

**Innovación social mediante la recolección, almacenamiento y aprovechamiento de las
aguas lluvias para un uso adecuado a la sostenibilidad del agua en la comunidad colegio
Gimnasio Cristiano de Cundinamarca**

Viviana Buitrago Ortiz

Universitaria Agustiniana
Facultad De Ingenierías
Programa de Ingeniería Industrial
Bogotá D.C
2018

**Innovación social mediante la recolección, almacenamiento y aprovechamiento de las
aguas lluvias para un uso adecuado a la sostenibilidad del agua en la comunidad colegio
Gimnasio Cristiano de Cundinamarca**

Viviana Buitrago Ortiz

Director

Nelson Vladimir Yepes González

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Industrial

Universitaria Agustiniana
Facultad De Ingenierías
Programa de Ingeniería Industrial
Bogotá D.C
2018

Dedicatoria

A mi familia por los amores y desamores.

A Jilmar por la infaltable compañía.

A la vida por permitirme aprender en este proceso.

Tardó más de lo que esperaba pero valió la pena.

Resumen

El presente proyecto de investigación se centra en la innovación social e ingeniería concurrente para crear conciencia ambiental para la comunidad del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca a través del uso adecuado del agua en las instalaciones de la institución. Por medio de la metodología de vigilancia tecnológica propuesta se logró determinar un modelo adecuado a las necesidades del colegio y, gracias a la investigación acción participación IAP de la comunidad se logró realizar la implementación del sistema de recolección y captación de aguas lluvia y posteriormente hacer la debida transferencia de tecnología en la institución obteniendo como resultado el aumento de eficiencia de uso del recurso hídrico en la institución. Adicionalmente se realiza la proyección al año 2023 de la mejora continua de las instalaciones del colegio para aprovechar todas las superficies disponibles de captación de aguas lluvia y un plan de mejora del sistema que adicionará filtros del agua captada y almacenada que permitirán su disposición como agua potable.

Palabras clave: aguas lluvia, vigilancia tecnológica, transferencia de tecnología, innovación social.

Tabla de Contenidos

Introducción.....	1
1 Identificación Del Problema	2
1.1 Antecedentes del problema.....	2
1.2 Descripción del problema.....	8
1.3 Formulación del problema.....	10
1.4 Sistematización del problema.....	10
1.5 Variables del problema.....	11
1.5.1 Variables dependientes.....	11
1.5.2 Variables independientes.....	11
2 Justificación	12
3 Objetivos.....	13
3.1 Objetivo General.....	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4 Marco referencial	14
4.1 Antecedentes de la investigación.....	14
4.2 Marco teórico.....	15
4.2.1 Ingeniería concurrente.....	15
4.2.2 Clasificación de objetivos globales.....	16
4.2.3 Programa mundial Ingenieros sin fronteras (Engineer Without Borders)	17
4.2.4 Programas de sistemas de recolección de Agua Lluvia en Latinoamérica y Colombia.	17
4.2.5 Vigilancia tecnológica.....	20
4.2.6 Metodología de la vigilancia tecnológica.....	20
4.3 Marco conceptual	21

4.3.1	Información.....	22
4.3.2	Desarrollo sostenible.....	22
4.3.3	Voluntariado.....	22
4.3.4	Patente	22
4.4	Marco legal	22
	Marco legal para el uso de agua en Colombia.....	23
5	Marco Metodológico.....	24
5.1	Tipo de investigación.....	24
5.2	Alcance de la investigación	24
5.3	Población objetivo	24
5.4	Proceso metodológico.....	25
5.5	Tamaño poblacional y muestra.....	30
6	Resultados de la investigación	32
6.1	Diagnóstico situacional.....	32
6.1.1	Estudio de afluentes fluviales.....	32
6.1.2	Estudio sociodemográfico	38
6.1.5	Distribución de la población por curso o departamento	40
6.1.6	Encuesta de diagnóstico.....	41
6.1.7	Consumo de agua.....	44
6.1.8	Proyección de crecimiento de la comunidad del colegio.....	48
	Figura 36 Proyección de crecimiento estudiantil. Elaboración propia.....	48
6.1.9	Proyección de consumo de agua del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.	48
6.1.10	Proyección de captación de agua lluvia en las instalaciones del colegio.....	49
6.2	Estudio de vigilancia tecnológica para el sistema de recuperación y almacenamiento de aguas lluvias.....	52
6.2.1	Estudio de panteometría.....	52

6.2.2	Sistema de recolección y almacenamiento.....	52
6.2.3	Despliegue de Función de la calidad (QFD).....	57
6.2.4	Método de factores de ponderación.....	58
6.2.5	Valoración ambiental de la instalación de los sistemas de recuperación y almacenamiento de aguas lluvias.	58
6.2.6	Implementación del sistema del prototipo seleccionado	59
6.2.7	Encuesta de conocimiento adquirido.....	61
6.3	Propuesta de ingeniería para el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca...	63
6.3.1	Distribución de planta del colegio.....	63
6.3.2	Estudio de vigilancia tecnológica para el sistema de recuperación de las aguas lluvia. 70	
6.3.3	Sistema de filtración del agua lluvia.....	71
6.3.4	Despliegue de Función de la calidad (QFD).....	75
6.3.5	Método de factores de ponderación.....	77
6.3.6	Distribución de planta de colegio para la ubicación de los filtros.....	77
6.4	Análisis financiero.....	79
6.4.1	Análisis financiero del sistema de recolección instalado.	79
6.4.1	Análisis financiero del sistema de filtración de aguas lluvias.....	81
6.4.2	Análisis financiero proyectado a 2023 de la instalación progresiva del sistema de captación y filtración de aguas lluvias para el colegio.	82

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de escasez de agua. Revista Dinero (2017).	2
Figura 2 Cuánta agua se consume en la ducha por minuto. Fundación Aquae (2018).	3
Figura 3 Servicio Mundial Rural y Urbano - 2015. Modificado de WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply (2018).....	3
Figura 4 Precipitación media anual promedio multianual 1981-2010. IDEAM (2018)	5
Figura 5 Precipitación media anual promedio multianual 1981-2010 para Cundinamarca. Modificado de IDEAM (2018).....	6
Figura 6 Precipitación promedio Decadal Cundinamarca (Bogotá - Fusagasugá). Modificado de IDEAM (2018)	6
Figura 7 Diagrama de Análisis de Brecha de eficiencia de la CAR. Corporación Autónoma Regional (s.f).....	7
Figura 8 Islas de salones del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Elaboración propia. .	8
Figura 9 Árbol de problemas. Elaboración propia.	9
Figura 10 Árbol de objetivos. Elaboración propia.	10
Figura 11 Ingenieros sin fronteras en Huai Nam Kuhn, Tailandia. Modificado de video de Brady Teufel (2011).....	17
Figura 12 Modelo de cisterna de captación de aguas lluvias utilizado en Panamá. Iagua (s.f)	18
Figura 13 Coberturas de Acueducto Urbano y Rural (2012). CONPES 2014.	18
Figura 14 Coberturas de Alcantarillado Urbano y Rural (2012). CONPES (2014).....	19
Figura 15 Programa Lluvia para la Vida de la CAR. Modificado de Presentación programa Lluvia Para la Vida. (s.f.).....	19
Figura 16 Proyecto Nebulón. Captación de agua por condensación. Colombia inn, (s.f.)	20
Figura 17 Ciclo de vigilancia tecnológica. Observatorio Virtual de Transferencia de tecnología (s.f.)	21
Figura 18 Población Objetivo Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Elaboración Propia.	25
Figura 19 Ubicación Río Bogotá en Funza. Google Maps (2018).....	32
Figura 20 Río Bogotá. Semana (s.f.).....	32
Figura 21 Ubicación Laguna La Herrera. Google maps (2018).....	33
Figura 22 Humedal laguna La Herrera. Alcaldía de Mosquera (2017).....	33

Figura 23 Ubicación Humedal Güalí. Google Maps (2018).	34
Figura 24 Humedal Güalí. Coratierras (2017).	34
Figura 25 Clasificación del suelo municipal. Alcaldía de Funza (2013).	35
Figura 26 Segmentación de población del Colegio. Elaboración propia.	39
Figura 27 Distribución por grupos de edad del colegio. Elaboración propia.	39
Figura 28 Distribución por género del colegio. Elaboración propia.	40
Figura 29 Porcentaje de distribución de la población por curso o departamento. Elaboración propia.	41
Figura 30 Edad y Sexo de los estudiantes encuestados. Elaboración propia.	42
Figura 31 Frecuencia de uso de los baños del Colegio. Elaboración propia.	43
Figura 32 Conocimientos previos de uso de aguas lluvias. Elaboración propia.	43
Figura 33 Conocimiento de planes, programas o proyectos de recolección de agua lluvia en el sector. Elaboración propia.	44
Figura 34 Consumo de agua en m3 en el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Funza emaaaf. Elaboración propia.	46
Figura 35 Comparativa de consumo 2017 vs 2018 de la Empresa Municipal de Acueducto y Alcantarillado de Funza emaaaf. Elaboración propia.	46
Figura 36 Proyección de crecimiento estudiantil. Elaboración propia.	48
Figura 37 Valores medios de precipitación decadal en Cundinamarca. Modificado de IDEAM (2018).	49
Figura 38 Superficies disponibles de captación para el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Elaboración propia.	50
Figura 39 Casa de la calidad de los sistemas de captación y almacenamiento de aguas lluvias. Elaboración propia.	57
Figura 40 Documentación de instalación del sistema de captación y almacenamiento de agua lluvias. Elaboración propia.	59
Figura 41 Diagrama de flujo de diagnóstico, selección y capacitación de la comunidad. Elaboración propia.	60
Figura 42 Documentación de encuesta de conocimiento adquirido. Elaboración propia.	61
Figura 43 Resultados de consideración de actividades a realizar para la conservación del agua. Elaboración propia.	61

Figura 44 Percepción de actividades de capacitación de concientización ambiental. Elaboración Propia.	62
Figura 45 Percepción de responsabilidad de cuidado del agua. Elaboración propia.	62
Figura 46 Diagrama general de relación de actividades. Elaboración propia.	63
Figura 47 Diagrama de hilos del colegio. Elaboración propia.....	64
Figura 48 Distribución inicial del colegio. Elaboración propia.	64
Figura 49 Diagrama de flujo de transporte del agua en la distribución de planta inicial. Elaboración propia.	65
Figura 50 Diagrama de spaghetti del proceso actual de recolección y uso del agua para el aseo. Elaboración propia.	66
Figura 51 Sistema de recolección de aguas lluvias instalado. Elaboración propia.	66
Figura 52 Diagrama de spaghetti del proceso de recolección y uso del agua para el aseo con el sistema de recolección de aguas lluvias. Elaboración propia.....	67
Figura 53 Diagrama de flujo de transporte del agua en la distribución de planta con el sistema de recolección de aguas lluvias instalado. Elaboración propia.	68
Figura 54 Distribución de puntos de sistemas de recolección y tanques de de almacenamiento. Elaboración propia.	69
Figura 55 Diagrama de spaghetti de la proyección de recolección y uso del agua lluvia para el aseo. Elaboración propia.	70
Figura 56 Casa de la calidad de los sistemas de filtración de agua lluvia. Elaboración propia.	76
Figura 57 Distribución de los filtros de agua. Elaboración propia.....	78

Introducción

Las cambiantes necesidades de la población mundial, su explosión demográfica sin precedentes y el consumismo desbordado de la sociedad, han provocado que los recursos naturales con los que contamos se estén viendo rápidamente afectados. La escasez de agua es uno de los factores más relevantes debido a que el agua es el recurso que más se utiliza en la actividad humana a diario, teniendo como consecuencia que actualmente la mitad de la población humana en el mundo sufra de algún tipo de escasez de agua.

El colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca ubicado en la vereda el papayo en Funza, Cundinamarca, cuenta con una única fuente de agua la cual es potable. De acuerdo a los objetivos Globales de Desarrollo Sostenible definidos por la Organización de las Naciones Unidas para el año 2030, a través de una investigación descriptiva, exploratoria y causal se apoya al objetivo 6: Agua Limpia y Saneamiento, al hacer un uso eficiente de los recursos hídricos de la institución implementando un sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvia para su uso definido por medio de la vigilancia tecnológica, permitiendo así que el agua potable disponible sea utilizada únicamente para actividades relacionadas con el consumo humano. De igual forma se busca apoyar el Plan de Gestión Ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca para el 2012-2023, que por medio de la innovación social permita crear o reforzar la conciencia ambiental de la comunidad a través de la investigación y acción participativa de la misma.

Por otro lado, la ingeniería concurrente permitió a través de todo el proceso de investigación para la institución, plantear una propuesta de mejora económica, viable y de fácil replicación para la comunidad dónde se pudo demostrar que la instalación de un sistema de apoyo de suministro de agua no sólo impacta positivamente al ambiente y al objetivo 6 de desarrollo sostenible de la ONU, sino que el impacto positivo se ve extendido financieramente al colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.

Innovación social para la creación de cultura ambiental a través de la optimización del uso de aguas lluvias en la comunidad del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca

1 Identificación Del Problema

1.1 Antecedentes del problema

Se presencian tiempos en donde la información se ha globalizado y esto ha llevado a que las noticias y acontecimientos mundiales sean conocidos por todo aquel que tenga conexión a internet. Actualmente hemos presenciado que se encienden las alarmas respecto a la disponibilidad mundial de agua ya que según los informes del Foro Económico Mundial más de la mitad del mundo sufre de algún tipo de escasez de agua.



Figura 1 Mapa de escasez de agua. Revista Dinero (2017).

Un ejemplo crítico del cual se ha hablado y dado a conocer al mundo reiteradamente en los últimos meses es la alerta roja en la que se encuentra Ciudad del Cabo al denominarse “en estado de alerta” y llevarse el lamentable record de ser la primer capital en quedarse sin agua en el mundo. Razón que obligó al gobierno surafricano a comunicarle a su comunidad el uso de 50 litros de agua al día por persona para aseo personal, aseo del hogar, consumo, entre otras actividades. Una situación muy grave teniendo en cuenta que acorde a la información obtenida por La Fundación Aquae sobre la Organización Mundial de la Salud una ducha promedio dura 10 minutos en donde se consumen en total unos 200 litros de agua consumiendo así 20 litros por minuto.



Figura 2 Cuánta agua se consume en la ducha por minuto. Fundación Aquae (2018).

En adición a la problemática anterior, acorde a información suministrada por el Joint Monitoring Programme JMP afiliado de las Naciones Unidas para el cuidado del agua, el suministro de agua a nivel mundial tiene una visible desigualdad entre las zonas urbanas y las zonas rurales. A continuación podemos ver la cobertura de agua a nivel mundial:

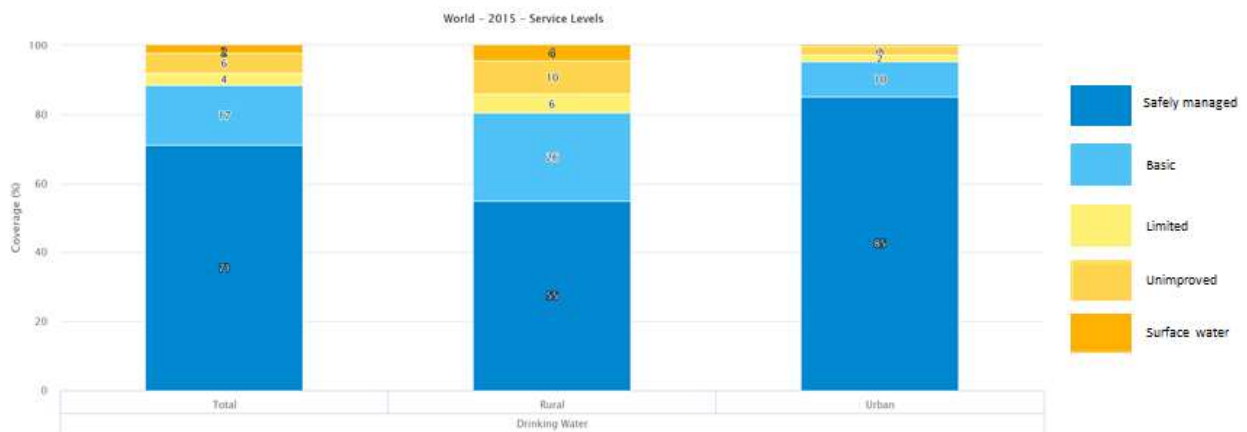


Figura 3 Servicio Mundial Rural y Urbano - 2015. Modificado de WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply (2018).

Ahora, sin necesidad de viajar al continente africano, tenemos el ejemplo perfecto en nuestro país, donde desde hace un par de años hemos tenido una problemática que se ha vuelto tema de confrontación entre colombianos: la escasez de agua en la Guajira. ¿Por qué hay escasez en la región?, ¿Por qué no ayudan a los habitantes que sufren la escasez?, ¿Quién tiene la culpa? Y aunque es cierta esta afirmación, es precario el conocimiento de los colombianos frente al problema de escasez de agua en el país ya que no sólo el departamento de la Guajira sufre de escasez, en general el país pasa por una situación de escasez de agua de la cual no somos conscientes.

De acuerdo al mapa histórico de precipitaciones anuales del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), aproximadamente 15 de los 32 departamentos colombianos presentan anualmente 1500 mm o menos de lluvia, Incluyendo ciudades principales de todo el territorio nacional como Pasto, Neiva, Bogotá, Tunja, Bucaramanga, Montería, Santa Marta, Cartagena, Riohacha, entre otras.

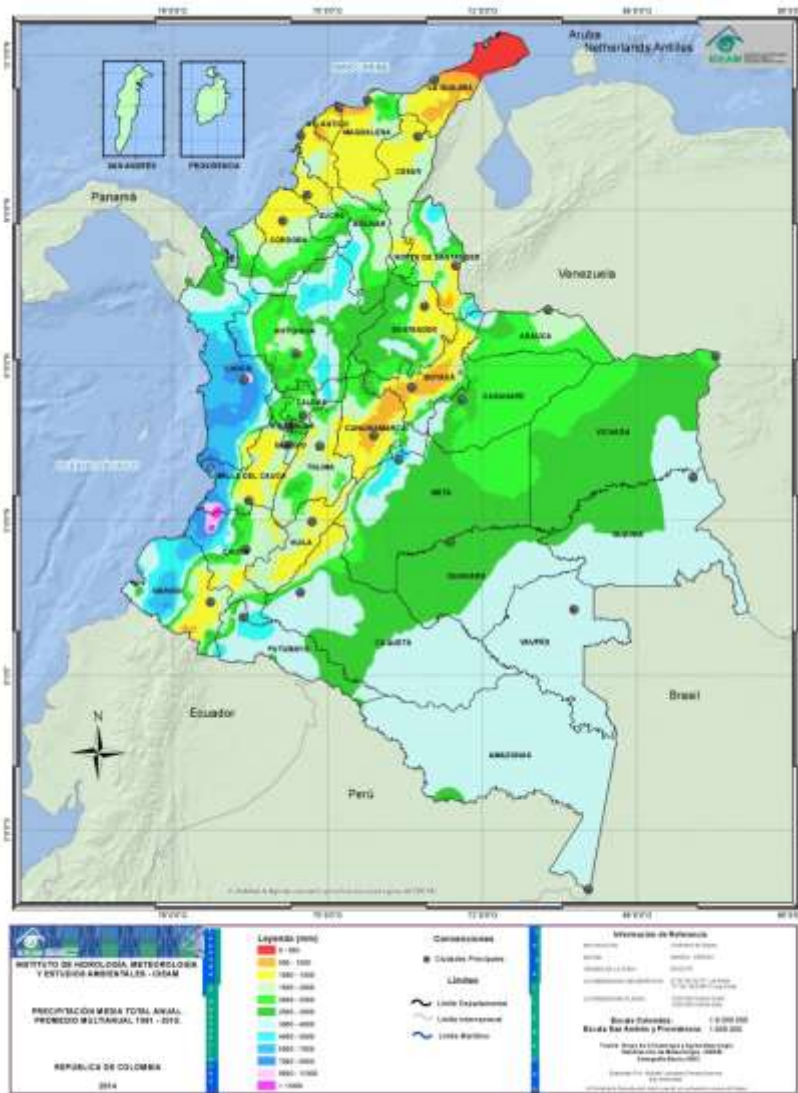


Figura 4 Precipitación media anual promedio multianual 1981-2010. IDEAM (2018)

Puntualmente en Cundinamarca y con base en la información obtenida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM podemos encontrar sectores en el suroeste del departamento con menos de 1500 (mm) de lluvia al año y otros lugares como el centro y noreste del departamento y la sabana de Bogotá con menos de 1000 (mm) de precipitación al año.

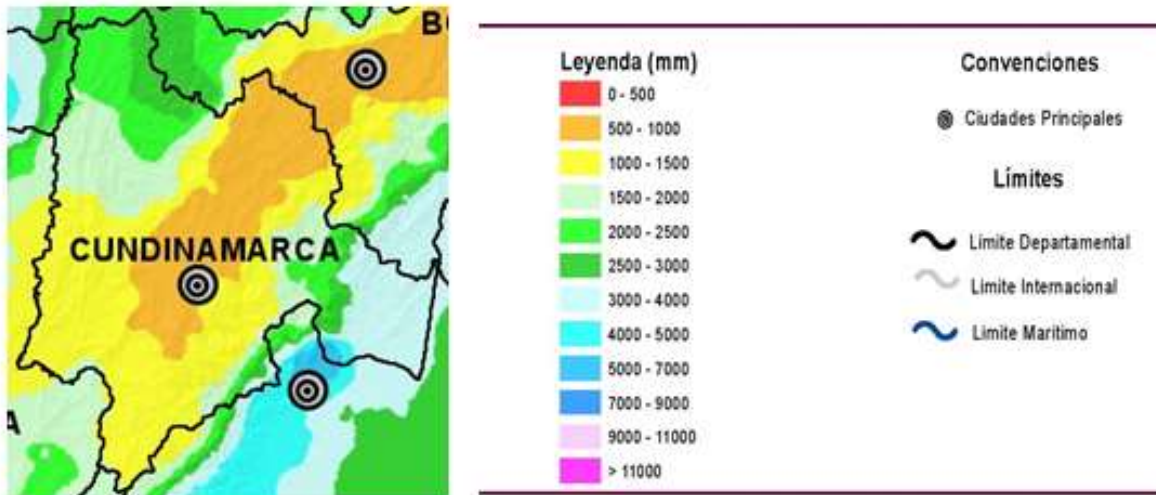


Figura 5 Precipitación media anual promedio multianual 1981-2010 para Cundinamarca. Modificado de IDEAM (2018)

A continuación encontramos el registro del IDEAM del promedio de precipitaciones para Cundinamarca en dónde se estudian Bogotá y Fusagasugá teniendo similitudes en el comportamiento climático. Para los meses de Enero, Junio, Julio y Agosto se refleja una disminución en las precipitaciones con lo que respecta al comportamiento anual. En cambio para los meses de Abril, Mayo, Octubre y Noviembre registramos los mayores niveles de lluvias en estas zonas del departamento.

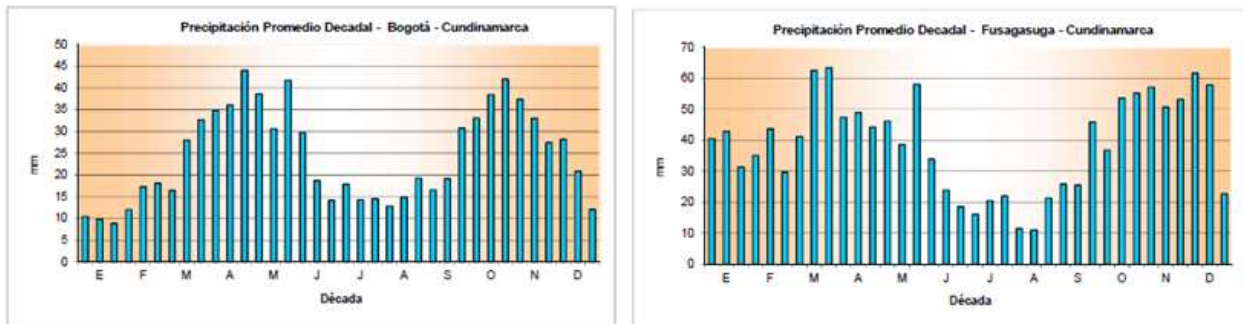


Figura 6 Precipitación promedio Decadal Cundinamarca (Bogotá - Fusagasugá). Modificado de IDEAM (2018)

Cundinamarca no es una excepción a las temporadas de escasez ya que ha presenciado falta de agua en municipios como La Mesa, Facatativá, Apulo, Girardot, y muchos más. Sin embargo para combatir estas problemáticas de escasez, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR registra la situación actual, las debilidades y falencias del departamento en la gestión ambiental y los planes de acción en su Plan de gestión ambiental regional 2012- 2023. Cómo lo vemos reflejado en el diagrama de análisis de brecha de eficiencia de la CAR (Véase Figura 7), su objetivo es ser vista como una institución líder en el desarrollo regional sin embargo la percepción actual de la corporación es que es una autoridad ambiental débil y con poca credibilidad, sin participación pública y privada, y las comunidades están escépticas del control social, político y ambiental que ejerce.

