

Recolección y Reutilización de Aguas Lluvias en un Parque Industrial.

Caso de Estudio Parque Industrial Zuma P.H. Zipaquirá.

Autores:

Lyda Adriana González Duarte
María Paula Serrano Castañeda
Fabián Enrique Castañeda Álvarez

Asesor

Nelson Sánchez

Jurados:

Marjorie Montoya Misas
Jairo Alonso Ávila Moreno



Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables

Programa de Administración de Empresas

Extensión Chía

Diplomado en Administración Digital de Propiedad Horizontal

2024

Resumen

El estudio analiza la viabilidad de implementar un sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias (RRA) en el Parque Industrial ZUMA P.H., Zipaquirá, Colombia. Se identifican herramientas digitales para optimizar el proceso y minimizar el impacto ambiental. Los resultados indican condiciones favorables para RRA, con techos aptos para la captación de agua y un impacto negativo por el consumo de agua potable. Las herramientas digitales disponibles incluyen sensores de lluvia, medidores de caudal, plataformas de gestión de datos y sistemas de control remoto. La implementación de recolección y reutilización de aguas lluvias generaría ahorros significativos en el consumo de agua potable y costos operativos, además de beneficios ambientales como la conservación de recursos hídricos, la preservación de fuentes de agua dulce y la reducción de la carga sobre los sistemas de alcantarillado. Se concluye que la implementación de RRA es viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Palabras Clave: Recolección de aguas lluvias, Reutilización de aguas lluvias, Herramientas digitales, Sostenibilidad Ambiental, Parque industrial, Impacto Ambiental, Zipaquirá, Colombia.

Introducción

En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y preocupación por la sostenibilidad, la gestión eficiente de recursos y la reducción del impacto ambiental se han convertido en prioridades clave en el ámbito de la propiedad horizontal y la administración de Parques Industriales. En este sentido, las soluciones digitales están emergiendo como herramientas poderosas para mejorar la calidad ambiental en estos entornos.

La propiedad horizontal, como forma de organización que regula la convivencia y administración de parques industriales, condominios, entre otros. Enfrenta desafíos significativos en la búsqueda de prácticas más sostenibles y eficientes. Aspectos como la recolección y la reutilización de aguas lluvias son elementos cruciales que impactan tanto en la calidad de vida de los empleados que trabajan en el Parque Industrial ZUMA P.H. como en la huella ecológica.

El avance tecnológico en el ámbito de la administración digital ha abierto nuevas posibilidades para abordar estos desafíos de manera más efectiva. Mediante la implementación de soluciones digitales, como herramientas de capacitación ambiental, se pretende optimizar los recursos, reducir los desperdicios de agua potable y mejorar la calidad del ambiente en este parque industrial.

Sin embargo, aunque existe un creciente interés en estas soluciones digitales, aún se requiere una comprensión más profunda de su impacto real y de las percepciones de quienes las utilizan y gestionan en el contexto de la propiedad horizontal. Es fundamental el papel de estas tecnologías en la mejora de la reutilización de aguas lluvias.

Por lo tanto, esta investigación se propone explorar y analizar la percepción de las empresas y administradores en relación con la influencia de las herramientas digitales en la propiedad horizontal sobre estos aspectos clave. Mediante un enfoque cualitativo, se buscará comprender las experiencias, opiniones y desafíos enfrentados en la implementación y uso de estas tecnologías, así como identificar posibles áreas de mejora y oportunidades para optimizar su impacto ambiental y su eficacia en la gestión residencial.

Tabla de Contenido

Resumen	2
Introducción.....	3
Justificación	5
Planteamiento y Formulación del Problema.....	7
Pregunta Problema.....	7
Objetivos.....	8
Objetivo General:	8
Objetivos Específicos:.....	8
Diseño Metodológico	9
Marco de Referencia.....	10
Estado Del Arte	10
Marco teórico	12
Marco conceptual:	14
Marco legal:.....	16
Resultados y/o Hallazgos	19
Conclusiones.....	35
Referencias Bibliográficas.....	37

Justificación

La alta probabilidad de precipitación en el municipio de Zipaquirá en época de invierno tiene más de un 53% promedio de precipitación, siendo que algunos meses alcanzan a un 77% de probabilidad máxima. Weather Spark (2024). En Zipaquirá durante el invierno, sumada a la dependencia del Parque Industrial ZUMA P.H. de fuentes de agua convencionales, hace evidente la necesidad de un sistema integral de recolección y reutilización de aguas lluvias. La implementación de este sistema, junto con el uso de herramientas digitales, no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental del parque y la mitigación de impactos ambientales negativos, sino que también fortalecerá la posición competitiva del parque en un mercado cada vez más centrado en la responsabilidad social.

