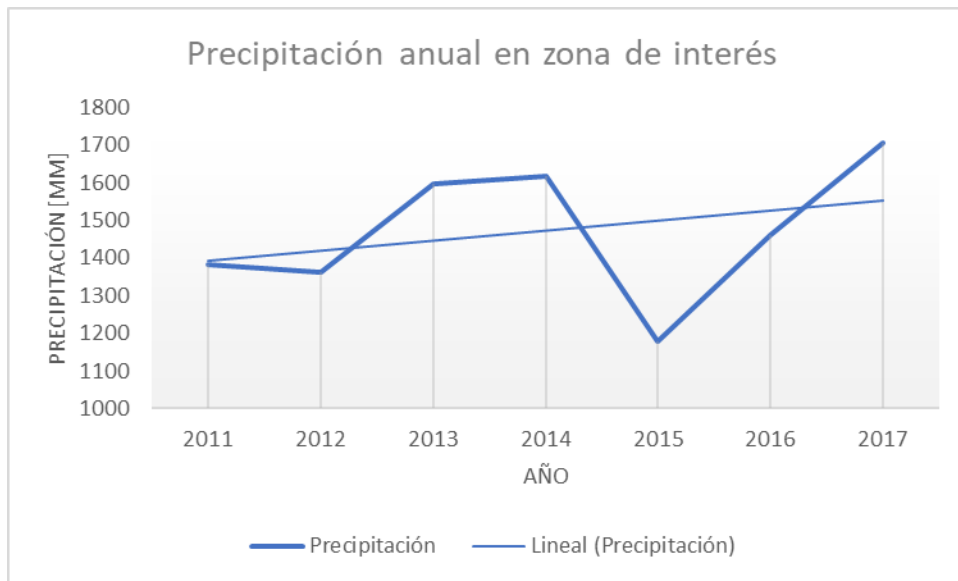
Para analizar la viabilidad se tuvieron en cuenta varios aspectos, uno de ellos fue la precipitación de la zona de interés, para esto se tuvieron en cuenta dos estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ubicadas en el sector Laureles (estaciones más cercanas a la Compañía), se organizaron y tabularon todos los datos de interés que se presentan a continuación:

**Tabla 1. Datos de precipitación IDEAM**

<b>Año</b>	<b>Total Precipitación (mm)</b>	<b>Porcentaje de aumento de la precipitación</b>	<b>N° de días con lluvia</b>	<b>Porcentaje de lluvia en el año</b>
2011	1.380,9	-	132	36%
2012	1.363,2	-1%	175	48%
2013	1.596,7	17%	213	58%
2014	1.617,9	1%	175	48%
2015	1.179,7	-27%	147	40%
2016	1.461,2	24%	194	53%
2017	1.704,4	17%	171	47%
<b>Promedio</b>	<b>1.472,0</b>	<b>5%</b>	<b>172</b>	<b>47%</b>