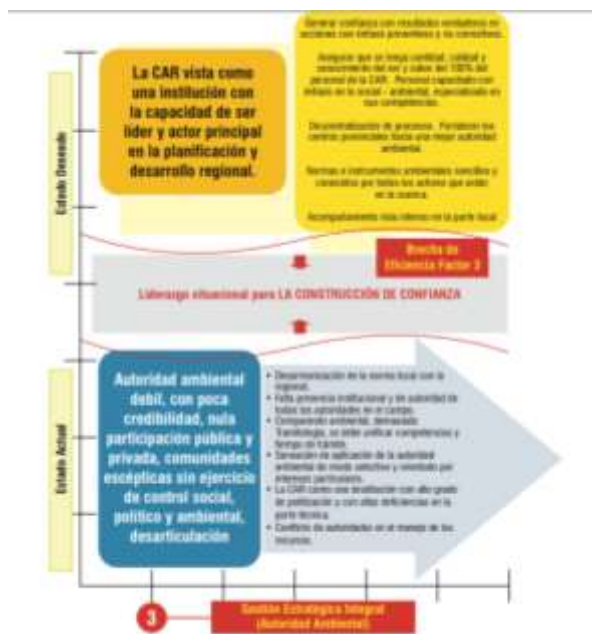


Figura 7 Diagrama de Análisis de Brecha de eficiencia de la CAR. Corporación Autónoma Regional (s.f)

Por lo expuesto anteriormente con este proyecto se busca apoyar el Plan de Gestión Ambiental del departamento de Cundinamarca a través de la gestión de la información y del conocimiento para determinar si por medio de la innovación social es posible instalar un sistema de recolección de aguas lluvias en las instalaciones del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca ubicada en la vereda El Papayo de Funza Cundinamarca que permita a la comunidad además de ahorrar el líquido vital y con éste el costo pagado por su uso, se pueda crear conciencia ambiental de ahorro y cuidado del agua de su entorno. A través de éste proyecto de investigación se busca apropiar la innovación social generando una solución real a la

problemática planteada, generando nuevos conocimientos a la comunidad asociada al Colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.

1.2 Descripción del problema

El colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca se encuentra ubicado en la vereda el Papayo en Funza, Cundinamarca. Tiene una población de 328 personas conformadas por los estudiantes de preescolar, primaria, bachillerato, docentes y trabajadores. En este espacio se encuentran construidas 4 islas prefabricadas de un piso donde se ubican los salones de clases.



Figura 8 Islas de salones del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Elaboración propia.

En la actualidad el terreno ocupado por el colegio cuenta con una única fuente de suministro de agua la cuál es potable. Esta situación genera que el uso de este preciado recurso sea inadecuado usándose así para tareas como el aseo de las instalaciones o el riego de los espacios verdes de la institución. Es importante aclarar que el agua utilizada en el colegio no se utiliza para el consumo humano, ésta necesidad se suple con la compra de botellones de agua dispuestos únicamente para el consumo de los niños, profesores, administrativos y personal de apoyo.

La falta de cultura de la comunidad de sistemas alternativos para obtener agua, como por ejemplo la recolección del agua lluvia, hace que tanto los estudiantes como los administrativos del colegio desaprovechen los recursos hídricos pluviales que bien pueden sustituir los recursos

de agua potable utilizada para labores de limpieza. Este consumo generalizado de agua potable hace que el colegio pague el costo de utilizar este recurso en la totalidad de las tareas de la institución, cuando puede ahorrar en su presupuesto teniendo una alternativa de recolección de aguas lluvias que permita cuidar su dinero y lo más importante, al ambiente en general.

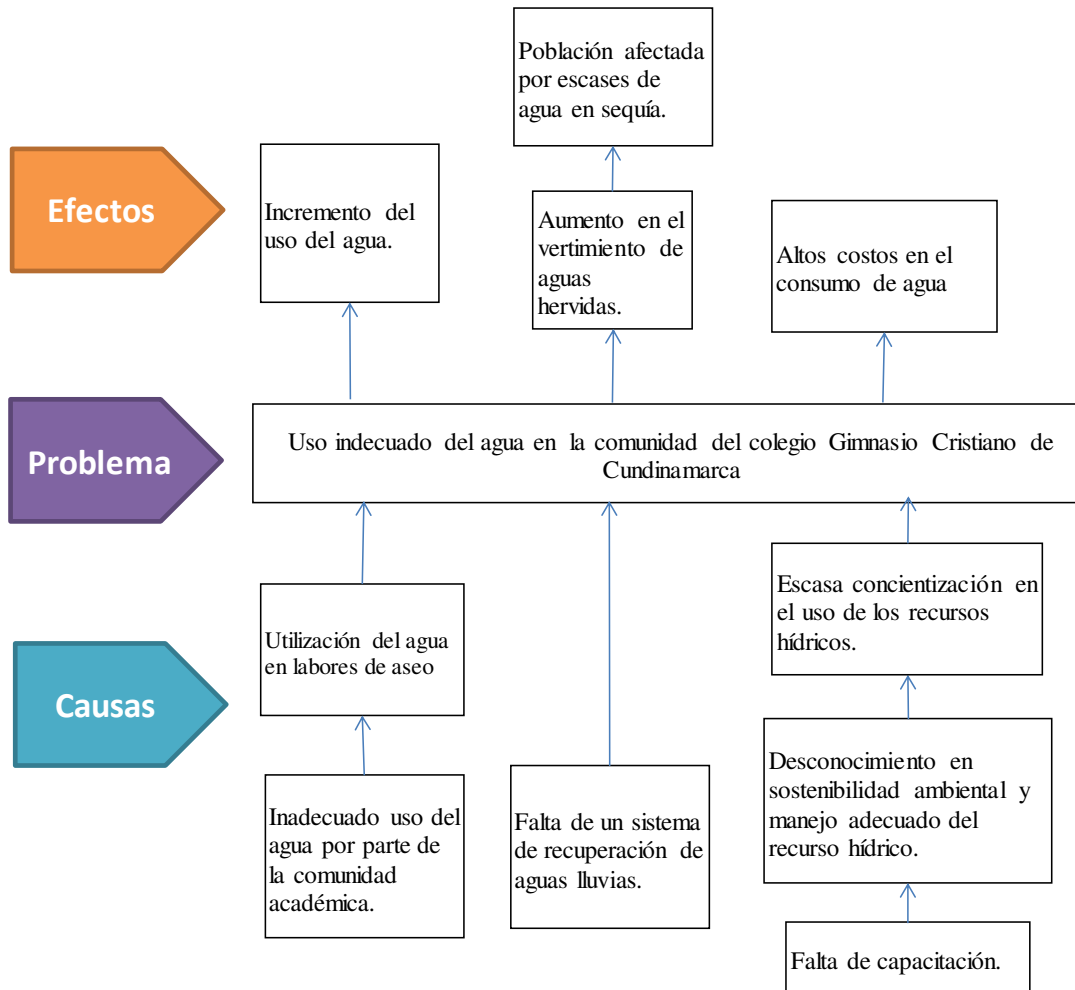


Figura 9 Árbol de problemas. Elaboración propia.

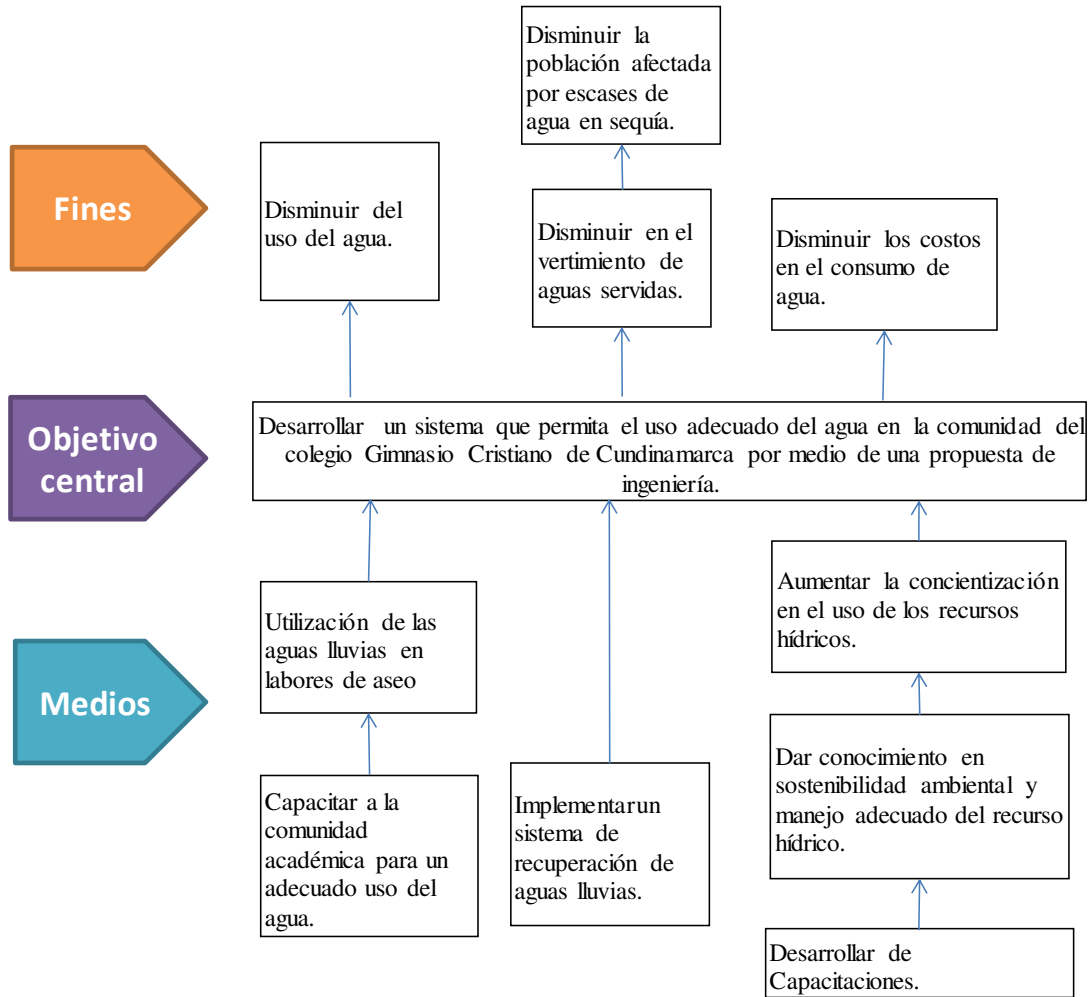


Figura 10 Árbol de objetivos. Elaboración propia.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo fomentar la conciencia en el uso adecuado del agua en la comunidad académica del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca y generar una propuesta de mejora para dar un uso adecuado a la sostenibilidad del agua?

1.4 Sistematización del problema

- a. ¿La recolección de aguas lluvias permitirá la disminución del uso de agua potable en la institución?

- b. ¿Las capacitaciones de concientización ambiental sobre el uso razonable del agua y recolección de aguas lluvias podrán disminuir la población afectada por escases de agua en temporadas de sequía?
- c. ¿Se disminuirán los costos de consumo del agua potable en el colegio?

1.5 Variables del problema

1.5.1 Variables dependientes.

- Costo del gasto del agua potable: El sistema utilizado para la recolección del colegio.
- Número de personas a capacitar: Capacitación sobre el debido uso y cuidado del agua; y sobre sistemas alternativos de agua.

1.5.2 Variables independientes.

- Consumo y/o uso del agua.

2 Justificación

Este proyecto está orientado a optimizar la mayor cantidad de agua potable disponible para las 328 personas, entre estudiantes, profesores y directivos que comprenden la comunidad del Colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca, en la vereda el Papayo del municipio de Funza.

De acuerdo al Plan de gestión ambiental regional 2012- 2023 de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR este proyecto por medio de la Innovación Social se busca brindar a la institución un sistema efectivo, económico y durable de recolección de aguas lluvias, que permita dedicar la cantidad de agua potable disponible exclusivamente para actividades relacionadas al consumo humano, utilizando así el agua lluvia captada para las labores de mantenimiento, aseo y riego.

El énfasis social que este proyecto desarrolla contribuirá en el desarrollo del objetivo 6 de desarrollo sostenible de la ONU optimizando la disponibilidad de agua y su gestión sostenible. Lo que nos lleva no sólo a basarnos en la parte técnica del proyecto, sino también a enfocarnos en la transferencia de conocimiento hacia la comunidad seleccionada, permitiendo así la difusión externa del sistema en sus respectivas comunidades garantizando el tener todas las herramientas metodológicas necesarias para replicarlo y beneficiarse de ello.

Según la UNESCO (2005) la cultura de agua es definida como el conjunto de modos, estrategias y medios utilizados para la satisfacción de necesidades fundamentales relacionadas con el agua y con todo lo que depende de ella, incluyendo lo que se hace con el agua, en el agua y por el agua.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Desarrollar la innovación social que permita crear cultura ambiental a través de la optimización del uso del agua por medio de la implementación de un sistema de recolección de aguas lluvias para el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca ubicado en la vereda el Papayo en Funza Cundinamarca. Mediante la Investigación Acción Participación IAP de la comunidad se tiene como fin el concientizar a la comunidad del uso responsable del agua, mejorar la percepción de calidad de la comunidad y sustituir el agua potable por agua lluvia para las tareas relacionadas con el no consumo humano de la institución.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar sistemas de recolección de aguas lluvias a través de la vigilancia tecnológica.
- Determinar un sistema de recolección de aguas lluvias.
- Desarrollar un prototipo que cumpla con las especificaciones necesarias para el proyecto.
- Incluir a estudiantes y administrativos del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca en el desarrollo del prototipo para generar consciencia de cómo ser ambientalmente sostenible.
- Documentar el proceso de elaboración e implementación del prototipo.
- Realizar transferencia tecnológica a la comunidad del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.

4 Marco referencial

4.1 Antecedentes de la investigación

Así mismo podemos encontrar en el país estudios implementados por profesionales en diversas áreas atacando la problemática de la escasez del agua e incentivando la recolección y utilización del agua lluvia. A continuación relaciono los trabajos encontrados más importantes para el desarrollo de éste proyecto:

Un primer trabajo corresponde a Castañeda Palacio (2010) quién realizó la “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”. En esta monografía se encuentra una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia basada en tres aspectos principales: (i) el cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia, (ii) evaluación del volumen de agua potable ahorrado con el aprovechamiento del agua lluvia y (iii) estimación del presupuesto para la construcción del sistema. En este trabajo se manejaron modelos de cálculo para la demanda, oferta, captación y del agua, además de modelos de cálculo para los sistemas de bombeo del sistema propuesto por la autora.

Un segundo trabajo de Reyes y Rubio (2014) autores de “Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias” desarrollan un análisis respecto a los alcances y limitaciones de los proyectos de aprovechamiento de aguas lluvias y se propone una metodología basada en la metodología LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos para acoplarlo al entorno colombiano y dar a conocer sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias que se puedan implementar en el país. (María Cristina Reyes, John Jairo Rubio, 2014)

Un tercer trabajo realizado por Estupiñán Perdomo y Zapata García (2010) denominado “Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá” quienes utilizan una metodología de oferta-demanda para medir el impacto de la población educativa, para en el año de operación en el 2010 contaban con 30.000 personas pertenecientes al campus de la sede Bogotá. Concluyendo al final de su proyecto, junto con otras variables, que el sistema planteado no cubría el 100% de las necesidades del campus de la Universidad pero sí determinaron el uso de los recursos que se dispondrían con la implementación del mismo.

Un cuarto trabajo realizado por la Corporación Autónoma Regional (2015) nombrado “Programa Lluvia Para La Vida” implementa en este programa el objetivo principal de incentivar el cambio de hábitos y prácticas ambientales a través de la pedagogía de los hogares impactados, usuarios directos de los acueductos y juntas de acción comunales. Aquí se instalan sistemas de captación y almacenamiento de aguas lluvias en regiones vulnerables y carentes de este recurso a bajo costo permitiendo así llegar a más familias y vinculándolas al proyecto.

4.2 Marco teórico

4.2.1 Ingeniería concurrente.

La ingeniería concurrente o CE por sus siglas en inglés es una metodología que se desarrolla en la década de 1980 y es utilizada por primera vez por el Instituto de la Defensa de Estados Unidos (1986) definiéndola como “una aproximación al diseño concurrente, integrado de productos y a sus procesos relacionados, incluyendo fabricación y soporte. Esta aproximación pretende que quienes desarrollan el producto consideren todos los elementos del ciclo de vida del producto desde su concepción hasta su desaparición, incluyendo calidad, costo, tiempo y necesidades del usuario”.

Sohlenius (1992) define a la ingeniería concurrente como un sistema de trabajo en donde las actividades de ingeniería y sus procesos de desarrollo en general del producto se realizan en paralelo con el fin de reducir costos y tiempos de producción mejorando la calidad.

Acorde al artículo *Ingeniería Concurrente: ¿filosofía o herramienta de trabajo?* de la revista digital Inesem (2017) los principios fundamentales de la ingeniería concurrente son:

- La afinidad entre grupos de trabajo.
- El entendimiento común.
- La toma de decisiones consensuadas.
- El descubrimiento temprano de los problemas.
- La reducción de tiempos de desarrollo.

En la ingeniería concurrente se establecen las siguientes fases de desarrollo:

- Definición de requerimientos.
- Detalles de diseño.

- Desarrollo de sistemas.
- Diseño de proceso.
- Fabricación.

4.2.2 Clasificación de objetivos globales

El desarrollo sostenible en 1987 se define al según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO por sus siglas en inglés, como la satisfacción de nuestras necesidades sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. De ahí parte un precedente para las próximas cumbres de las Naciones Unidas celebradas en 1992 en Río de Janeiro (Cumbre de la tierra) adoptando el Programa 21 para determinar los planes de acción específicos para lograr el desarrollo sostenible y en 2002 en la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible verificando los avances de cada país acorde al plan y aprobando el Plan de Aplicación de Johannesburgo para establecer unos plazos y metas de cumplimiento de los objetivos.

En 2012 se celebró nuevamente en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20) evaluando las bases definidas en 1992 y centrándose en dos temas principales: cómo construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza, y cómo mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible. (Organización Naciones Unidas).

Acorde a los objetivos del desarrollo sostenible pactados por los líderes mundiales el 25 de septiembre de 2015 para erradicar la pobreza, proteger al planeta y asegurar la prosperidad para todos, éste proyecto se enfoca en contribuir al desarrollo del objetivo 6 “Agua limpia y saneamiento” el cual se describe textualmente por la Organización de las Naciones Unidas ONU de la siguiente forma: garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

Éste objetivo es el más importante ya que además de ser un derecho humano, de éste depende el desarrollo de cada persona. Sin embargo según datos brindados por la ONU en 2017, aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan agua contaminada por restos fecales. Unos 2,400 millones de personas no poseen servicios básicos de saneamiento y lo

más preocupante es que más del 40% de la población mundial está afectada por la escasez de agua e informa que éste porcentaje podría aumentar.

4.2.3 Programa mundial Ingenieros sin fronteras (Engineer Without Borders)

Cómo se ha evidenciado previamente en este documento, la escasez de agua es una problemática mundial que afecta a la población sin importar su edad. Por éstas importantes razones, éste proyecto sigue el modelo de trabajo realizado por la organización mundial Engineers Without Borders EWB, o su traducción al español Ingenieros Sin Fronteras, en donde una comunidad de Ingenieros de diferentes especialidades entre profesionales y estudiantes unen sus capacidades y conocimiento para desarrollar proyectos de sostenibilidad a comunidades vulnerables.

Mundialmente ésta organización tiene presencia en Asia, África, Europa y América en donde se encuentran los comités de ingenieros desarrolladores y las comunidades impactadas por EWB. Se han implementado proyectos sostenibles de generación de energía alternativa, agricultura rural, entre otros muchos más, incluyendo la cosecha de agua para éstas comunidades.



Figura 11 Ingenieros sin fronteras en Huai Nam Kuhn, Tailandia. Modificado de video de Brady Teufel (2011)

4.2.4 Programas de sistemas de recolección de Agua Lluvia en Latinoamérica y Colombia.

Puntualmente en Latinoamérica se han implementado proyectos sociales de cosecha de agua que incluyen materiales de construcción básicos. Dentro de los ejemplos podemos encontrar el caso de Panamá y su Ministerio de Ambiente que desarrolló en el año 2015 el proyecto social Sistema de Captación de Agua Lluvia SCALL construyendo cisternas de concreto para las comunidades apartadas que sufren de disponibilidad de agua en el país.



Figura 12 Modelo de cisterna de captación de aguas lluvias utilizado en Panamá. Iagua (s.f)

En Colombia de acuerdo al Departamento Nacional de Planeación, los municipios son los encargados de asegurar la provisión de agua potable a las zonas rurales como la descrita en éste proyecto, sin embargo no existe una gestión adecuada y eficiente que tiene como consecuencia una inadecuada o inexistente provisión a las áreas rurales del país. Según el Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES 3810 del 2014, la población del país en el año 2013 alcanzó los 47,1 millones de habitantes, de los cuales 11,2 millones (23,8%) se ubican en la zona rural, en su mayoría en las regiones Andina (46%), Caribe (23%) y Pacífica (22%).

A continuación en las figuras 13 y 14 podemos observar la cobertura del servicio de agua y alcantarillado por regiones en donde se ve claramente la disminución de 10 puntos porcentuales en el área rural de la región central, contribuyendo así negativamente en la calidad del agua recibida e impactando directamente a uno de los principales problemas mundiales del objetivo 6 de desarrollo sostenible de la ONU.

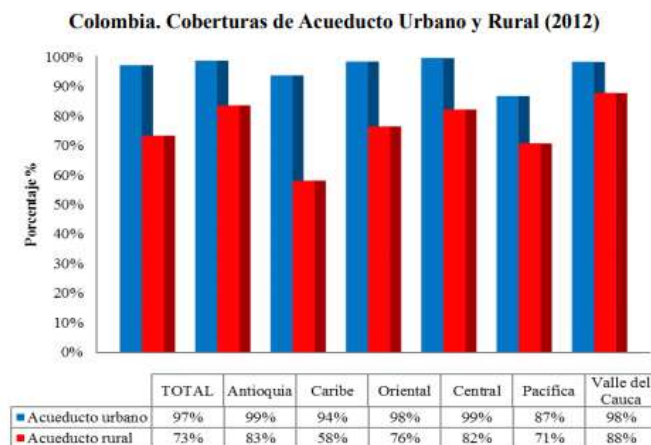


Figura 13 Coberturas de Acueducto Urbano y Rural (2012). CONPES 2014.

Colombia. Coberturas de Alcantarillado Urbano y Rural (2012)

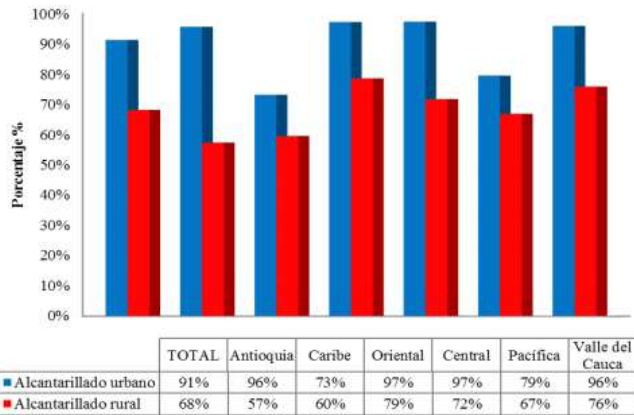


Figura 14 Coberturas de Alcantarillado Urbano y Rural (2012). CONPES (2014).

Al evaluar la información anterior, éste proyecto apoya directamente al segundo y cuarto objetivo de la ley CONPES 3810 del 2014 ya que en primera instancia se está fomentando la estructuración de esquemas sostenibles para el suministro de agua potable y en segundo lugar se impulsan prácticas efectivas de gestión sanitaria y ambiental acordes al contexto rural que se está trabajando.

En adición en el departamento de Cundinamarca contamos con el proyecto social de la Corporación Autónoma Regional (CAR) “Lluvia para la Vida” donde se utilizan materiales de fácil acceso como lo son tanques de almacenamiento, tubería y canales en pvc que permiten la fácil instalación y replicación del proyecto a las comunidades apartadas del departamento de Cundinamarca.



Figura 15 Programa Lluvia para la Vida de la CAR. Modificado de Presentación programa Lluvia Para la Vida. (s.f.)

Otro sistema implementado en el país, y más importante en el departamento de Cundinamarca, es la instalación de sistemas de condensación del agua en zonas de alta nubosidad. Sin embargo, aunque es un método sostenible y de fácil acceso para la comunidad, el proyecto es exitoso en zonas cercanas a páramos o donde la presencia de la niebla sea recurrente. Escenario que no poseen muchos de los municipios del departamento.



Figura 16 Proyecto Nebulón. Captación de agua por condensación. Colombia inn, (s.f.)

4.2.5 Vigilancia tecnológica.

La definición del Observatorio Virtual de Transferencia Tecnológica OVTT sobre vigilancia tecnológica (s.f) es:

La Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Competitiva ayudan a priorizar datos relevantes e información estratégica para el desarrollo competitivo de una organización. Para lograrlo, resulta importante conocer fundamentos conceptuales que orientan su práctica; términos y definiciones que ayudan a comprender y aprovechar eficientemente los beneficios de una gestión eficaz de la información científica y tecnológica.

4.2.6 Metodología de la vigilancia tecnológica.

Aunque no existe un tipo único de realización de vigilancia tecnológica, sí existe un consenso sobre las etapas a seguir. A este se le denomina ciclo de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (Degoul P, 1992) y acorde al OVTT está confirmado por las siguientes etapas generales:

1. *Diagnóstico*: Se identifica y precisa el tema a vigilar.