Además de la recolección de aguas lluvias, es importante considerar alternativas de abastecimiento de agua para el municipio, como la diversificación de fuentes de agua (aguas subterráneas y residuales tratadas), la mejora de la infraestructura de distribución y la promoción de prácticas de conservación del agua. Estas medidas complementarias pueden reforzar la seguridad hídrica de Zipaquirá y apoyar la sostenibilidad del Parque Industrial ZUMA P.H.

Este proyecto, es de alto impacto ambiental, económico y social, busca reducir el consumo de agua potable, disminuir la generación de aguas residuales, y mitigar el gasto innecesario del agua potable en el entorno del parque, generar ahorros económicos para las empresas del parque y promover la cultura del agua y la responsabilidad social empresarial.

En definitiva, el proyecto de recolección y reutilización de aguas lluvias en el Parque Industrial ZUMA P.H. Se presenta como una iniciativa viable, innovadora y con un alto potencial de impacto positivo en el municipio de Zipaquirá.

El agotamiento progresivo de los recursos hídricos locales y la contaminación del medio ambiente debido al uso incontrolado de aguas potables son solo algunas ramificaciones negativas, estas consecuencias no sólo amenazan la sostenibilidad ambiental a largo plazo, sino que también puede incurrir en implicaciones económicas y sociales significativas para el parque industrial y la comunidad circundante.

Es importante abordar efectivamente la gestión del agua en el parque industrial ZUMA P.H., ya que esto es esencial para salvaguardar su sostenibilidad ambiental y promover prácticas empresariales responsables. La implementación de estrategias adecuadas para la recolección y reutilización de aguas lluvias nos ayudará a mitigar los impactos ambientales negativos.

Planteamiento y Formulación del Problema

Tomando como referencia el municipio de Zipaquirá según Weather Spark (2024) este municipio en época de invierno desde el 16 de marzo al 8 de diciembre tiene más de un 53% de probabilidad promedio de precipitación, siendo que algunos meses alcanzan a un 77% de probabilidad máxima. El Parque Industrial ZUMA P.H se encuentra ubicado en el municipio de Zipaquirá, siendo así que se considera como un buen punto para implementar estrategias efectivas para la recolección y reutilización de aguas lluvias puesto que dependen de fuentes de agua convencionales esto se puede considerar como un serio riesgo para la sostenibilidad del parque y el entorno circulante. Esta situación demanda la implementación de medidas concretas que reduzcan o mitiguen los efectos adversos sobre los recursos hídricos y del medio ambiente.

La carencia de un sistema integral de recolección y reutilización de aguas lluvias en el Parque Industrial ZUMA P.H. representa un obstáculo significativo para su gestión ambiental. Esta falta de infraestructura adecuada conlleva a la pérdida innecesaria de un recurso vital y contribuye al deterioro del ecosistema local. La ausencia de un enfoque proactivo para abordar este desafío resalta la necesidad urgente de desarrollar estrategias efectivas que promuevan la gestión sostenible del agua en este parque industrial.

Aunque el enfoque principal de este proyecto es la recolección y reutilización de aguas lluvias en el Parque Industrial ZUMA P.H., también se deben considerar alternativas de abastecimiento de agua a nivel municipal. Estas incluyen la captación y almacenamiento de aguas pluviales, la mejora de la infraestructura de distribución y la promoción de prácticas de conservación del agua. Estas estrategias pueden proporcionar un enfoque más holístico para la gestión del agua en la región.

Pregunta Problema

¿Qué herramientas digitales pueden ser aplicadas en el parque industrial ZUMA P.H. en la recolección y reutilización de aguas lluvias para minimizar los impactos ambientales a corto plazo

Objetivos

Objetivo General:

Identificar herramientas digitales en el parque industrial Zuma P.H. para optimizar la recolección y reutilización de aguas lluvias, con el fin de minimizar los impactos ambientales.