*Tabla 1. Datos de precipitación, estación: 27011270 Laureles-Medellín.*

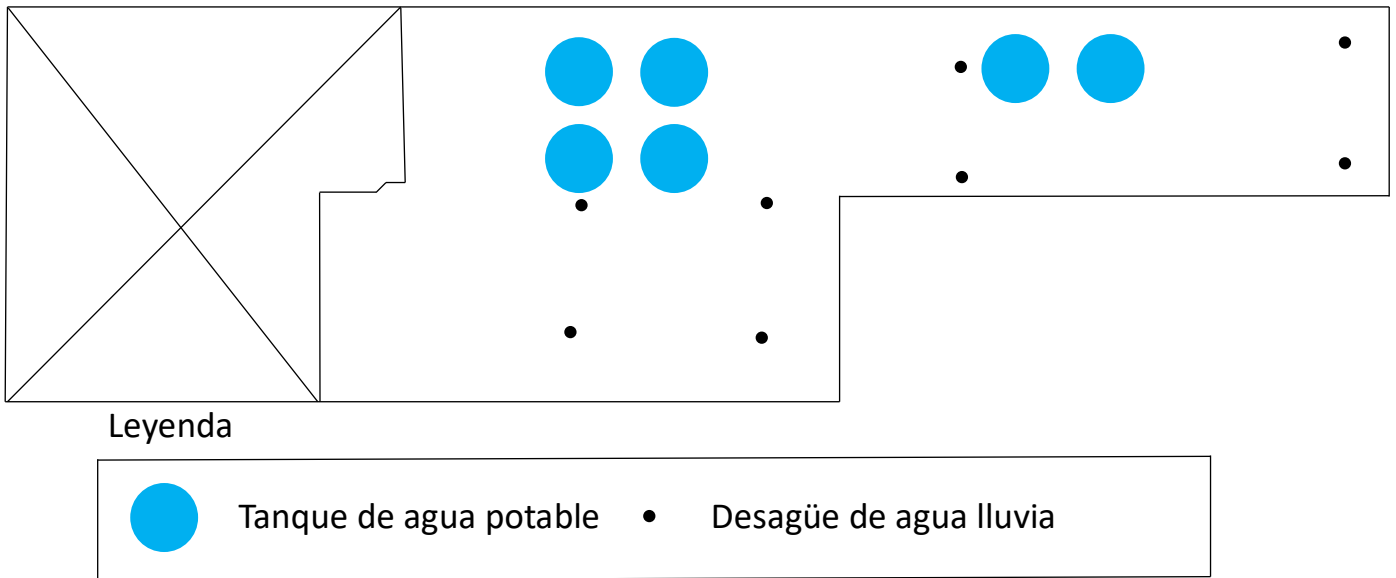
Se tomaron todos los datos de la presente década, es de aclarar que el 2011 fue el año de instalación de esta estación, analizando los datos de precipitación total en todo el año y el número de días con lluvia en la zona, lo cual arrojó resultados favorables para el proyecto, ya que la estación reportó lluvias en promedio en el 47% del año, dando como promedio 172 días de lluvia al año. Esta cifra es importante ya que garantiza el suministro de aguas lluvia al sistema de aprovechamiento, abasteciendo las necesidades específicas de la planta.



*Gráfico 1. Precipitación anual*

En el gráfico 1 se muestra una tendencia en el aumento de las precipitaciones en la zona andina, este incremento corresponde al 5%. Es sabido que estos datos de precipitación en la región dependerán de diferentes variables y eventos climatológicos pero este incremento muestra un potencial de aprovechamiento de agua lluvia en la zona de interés.

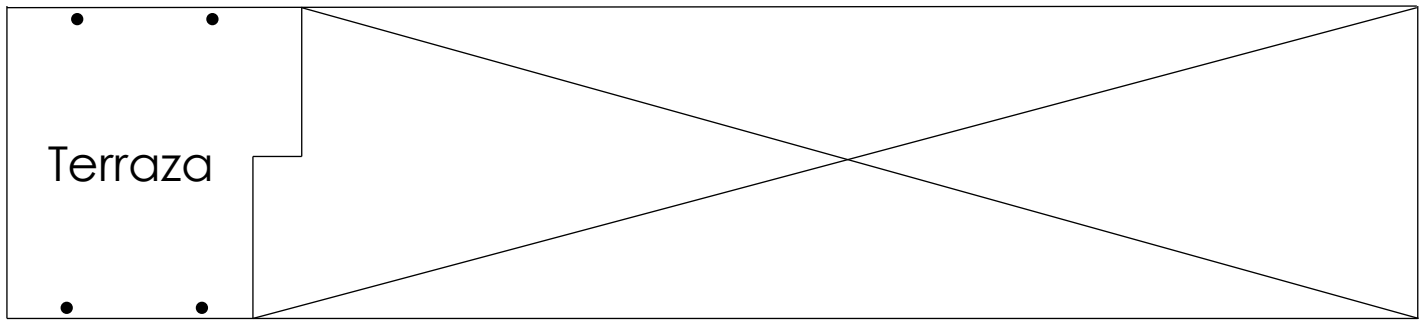
Una vez evaluadas las características de lluvia de la región, comenzamos a analizar la estructura de la planta de producción para conocer el potencial de aprovechamiento de esta.



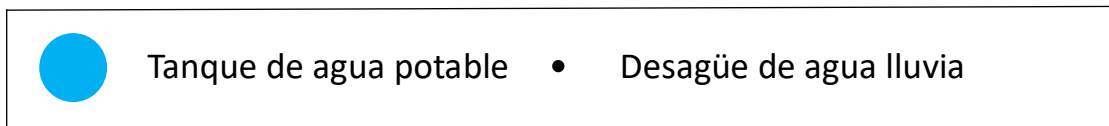
*Gráfico 2. Plano en planta quinto nivel*

En el gráfico 2 vemos del quinto la planta de producción de la compañía, la cual cuenta con un área de 451 m<sup>2</sup>, además es el lugar donde se ubican los tanques de agua potable estos se abastecen por medio del sistema de acueducto local y suministran agua a toda la planta de producción.