2. *Búsqueda y captura de información*: Se diseña e implementa la estrategia de recopilación de información.
3. *Análisis de la información*: Se procesa y analiza la información encontrada para filtrar lo relevante.
4. *Valorización de la información relevante*: Se elabora productos, o soportes de información, con los resultados obtenidos.
5. *Difusión y comunicación*: Se entregan los resultados del proceso a las personas con responsabilidades pertinentes en el proceso.
6. *Orientación en la toma de decisiones*: apoyar el proceso de toma de decisiones.

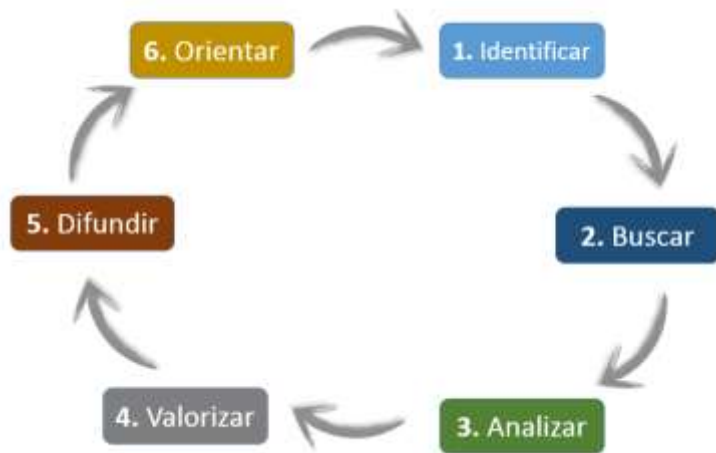


Figura 17 Ciclo de vigilancia tecnológica. Observatorio Virtual de Transferencia de tecnología (s.f.)

4.3 Marco conceptual

A continuación se exponen los conceptos relevantes involucrados en el proyecto:

Jaime Ríos Ortega expone en su investigación del año 2014 *El concepto de información: dimensiones bibliotecológica, sociológica y cognoscitiva* los diferentes conceptos de información estudiados en donde encontramos que "La información es efectivamente un instrumento del conocimiento, pero no es el conocimiento en sí" y que "la información es lo que permite decidir entre alternativas" siguiendo la síntesis que desarrolla Muñoz acerca de la información cognitiva, (Muñoz Gutiérrez, 2011).

4.3.1 Información.

Jaime Ríos Ortega expone en su investigación del año 2014 *El concepto de información: dimensiones bibliotecológica, sociológica y cognoscitiva* los diferentes conceptos de información estudiados en donde encontramos que "La información es efectivamente un instrumento del conocimiento, pero no es el conocimiento en sí" y que "la información es lo que permite decidir entre alternativas" siguiendo la síntesis que desarrolla Muñoz acerca de la información cognitiva, (Muñoz Gutiérrez, 2011).

4.3.2 Desarrollo sostenible.

Acorde a la información recolectada por el IMF Business School de España quien a su vez toma la definición provista por el Informe Brundtland de 1987 definen al desarrollo sostenible de la siguiente forma: que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. También entrega la definición de la UNESCO que define que el desarrollo sostenible intenta conseguir una mejor calidad de vida, presente y futura.

4.3.3 Voluntariado.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Colombia define en su documento Impacto del Voluntariado en Colombia del año 2014 al voluntariado como la forma de involucrar a los ciudadanos para apoyar la transformación y naturaleza de los individuos que beneficia no solo a las voluntarias y los voluntarios sino también a la sociedad.

4.3.4 Patente

La Pontificia Universidad Javeriana indica que "Una Patente es un contrato entre la Sociedad y el Inventor individual." Y aclara lo siguiente:

Aunque la duración de la exclusividad de la patente varía de un país a otro(En Colombia es de 20 años), según todos los sistemas de patentes, una vez que caduque este período, el público tiene libertad de utilizar el invento como lo desee.

4.4 Marco legal

En la Tabla 1 se puede observar la normativa actual vigente para el suministro, uso y control de agua en Colombia.

Tabla 1
Marco legal para el uso de agua en Colombia

Norma	Descripción
Conpes 3810 de 2014	“Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural”
Ley 373 de 1997	“Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”.
Decreto 2811 de 1974	“Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”
Decreto 39030 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 302 de 2000	“Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.”

Nota. Elaboración propia.

5 Marco Metodológico

5.1 Tipo de investigación

El presente proyecto está basado en una investigación descriptiva porque según Sampieri en su texto Metodología de la Investigación se busca describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; detallar cómo son y se manifiestan. Además se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

5.2 Alcance de la investigación

Ésta investigación tendrá un alcance descriptivo, exploratorio y causal que permitirá identificar el comportamiento de la comunidad bajo la implementación del proyecto planteado.

El alcance en la fase de Planeación de Proyecto llegará hasta la definición del modelo por medio de la vigilancia tecnológica que se va a implementar.

El alcance en la fase de Construcción e Instalación del sistema llegará hasta la implementación del modelo en la isla seleccionada.

El alcance en la fase de Transferencia Tecnológica llegará hasta la capacitación de la población que se realizará por medio de capacitaciones en el área ambiental y gestión de recuperación del agua.

5.3 Población objetivo

La comunidad perteneciente al colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca conformado por 32 trabajadores, 98 estudiantes de preescolar y primaria y 198 estudiantes de Bachillerato para un total de 328 personas impactadas por el proyecto.

Población objetivo

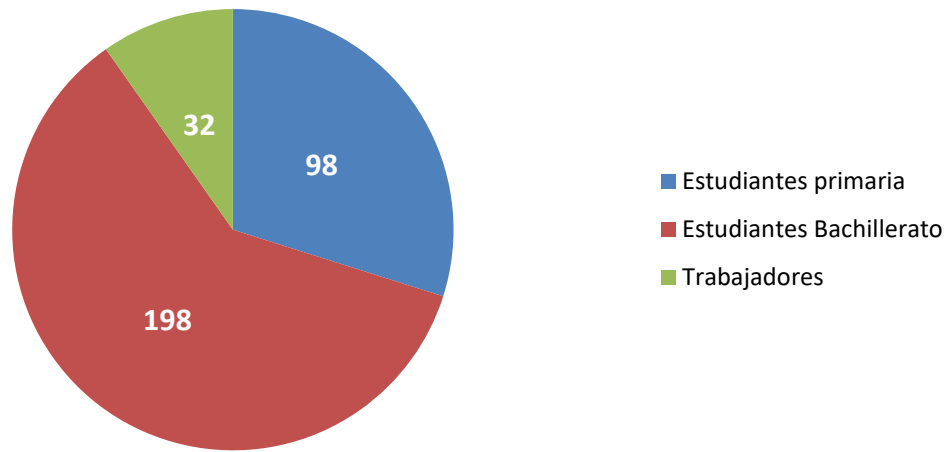


Figura 18 Población Objetivo Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Elaboración Propia.

5.4 Proceso metodológico

El proceso a desarrollar en este proyecto se hará en tres fases principales expuestas a continuación:

En la primera fase de planeación de proyecto se trabajará bajo el modelo de la vigilancia tecnológica propuesto por el OVITT en el cual se desarrollarán los siguientes puntos:

- a. Diagnóstico: Diagnóstico del conocimiento actual de la comunidad por medio de encuestas y observación de las actividades de la comunidad.
- b. Búsqueda y captura de información: Búsqueda de información a través de las diferentes plataformas de búsqueda de patentes.
- c. Análisis de la información: A través de un análisis comparativo de las opciones encontradas y se determina las más convenientes para el colegio.
- d. Valorización de la información relevante: Se utilizará un despliegue de la función calidad (QFD) o casa de la calidad para la selección del prototipo adecuado para el cliente.
- e. Difusión y comunicación: Se comunicará la decisión del modelo seleccionado a través de una junta a las directivas del colegio en donde a su vez se explicará las características del prototipo seleccionado y el plan de acción.

- f. Orientación en la toma de decisiones: Por medio de la comunicación interna del colegio, se dará a conocer el plan de desarrollo del proyecto a los estudiantes, trabajadores y adicionalmente a los padres de familia que pertenecen a la comunidad de la institución.

Los indicadores que se utilizarán en esta fase del proyecto son:

- Evaluación de conocimiento de cuidado del agua.
- Costo pagado del agua potable por mes:
$$\text{Costo por m}^3 \times (\text{Litros consumidos mes}/1.000) = \text{Costo consumo total}$$
- Puntaje de percepción de ayuda al medio ambiente.
- Cantidad de agua potable disponible para el consumo de la población:
$$\text{Litros utilizados} \times \text{frecuencia de consumo} = \text{Litros consumidos por mes}$$
- Cantidad de consumo de agua potable para el aseo de las instalaciones:
$$\text{Litros utilizados} \times \text{frecuencia de aseo} = \text{Litros consumidos por mes}$$

En la segunda fase se desarrollará la construcción e instalación del sistema en donde inicialmente se adaptará el modelo seleccionado en la primera fase por medio de la toma de medidas de la isla elegida y se registrarán los resultados en un plano del espacio el cual se realizará por medio de un programa de dibujo técnico o diseño.

Al haber sido adaptado el modelo a la necesidad del colegio, se iniciará una etapa de capacitación a los voluntarios encargados de la instalación del prototipo. Por medio de material audiovisual se capacitará sobre la importancia de la seguridad en el trabajo y el uso de los Elementos de Protección Personal necesarios en la realización del proyecto. Se realizará el control de la población capacitada a través de formatos de asistencia.

Una vez finalizado el proceso de instalación, se tomarán los tiempos de llenado del tanque de almacenamiento instalado. A través de la experiencia y la observación se registrarán los resultados obtenidos en una ficha de registro de resultados.

Todo el proceso será evidenciado por registro fotográfico y de video.

Los indicadores que se utilizarán en esta fase del proyecto son:

- Media de tiempo de llenado del tanque de depósito de agua lluvia.

- Cantidad de personas capacitadas.

En la tercera y última fase se desarrollará la innovación social del proyecto a través de la transferencia tecnológica y la evaluación de resultados. Se capacitará por medio de charlas informativas a la comunidad exponiendo el material audiovisual recolectado durante todo el proceso de instalación del sistema. Adicionalmente se creará un sitio web con la información pertinente sobre el proyecto que permita aumentar el alcance de personas impactadas.

Los indicadores que se utilizarán en esta fase del proyecto son:

- Reducción en el costo del agua en el estado de resultados:

Costo pagado por el agua potable antes de implementar el sistema - Costo pagado por el agua potable después de implementar el sistema= Reducción del costo.
- Evaluación de conocimiento de cuidado del agua.
- Impacto e incidencia del sistema de recolección de aguas lluvias en los estados financieros.
- Puntaje de percepción de ayuda al medio ambiente.

Tabla 2

Sistematización de los objetivos

Objetivo específico	Sistematización del objetivo	Variable Objetivo	Proceso metodológico	Instrumentos de recolección de información
Identificar sistemas de recolección de aguas lluvias a través de la vigilancia tecnológica.	¿Cuál es el mejor sistema de recolección de Aguas Lluvias a la comunidad del Colegio Gimnasio de Cundinamarca?	Espacio público	Identificar la localización del pueblo, vereda, ubicación del Colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Recopilar la información de seguridad y	Información oficial documentada, imágenes, mapas.

			administración pública de la localidad.	
		Espacio privado	Recolección de Información y ubicación de condiciones de construcción del Colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.	Planos, imágenes e información documentada.
Determinar un sistema de recolección de aguas lluvias.	¿Cuál es el diseño que permita la mayor capacidad de recolección de agua lluvia de la isla seleccionada?	Económica	Definir la opción sostenible y sustentable más conveniente para del Colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.	Información oficial documentada, imágenes, videos.
		Social	Determinar la percepción de la calidad y cantidad del agua de los estudiantes y trabajadores del Colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.	Observación y encuestas.

Desarrollar un prototipo que cumpla con las especificaciones necesarias para el proyecto.	¿Qué modelo de Aguas lluvias es el más apropiado para la comunidad del Colegio Gimnasio de Cundinamarca?	Social	Investigación basada en la Vigilancia tecnológica para entrega del modelo más apropiado para la comunidad.	Bases de datos
		Económica	Investigación basada en la Vigilancia tecnológica para la determinación del modelo más económico para la institución.	Bases de datos
Incluir a estudiantes y administrativos del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca en el desarrollo del prototipo para generar conciencia de cómo ser ambientalmente sostenible.	¿Cuál es la ventaja de incluir a la comunidad educativa en el desarrollo del prototipo?	Social	Enseñar a los estudiantes el proceso de construcción e instalación del sistema escogido.	Charlas explicativas y trabajo en campo.
		Económica	Sustituir la mano de obra paga por voluntarios encargados de realizar las actividades del proceso.	Voluntariado
Documentar el proceso de elaboración e implementación	¿Para qué documentar el proceso de desarrollo del	Conocimien to	Entregar una guía de construcción del prototipo definido.	Información oficial documentada y material

del prototipo.	proyecto?			audiovisual.
		Social	Inclusión social, que permita informar y alcanzar a la mayor cantidad de población posible.	Material audiovisual.
Realizar transferencia tecnológica a los miembros del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca y su comunidad educativa	¿Cómo contribuye la transferencia tecnológica a la replicación del proyecto?	Conocimien to	Explicar el proceso llevado y la experiencia vivida a la comunidad educativa y el círculo perteneciente a ella.	Charlas informativas.
		Social	Facilitar la réplica del proyecto a través de la transferencia de conocimiento.	Charlas informativas, material audiovisual.

Nota. Elaboración propia.

5.5 Tamaño poblacional y muestra

Durante el proceso se presentarán grupos heterogéneos quienes serán los encargados de representar la muestra de la población del colegio ante las encuestas que se allí se aplicarán. Se conoce la población de la comunidad por lo que el valor de la muestra se define con el supuesto de población finita ecuación (1):

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + (k^2 * p * q)} \quad (1)$$

Donde

n= Tamaño de la muestra.

k= Nivel de confianza.

p= proporción de elementos que poseen la característica de interés.

q = proporción de elementos que no poseen la característica de interés.

N = Tamaño de la población.

e = Error muestral.

6 Resultados de la investigación

6.1 Diagnóstico situacional

6.1.1 Estudio de afluentes fluviales.

El municipio de Funza cuenta con recursos hídricos importantes, sin embargo éstos no son aprovechados en su totalidad por lo que aún se debe recurrir al apoyo en el suministro de agua potable para el municipio por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

6.1.1.1 *Río Bogotá.*



Figura 19 Ubicación Río Bogotá en Funza. Google Maps (2018).

Es el río más importante de la Sabana de Bogotá recorriendo 380 km desde su nacimiento en Villa Pinzón hasta su desembocadura en el río Magdalena.



Figura 20 Río Bogotá. Semana (s.f.).

6.1.1.2 *Humedal Laguna La Herrera.*



Figura 21 Ubicación Laguna La Herrera. Google maps (2018).

Acorde a la información suministrada por la Alcaldía de Mosquera en su publicación del 4 de diciembre de 2017 encontrada en la página web oficial, la laguna La Herrera se encuentra ubicada en el suroccidente de la cuenca hidrográfica del río Bojacá a una altura sobre el nivel del mar de 2559 metros. Esta al costado suroccidental de la sabana de Bogotá dentro del municipio de Mosquera y es uno de los recursos hídricos naturales más grandes de la Sabana de Occidente.



Figura 22 Humedal laguna La Herrera. Alcaldía de Mosquera (2017).

6.1.1.3 Ciénaga de Gualí Tres Esquinas.

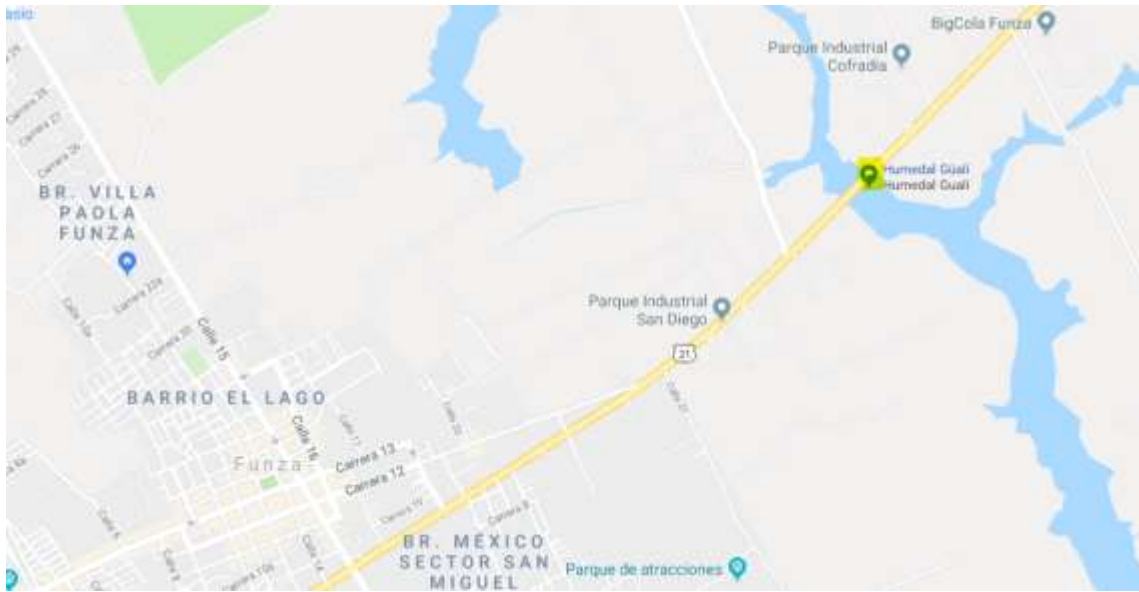


Figura 23 Ubicación Humedal Gualí. Google Maps (2018).

Se encuentra ubicada en el occidente de la Sabana de Bogotá y aborda los municipios de Funza, Mosquera y Tenjo.



Figura 24 Humedal Gualí. Coratierras (2017).

6.1.1.4 Clasificación del suelo municipal en Funza.

En la figura 25 se encuentra la información del uso del suelo del municipio de Funza encontrando allí el sistema de humedales y ríos del municipio. De igual forma se registran los canales de riego “La Ramada” para las diferentes veredas.

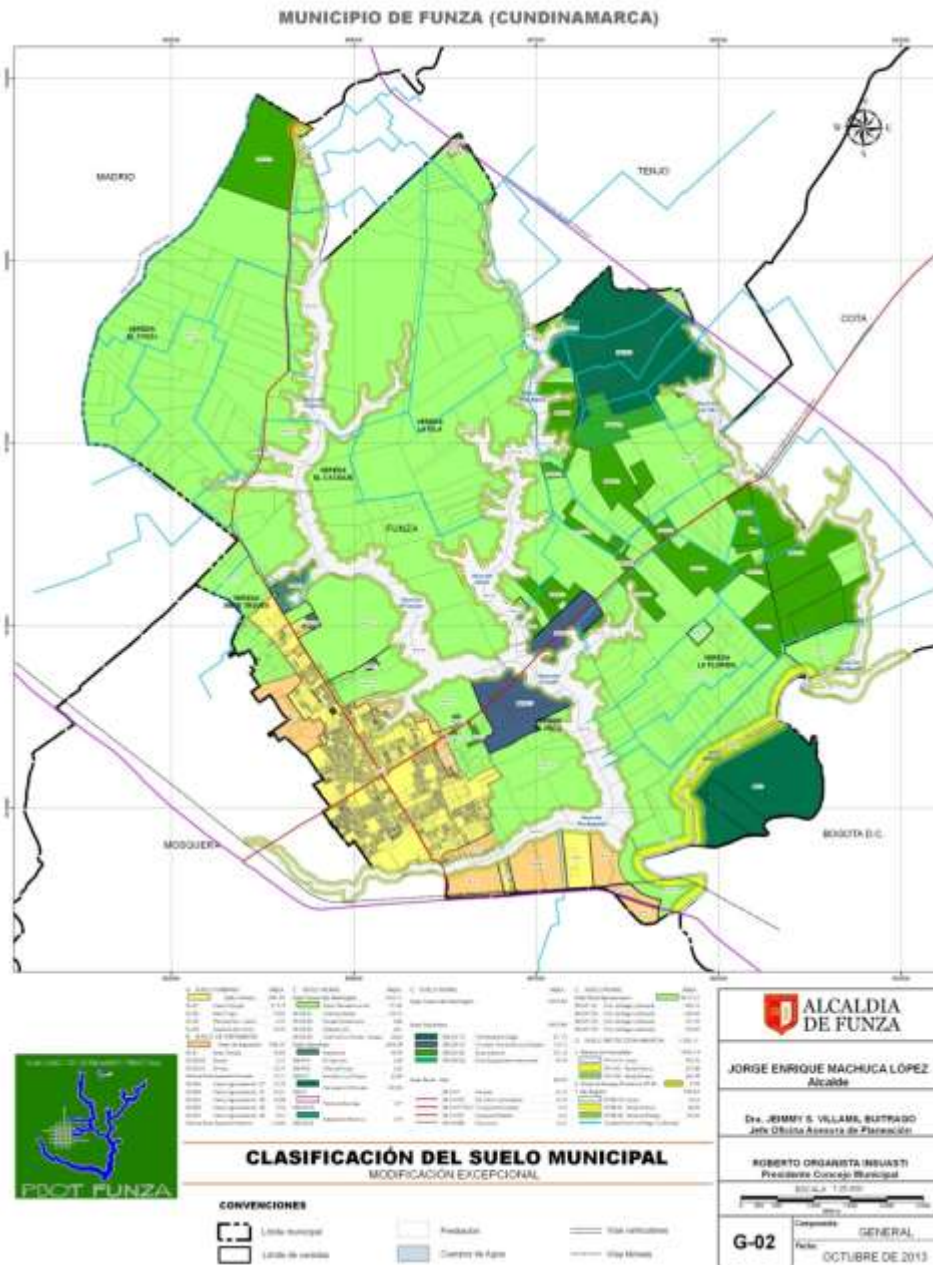


Figura 25 Clasificación del suelo municipal. Alcaldía de Funza (2013).

6.1.1.5 *Infraestructura de acueducto.*

Según el Decreto No. 140 de septiembre 13 de 2000 el sistema primario de acueducto se constituye con el conjunto de Redes Matrices de Conducción que busca garantizar el abastecimiento de agua para el municipio. En las Tablas 3 y 4 se encuentra la demanda total y sectorizada del municipio y la cuantificación de agua por áreas morfológicas homogéneas:

Tabla 3

Demanda máxima diaria de agua en zonas de expansión.

DEMANDA MAXIMA DIARIA					
ZONAS DE EXPANSION					
	ZONA	AREA Ha.	VIVIENDAS No.	POBLACION Habts.	DEMANDA LPS. 2.010
1.	SIETE TROJES	32.50	305	1376	18.8
2	SANTA TERESITA	138.00	2.107	9.503	21.94
3	CENTRO HISTORICO	17.50	-	-	-
4	BACATA	85.50	1.485	6.697	15.47
7	EL HATO	150.00	2.547	11.487	26.53
8	SERREZUELA	112.40	1.356	6.116	14.12
9	INDUSTRIA 1	102.00	-	-	18.52
10	INDUSTRIA 2	141.00	-	-	9.26
TOTAL		778.9	7800	35.179	124.64

Nota. Alcaldía de Funza.

Tabla 4

Demanda máxima diaria de agua en zonas residenciales suburbanas.

DEMANDA MAXIMA DIARIA					
ZONAS RESIDENCIALES SUBURBANAS					
	ZONA	AREA Ha.	VIVIENDAS No.	POBLACION Habts.	DEMANDA LPS. 2.010
5	EL CACIQUE	108.50	646	2.913	6.73
6	CASA BLANCA	141.50	896	4.041	9.33
Total		250	1542	6954	16.06

Nota. Fuente: Alcaldía de Funza.