Objetivos Específicos:

- ❖ Realizar un diagnóstico del parque industrial para identificar las áreas propicias para la recolección de aguas lluvias, considerando factores como la infraestructura existente y la disponibilidad de espacio.

- ❖ Investigar el impacto ambiental generado por el sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias con el propósito de reducir la demanda de agua potable.

- ❖ Determinar las herramientas digitales adecuadas para monitorear, gestionar y optimizar el proceso de recolección y reutilización de aguas lluvias en el contexto industrial específico del Parque Industrial ZUMA P.H.

Diseño Metodológico

Para abordar la pregunta de investigación, se ha propuesto un tipo de estudio descriptivo con un enfoque de investigación cualitativa. Este método se seleccionó debido a la naturaleza del problema de investigación, que busca comprender las características y necesidades del parque industrial Zuma P.H. para el diseño de un sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias.

El enfoque cualitativo se centra en la recolección de datos para proporcionar un mayor entendimiento de los significados y experiencias de las personas. El investigador actúa como instrumento de recolección de datos, comenzando a aprender a través de la observación y las descripciones de los participantes, y desarrollando formas para registrar los datos a medida que avanza la investigación. (Hernandez Sampieri, 2014)

El tipo de estudio descriptivo se ajusta al objetivo de la investigación, que es describir y analizar las características del parque industrial Zuma P.H. en relación con la recolección y reutilización de aguas lluvias. El estudio descriptivo busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, describiendo tendencias de un grupo o población. (Hernandez Sampieri, 2014)

El diseño metodológico presentado permitirá obtener una comprensión profunda y detallada de las características y necesidades del parque industrial Zuma P.H. en relación con la recolección y reutilización de aguas lluvias. Esta información será fundamental para el diseño de un sistema eficiente, viable y sostenible.

Marco de Referencia

Estado Del Arte

1. David Butler: David Butler es un experto destacado en el campo de la gestión del agua. Su experiencia se centra en los sistemas que recolectan y tratan el agua de lluvia. Actualmente, es profesor en la Universidad de Exeter en el Reino Unido, donde lidera investigaciones innovadoras sobre recursos hídricos. Butler ha escrito muchos artículos y libros académicos que abordan diferentes aspectos de la gestión del agua, desde cómo capturar y almacenar el agua de lluvia hasta cómo tratarla y utilizarla en áreas urbanas e industriales. Sus investigaciones han sido clave para desarrollar tecnologías sostenibles que minimicen el impacto ambiental en la gestión del agua.(Butler, n.d.)

2. Simon Judd: Simon Judd es un experto reconocido a nivel mundial en el tratamiento de aguas residuales y la gestión del agua. Con una amplia experiencia en la industria del agua, Judd ha trabajado tanto en la academia como en la consultoría, aportando su conocimiento en proyectos relacionados con la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental. A lo largo de su carrera, ha escrito muchos artículos científicos, libros y manuales técnicos que abordan temas como el diseño de plantas de tratamiento de agua, la gestión de lodos y la recolección de agua de lluvia. Su enfoque práctico y basado en evidencia lo ha convertido en una figura influyente en el campo, y sus investigaciones han contribuido al desarrollo de prácticas más eficientes y sostenibles en la gestión del agua (Judd, 2019)

3. George Tchobanoglous: George Tchobanoglous es un ingeniero ambiental destacado cuyo trabajo ha tenido un gran impacto en la ingeniería sanitaria y el tratamiento de aguas residuales. Como profesor emérito en la Universidad de California, Davis, Tchobanoglous ha sido un líder en la investigación y educación sobre tratamiento y gestión del agua. A lo largo de su carrera, ha escrito libros de referencia en el campo, como "Tratamiento de Aguas Residuales" y "Sistemas de Tratamiento de Aguas". Aunque gran parte de su trabajo se centra en el tratamiento de aguas residuales municipales, también ha abordado la recolección y reutilización de agua de lluvia en diferentes contextos, destacando su importancia para conservar los recursos hídricos y mitigar los impactos ambientales (George, 2020)