En la Compañía las aguas lluvia están diferenciadas por un sistema de tubería de 4" que va desde la loza técnica y la terraza del tercer nivel, hasta una caja de paso en el patio de maniobras, lugar donde se recibe la mercancía, y de la caja de paso va directamente al alcantarillado público.



Leyenda

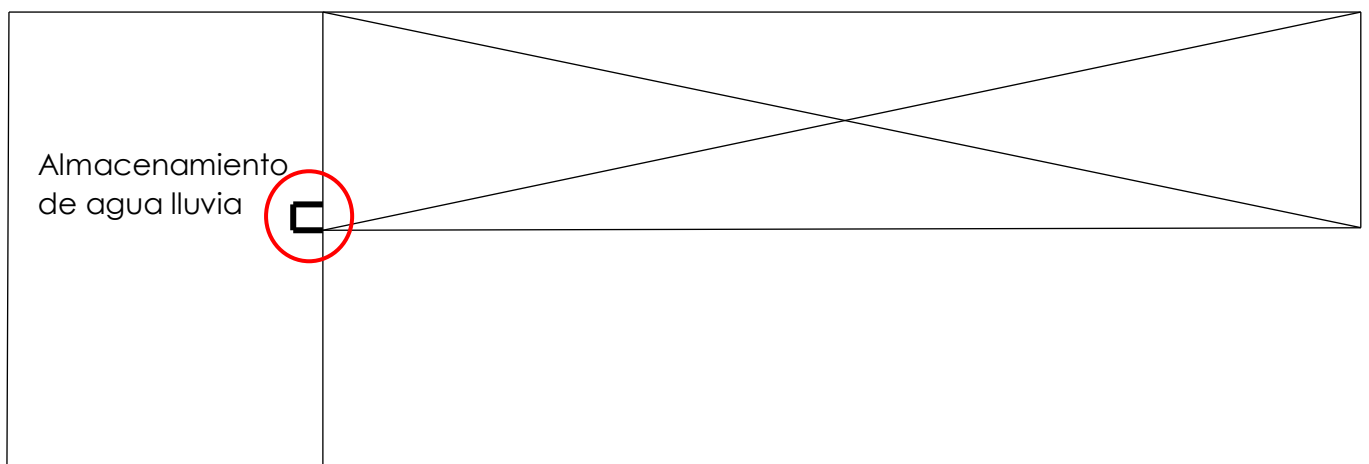


*Gráfico 3. Plan en planta terraza tercer nivel*

En el tercer nivel se ubica una terraza, esta cuenta con un área de  $254 \text{ m}^2$  la cual está conectada al sistema de tubería de aguas lluvia.

Estas 2 superficies son en donde se planea captar el agua lluvia, con una superficie de  $705 \text{ m}^2$  y con los datos de precipitación presentados se plantea una captación de  $933 \text{ m}^3$  anual, estimando un 10%. El cual tendría un impacto significativo tanto ambiental como económico dentro de la Compañía.

La Compañía consume en promedio  $1.004 \text{ m}^3$  mensuales, dando como resultado  $12.052 \text{ m}^3$  anuales, este proyecto plantea una reducción del 7% del consumo anual de acueducto con mínima inversión, ya que el proyecto no plantea la construcción de una infraestructura sino la adecuación de la existente.



*Gráfico 4. Plano primer nivel*

En el gráfico 4 se marca con una línea oscura y señalado por el círculo rojo la ubicación de la caja de paso del agua lluvia, esta caja se planea adecuar de tal forma que logre almacenar un metro cúbico de agua, sin riesgo de una posterior contaminación hídrica, en este lugar se plantea instalar una motobomba que bombea el agua lluvia los lugares de su uso final.

**Tabla 2. Flujos de caja**

<b>Año</b>	<b>Flujo</b>	<b>Flujo Acumulado</b>	<b>Valor presente</b>	<b>Flujo presente acumulado</b>
0	-\$ 6.821.800,00		-\$ 6.821,800,00	
1	\$ 1.984.910,00	\$ 1.984.910,00	\$ 1.821.018,35	\$ 1.984.910,00
2	\$ 1.984.910,00	\$ 3.969.820,00	\$ 1.670.659,04	\$ 3.655.569,04
3	\$ 1.984.910,00	\$ 5.954.730,00	\$ 1.532.714,71	\$ 5.188.283,75
4	\$ 1.984.910,00		\$ 1.406.160,29	\$ 6.594.444,03
5	\$ 1.984.910,00		\$ 1.290.055,31	
6	\$ 1.984.910,00		\$ 1.183.536,98	
7	\$ 1.984.910,00		\$ 1.085.813,74	
8	\$ 1.984.910,00		\$ 996.159,40	
9	\$ 1.984.910,00		\$ 913.907,70	
10	\$ 1.984.910,00		\$ 838.447,43	
<b>Valor presente Neto (VPN)</b>			\$ 5.916.672,95	
<b>Tasa interna de retorno (TIR)</b>			26%	