6.1.1.5.1 *Proyectos respecto de la infraestructura de acueducto.* A continuación se indican los objetivos de los planes de acción del Decreto No. 140 de septiembre 13 de 2000:

1. Ejecución de los estudios técnicos de factibilidad, diseños de detalles y construcción del sistema de abastecimiento de agua cruda para el municipio por parte de la Empresa

de Acueducto y Alcantarillado y Aseo de Funza (EMAAAF). Para desarrollarlos tendrá como fuentes más probables de abastecimiento:

- Optimizar el pozo actual.
 - La empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
 - La construcción de pozos profundos.
 - Los pozos de Siete Troje y el capricho.
 - La Toma de San Patricio
 - El Humedal Gualí – Tres Esquinas.
2. Ampliación de la planta de tratamiento.
 3. Control de pérdidas de agua.
 4. Ampliación de las unidades de filtración.
 5. Ampliación de redes en 7.000 metros lineales, con mayor capacidad de presión y menores requerimientos de reparación.
 6. Implementación de planes con la comunidad con el objeto de:
 - Normalizar el servicio y generar la incorporación a la legalidad de las conexiones fraudulentas.
 - Promocionar el uso racional del agua, establecer políticas de consumo por estratos y las restricciones, penalizaciones y estímulos para los consumos altos y bajos respectivamente.
 7. Denegación de suministro de agua potable a zonas por fuera del perímetro de servicios definido en el PBOT.
 8. Realización de gestiones para la reducción de los porcentajes de agua no contabilizada.
 9. Descontaminación de los cuerpos de agua como la Ciénaga el Gualí y la Toma de San Patricio.
 10. Declaratoria como reservas de utilidad pública, de las áreas de recarga, como reguladores de recarga de agua freática y de tratamiento natural de aguas.
 11. Realizar Estudios Geoeléctricos Verticales (SEV) y los hidrogeológicos para establecer la variación de los niveles de acuíferos en el tiempo.
 12. Se propone, dentro de la Vigencia del PBOT, la construcción en el perímetro de Servicios Públicos y con el fin de garantizar el abastecimiento de agua para los sectores de Expansión Urbana y suburbana-residencial, la construcción de las siguientes redes primarias o matrices:

- La que saldrá de los tanques de almacenamiento, por la calle 15, hacia la zona de Siete Trojes, o Zona Homogénea No 1.
 - La que saldrá por la carrera 20, de la que se desprenderán dos (2) matrices:
 - Una primera, hacia el Oriente, hasta llegar al Barrio Santa Teresita; y
 - Una segunda, hacia el Occidente, que abastecerá a la zona de El Cacique.
 - La que se desprenderá de los tanques de la Planta de Tratamiento, hacia el Sur del Municipio, por la calle 15, hasta llegar a la carrera 12; de tal cruce, se dirigirá hacia el Oriente, hasta llegar a la Glorieta Propuesta (intersección carrera 9a, variante propuesta y Troncal de la Sabana). Esta red de expansión se programa para abastecer las Zonas Morfológicas Homogéneas (El Cacique), (Casa Blanca) y (El Hato -Con un refuerzo-)
 - Las redes serán proyectadas para construirse por zonas de andenes, evitando que los accesos de control quede obre calzada.
13. Se autorizará con estricta sujeción a las normas técnicas establecidas por la EMAAAF, la construcción de redes domiciliarias y su conexión a las proyectadas y construidas.

6.1.1.5.2 *Proyectos respecto de la infraestructura de acueducto.* Es la red colectora de aguas lluvias, dentro del perímetro sanitarios del municipio, que tiene como objeto conducir estas agua a lo cuerpo de agua más cercanos al sitio donde caen las aguas lluvias.

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Funza, se proyecta la construcción de los siguientes recolectores de aguas lluvias:

- Siete Trojes, drenará hacia costado sur del canal.
- El Cacique, por sus sectores oriental y occidental, drenará por colectores proyectados por vías.
- Casa Blanca, drenará por gravedad en el Humedal Gualí – Tres Esquinas.

6.1.2 Estudio sociodemográfico

Se tomará la población actual del colegio que corresponde a 328 personas que el plantel educativo. En la figura 26 podemos ver la segmentación de la población en el colegio:

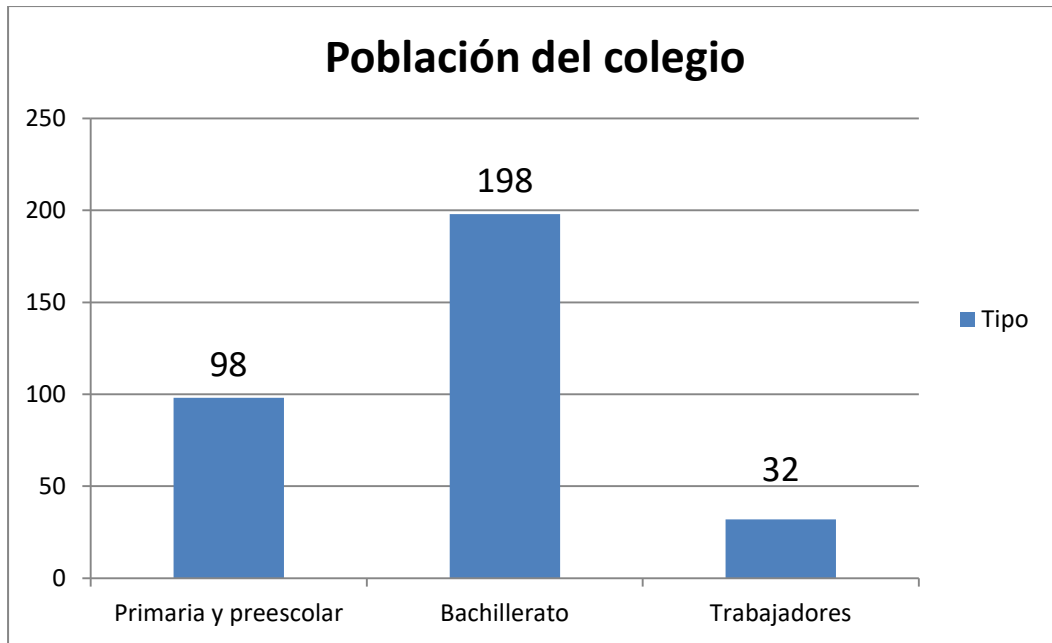


Figura 26 Segmentación de población del Colegio. Elaboración propia.

6.1.3 Distribución por grupo etarios.

Como se observa en la figura 27, la mayoría de la población del colegio se encuentra en un rango de edad de 14 a 18 años.

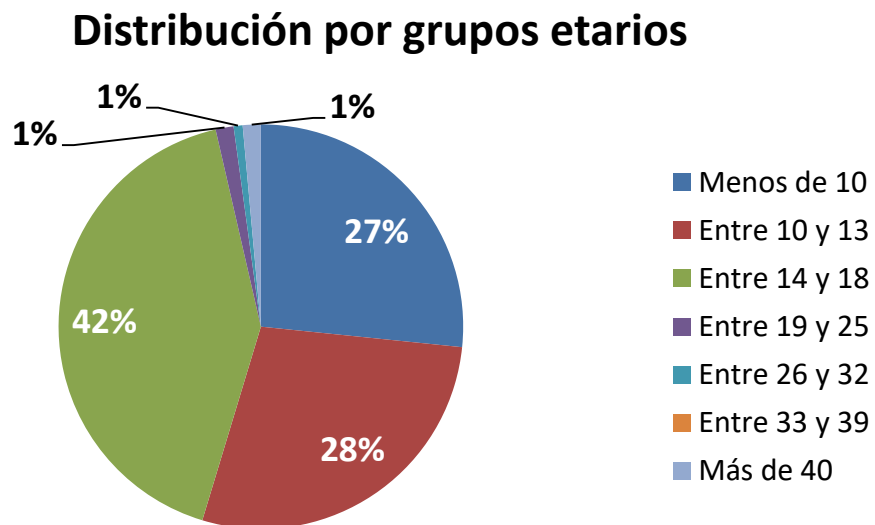


Figura 27 Distribución por grupos de edad del colegio. Elaboración propia.

6.1.4 Distribución por género

De la población encuestada se encuentra que la mayoría es de sexo masculino (Figura 28).

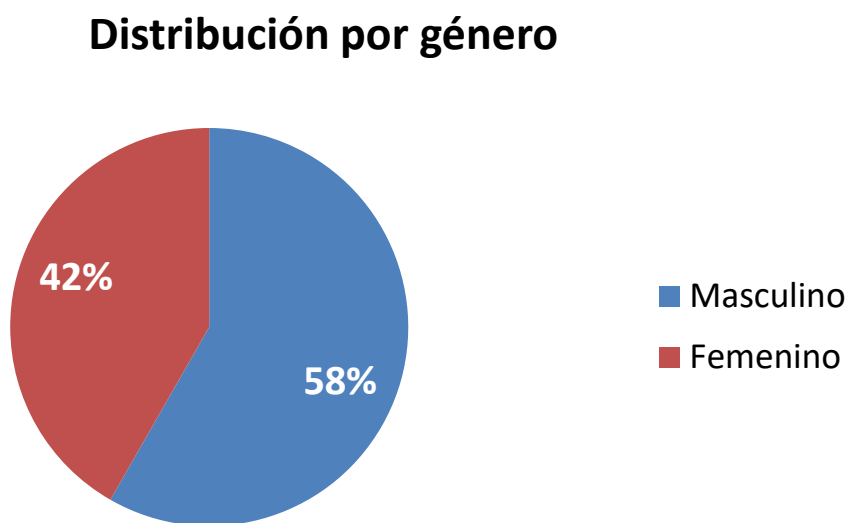


Figura 28 Distribución por género del colegio. Elaboración propia.

6.1.5 Distribución de la población por curso o departamento

En la Tabla 5 y figura 29 podemos observar la distribución de la población actual del colegio por cursos de primaria, bachillerato y departamentos organizacionales del colegio:

Tabla 5

Distribución de la población por curso o departamentos

CURSO	CANTIDAD
Preescolar	15
Primero	9
Segundo	14
Tercero	19
Cuarto	15
Quinto	20
Sexto	25
Séptimo	34

Octavo	50
Noveno	48
Décimo	21
Undécimo	20
Profesores	23
Administrativo	8
Servicios	7
TOTAL	328

Nota. Elaboración propia.

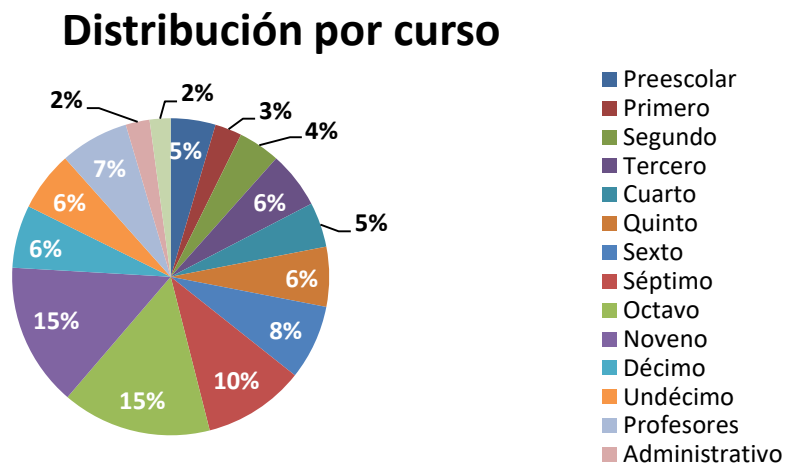


Figura 29 Porcentaje de distribución de la población por curso o departamento. Elaboración propia.

6.1.6 Encuesta de diagnóstico.

Se realizó una encuesta de diagnóstico a los estudiantes con el fin de evaluar los conocimientos básicos de la recolección de aguas lluvias previo a la instalación del sistema en las instalaciones del colegio. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Definición de la muestra:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + (k^2 * p * q)}$$

k= Nivel de confianza. = 95% (1,96)

p= proporción de elementos que poseen la característica de interés. = 0,5

q= proporción de elementos que no poseen la característica de interés. = 1- p= 1-0,5 = 0,5.

N= Tamaño de la población. = 294

e= Error muestral. = 5%

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 294}{(0,05^2 * (294 - 1)) + (1,96^2 * 0,5 * 0,5)}$$

$$n = \frac{282,3576}{1,6929}$$

$$n = 166,1892 \approx 167$$

n= 167 personas es el tamaño de la muestra.

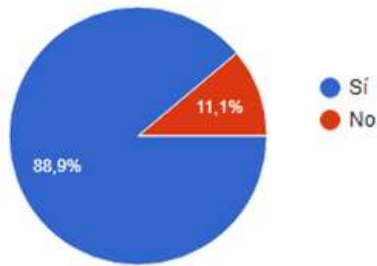
En la Figura 30 encontramos que la mayoría de la población encuestada se encuentra entre los 14 y 18 años de edad siendo mayoría el sexo masculino.



Figura 30 Edad y Sexo de los estudiantes encuestados. Elaboración propia.

En la Figura 31 evidenciamos la frecuencia diaria de uso de los baños del colegio por parte de los estudiantes.

¿Usa el baño en el colegio?



¿Cuántas veces usas el baño?

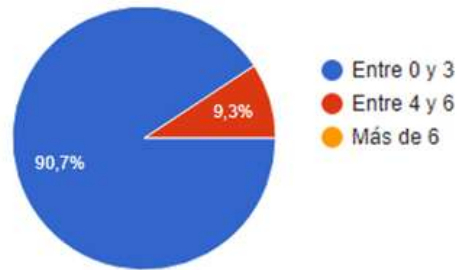
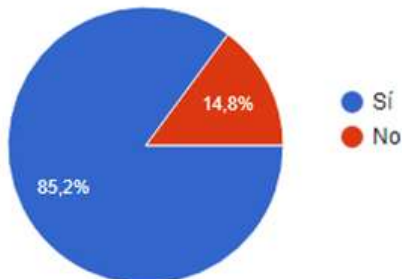


Figura 31 Frecuencia de uso de los baños del Colegio. Elaboración propia.

Acorde a la información encontrada en la Figura 32 la mayoría de la comunidad del colegio representada con el 85,2% de la población encuestada conocen y tienen información sobre la recolección de aguas lluvias, sin embargo de la totalidad de los encuestados sólo el 16,7% realiza alguna actividad de recolección de éste recurso.

¿Sabes que se puede recolectar el agua de la lluvia?



¿En tu casa recolectan agua lluvia?

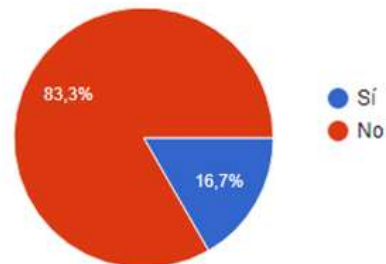


Figura 32 Conocimientos previos de uso de aguas lluvias. Elaboración propia.

Así mismo En la Figura 33 evidenciamos la frecuencia diaria de uso de los baños del colegio por parte de los estudiantes.

¿Conoces de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento que se esté o se haya desarrollado en el sector?

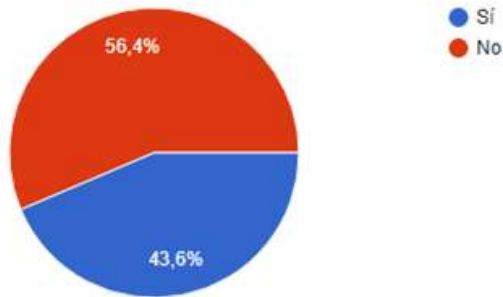


Figura 33 Conocimiento de planes, programas o proyectos de recolección de agua lluvia en el sector. Elaboración propia.

6.1.7 Consumo de agua.

La Empresa Municipal de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Funza EMAAAF. reporta que existe un estimado de 75.350 habitantes en el municipio de los cuales 70.622 pertenece a población urbana y 4.728 habitantes a la población rural. De esta población el 100% de la población urbana cuenta con cobertura del EMAAAF caso contrario a la población rural en donde la cobertura abarca a 2.186 personas

La cobertura del servicio de acueducto y alcantarillado para el municipio de Funza se mide según el indicador de impacto del Departamento Nacional de Planeación titulado “Cobertura En Servicio De Acueducto En Municipios Entre 30.000 Y 100.000 Habitantes” representado en la ecuación (2):

$$Csam = \frac{P_{tsm} * 100}{P_{tm}} \quad (2)$$

Csam= Cobertura En Servicio De Acueducto En Municipios Entre 30.000 Y 100.000 Habitantes En Un Periodo N

P_{tsm} = Población Total Con Cobertura En Servicio De Acueducto En Municipios Entre 30.000 Y 100.000 Habitantes = 72.808.

P_{tm}= Población Total En Municipios Entre 30.000 Y 100.000 Habitantes. = 75.350.

$$Csam = \frac{72.808 * 100}{75.350}$$

$$Csam = 96,63\%$$

El 96,63% de la población de Funza cuenta con la cobertura de la empresa local de acueducto y alcantarillado.

Sin embargo el porcentaje presentado anteriormente incluye la totalidad de la población urbana y sólo al 46,24% de la población rural. Dato determinado por el porcentaje de población beneficiado con los servicios de acueducto y alcantarillado en el área rural para el municipio de Funza, siguiendo el indicador de impacto del Departamento Nacional de Planeación “*Población Beneficiada Con Los Servicios De Acueducto Y Alcantarillado En El Área Rural*” definido en la ecuación (3):

$$PorcentajePbaa = \frac{Pba1 * 100}{Pt} \quad (3)$$

Porcentaje Pbaa = % La Población Beneficiada Con El Acueducto.

Pba1 = Número Total de Personas Beneficiadas. =2.186

Pt = Población Total Que Cuenta Con El Servicio. = 2.542

Solucionando la ecuación tenemos:

$$PorcentajePbaa = \frac{2.186 * 100}{4.728}$$

$$PorcentajePbaa = 46,24\%$$

El colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca se encuentra incluido en el porcentaje de población del área rural que cuenta con el servicio de acueducto y alcantarillado. En la Figura 34 encontramos el registro de consumo de agua del colegio para el año 2018.

Consumo en m3

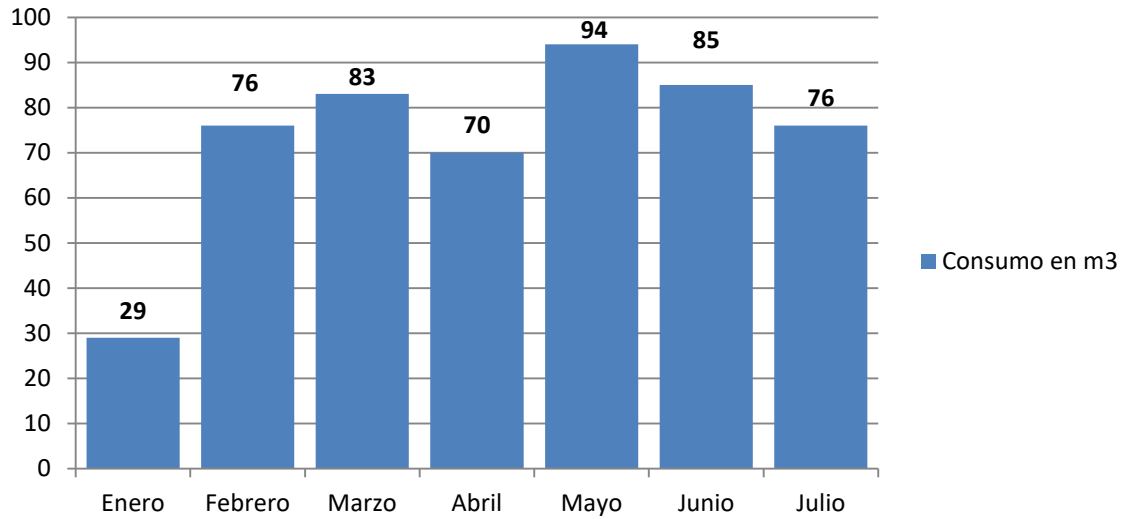


Figura 34 Consumo de agua en m3 en el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Funza EMAAAF. Elaboración propia.

En la figura 35 encontramos la comparativa de consumo del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca para el año 2017 y el año 2018.

Comparativa de consumo del colegio 2017 vs 2018

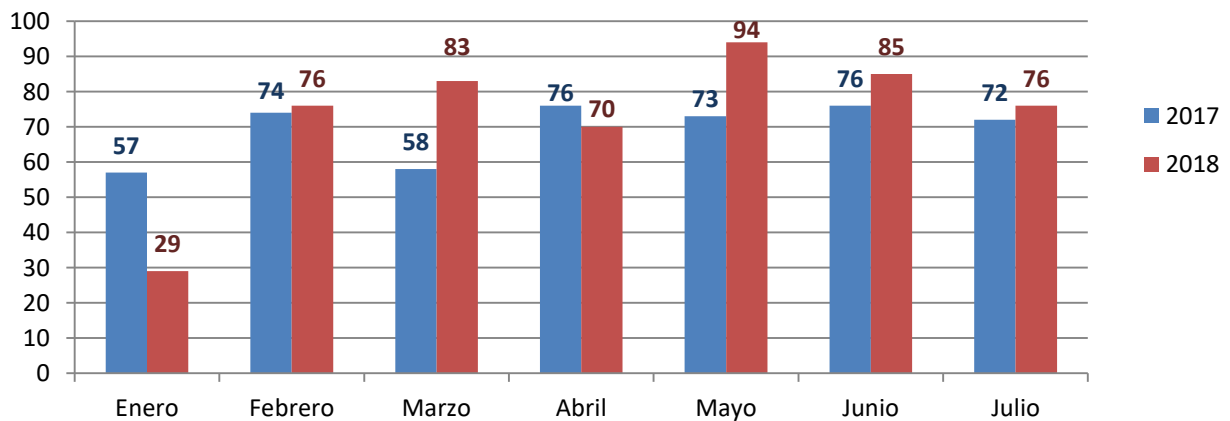


Figura 35 Comparativa de consumo 2017 vs 2018 de la Empresa Municipal de Acueducto y Alcantarillado de Funza EMAAAF. Elaboración propia.

El promedio de consumo mensual del colegio para el año 2018 hasta el mes de Julio se representa en la ecuación (4):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (4)$$

siendo (X1, X2,...,XN) el conjunto de observaciones

N= Tamaño de los periodos. = 7

$$\bar{x} = \frac{(29 + 76 + 83 + 70 + 94 + 85 + 76)m^3}{7 \text{ mes}}$$

$$\bar{x} = 73,29m^3/mes$$

\bar{x} = 73,29 m³ por mes.

A continuación ecuación (5) se evidencia el consumo per cápita de la comunidad estudiantil:

$$\text{consumo promedio persona} = \frac{m^3 \text{ al mes}}{\text{Número de personas} * \text{día}} \quad (5)$$

$$\text{consumo promedio persona} = \frac{73,29 m^3}{328 \text{ personas} * 30 \text{ días}}$$

$$\text{consumo promedio persona} = 0,00751 m^3/día$$

Al realizar la conversión a litros se encuentra:

$$1 m^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$\text{consumo en litros} = 1000 \text{ litros} * 0,00751 m^3$$

$$\text{consumo en litros persona/día} = 7,51 \text{ litros/día}$$

$$\text{consumo en litros persona/mes} = 225,3 \text{ litros/mes}$$

6.1.8 Proyección de crecimiento de la comunidad del colegio.

De acuerdo a las proyecciones de las directivas del colegio se espera tener una comunidad de 700 estudiantes para el año 2023 (Figura 36).

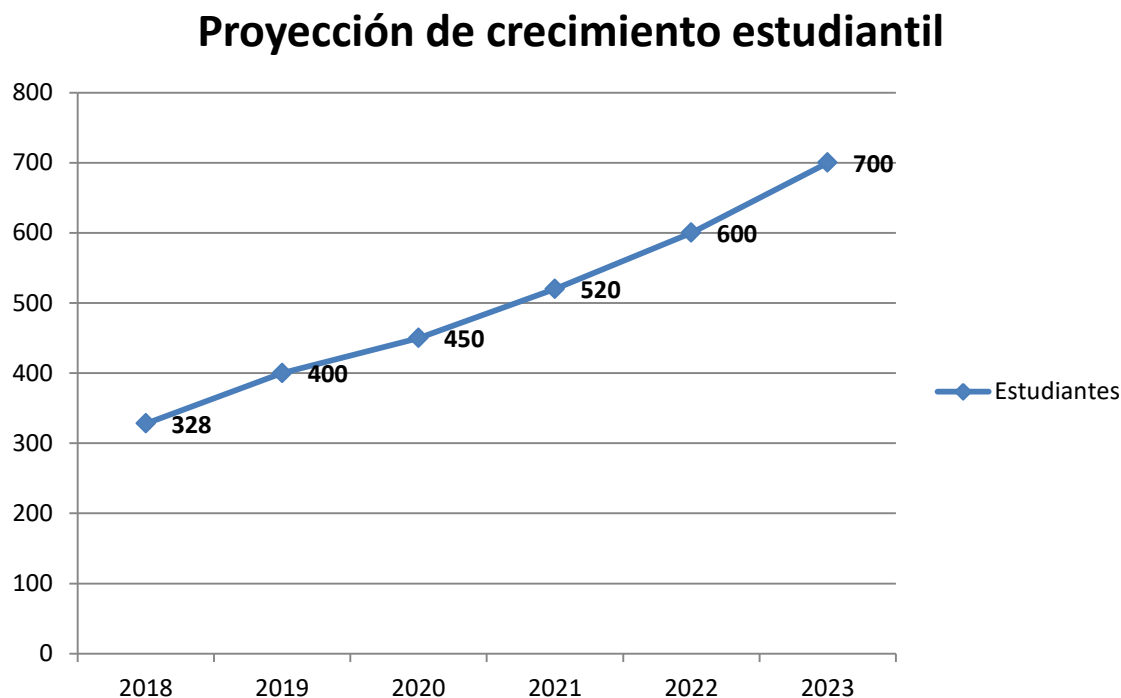


Figura 36 Proyección de crecimiento estudiantil. Elaboración propia.

6.1.9 Proyección de consumo de agua del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.

Según el cálculo hecho previamente, el promedio de consumo actual en el colegio persona/mes de 225,3 litros lo que hace que para el año 2023 se espere el aumento de consumo de la siguiente forma ecuación (6):

$$\text{consumo por mes para el año 2023} = \text{consumo actual persona} * \text{número de personas} \quad (6)$$

$$\text{consumo por mes para el año 2023} = 225,3 \frac{\text{litros}}{\text{mes}} * 700 \text{ personas}$$

$$\text{consumo por mes para el año 2023} = 157.710 \frac{\text{litros}}{\text{mes}}$$

Al realizar la conversión a metros cúbicos se encuentra:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$\text{consumo en m}^3 = \frac{157.710}{1.000}$$

$$\text{consumo en m}^3 = 157,71 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Para el año 2023 el consumo mensual del colegio para 700 personas será de 157,71 m³/mes.

6.1.10 Proyección de captación de agua lluvia en las instalaciones del colegio.

Como proyección de la cantidad de m³ de aguas lluvias que se pueden aprovechar para los próximos 5 años, se utilizará la información del promedio de lluvias decadal del departamento de Cundinamarca, la cual se encuentra disponible por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) representado en la figura 37.

Valores Medios Multianuales de Precipitación Decadal en mm
Periodo 1981 - 2010

Categoría	Nombre de estación	Municipio	Departamento
Sinóptico Principal	Apto Eldorado P1-2	Bogotá	Cundinamarca
Altitud	Longitud	Latitud	
2547	-74	4,7	

	Enero			Febrero			Marzo			Abril		
Muestra	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
Valor medio mes	10,4	9,8	8,9	12	17,2	18	16,4	28	32,6	34,8	36,1	44,1
Promedio	9,7			15,73			25,67			38,33		

	Mayo			Junio			Julio			Agosto		
Muestra	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24
Valor medio mes	38,6	30,6	41,8	29,7	18,7	14,1	17,9	14,2	14,5	12,8	14,8	19,2
Promedio	37			20,83			15,53			15,60		

	Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
Muestra	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36
Valor medio mes	16,5	19,1	30,8	33,1	38,5	42,1	37,4	33	27,5	28,2	20,8	12,1
Promedio	22,13			37,90			32,63			20,37		



Figura 37 Valores medios de precipitación decadal en Cundinamarca. Modificado de IDEAM (2018).

El promedio de precipitación mensual del departamento de Cundinamarca es:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

siendo (X₁, X₂,...,X_N) el conjunto de observaciones

N= Tamaño de los periodos. = 12

\bar{x}

$$= \frac{(9,7 + 15,73 + 25,67 + 38,33 + 37 + 20,83 + 15,53 + 15,60 + 22,13 + 37,90 + 32,63 + 20,73)m3}{12 \text{ mes}}$$

$$\bar{x} = 24,32 \text{ mm/mes}$$

En la Figura 38 se evidencia las superficies disponibles para la captación de las aguas lluvia en la institución.

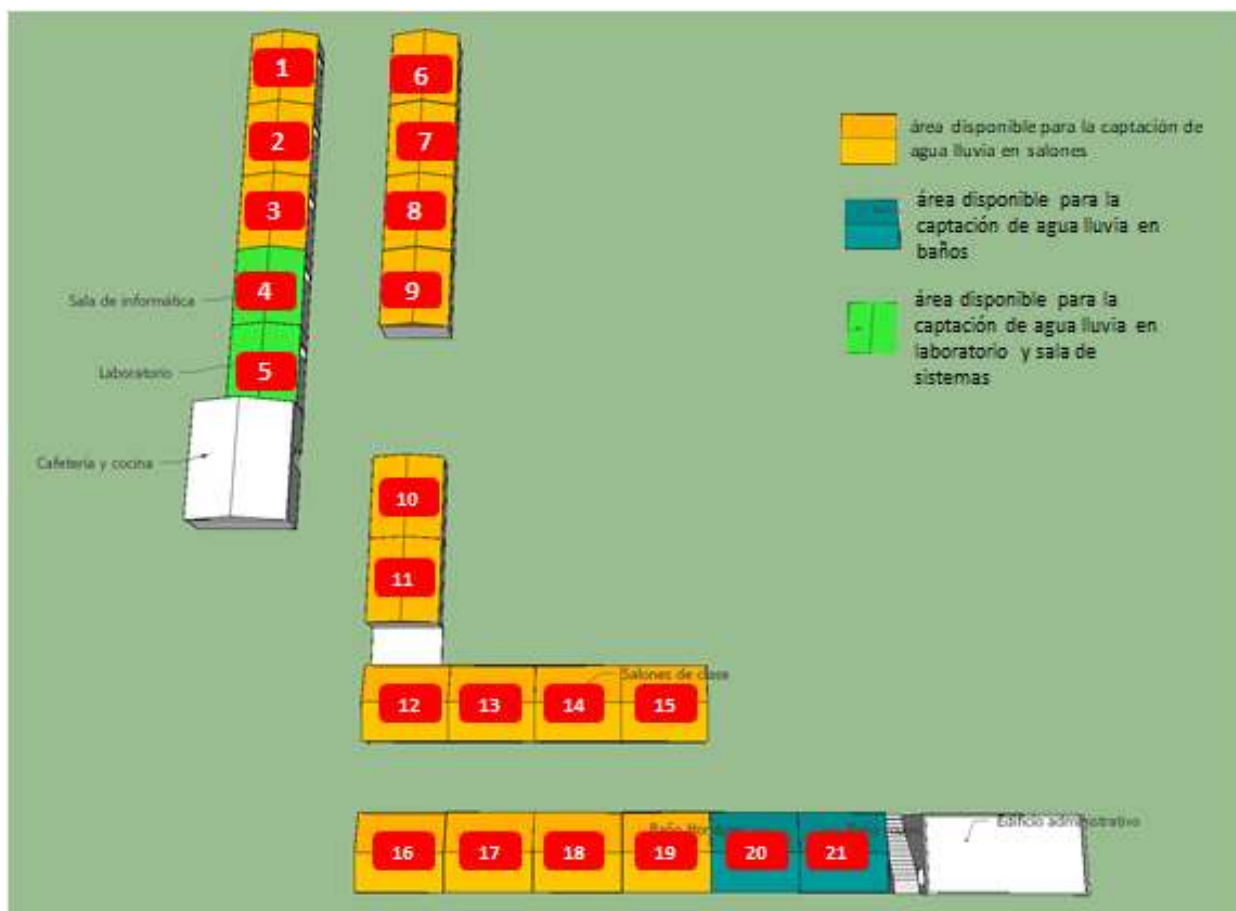


Figura 38 Superficies disponibles de captación para el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Elaboración propia.

Se cuentan con 21 superficies de 30 m² cada una para una totalidad de 630 m² disponibles para la captación de las aguas lluvias en el colegio. Siendo el promedio de precipitación mensual

del departamento de Cundinamarca de 24,32 mm se obtiene un total de capacidad de recolección de:

Teniendo en cuenta que:

$$1 \text{ mm de agua lluvia} = 1 \text{ litro de agua/m}^2$$

El agua lluvia captada por mes para los próximos 5 años será:

$$\text{Agua Total Captada/mes} = 24,32 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} * 630 \text{ m}^2$$

$$\text{Agua Total Captada/mes} = 15.321,6 \text{ litros}$$

Convirtiendo la cifra en m³ será:

$$\text{Agua Total Captada/mes en m}^3 = \frac{15.321,6 \text{ litros}}{1.000}$$

$$\text{Agua Total} \frac{\text{Captada}}{\text{mes}} \text{ en m}^3 = 15,3216 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

A continuación se hace el cálculo de agua captada por año:

$$\text{Agua Total Captada por año} = 15,3216 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Agua Total Captada por año} = 183,8592 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

y para los próximos 5 años:

$$\text{Agua Total Captada a 2023} = 183,8592 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 5 \text{ años}$$

$$\text{Agua Total Captada a 2023} = 919,296 \text{ m}^3$$

Con la distribución de planta actual del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca durante los próximos 5 años y siguiendo el registro de aguas lluvias de la región durante la última década otorgado por el IDEAM, se podrá recuperar un total de 919,296 m³ de aguas lluvias para el uso de aseo y riego de la institución.

6.2 Estudio de vigilancia tecnológica para el sistema de recuperación y almacenamiento de aguas lluvias.

Para la fase de implementación del modelo de captación y almacenamiento en la isla seleccionada se lleva a cabo el estudio de panteometría explícito a continuación:

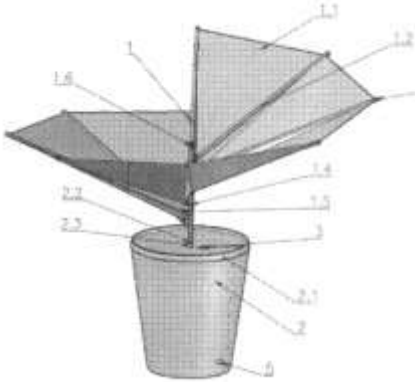
6.2.1 Estudio de panteometría.

La investigación realizada sobre las patentes pertenecientes al proceso fue realizada espacenet por el término de búsqueda “Rainwater harvesting” que traduce cosechador de agua lluvia obteniendo 98 resultados de búsqueda de patentes. En google patents se busca por el término “recolección de agua lluvia” obteniendo 468 resultados.

6.2.2 Sistema de recolección y almacenamiento.

Tabla 6

Estudio de panteometría de sistemas de recolección y almacenamiento de agua.

Descripción	Imagen
<p data-bbox="185 1014 927 1104">Sistema de captación de aguas pluviales plegable con depósito vinculado.</p> <p data-bbox="277 1178 927 1864">1. Sistema de captación de aguas pluviales plegable con depósito vinculado, caracterizado porque comprende: - Un captador de agua de lluvia (1) formado por una superficie de captación de agua pluvial (1.1) flexible e impermeable, rigidizada mediante un conjunto de varillas tubulares (1.2), de modo que las mismas constituyen un mecanismo de abanico para el plegado y desplegado de la superficie de captación (1.1) en forma de superficie reglada alabeada helicoidal. - Un mástil tubular central (1.7) que realiza la sujeción estructural del conjunto captador (1) y en torno al cual se produce el giro de las varillas tubulares (1.2) que sirven de armadura de la superficie de captación (1.1) para el plegado y</p>	

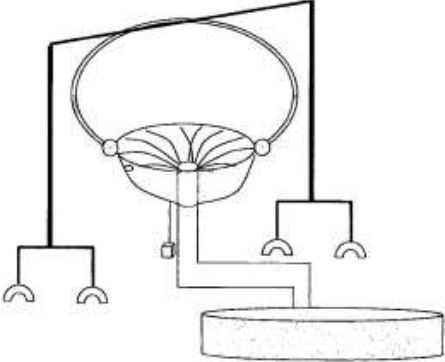
desplegado de la misma. - Un depósito vinculado (2) y tapa del mismo (2.1) que, mediante un sistema de bridas (2.2, 2.3 y 2.4) sujetan verticalmente el mástil tubular central (1.7) haciéndolo solidario con el depósito vinculado (2). - Una tapa (2.1) con una perforación lateral (3) que permite el paso del agua al interior del depósito (2) al que se une solidariamente, por intermediación de una junta de estanqueidad, mediante fijaciones mecánicas de fácil apertura y que dispone de un orificio (3) al que se acopla un sistema de filtros de arena (4) que garantizan la limpieza del agua recogida antes de entrar al depósito (2). - Un grifo (5) de extracción del agua del depósito (2), situado en la parte inferior del mismo. - Una variante basada en el mismo principio de funcionamiento con una superficie de captación (6), constituida por menos varillas tubulares rigidizadoras (1.2) y por un depósito vinculado (7) con una geometría diseñada para ser acoplada a un paramento vertical o muro. - Una serie de vientos o cables fijados a los extremos de varillas tubulares rigidizadoras (1.2) y anclados al terreno mediante piquetas o clavos cuya misión es la de garantizar la estabilidad del sistema ante ráfagas de viento.

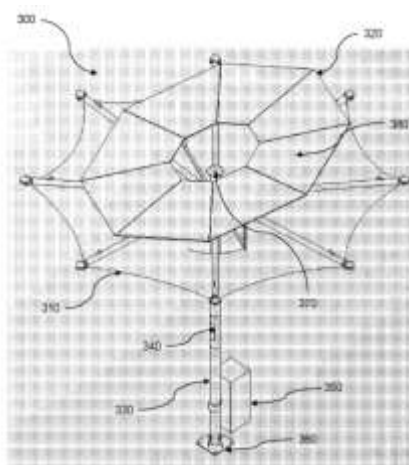
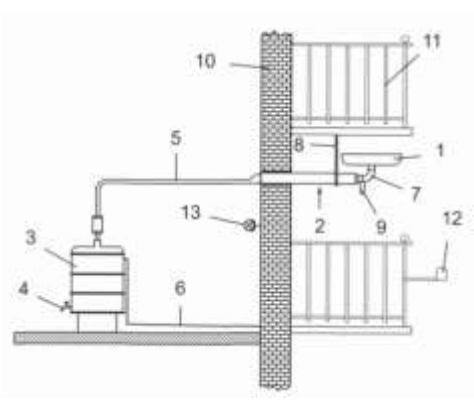
Aplica: Your Own Water SA (YOW)

Inventores: Armisen Bobo Pedro, Recio Díaz María Del mar, Fernández Torres Almudena, Gallego Fuentelsaz Enrique, Cornejo Pablos Antonio Maria.

Fecha de la patente: Febrero 17, 2017

Número de la patente: ES1179559U

Descripción	Imagen
<p data-bbox="280 247 906 281">Cosechador de agua de lluvia plegable o retráctil</p> <p data-bbox="280 359 927 1142">Cosechador de agua plegable o retráctil conformado por una superficie de captación (5) que forma un embudo hinchable, el cual se fija mediante una cinta de plástico (1) con broches (3,4) en sus extremos y un cierre de hebilla (2) para ajustarla. También comprende un sistema de conductos para llevarla al depósito de almacenamiento, el sistema posee un conducto vertical (11) y un conducto horizontal (12) consecutivo. El conducto vertical (11) se dispone en el centro de la superficie de captación (5), mientras que el conducto horizontal (12) comprende una válvula de regulación de flujo (13). El cosechador puede adaptarse a los sistemas de recolección de agua de lluvia en áreas urbanas, industriales y sistemas de producción agrícola e invernaderos, de forma que se recolecte agua potable que no requiere tratamiento.</p> <p data-bbox="280 1220 850 1415">Aplica: González Sosa Enrique [MX] Inventores: González Sosa Enrique. Fecha de la patente: enero 01, 2010 Número de la patente: WO2011084041 (A2)</p>	
Descripción	Imagen
<p data-bbox="185 1549 927 1633">Sistema para cosecha solar y de lluvia en espacios abiertos.</p> <p data-bbox="280 1711 927 1843">La presente invención proporciona un sistema para la recolección de agua solar y / o de lluvia que se instalará en espacios abiertos para almacenar el agua</p>	

<p>lluvia o cargar el nivel del agua subterránea y / o para recoger energía solar. El sistema para la recolección de agua de lluvia debe instalarse en espacios abiertos, que comprende al menos un dosel que se instalará para capturar el agua de lluvia en el espacio abierto, con una estructura invertida similar al cono para capturar agua y al menos una abertura de descarga para la salida del agua capturada; una unidad de almacenamiento para almacenar el agua capturada; un medio de conexión desde la abertura de descarga del dosel hasta la unidad de almacenamiento para el flujo del agua capturada desde el dosel hasta la unidad de almacenamiento; y al menos dos medios de filtración adaptados entre el dosel y la unidad de almacenamiento para filtrar el agua capturada.</p> <p>Aplica: Vakil Priya [IN]; Choksi Samit [IN] Inventores: Vakil Priya; Choksi Samit. Fecha de la patente: noviembre 16, 2017 Número de la patente: US2017328039</p>	 <p>The diagram shows a rainwater collection system. At the top, a canopy (300) is supported by a central pole (310) and several radial ribs (320). The canopy is inverted, resembling a cone. Below the canopy, there are two filtration units (330) positioned between the canopy and a storage unit (340). The storage unit is a cylindrical container with a bottom outlet (350). Arrows indicate the flow of water from the canopy through the filters into the storage unit.</p>
<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p>Captador de agua de lluvia</p> <p>1. Captador de agua de lluvia consistente en una instalación preparada para recoger el agua de lluvia en previsión de periodos de sequías o en países poco desarrollados, caracterizado porque comprende una unidad de captación (1), un grupo de tubos telescópicos (2), un depósito acumulador (3) y un tubo de evacuación por rebosamiento (6) disponiendo además de accesorios que se concretan en un sensor (12) de lluvia, un avisador (13) y una barra de manipulación (20).</p>	 <p>The diagram is a cross-sectional view of a rainwater collector. It shows a vertical wall (10) with a window (11) and a rainwater collector (1) mounted on the wall. The collector has a series of horizontal bars (2) and a central pipe (5). Below the collector, there is a storage tank (3) with a sensor (12) and an alarm (13). A overflow pipe (6) is connected to the tank. A manipulation bar (20) is also shown. The diagram is numbered with various parts: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 20.</p>

<p>Aplica: Celayeta Maria Cristina Inventores: Celayeta Maria Cristina Fecha de la patente: junio 16, 2017 Número de la patente: ES1186784U</p>	
<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p>Dispositivo de captación de agua de lluvia en espacios abuhardillados</p> <p>1. Dispositivo de captación de agua de lluvia en espacios abuhardillados, destinado a la captación de agua de lluvia especialmente concebida para su instalación en las plantas superiores de edificios de estructura abuhardillada o en el tejado de viviendas aisladas, caracterizado porque se instala sobre tejados (11) equipados con ventanas con premarco (1), marco (2) con eje de giro (3) y manivela (4) montando sobre el marco (2) un cristal (6), en forma de artesa, o con cualquier otro tipo de concavidad, con un orificio donde se inserta un casquillo roscado (7), con juntas (8) a ambos lados del cristal (6), en el que se enrosca un maguito (9), conectado a un tubo flexible (10), que conduce el agua de lluvia hacia un depósito (15), previo paso por un filtro (14), quedando protegido el cristal (6) por medio de una rejilla (5) colocada sobre el marco (2).</p> <p>Aplica: Celayeta Maria Cristina Inventores: Celayeta Maria Cristina Fecha de la patente: agosto 02, 2017 Número de la patente: ES1190084U</p>	

Nota. Elaboración propia

6.2.3 Despliegue de Función de la calidad (QFD).

Conforme al método de gestión despliegue de la función calidad QFD, se registran los requerimientos y necesidades del usuario final, en este caso de las directivas del colegio. La información se detalla en la figura 39.

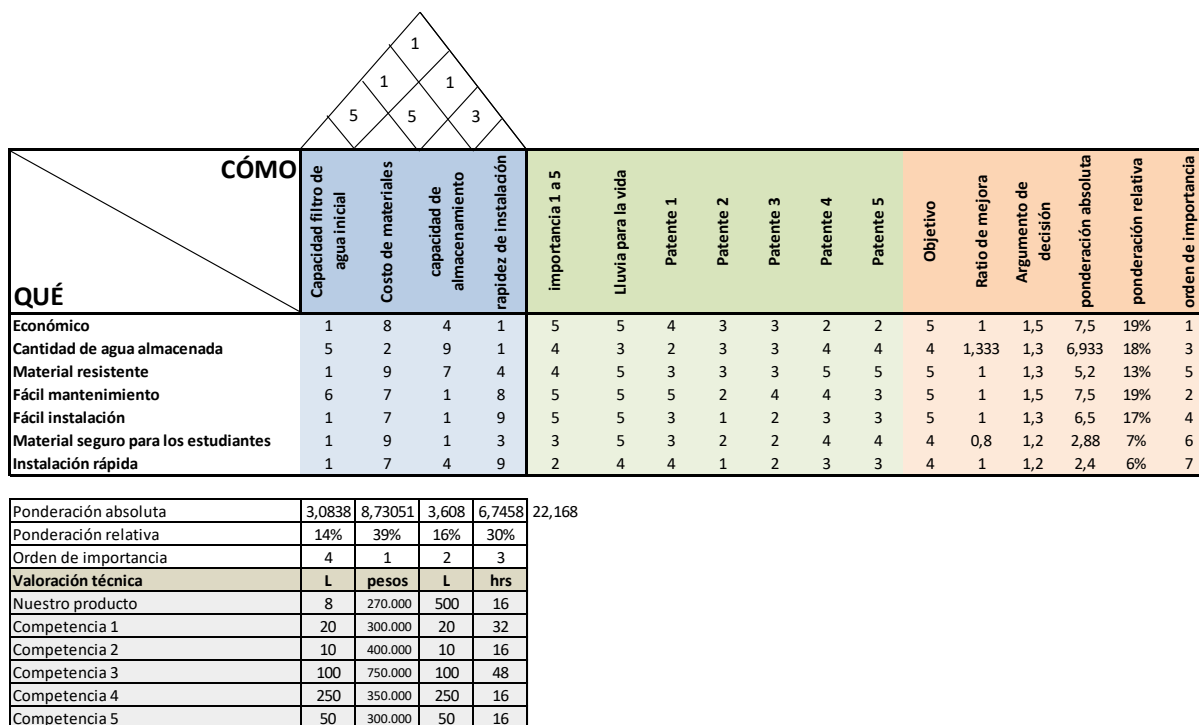


Figura 39 Casa de la calidad de los sistemas de captación y almacenamiento de aguas lluvias. Elaboración propia.

En el despliegue de función de la calidad presentado se toman las necesidades y requerimientos más importantes para el colegio y por consecuencia los que se tendrán en cuenta para la selección e implementación del sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvias. Se asigna la calificación en una escala de 1 a 10, siendo uno el menos relevante y 10 el más relevante, asignando el valor a cada variable según el grado de importancia de cada requerimiento y la posibilidad técnica del modelo Lluvia para la vida y demás patentes de la vigilancia tecnológica para cumplir las necesidades presentadas en el colegio.

Con la información obtenida se evalúa el nivel de importancia de cada ítem y acorde al análisis realizado, se selecciona la alternativa más apropiada para su implementación. Se

selecciona el modelo utilizado por el programa Lluvia Para La Vida por ofrecer el menor tiempo de instalación, la mayor capacidad de almacenamiento, su durabilidad y seguridad para la comunidad del colegio y lo más importante por tener el precio más económico en relación con su funcionalidad.

6.2.4 Método de factores de ponderación.

Según Hamdy A. Taha (2004) el método de factores de ponderación la función objetiva única es la suma ponderada de las funciones que representan las metas del problema. En la Tabla 7 se registra la ponderación de las patentes estudiadas previamente.

Tabla 7

Ponderación de alternativas para el sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvias.

Factores	Peso relativo %	Alternativas					
		Lluvia para la vida	Patente 1	Patente 2	Patente 3	Patente 4	Patente 5
Económico	40%	5	4	3	3	2	2
Cantidad de agua almacenada	30%	3	2	3	3	4	4
Material resistente	5%	5	3	3	3	5	5
Fácil mantenimiento	5%	5	5	2	4	4	3
Fácil instalación	10%	5	3	1	2	3	3
Material seguro para los estudiantes	5%	5	3	2	2	4	4
Instalación rápida	5%	4	4	1	2	3	3
TOTAL	100%	4,35	3,25	2,6	2,85	3,1	3,05

Nota. Elaboración propia.

Según las prioridades del cliente, la alternativa que cumple con las condiciones requeridas es el modelo de Lluvia Para La Vida obteniendo un puntaje de 4,35 de un total de 5 puntos de calificación.

6.2.5 Valoración ambiental de la instalación de los sistemas de recuperación y almacenamiento de aguas lluvias.

En la Tabla 8 se encuentra la evaluación de impacto ambiental realizada para la implementación del sistema de recolección y almacenamiento de aguas lluvias seleccionado. Se encuentra un impacto de significancia media en el impacto ambiental asociado a la reducción del consumo de agua potable en la institución y el deterioro del paisaje los cuales se encuentran presentes en las tres actividades evaluadas.

Tabla 8

Matriz de valoración ambiental del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca

Proceso	zona	actividades	aspecto ambiental	impacto ambiental	Probabilidad	Duración	Alcance	Recuperabilidad	Cantidad	Requisito legal 10	Total	Interpretación
					10	10	5	1	10	10		
Instalación de sistema de recuperación de aguas lluvias	Colegio	Insatulación de canales	uso y/o consumo de agua potable	Reducción del consumo de agua potable	10	10	5	1	10	10	50,000	Significancia media
			actividades de desarrollo comunitario	Deterioro del paisaje	10	10	5	5	10	125,000	Significancia media	
		Instalación de tubería	Mejoramiento del desarrollo económico	10	10	5	1	5	10	25,000	Significancia baja	
			uso y/o consumo de agua potable	Reducción del consumo de agua potable	10	10	5	1	10	10	50,000	Significancia media
		Instalación de tanques de almacenamiento	Deterioro del paisaje	10	10	5	5	10	125,000	Significancia media		
			actividades de desarrollo comunitario	Mejoramiento del desarrollo económico	10	10	5	1	5	10	25,000	Significancia baja
	Instalación de tanques de almacenamiento	uso y/o consumo de agua potable	Reducción del consumo de agua potable	10	10	5	1	10	10	50,000	Significancia media	
		actividades de desarrollo comunitario	Deterioro del paisaje	10	10	5	5	10	125,000	Significancia media		
				Mejoramiento del desarrollo económico	10	10	5	1	5	10	25,000	Significancia baja

Nota. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos permiten realizar la implementación del proyecto sin afectar en mayor medida la zona intervenida. Por esta razón, es factible desde el impacto ambiental generado la instalación de los sistemas de recolección de aguas lluvias en el colegio.

6.2.6 Implementación del sistema del prototipo seleccionado

La instalación inicia con una capacitación informativa a los voluntarios sobre la funcionalidad del sistema de captación, partes que se manipularán en el proceso, condiciones de seguridad requeridas para su instalación y asignación de roles de construcción según conocimiento y experiencia (Figura 40).