*Tabla 2. Datos de flujos de caja y valor presente.*

**Tabla 3. Diferencias de flujos**

	<b>Flujo Acumulado</b>	<b>Flujo presente acumulado</b>
<b>Diferencia</b>	\$ 867.070,00	\$ 227.355,97
<b>Ultimo flujo</b>	\$ 1.984.910,00	\$ 1.290.055,31
<b>Porcentaje de año</b>	44%	18%
<b>Periodo de retorno (años)</b>	3,44	4,18
<b>Periodo de retorno (meses)</b>	41,28	50,16

*Tabla 3. Datos de diferencias de flujo*

Toda la adecuación y compra de equipos se proyecta por \$ 6.821.800 de pesos, discriminado principalmente en \$ 3.500.000 de obras civiles, cotizadas por el proveedor de la empresa, en dicha cotización se estima como vida útil de las obras 10 años y \$ 3.321.800 de dos motobombas sumergibles cotizadas en el mercado, la vida útil de una motobomba se estima en 5 años, por lo cual se incluyen 2 en la inversión inicial.

Teniendo en cuenta un valor promedio del metro cúbico del agua en la ciudad de Medellín para el año 2018 de \$2.127,45, se estima que el proyecto ahorre \$ 1.984.910 de pesos anuales. A partir de la planeación financiera de la empresa se toma como tasa de descuento el 9%, como mínimo rendimiento esperado de la inversión.

El valor presente neto (VPN) se calcula con un flujo de caja fijo dando como resultado \$ 5.916.672,95, el VPN es mayor a cero lo cual indica que el proyecto es rentable, es decir que tiene la capacidad de generar capital para la recuperación de la inversión y para la producir ganancias, asimismo la tasa interna de retorno (TIR) calculada es 26%, mayor a la tasa exigida por planeación financiera de la compañía del 9%, tal como lo muestra la tabla 2.

En la tabla 3 se observa que el periodo de retorno en ningún caso supera la mitad del tiempo del proyecto de 120 meses lo cual indica un corto periodo de retorno siendo de 50 meses. Esto es favorable para el proyecto ya que la empresa puede retornar la inversión y comienza a generar ganancias durante un periodo de tiempo mayor.

## 7. Conclusiones

Frente al escenario corporativo actual y tras la evaluación que involucra aspectos ambientales, estructurales y financieros se puede determinar que la implementación de un sistema de captación de agua lluvia en la planta de producción de la Compañía de Alimentos Colombianos CALCO S.A. trae consigo beneficios potenciales como la rentabilidad y el ahorro en consumo de agua para la compañía, dando cumplimiento al principal objetivo de este proyecto.

En aspectos financieros, el periodo de retorno del proyecto, VPN y TIR son oportunos para las condiciones económicas de la empresa. La ubicación de la planta de producción de alimentos, la utilidad e inversión fueron aspectos rescatados y destacados. El resultado de estos elementos hizo viable la presentación de la propuesta de implementación y construcción del sistema de captación.

Por parte de la Gerencia, Dirección Administrativa y la Líder de Gestión Ambiental se ha manifestado el interés de incorporar el agua lluvia a los procesos terciarios que no comprometen la inocuidad y la producción de sus alimentos.

## 8. Referencias Bibliográficas

[1] Palacio Castañeda, N. (2010). 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.

[2] Pabón-Caicedo, J. D., Eslava-Ramírez, J. A., & Gómez-Torres, R. E. (2001). Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. *Meteorología colombiana*, 4, 47-59.

[3] Hurtado Montoya, A. F., & Mesa Sánchez, Ó. J. (2015). Cambio climático y variabilidad espacio-temporal de la precipitación en Colombia. *Revista EIA*, (24), 131-150.

[4] Weather Spark, El clima promedio en Medellín, Colombia, Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/22535/Clima-promedio-en-Medell%C3%ADn-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

[5] Salinas, R. J. C. (2015). Criterios para la toma de decisión de Inversiones. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 3(5), 101-117.