Figura 40 Documentación de instalación del sistema de captación y almacenamiento de agua lluvias. Elaboración propia

El tiempo empleado para la totalidad del proceso, incluyendo capacitaciones, construcción y prueba del sistema fue de 16 horas obteniendo como resultado final un prototipo funcional para

la comunidad del colegio. En la figura 41 se registra el diagrama de flujo de diagnóstico, selección y capacitación de la comunidad en la primera fase de implementación.

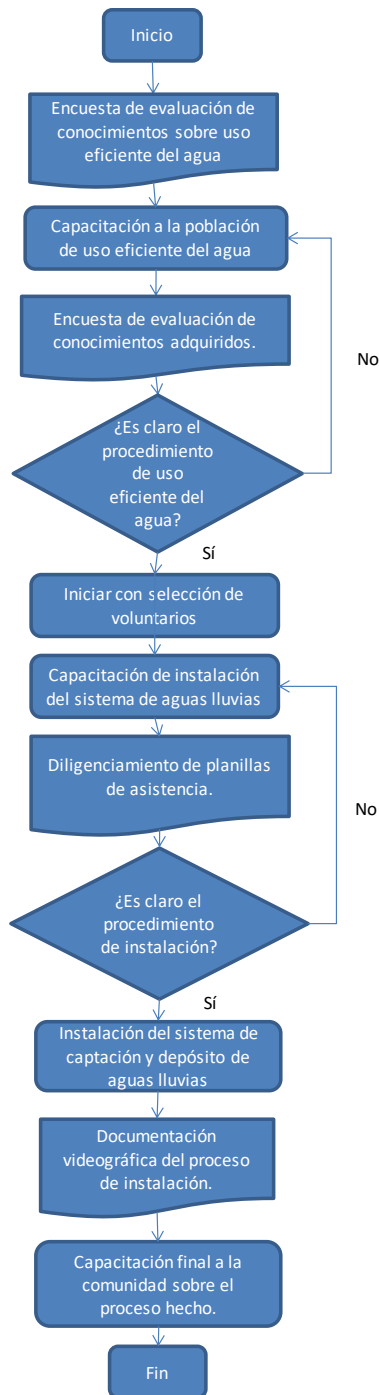


Figura 41 Diagrama de flujo de diagnóstico, selección y capacitación de la comunidad.
Elaboración propia.

6.2.7 Encuesta de conocimiento adquirido.



Figura 42 Documentación de encuesta de conocimiento adquirido. Elaboración propia.

Luego de la instalación del sistema de recolección y almacenamiento de aguas lluvias en el colegio, se realizó una encuesta del conocimiento adquirido en las capacitaciones realizadas (figura 43), arrojando los siguientes resultados:

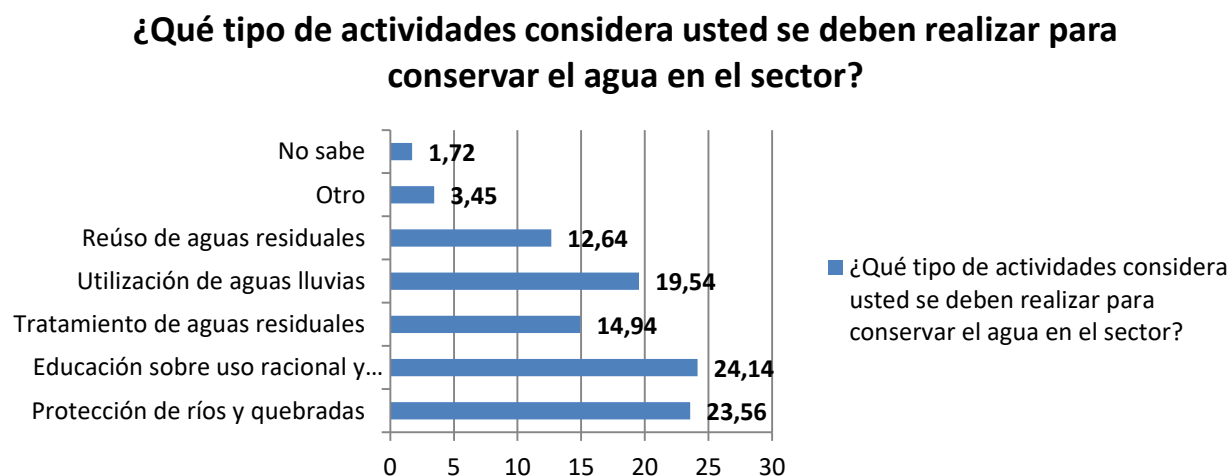


Figura 43 Resultados de consideración de actividades a realizar para la conservación del agua. Elaboración propia.

En la Figura 44 se puede encontrar los resultados de percepción de capacitación sobre los temas expuestos a la comunidad. Se encuentran porcentajes importantes indicando falta de capacitación en *manejo de aguas servidas e higiene doméstica* que pueden ser causados por la ausencia en el momento de las capacitaciones o el no entender el tema expuesto.

¿Ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a los siguientes temas?

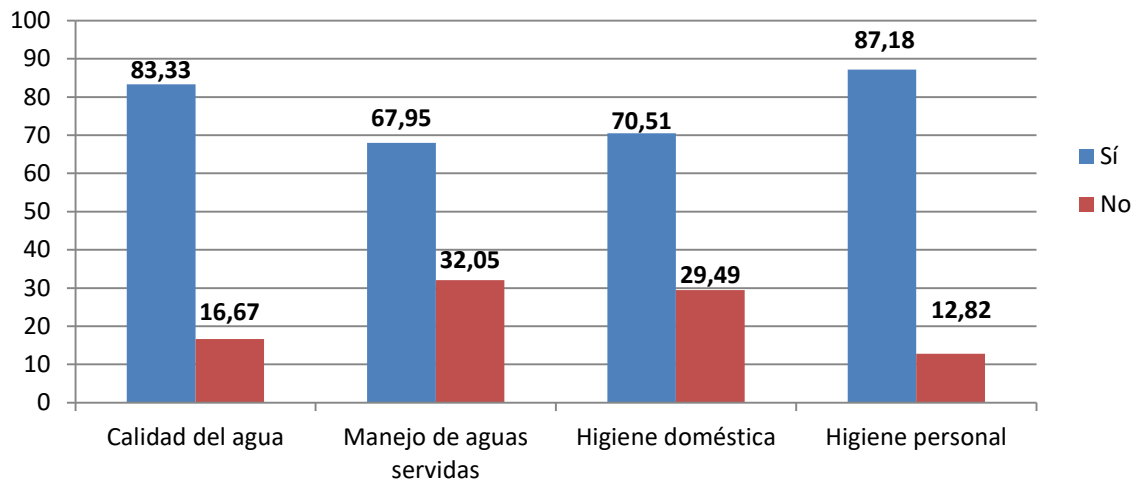


Figura 44 Percepción de actividades de capacitación de concientización ambiental. Elaboración Propia.

En la Figura 45 se observa la percepción de responsabilidad de los recursos hídricos. Se obtiene un crecimiento de la conciencia ambiental y el cuidado del agua con la elección mayoritaria del 37% de la opción *Todas las anteriores* al asignar la responsabilidad del cuidado del agua a todas las partes involucradas.

¿En su opinión quién es el encargado de proteger el agua?

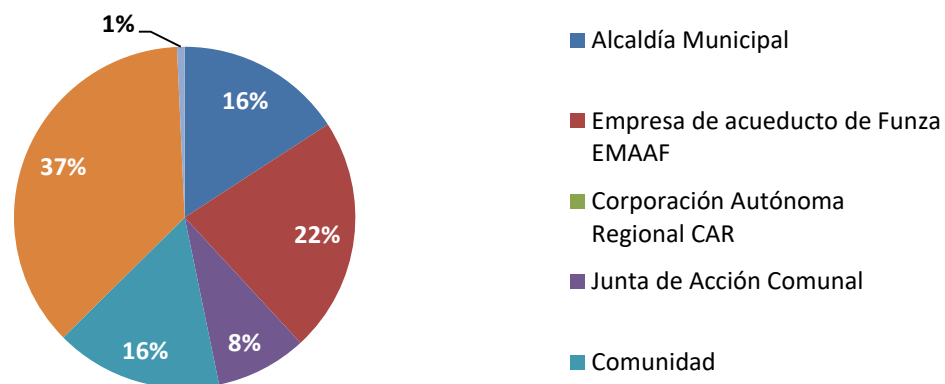


Figura 45 Percepción de responsabilidad de cuidado del agua. Elaboración propia.

6.3 Propuesta de ingeniería para el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca

En adelante se desarrollará la propuesta de ingeniería de plan y desarrollo para el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca acorde a la proyección de consumo realizada para el año 2023.

6.3.1 Distribución de planta del colegio

Para realizar la distribución de planta de distribución de agua del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca, se utilizará el método de Distribución Sistemática de Instalaciones de la planta o System Layout Planning o SLP con el fin de distribuir en la planta del colegio los nuevos puntos de suministro de aguas lluvias según las necesidades de la comunidad para las labores de aseo. En la Tabla 9 encontraremos el código de cercanía de dicha distribución.

Tabla 9

Código de cercanía

Letra	Orden de proximidad	Valor en líneas
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	=====
I	Importante	=====
O	Ordinaria o normal	-----
U	Sin importancia	
X	Indeseable	-----
XX	Muy deseable	-----

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 46 se plasma el diagrama general de relaciones de las áreas de la institución en donde podemos encontrar la relación directa de los baños como único suministro de agua del colegio hacia las demás áreas referenciadas.

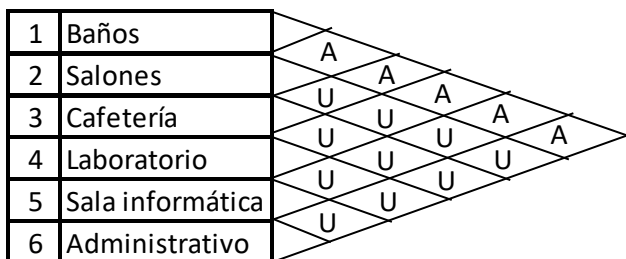


Figura 46 Diagrama general de relación de actividades. Elaboración propia.

Acorde a la información del diagrama general de relación de actividades del colegio, en la Figura 47 se realiza el diagrama de hilos del plantel educativo en donde encontramos que los baños son la única fuente de suministro de agua en el colegio.

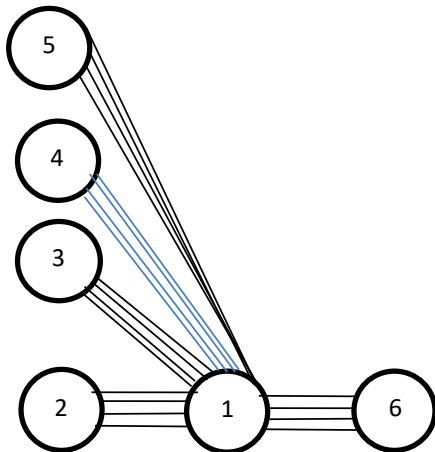


Figura 47 Diagrama de hilos del colegio. Elaboración propia

En la Figura 48 se presente la distribución original del colegio. Para su visualización completa, en el ANEXO 4 se adjunta la distribución en planta del colegio.

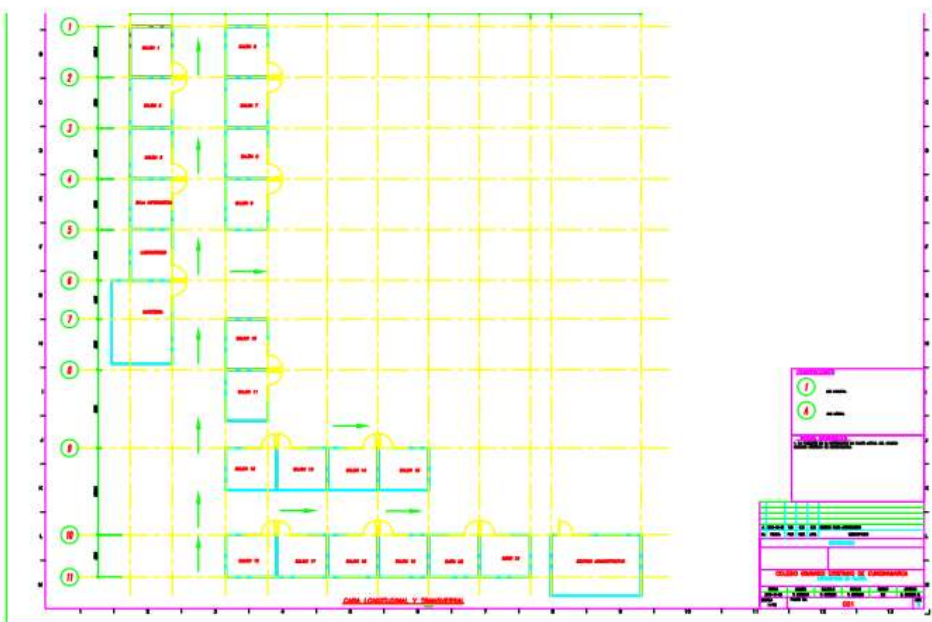


Figura 48 Distribución inicial del colegio. Elaboración propia.

En el flujograma del proceso de transporte del agua se muestran los pasos realizados por el personal de aseo para su labor de limpieza de las instalaciones. Ver Figura 49.

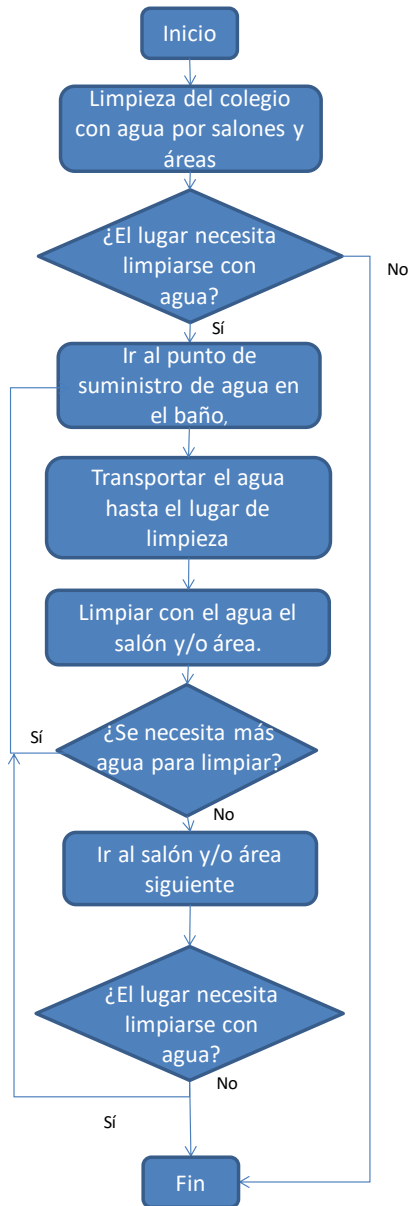


Figura 49 Diagrama de flujo de transporte del agua en la distribución de planta inicial. Elaboración propia.

A través de la herramienta de Diagrama de Spaghetti se evidencia el recorrido actual del personal de apoyo, y a su vez del traslado del agua, para el aseo de las instalaciones del colegio (Figura 50).

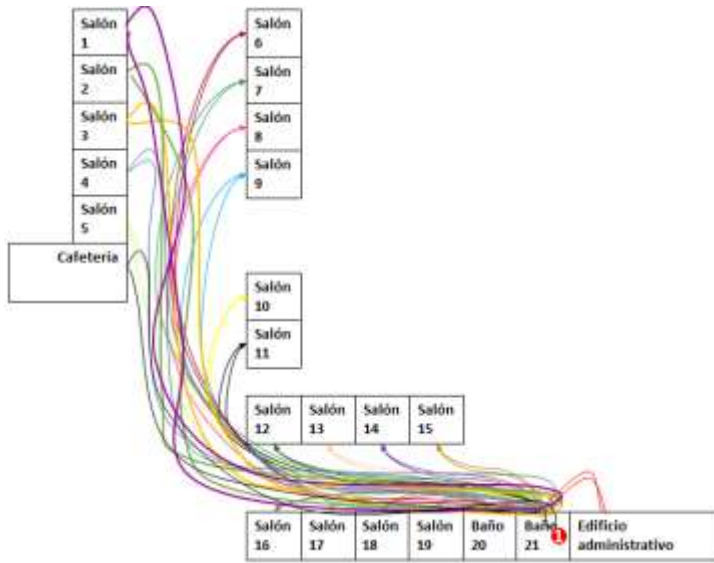


Figura 50 Diagrama de spaghetti del proceso actual de recolección y uso del agua para el aseo. Elaboración propia.

En el Diagrama No. 1 del Anexo 5 se encuentra el cursograma analítico del recorrido del agua inicial en las instalaciones del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca en donde encontramos un tiempo total de 281 minutos empleados en la labor total de limpieza del colegio, de los cuales 21 minutos pertenecen al transporte del agua utilizada con un total de 1.352 metros recorridos.

En la figura 51 se expone la ubicación del sistema de recolección de aguas lluvias implementado.

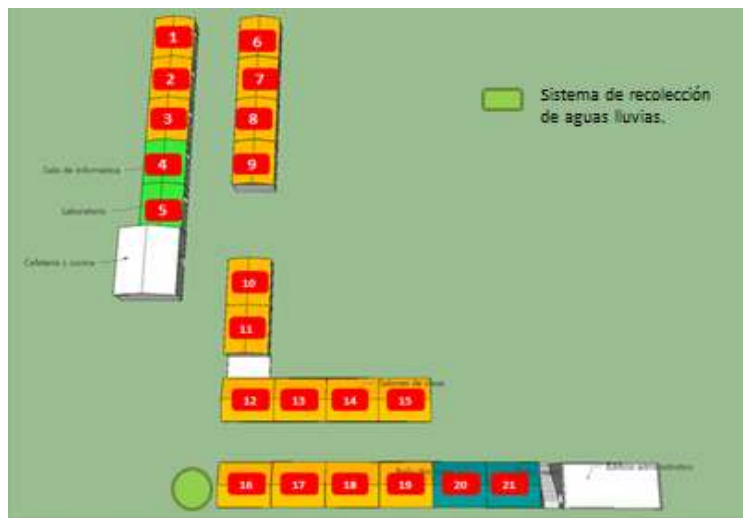


Figura 51 Sistema de recolección de aguas lluvias instalado. Elaboración propia.

Se realiza una nueva graficación de la herramienta de Diagrama de Spaghetti con la instalación del sistema de recolección de aguas lluvias en donde se evidencia el recorrido del personal de apoyo después de su instalación. (Figura 52).

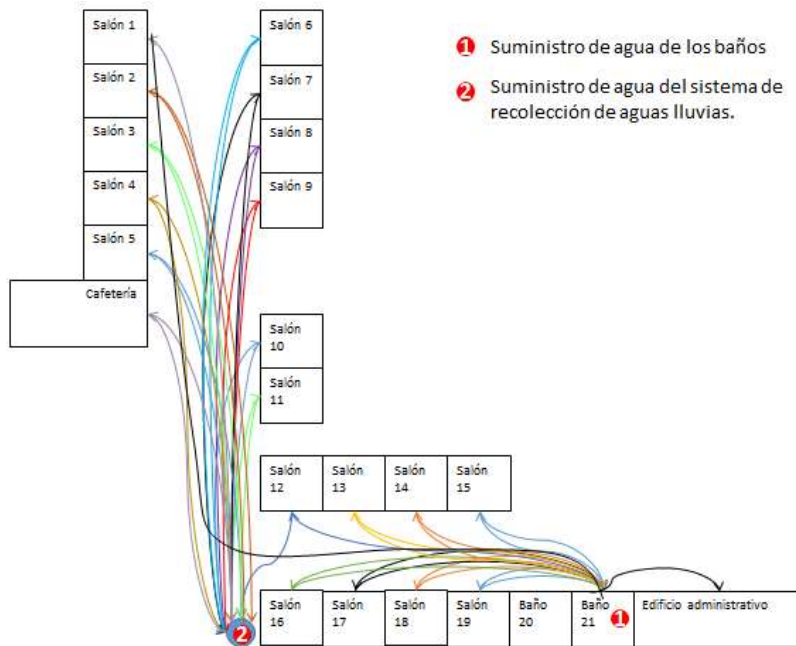


Figura 52 Diagrama de spaghetti del proceso de recolección y uso del agua para el aseo con el sistema de recolección de aguas lluvias. Elaboración propia.

Con la instalación del sistema de recolección de aguas lluvias se logra una mejora en los tiempos tanto de la labor de limpieza como en los de transporte del agua (Diagrama número 2, Anexo 5). Se puede evidenciar que el tiempo total utilizado para las labores de limpieza es de 252 minutos generando una disminución del 10,32%. De igual forma se encuentra una reducción del tiempo de transporte del agua donde después de la instalación se utilizan 16 minutos, generando así una disminución del 23,81% .

En cuanto a los metros recorridos por el personal se encuentra que con la instalación del sistema de recolección de aguas lluvias se recorre un total de 1.011 metros disminuyendo así 341 metros que representa una disminución del 25,22% la cantidad de metros recorridos para la labor de limpieza. Ahora en el transporte del agua se encuentra que de ésta cantidad total de metros recorridos, inicialmente el personal gastaba 679 metros transportando el agua que luego de la instalación del sistema de recolección de aguas lluvias se convierten a 511 metros recorridos representando una disminución de transporte del agua del 24,74%.

Con los cambios de transporte del agua para las labores de limpieza, el diagrama de flujo para la nueva distribución de planta se modifica como en la Figura 53.

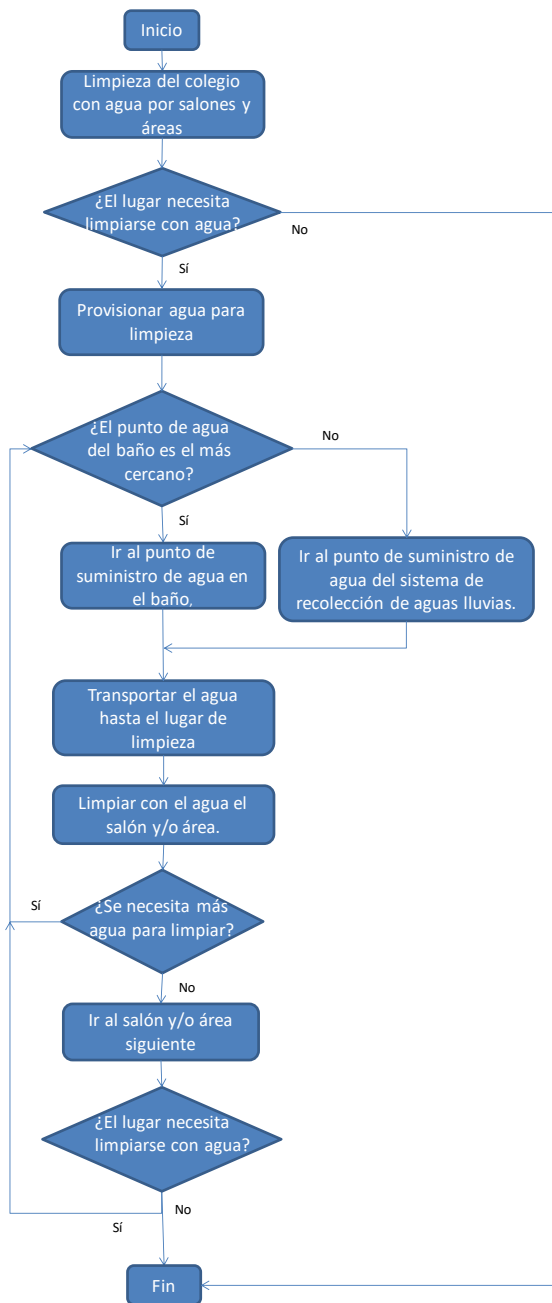


Figura 53 Diagrama de flujo de transporte del agua en la distribución de planta con el sistema de recolección de aguas lluvias instalado. Elaboración propia.

Continuando con la propuesta de ingeniería, se recopila la información sobre la cantidad mensual de lluvias de 24,32 litros/m² y a continuación se realiza el cálculo que cada techo puede

captar para definir la distribución de los tanques de depósito en la planta del colegio para los próximos 5 años.

$$\text{Agua captada por techo} = 24,32 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2} * 30 \text{ m}^2$$

$$\text{Agua captada por techo} = 729,6 \text{ litros}$$

$$\text{Agua captada por techo} = \frac{729,6 \text{ litros}}{1.000}$$

$$\text{Agua captada por techo} = 0,7296 \text{ m}^3$$

A diferencia del tanque ya instalado, se necesitan tanques de depósito de 1.000 litros para satisfacer la necesidad de almacenamiento mensual de 15,3216 m³. En la Figura 54 se realiza la distribución de los tanques acorde a su capacidad de almacenamiento y en la Figura 55 se configura un nuevo diagrama de spaghetti reflejando los cambios de flujo del personal de apoyo y del agua utilizada para las labores de limpieza.

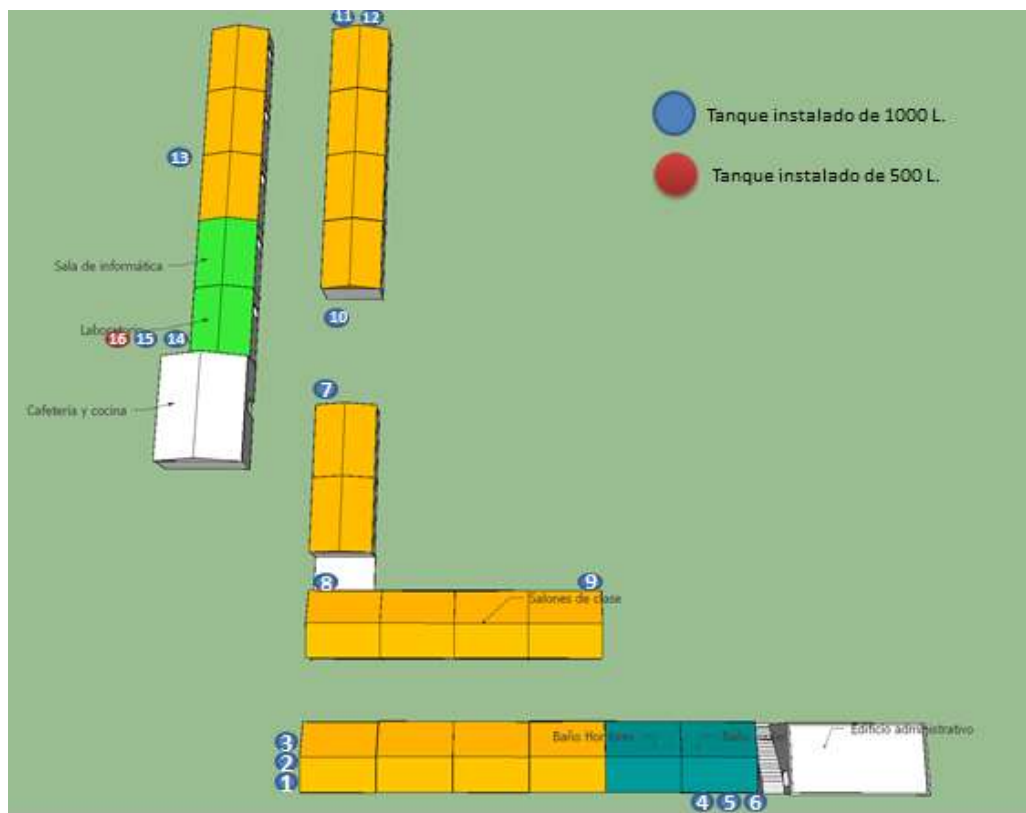


Figura 54 Distribución de puntos de sistemas de recolección y tanques de de almacenamiento. Elaboración propia.

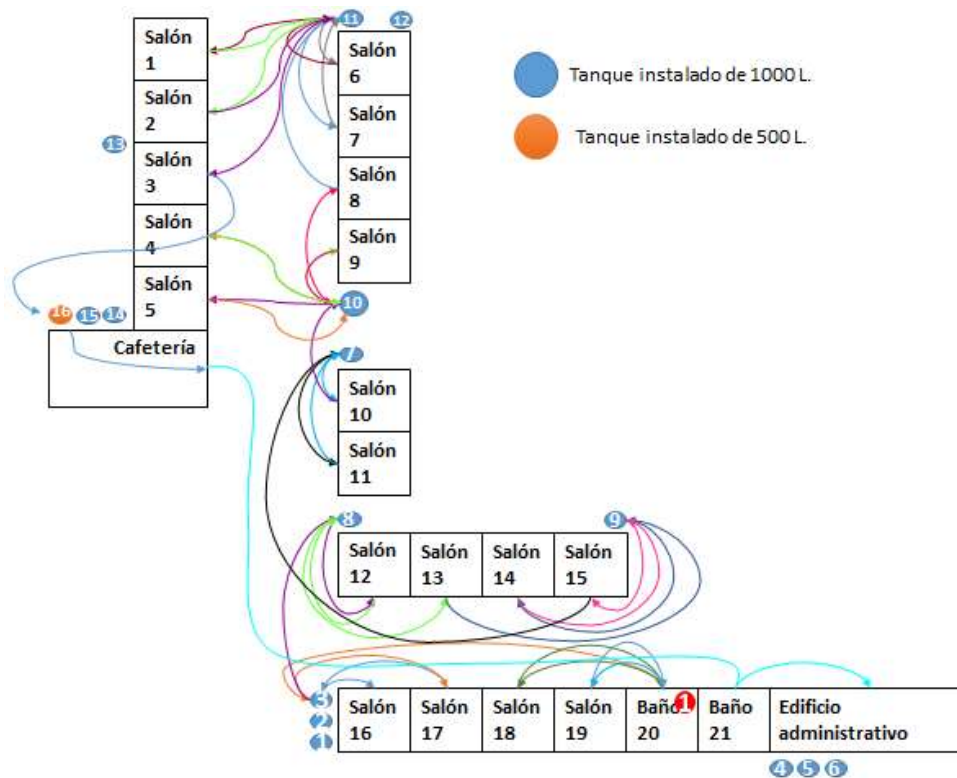


Figura 55 Diagrama de spaghetti de la proyección de recolección y uso del agua lluvia para el aseo. Elaboración propia.

Acorde a lo expuesto anteriormente, el agua lluvia recuperada por los sistemas de captación y almacenamiento de aguas lluvias se utilizará inicialmente para las labores de limpieza de los salones de clase, cafetería, baños y edificio administrativo. Con esto se apoya el uso responsable del agua remplazando el agua potable anteriormente utilizada para la labor de aseo de las instalaciones, por las aguas lluvias almacenadas en los puntos mencionados generando un trabajo más fácil y rápido al personal de aseo que junto con las instrucciones de las directivas del colegio, incentiva el uso de esta alternativa de agua para sus labores profesionales.

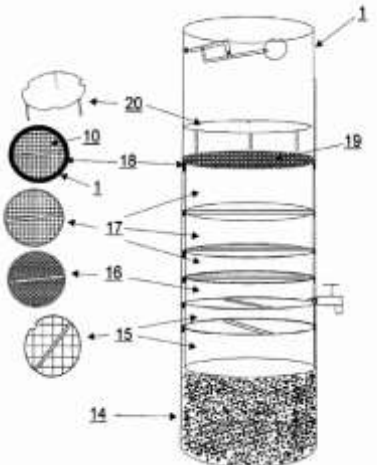
6.3.2 Estudio de vigilancia tecnológica para el sistema de recuperación de las aguas lluvia.

Como sugerencia de mejora a la implementación del proyecto de captación y almacenamiento de aguas lluvias se sugiere la inclusión de filtros de agua para la potabilización del agua recolectada. Para realizar la proyección de un filtro que permita recuperar el agua de la lluvia y cumpla las condiciones de seguridad e implementación se realiza el siguiente estudio de panteometría:

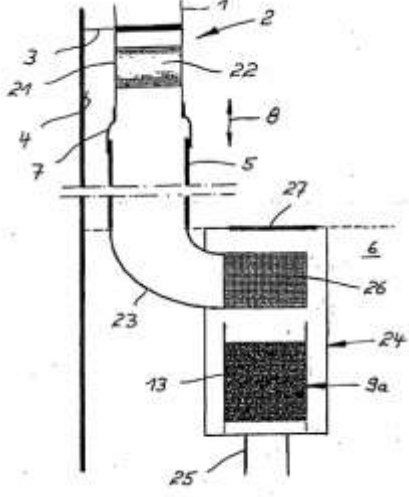
6.3.3 Sistema de filtración del agua lluvia.

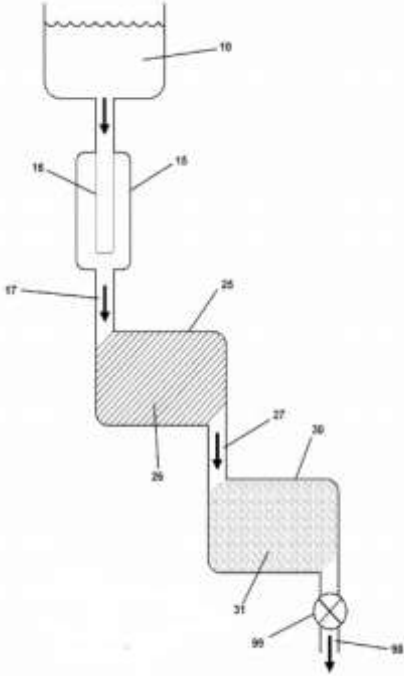
Tabla 10

Estudio de panteometría de sistemas de filtración del agua lluvia.

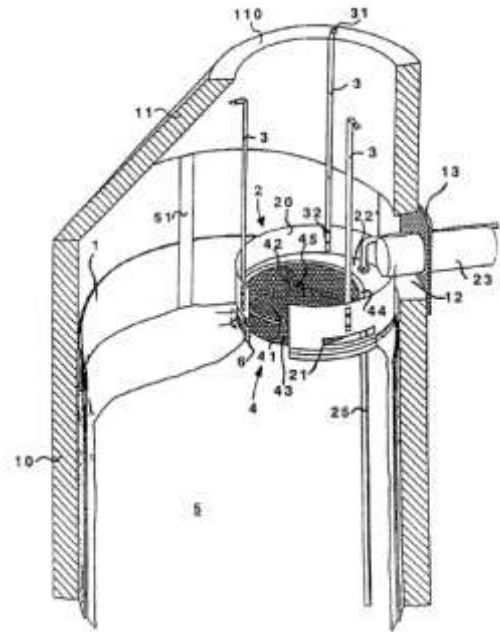
Descripción	Imagen
<p>Filtro purificador de agua con sistema acumulable de compartimentos, ecológico, de larga duración y de fácil regeneración y limpieza.</p> <p>Un Filtro Purificador de agua no potable, de lluvia u otra, ecológico, de gran capacidad y de materiales de muy alta resistencia y durabilidad superior a los 20 años. Puede ser limpiado y regenerado completamente por el mismo usuario, de forma sencilla gracias a su Sistema Acumulable de Compartimentos rellenos de arena o arena con graba, carbón activado de forma opcional pero recomendable, grava y si es el caso, de materias primas que eliminan contaminantes extras del agua no potable. El costo económico por la obtención de agua potable generada por este Filtro Purificador es muy inferior en comparación a cualquier otro Filtro comercial existente. Su utilidad puede equipararse a nivel de un aparato electrodoméstico indispensable para la vida cotidiana, pero con la característica de ser un producto que no contamina en su proceso de purificación, al no requerir de ningún tipo de energía para su funcionamiento. El objeto de esta invención es contribuir a la existencia de un Filtro Purificador de agua que permita lograr la independencia al usuario del acceso al agua potable, ya sea en la normalidad cotidiana o pasada una catástrofe natural a bajo costo.</p>	

<p>Aplica: Guerrero Mercado Ricardo [MX] Inventores: Guerrero Mercado Ricardo Fecha de la patente: julio 07, 2008 Número de la patente: WO2010005276A1</p>	
<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p>Sistema para el tratamiento y la recirculación de las aguas y otros disolventes.</p> <p>La presente invención describe un sistema para el tratamiento y la recirculación del agua y otros disolventes. Este integra en un sistema cuatro etapas que comprenden procesos biológicos, físicos, químicos y naturales para tratar el agua. Este funciona con energía eléctrica, mecánica o eólica, caracterizándose por el ahorro de energía. El diseño permite que sea armado o desarmado fácilmente. Este puede integrar en un solo cubículo una ducha, un lavamanos y/o lavaropa y puede ser instalado en cualquier parte. Las aguas residuales vertidas por este sistema tienen un impacto positivo en el medio ambiente. La construcción de este puede hacerse en varios materiales y combinarlos con elementos convencionales y modernos formando diferentes figuras. Además puede contener elementos modernos y lujosos, o simplemente ser funcional. La invención de este sistema radica además de su diseño, en la utilización de elementos naturales para el tratamiento del agua así como campos magnéticos y electromagnéticos.</p> <p>Aplica: Piñeros Henry. Inventores: Pineros Henry.</p>	

<p>Fecha de la patente: abril 05, 2006 Número de la patente: WO2007113681A3</p>	
<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p>Disposición para eliminar iones de metales pesados de aguas de desagüe de tejados.</p> <p>Sistema de desagüe de tejados con una disposición de filtro para aguas de descarga de tejados, que presenta un filtro (9, 9a), que está incluido en un desagüe de tejado (2) y el filtro (9, 9a) está equipado con un material de filtro (13), que elimina iones de metales pesados desde las aguas de descarga de tejado, caracterizado porque el material de filtro (13) está constituido por aluminosilicatos hidratados cristalinos sintéticos o que están presentes en la naturaleza con estructura de armazón, que contienen iones alcalinos o alcalinotérreos.</p> <p>Aplica: KM EUROPA METAL AG. Inventores: Priggemeyer Sonja Dr [DE]; Priggemeyer Stefan Dr [DE]; Harnischmacher Werner Dr [DE]; Runde Herbert [DE]; Weil Gerhard Prof [DE]</p> <p>Fecha de la patente: marzo 01, 2006 Número de la patente: ES2247754 (T3)</p>	
<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p>Disposición para eliminar iones de metales pesados de aguas de desagüe de tejados.</p> <p>Un sistema único de purificación de agua para su uso en aplicaciones de máquinas expendedoras. La invención se puede configurar de varias maneras</p>	

<p>diferentes, con el objetivo de purificar el agua a través del componente de ósmosis inversa y, opcionalmente, desinfectarla con luz UV, volver a mineralizar el agua y, finalmente, opcionalmente alcalinizar y electrolizar con una máquina de agua ionizante a base de electricidad. El resultado es agua de la que todas las impurezas se han eliminado y desinfectado mediante tratamiento ultravioleta opcional, pero que también contiene cantidades nunca vistas antes de minerales beneficiosos alcalinos beneficiosos y / o poderosos antioxidantes. Sin agregar los minerales, la máquina no ionizaría ni alcalinizaría el agua. Esta combinación única de ósmosis inversa, con UV opcional, creará agua muy pura que luego puede agregar minerales líquidos o granulares, y alcalinizarse e ionizarse para que sea muy saludable para los humanos.</p> <p>Aplica: Cabados Rick H [US] Inventores: Cabados Rick H [US] Fecha de la patente: junio 10, 2009 Número de la patente: US2009242485 (A1)</p>	
<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p>Dispositivo de aprovechamiento del agua de lluvia y de limpieza.</p> <p>Para conseguir un equipo de purificación y aprovechamiento de agua de lluvia se suspende una parte (2) moldeada de montaje en un pozo (10) de hormigón y se sujeta en él. La parte (2) moldeada de montaje muestra conexiones (23,24) para afluencia y rebose y un tubo (25) para la extracción de agua. Se sujeta además en la zona de borde inferior de la parte</p>	

(2) moldeada de montaje un recipiente en forma de un saco (5) de lámina, estanco al agua, adaptándose en dimensiones y capacidad al pozo (10) de hormigón, siendo la sujeción con preferencia por medio de una banda (50) de sujeción. En la parte (2) moldeada de montaje es utilizable un filtro (14) con dos zonas, a donde llegan las impurezas solamente en una de las zonas (41a). Se ha previsto por ejemplo sobre el lado de afluencia (23) una chapa (42) de separación con perfilación gruesa dispuesta verticalmente y discurriendo de forma transversal a través de la anchura del filtro (4), estando unida en su borde inferior con una chapa (41) de fondo con perforación fina, en forma circular, dispuesta horizontalmente.



Aplica: Hofheinz Ottmar [DE]

Inventores: Hofheinz Ottmar [DE]

Fecha de la patente: octubre 16, 2000

Número de la patente: ES2148633 (T3)

Nota. Elaboración propia.

6.3.4 Despliegue de Función de la calidad (QFD).

De las patentes seleccionadas para el sistema de filtración de aguas lluvias se realiza el estudio técnico por medio del despliegue de función de la calidad representado en la figura 56.

CÓMO																
QUÉ	Fácil adquisición de materiales en funza	Costo de materiales aproximado	Durabilidad	rapidez de instalación	importancia 1 a 5	Patente 1	Patente 2	Patente 3	Patente 4	Patente 5	Objetivo	Ratio de mejora	Argumento de decisión	ponderación absoluta	ponderación relativa	orden de importancia
	Económico	9	9	7	1	5	4	1	3	2	1	5	1,25	1,5	9,375	25%
Material resistente	6	8	9	1	4	5	5	4	3	5	4	0,8	1,3	4,16	11%	3
Fácil mantenimiento	1	3	7	6	4	4	2	3	2	3	5	1,25	1,3	6,5	17%	5
Fácil instalación	6	4	1	9	5	5	2	3	2	1	5	1	1,5	7,5	20%	2
Material seguro para los	1	6	7	7	5	5	4	5	4	4	5	1	1,3	6,5	17%	4
Instalación rápida	1	1	1	9	3	4	2	3	2	1	4	1	1,2	3,6	10%	6
Ponderación absoluta		5,978477	3,426598	5,52677	6,576325	21,5082										
Ponderación relativa		28%	16%	26%	31%											
Orden de importancia		4	1	2	3											
Valoración técnica		ablecimien	pesos	Año	hrs											
Competencia 1		4	300.000	20	32											
Competencia 2		0	5.000.000	10	16											
Competencia 3		2	400.000	15	48											
Competencia 4		0	700.000	10	16											
Competencia 5		1	7.000.000	10	16											

Figura 56 Casa de la calidad de los sistemas de filtración de agua lluvia. Elaboración propia.

En el despliegue de función de la calidad presentado anteriormente se toman las necesidades y requerimientos más importantes para el colegio y por consecuencia los que se tendrán en cuenta para la selección y futura implementación del filtro para la potabilización de las aguas lluvias recuperadas. Se asigna la calificación en una escala de 1 a 10, siendo uno el menos relevante y 10 el más relevante, asignando el valor a cada variable según el grado de importancia de cada requerimiento y la posibilidad técnica del *Filtro purificador de agua con sistema acumulable de compartimentos, ecológico, de larga duración y de fácil regeneración y limpieza* y demás patentes de la vigilancia tecnológica para cumplir las necesidades presentadas en el colegio.

Con la información obtenida se evalúa el nivel de importancia de cada ítem y acorde al análisis realizado, se selecciona la alternativa más apropiada para la potabilización del agua. Se selecciona el modelo *Filtro purificador de agua con sistema acumulable de compartimentos, ecológico, de larga duración y de fácil regeneración y limpieza* por ofrecer un costo bajo de adquisición e instalación, fácil adquisición y larga durabilidad de los materiales utilizados,

seguridad para la comunidad del colegio y fácil mantenimiento de la opción seleccionada y propuesta.

6.3.5 Método de factores de ponderación.

Para el sistema de recuperación de aguas lluvias se aplica nuevamente el método de factores de ponderación para elegir el modelo que cumpla con los requerimientos del colegio. En la Tabla 11 se registra la ponderación de las patentes estudiadas previamente.

Tabla 11

Ponderación de alternativas para el sistema de recuperación de aguas lluvias.

Factores	Peso relativo %	Alternativas				
		Patente 1	Patente 2	Patente 3	Patente 4	Patente 5
Económico	40%	4	1	3	2	1
Material resistente	20%	5	5	4	3	5
Fácil mantenimiento	10%	4	2	3	2	3
Fácil instalación	5%	5	2	3	2	1
Material seguro para los estudiantes	20%	5	4	5	4	4
Instalación rápida	5%	4	2	3	2	1
TOTAL	100%	4,45	2,6	3,6	2,6	2,6

Nota .Elaboración propia.

Acorde a la información obtenida, la alternativa que cumple con las condiciones requeridas es el modelo de la patente 1 obteniendo un puntaje de 4,45 de un total de 5 puntos de calificación. Según la información del documento de la patente, éste filtro nos dará una capacidad diaria de agua filtrada de 13 L.

6.3.6 Distribución de planta de colegio para la ubicación de los filtros

Partiendo de la distribución de planta proyectada con la ubicación de los nuevos tanques de depósito, se ubicarán 13 filtros (Figura 57).

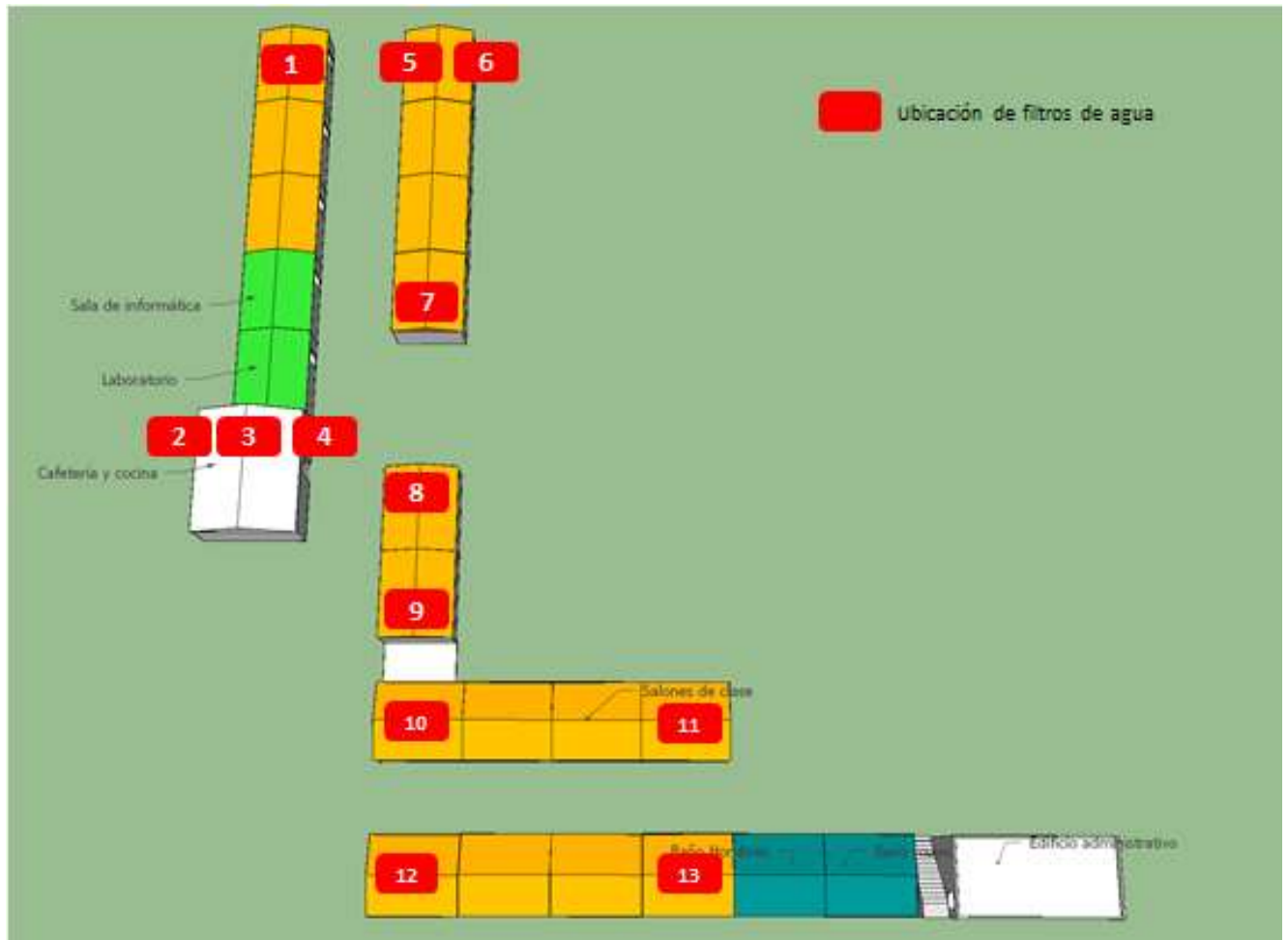


Figura 57 Distribución de los filtros de agua. Elaboración propia.

En la Tabla 12 podemos observar la cantidad de agua filtrada por cada filtro instalado, que al año se resumen a 4.680 litros filtrados para el consumo humano equivalentes a 4,68 m³ anuales. Esto quiere decir que con la instalación de los 13 filtros en la institución, por cada año de recolección de aguas lluvias se podrán filtrar, recuperar y transformar a agua potable 60,84 m³.

Tabla 12

Cantidad total de agua filtrada por año en litros y metros cúbicos

Concepto	Cantidad	Día	Mes	Año
1 filtro de agua (L)	13	13	390	4.680
13 filtros (L)	169	169	5.070	60.840
13 filtros un mes (m ³)	0,169	0,169	5,07	60,84

Nota .Elaboración propia.

6.4 Análisis financiero

6.4.1 Análisis financiero del sistema de recolección instalado.

El análisis financiero está basado en los datos históricos del año 2018, comenzando desde enero y finalizando en julio del 2018 para obtener una muestra del comportamiento en el consumo de agua del colegio y sus cambios durante los meses escolares y de vacaciones de los estudiantes.

En la tabla 13 se presenta de manera histórica y detallada el consumo mensual de metros cúbicos de agua (m³), el costo mensual por metro cubico (m³) y el costo total mensual del servicio de agua y alcantarillado, de manera separada; en el periodo de tiempo que comprende desde enero hasta julio del 2018.

Tabla 13

Consumo de agua para el año 2018

Mes	Consumo m3 de agua	Costo x m3 de agua	Costo total consumo agua	AÑO 2018				
				Costo x m3 de agua vertida al alcantarillado	Costo alcantarillado del	Costo total consumo agua + alcantarillado	Costo aseo mensual	Valor Total recibo
Enero	29	\$ 4.391	\$ 127.336	\$ 3.197	\$ 92.716	\$ 220.052	\$ 30.198	\$ 250.250
Febrero	76	\$ 4.240	\$ 322.257	\$ 3.112	\$ 236.477	\$ 558.734	\$ 57.026	\$ 615.760
Marzo	83	\$ 4.232	\$ 351.288	\$ 3.107	\$ 257.884	\$ 609.172	\$ 125.899	\$ 735.071
Abril	70	\$ 4.248	\$ 297.374	\$ 3.116	\$ 218.123	\$ 515.497	\$ 133.863	\$ 649.360
Mayo	94	\$ 4.222	\$ 396.908	\$ 3.101	\$ 291.530	\$ 688.438	\$ 31.211	\$ 719.649
Junio	85	\$ 4.230	\$ 359.583	\$ 3.130	\$ 266.014	\$ 625.597	\$ 95.493	\$ 721.090
Julio	76	\$ 4.240	\$ 322.257	\$ 3.112	\$ 236.477	\$ 558.734	\$ 57.026	\$ 615.760

Nota .Elaboración propia.

Lo que encontramos con los datos anteriormente relacionados es lo evidente del aumento en el consumo de agua en los meses escolares como marzo, abril, mayo y junio; Adicionalmente el costo por metro cúbico de agua, es muy similar al costo por metro cúbico de alcantarillado, lo que nos permite deducir, que al reducir el consumo de agua, no sólo se reducen los costos relacionados a este ítem en el valor final del servicio público, sino que también se está reduciendo el valor a pagar por alcantarillado.

El costo mensual asociado al recibo de acueducto y alcantarillado que no se vería impactado con la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias, sería la tarifa a pagar por concepto de aseo, puesto que este ítem está determinado por el volumen y tipo de desechos (basura) recolectados y este campo no está relacionado con dicho sistema.

Los valores totales del consumo y costos asociados al servicio de acueducto y alcantarillado (Tabla 14), de los meses de enero a julio del 2018, evidencian el impacto que tiene este costo en el flujo de efectivo del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.

Tabla 14

Resultados totales de consumo 2018

	Total m3 agua consumidos Ene- Julio 2018	Costo total x m3 agua consumidos Ene- Julio 2018	Costo total consumo m3 de agua Ene- Julio 2018	Costo total x m3 alcantarillado Ene- Julio 2018	Costo total alcantarillado Ene- Julio 2018	Costo total consumo agua + alcantarillado Ene- Julio 2018	Costo total aseo Ene- Julio	Costo total recibo Ene- Julio
Ene- Julio 2018	513	\$ 29.805	\$ 2.177.003	\$ 21.874	\$ 1.599.221	\$ 3.776.224	\$ 530.716	\$ 4.306.940

Nota .Elaboración propia.

El costo consolidado a julio de 2018 del servicio de acueducto y alcantarillado, refleja un valor de \$4.306.940 pesos, lo que representa más del 50% del valor total de implementación del sistema de recolección de aguas lluvias en los 630 m² disponibles para ello. Cabe recalcar que este valor ya fue pagado y que es muy probable que se duplique al terminar el año escolar.

En promedio el colegio utiliza 73 m³ de agua al mes, lo que sumado al costo promedio mensual en la tarifa del aseo que es de 75.817, ha generado un costo promedio de 615.277 pesos en su factura de acueducto y alcantarillado durante los 7 primeros meses de 2018 (tabla 15).

Tabla 15

Promedio de consumo año 2018

	Promedio m3 consumidos Ene- Julio 2018	Promedio costo x m3 de agua consumidos Ene- Julio 2018	Promedio costo consumo m3 de agua Ene- Julio 2018	Promedio costo x m3 dealcantarillado Ene- Julio 2018	Promedio costo alcantarillado Ene- Julio 2018	Promedio costo consumo agua + alcantarillado Ene- Julio 2018	Promedio Costo aseo Ene- Julio 2018	Promedio Costo recibo Ene- Julio 2018
Ene- Julio 2018	73	\$ 4.258	\$ 311.000	\$ 3.125	\$ 228.460	\$ 539.461	\$ 75.817	\$ 615.277

Nota .Elaboración propia.

La recolección de los 15,3216 m³ de agua genera doble beneficio económico en cuanto al pago mensual el servicio de acueducto y alcantarillado (Tabla 16). El primero es, como se mencionó anteriormente, una reducción de 21% en el consumo de agua, lo que en promedio reduciría el valor a pagar por el agua potable consumida en \$65.237 pesos mensuales; Adicionalmente, al no consumir 15.3216 m³, el costo del servicio de alcantarillado se disminuiría en promedio un 21% más, lo que genera una reducción adicional en el costo del servicio de en promedio otros \$47.878 pesos mensuales. Los datos anteriores nos permiten proyectar un ahorro anual de alrededor de \$1.357.379, lo que en términos financieros generaría un alivio en el flujo de

caja del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca y les permitiría realizar otro tipo de inversiones.

Tabla 16

Proyección de ahorro del sistema de recolección de agua lluvia.

Proyección estudio financiero instalación total del Sistema de recolección de aguas lluvias				
Capacidad recolección aguas lluvias m3 mes	Valor económico m3 de agua recolectados	Valor económico de los m3 vertidos alcantarillado	Total ahorro económico por mes	Total ahorro económico por año
15,3216	\$ 65.237	\$ 47.878	\$ 113.115	\$ 1.357.379

Nota. Elaboración propia.

6.4.1 Análisis financiero del sistema de filtración de aguas lluvias.

El análisis financiero está basado en la información proporcionada en el documento de la patente registrada para el filtro seleccionado. En la Tabla 17 se registran los costos asociados a la instalación de los 13 filtros de aguas lluvias con capacidad de 13 L de agua filtrada.

Tabla 17

Costo total de instalación de filtros de agua lluvia

Concepto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Tambor 60 L	13	\$ 70.000	\$ 910.000
Arena (1 pala - 5 kg)	3	\$ 1.000	\$ 3.000
Gravilla (1 pala - 5 kg)	3	\$ 1.500	\$ 4.500
Llave de acero inoxidable	13	\$ 17.500	\$ 227.500
Pegamento	13	\$ 6.500	\$ 84.500
Tornillos (x 6 unidades)	13	\$ 300	\$ 3.900
Angeo metálico (metros)	30	\$ 3.500	\$ 105.000
Carbón activado (Bulto 25 Kilos)	1	\$ 160.000	\$ 160.000
Chazos (x6 unidades)	13	\$ 300	\$ 3.900
Mano de obra (Horas)	39	\$ 30.000	\$ 1.170.000
Imprevistos	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Total			\$ 2.872.300

Nota. Elaboración propia.

De igual forma que en el proceso de instalación de los sistemas de recuperación y almacenamiento para el colegio, en este caso encontramos que la mano de obra encargada de la instalación de los filtros de agua es uno de los costos asociados más elevados al proyecto.

6.4.2 Análisis financiero proyectado a 2023 de la instalación progresiva del sistema de captación y filtración de aguas lluvias para el colegio.

En la tabla 18 del Índice de Precios al Consumidor IPC muestra el histórico anual del porcentaje de aumento del IPC desde el año 2013 hasta el año 2017. Con esta información se promedia el IPC a 4,4% y se utilizará como referencia para proyectar el aumento de los costos y demás valores a 5 años.

Tabla 18

IPC histórico a 2023

IPC HISTORICO	
AÑO	%
2013	1,94
2014	3,66
2015	6,77
2016	5,75
2017	4,09

Nota. Elaboración propia.

Se proyecta que el aumento de la población del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca (Tabla 19) se duplicará progresivamente en un periodo de 5 años. En el año 2023 se estima que la población alcanzará las 749 personas entre estudiantes, profesores y administrativos.

El consumo de agua también se verá altamente afectado con el aumento de la población. Se estima que el consumo de agua en el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca llegará a los 1.907 m³ al año, lo que representa más del doble del consumo anual actual.

Tabla 19

Proyección de crecimiento de la población GCC y consumo de agua en m3

Proyección de crecimiento de la población GCC y consumo agua m3						
Año	Estudiantes	Profesores	Administrativos	Total	Consumo de agua en m3	
2019	350	23	8	381	970	
2020	410	23	8	441	1123	
2021	520	26	12	558	1421	
2022	610	30	12	652	1660	
2023	700	35	14	749	1907	

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 20 se puede encontrar el análisis del costo total anual de acueducto y alcantarillado se proyecta con ayuda del promedio del IPC en un 5.5% para el 2019, y del 4.4% para los años 2020 al 2023. La variación presentada en el 2019 se presenta por que se tiene en cuenta la incidencia del fenómeno del niño que se presentará en los primeros meses del 2019 y que afectará el costo de vida IPC de los colombianos en servicios públicos, especialmente acueducto y alcantarillado como también en los alimentos, transporte, etc...

Se proyecta también, un aumento progresivo no sólo en la población del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca, sino también, un aumento en el consumo anual de agua. Por esta razón, se proyecta un valor a pagar al año por concepto de acueducto y alcantarillado en 5 años (año 2023), de 18.783.816 pesos colombianos.

Se aclara que, aunque el valor de aseo, que se refiere a la recolección de basuras por parte del acueducto de Funza y que viene incluido dentro del total del recibo de acueducto y alcantarillado, no se vería impactado con la implementación de los sistemas de recolección de aguas lluvias.

Tabla 20

Proyección de consumo servicio de acueducto y alcantarillado en valor económico 2019 - 2023

Proyección de consumo servicio de acueducto y alcantarillado en valor económico y m3 2019-2023										
Año	Consumo m3 de agua proyectado	Aumento Proyectado % IPC	Costo x m3 de agua	Costo total anual consumo agua	Costo x m3 de agua vertida al alcantarillado	Costo alcantarillado del año	Costo total consumo agua mas alcantarillado	Costo aseo mensual	valor Total recibo	
2019	970	5,5	4.492	4.357.240	3.297	3.198.090	7.555.330	959.844	8.515.174	
2020	1123	4,4	4.690	5.266.870	3.442	3.865.366	9.132.236	1.002.072	10.134.308	
2021	1421	4,4	4.896	6.957.216	3.593	5.105.653	12.062.869	1.046.160	13.109.029	
2022	1660	4,4	5.111	8.484.260	3.751	6.226.660	14.710.920	1.092.192	15.803.112	
2023	1907	4,4	5.336	10.175.752	3.916	7.467.812	17.643.564	1.140.252	18.783.816	

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 21 se muestra detalladamente el costo de instalación progresiva de los 16 sistemas de almacenamiento de recolección de aguas lluvias en el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca. Estos 16 sistemas de recolección de aguas lluvias, aprovecharán 630 m2 de superficie apta para la recolección de aguas lluvias que serán almacenadas.

Se instalarán 16 sistemas de recolección de aguas lluvias en un plazo de 4 años, por lo tanto, instalarán 4 sistemas por año comenzando en el 2019 y terminando en el 2022. El costo de instalación de los sistemas de recolección de aguas lluvias aumenta año a año, por cuanto se calcula teniendo en cuenta el aumento de precios anual con el porcentaje proyectado del IPC.

Así podemos Proyectar que el costo total en que incurriría el colegio gimnasio cristiano de Cundinamarca para instalar los 16 sistemas de recolección de aguas lluvias en un plazo de 5 años. Sería de \$11.089.664 pesos colombianos.

Tabla 21

Proyección aumento de costos de instalación progresiva de 630M2 sistema de recolección de aguas lluvias (2018-2023)

Proyección aumento de costos de instalación progresiva de 630M2 sistema de recolección de aguas lluvias (2018-2023)				
Año	sistemas de recolección aguas lluvias instalados	Aumento proyectado % IPC	Costo economico de instalación unidad	Costo economico de instalación total
2019	4 (168 m2)	5,5	649.000	2.596.000
2020	4 (336 m2)	4,4	677.556	2.710.224
2021	4 (504 m2)	4,4	707.368	2.829.472
2022	4 (630 m2)	4,4	738.492	2.953.968
2023	0	4,4	-	-
Total Costo instalación 16 sistemas de recolección aguas lluvias				11.089.664

Nota. Elaboración propia.

A continuación (Tabla 22) se muestra detalladamente el costo de instalación progresiva de los 13 filtros potabilizadores de agua en el colegio gimnasio cristiano de Cundinamarca. Los 13 filtros potabilizadores de agua, ampliarán las opciones de uso del agua recolectada.

Los 13 filtros potabilizadores de agua, se instalarán en un plazo de 4 años, por lo tanto, se instalarán 4 filtros en el año 2019, 202 y 2021; y uno en el año 2022. El costo de instalación de los filtros potabilizadores de agua también aumenta año a año, el costo de estos también se calcula teniendo en cuenta el aumento de precios anual con el porcentaje proyectado del IPC.

Así podemos proyectar que el costo total en que incurriría el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca para instalar los 16 sistemas de recolección de aguas lluvias en un plazo de 5 años. Sería de \$3.187.297 pesos colombianos.

Tabla 22

Proyección aumento de costos de instalación progresiva de 13 filtros potabilizadores de aguas lluvias (2018-2023)

Proyección aumento de costos de instalación progresiva de 13 filtros potabilizadores de aguas lluvias (2018-2023)				
Año	Número de filtros instalados	Aumento proyectado % IPC	Costo economico de instalación unidad	Costo economico de instalación total
2019	4	5,5	233.098	932.392
2020	4	4,4	243.354	973.416
2021	4	4,4	254.062	1.016.248
2022	1	4,4	265.241	265.241
2023	0	4,4	-	-
Total Costo instalación 13 filtros de aguas lluvias				3.187.297

Nota. Elaboración propia.

Con los datos analizados, en la tabla 23 se proyecta un ahorro progresivo de 643,5 m³ de agua en 5 años, lo que no solamente disminuye el valor a pagar por consumo de agua, sino también, por m³ de agua vertidos.

La cantidad de agua recolectada en m³ será continua desde el año 2022 y se mantendrá en 15,3216 m³ mensuales, lo que anualmente representará un ahorro continuo de 183,85 m³. Lo anterior le representara al colegio un ahorro anual de \$1.701.065 pesos colombianos que se espera aumenten año a año con la incidencia del IPC.

Se proyecta que el valor ahorrado por consumo anual de agua en m³y por m³de agua vertidos aumente progresivamente, conforme se van instalando los sistemas de recolección de aguas lluvias, y en consecuencia, en un periodo de 5 años (2023) se puede generar una ahorro total de \$5.344.055 pesos colombianos.

Tabla 23

Proyección estudio financiero de instalación del sistema de recolección de aguas lluvias, filtros y ahorro económico progresivo en el colegio GCC (2018-2023)

Proyección estudio financiero de instalación de 630M2 sistema de recolección de aguas lluvias, filtros y ahorro económico progresivo en el colegio GCC (2018-2023)							
Año	Tanques y filtros instalados	Capacidad recolección aguas lluvias en m3 al mes	Capacidad recolección aguas lluvias en m3 al año	Valor economico de los m3 de agua recolectados	Valor economico de los m3 vertidos	Total ahorro economico por mes	Total ahorro economico por año
2019	4 (168 m2)	3,8304	45,9648	4.588	3.368	7.956	95.472
2020	8 (336 m2)	7,6608	91,9296	35.929	26.368	62.298	747.572
2021	12 (504 m2)	11,4912	137,8944	56.261	41.288	97.549	1.170.586
2022	16 (630 m2)	15,3216	183,8592	78.309	57.471	135.780	1.629.360
2023	16 (630 m2)	15,3216	183,8592	81.756	59.999	141.755	1.701.065
Total Ahorro economico y en m3 de agua con la totalidad de los sistemas de recolección de aguas lluvias y filtros instalados							5.344.055

Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

La innovación social y la ingeniería concurrente permitieron por medio de la investigación realizada permitieron crear conciencia ambiental y capacitar sobre el uso racional del agua en la institución y en su entorno cotidiano a la comunidad del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca.

En el proceso de vigilancia tecnológica se identificaron 11 modelos que por sus características técnicas pueden funcionar para instalar en el colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca, 6 para el sistema de recolección y depósito y 5 para el sistema de filtración del agua lluvia recolectada.

Del estudio de factores y su correspondiente ponderación de cada modelo, se seleccionó el modelo de recolección y depósito “Lluvia para la vida” para la primera fase de implementación del proyecto. Los factores determinantes de selección fueron economía y rapidez de instalación del mismo.

El desarrollo del prototipo se efectúa bajo las especificaciones técnicas de durabilidad y seguridad para la comunidad quien será la que tendrá contacto directo y constante con éste.

Con el diagnóstico inicial de conocimiento de la comunidad del colegio Gimnasio de Cundinamarca se logró concluir que las personas cuentan con la consciencia del cuidado del agua, sin embargo no saben cómo hacer un buen uso de ésta información. Por medio de las capacitaciones impartidas antes y después de la implementación del sistema de recolección y depósito de aguas lluvias y a través de la inclusión y participación activa de la comunidad se pudo reforzar la consciencia de cómo ser ambientalmente sostenible y aprender cómo hacer el buen uso del agua en el colegio y en su entorno diario.

El proceso de documentación del proyecto se realizó a través de recursos tecnológicos para el diagnóstico y evaluación de los conocimientos adquiridos por medio de encuestas virtuales que permitió la rapidez y veracidad de la información. Para el registro de asistentes a las capacitaciones se utilizaron planillas de asistencia físicas para facilidad del expositor y de los asistentes. De igual forma estas capacitaciones junto con la implementación del modelo se registraron en material audiovisual, fotografías y videos.

La transferencia tecnológica realizada para la comunidad del colegio Gimnasio Cristiano de Cundinamarca se realizó a través de las capacitaciones educativas para crear conciencia ambiental en una primera instancia. Para permitir aumentar el alcance del proyecto de uso responsable del agua en el colegio, se presentó su desarrollo en la emisora local Bacatá Stereo del municipio de Funza llegando a cerca de 20.000 oyentes de la emisora en los municipios de Funza, Mosquera, Madrid y la ciudad de Bogotá.

Como última medida de difusión del proyecto para la creación de cultura ambiental se construyó un sitio web con toda la información de las capacitaciones brindadas que permitirán que puedan ser vistas desde cualquier ubicación con acceso a internet y al mismo tiempo estén disponibles en cualquier momento para su consulta. (ANEXO 1)

Adicionalmente se sugiere una propuesta de ingeniería como continuación y mejora del proyecto, la implementación de filtros purificadores de agua lluvia seleccionando el *Filtro purificador de agua con sistema acumulable de compartimentos, ecológico, de larga duración y de fácil regeneración y limpieza* perteneciente a la patente número WO2010005276A1.

Referencias

- Aguilera Jiménez, L. (2016). Cundinamarca sin agua por falta de previsión. El Tiempo. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16478541>
- Alcaldía de Funza. (2013). Clasificación del suelo municipal. [Mapa]. Funza, Colombia.(s,n)
- Alcaldía de Mosquera. (2017). Humedal Laguna De La Herrera. [Fotografía] Recuperado de <http://mosqueracundinamarca.micolombiadigital.gov.co/turismo/humedal-laguna-de-la-herrera>
- Amorocho M T, Aldana A, García H, Pinto J y Serrano A. (s.f). ¿Qué es una Patente?. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/sinfo/ConceptosPatentes.htm>
- Armisen Bobo P, Recio Díaz M D M, Fernández Torres A, Gallego Fuentelsaz E, Cornejo Pablos A M. (2017). Sistema de captación de aguas pluviales plegable con depósito vinculado. GOOGLE Patents. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/ES1179559U/es?q=Sistema&q=recoleccion&q=aguas&q=lluvias&oq=Sistema+recoleccion+aguas+lluvias&page=1>
- Celayeta, M C. (2017). Captador de agua de lluvia. GOOGLE Patents. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/ES1186784U/es?q=agua&q=lluvia&oq=agua+lluvia&page=1>
- Celayeta, M C. (2017). Dispositivo de captación de agua de lluvia en espacios abuhardillados. GOOGLE Patents. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/ES1190084U/es?q=agua&q=lluvia&oq=agua+lluvia&page=1>
- CEPAL. (2000). *Agua para el siglo XXI para América del sur*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/InCo00200.pdf>

- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (03 de Julio de 2014). Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural. [CONPES 3810] Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3810%20-%202014.pdf>
- Corporación Autónoma Regional. (s.f). Plan de Gestión Ambiental Regional 2012- 2023. Recuperado de <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=2854>
- Departamento Nacional de Planeación. (s.f). Agua normatividad. Recuperado el 8 de Abril de 2018 de <https://www.dnp.gov.co/programas/vivienda-agua-y-desarrollo-urbano/Paginas/Agua-Normatividad--.aspx>
- Diario Portafolio. (2018). Fenómeno del Niño: qué tan probable es que se anticipe. Portafolio. Recuperado de <https://www.portafolio.co/economia/fenomeno-del-nino-que-tan-probable-es-que-se-anticipe-520460>
- Dinero. (2017). El mapa de escasez de agua que amenaza a la mitad del mundo. Dinero. Recuperado el 27 de Febrero de 2018 de: <http://www.dinero.com/edicion-impresal/la-grafica/articulo/mapa-de-escasez-de-agua-en-el-mundo/243940>
- Estupiñán Perdomo, J L, Zapata García, H O. (2010). Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. (Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana) Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1265/ing05.pdf?sequence=2>
- Fundación Aquae. (2018). Cuánta agua consume en la ducha por minuto. Fundación Aquae. Recuperado de <https://www.fundacionaquae.org/blog/infografias/cuanta-agua-consume-la-ducha->
- González Sosa, E. (2010). Cosechador de agua de lluvia plegable o retráctil. GOOGLE Patents. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/WO2011084041A2/es?q=Sistema&q=recoleccion&q=aguas&q=lluvias&oq=Sistema+recoleccion+aguas+lluvias>

- Hernandez Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Iagua. (s.f.). Construcción de uno de los depósitos. [Fotografía] Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/cambio-climatico/13/08/13/se-construyen-en-veraguas-dos-nuevos-proyectos-de-captacion-de-lluvias-34585>
- IDEAM. (2018). Atlas climatológico de Colombia. Atlas IDEAM. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- IDEAM. (s.f.). Valores medios multianuales de precipitación decadal en mm periodo 1981 – 2010. Recuperado de http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/LluviaDecadal_tabla.pdf
- Ministerio de Ambiente. (s.f.). Gobierno de la República de Panamá. Sistema de captación de agua lluvia (Scall). Recuperado de <http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/scall/index.html>
- Ministerio de Educación. Nacional (2018). Gobierno de la República de Colombia. Relaciones técnicas alumno - docente. Recuperado de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-214905.html>
- Moreno, L. (2018). Nebulón, el sistema que convierte la niebla en agua. Colombia Inn. Recuperado de <http://colombia-inn.com.co/nebulon-el-sistema-que-convierte-la-niebla-en-agua/>
- Nebulón. (s.f.). Nebulón actualmente es el único sistema funcional de Colombia que atrapa la niebla y la transforma en agua. [Fotografía] Recuperado de <http://colombia-inn.com.co/nebulon-el-sistema-que-convierte-la-niebla-en-agua/>
- Observatorio virtual de transferencia de tecnología. (s.f.). CICLO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA. OVTT. Recuperado de <https://www.ovtt.org/vigilancia-tecnologica-metodos>

Observatorio virtual de transferencia de tecnología. (s.f). CONCEPTOS ÚTILES EN VIGILANCIA TECNOLÓGICA. OVTT. Recuperado de <https://www.ovtt.org/vigilancia-tecnologica-conceptos>

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2016). Manual de información y documentación en materia de propiedad industrial. Ejemplos y tipos de documentos de patente. OMPI. Recuperado de <http://www.wipo.int/export/sites/www/standards/es/pdf/07-03-02.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f). AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: por qué es importante. Organización de las Naciones Unidas.. Recuperado de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/6_Spanish_Why_it_Matters.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (s.f). Desarrollo Sostenible. Asamblea General de las Naciones Unidas. Recuperado de <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f). Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f). Objetivos de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f). ¿Qué es «Río+20»? Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 24 de Abril de 2018 de <http://www.un.org/es/sustainablefuture/about.shtml>

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. (Trabajo de grado de maestría). Universidad de Antioquia. Recuperado de

<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). Impacto del Voluntariado en Colombia. PNUD. Recuperado de http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/library/human_development/impacto-del-voluntariado-en-colombia.html

Redacción Bogotá, Periódico El Espectador. (2016). Se anuncian soluciones a los problemas de agua en La Mesa y Anapoima (Cundinamarca). EL ESPECTADOR. Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/se-anuncian-soluciones-los-problemas-de-agua-mesa-y-ana-articulo-663336>

Reyes, M, Rubio J. (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. (Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia). Recuperado de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2089/1/Recoleccion-aguas.pdf>

Ríos Ortega, J. (2014). El concepto de información: dimensiones bibliotecológica, sociológica y cognoscitiva. Scielo. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2014000100009#fn12

Sin autor. (2018). En Fúquene y Ubaté, familias cultivan lluvia para la vida. Corporación Autónoma Regional. Recuperado de <https://www.car.gov.co/saladeprensa/en-fuquene-y-ubate-familias-cultivan-lluvia-para-la-vida>

Teufel, B. (21 de Febrero de 2011). Engineers Without Borders in Huai Nam Kuhn, Thailand. [Archivo de video] Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=C0YU1fGEDKg>

Vakil, P, Choksi S. (2017). System for solar and rainwater harvesting in open spaces. Espacenet. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2017328039A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20171116&DB=&locale=en_EP

(2017). Agua que llega al campo. Semana. Recuperado de <http://www.semana.com/contenidos-editoriales/cundinamarca-por-ruta-correcta/articulo/agua-en-las-veredas-de-cundinamarca/540162>