4. Mark LeChevallier: Mark LeChevallier es un experto en calidad del agua y gestión de recursos hídricos. Ha trabajado en importantes empresas de tratamiento de agua y ha escrito muchos artículos sobre temas como la monitorización de la calidad del agua y la gestión de sistemas de distribución de agua potable. También ha investigado cómo usar herramientas digitales para gestionar sistemas de recolección y reutilización de aguas lluvias en la industria. (LeChevallier, 2018)

5. Peter Gleick: Peter Gleick es un experto reconocido en políticas hídricas y sostenibilidad a nivel global. Como cofundador del Pacific Institute, ha liderado investigaciones sobre diversos temas relacionados con el agua, incluyendo la recolección y reutilización de aguas pluviales como estrategia para conservar agua y mitigar el cambio climático. Gleick ha escrito libros y artículos académicos que han contribuido a comprender los desafíos y oportunidades de la gestión del agua en el siglo XXI. (Gleick, 2017)

6. Stuart White: Stuart White es un académico e investigador que ha realizado importantes contribuciones en el campo de la gestión del agua y la sostenibilidad. Como director del Instituto de Investigación sobre el Agua de la Universidad de Tecnología de Sídney, ha liderado proyectos de investigación sobre diversos temas relacionados con el agua, incluyendo la recolección y reutilización de aguas pluviales en áreas urbanas e industriales. Sus investigaciones se centran en la eficiencia hídrica, la seguridad del agua y la integración de tecnologías digitales para mejorar la gestión de los recursos hídricos (White, 2022)

Marco teórico

1. Sostenibilidad y gestión ambiental en la propiedad horizontal

La propiedad horizontal, como forma de organización que regula la convivencia y administración de parques industriales, condominios, entre otros, enfrenta desafíos significativos en la búsqueda de prácticas más sostenibles y eficientes. En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y preocupación por la sostenibilidad, la gestión eficiente de recursos y la reducción del impacto ambiental se han convertido en prioridades clave en este ámbito.

Aspectos clave:

- Eficiencia energética.
- Gestión de residuos.
- Recolección y reutilización de aguas pluviales.

2. Tecnología digital y medio ambiente

El avance tecnológico en el ámbito de la administración digital ha abierto nuevas posibilidades para abordar estos desafíos de manera más efectiva. Mediante la implementación de soluciones digitales, como herramientas de capacitación ambiental, se pretende optimizar los recursos, reducir los desperdicios y mejorar la calidad del ambiente en este parque industrial.

Herramientas digitales:

- Sistemas de monitoreo ambiental.
- Herramientas de gestión de recursos.
- Aplicaciones móviles para promover prácticas sostenibles.

3. Percepción y aceptación de la tecnología

Aunque existe un creciente interés en estas soluciones digitales, aún se requiere una

comprensión más profunda de su impacto real y de las percepciones de quienes las utilizan y gestionan en el contexto de la propiedad horizontal.

Consideraciones:

- Cómo los empleados y administradores perciben y experimentan el papel de estas tecnologías.
- Influencia de la percepción y aceptación en la efectividad y uso de las herramientas digitales.

4. Gestión del cambio y capacitación ambiental

Es fundamental explorar cómo los empleados y administradores perciben y experimentan el papel de estas tecnologías en la mejora de la reutilización de aguas pluviales. La gestión del cambio y la capacitación ambiental pueden desempeñar un papel crucial en la adopción exitosa de estas nuevas tecnologías.

Estrategias:

- Gestión del cambio para facilitar la adopción de nuevas tecnologías.
- Capacitación ambiental para promover prácticas sostenibles.

5. Evaluación de impacto ambiental

A través de un enfoque cualitativo, se buscará comprender las experiencias, opiniones y desafíos enfrentados en la implementación y uso de estas tecnologías, así como identificar posibles áreas de mejora y oportunidades para optimizar su impacto ambiental y su eficacia en la gestión residencial.

Aspectos a considerar:

- Reducción de la huella ecológica.
- Optimización de recursos.
- Mejora de la calidad ambiental en la propiedad horizontal.

Marco conceptual:

Este marco conceptual tiene como objetivo proporcionar una sólida base para poder comprender con claridad los diversos términos y definiciones en la recolección y reutilización de aguas lluvias. A lo largo del documento podremos encontrar definiciones tales como:

Agua lluvia: “La lluvia es un tipo de precipitación. La precipitación es cualquier estado del agua que cae de las nubes, como lluvia, granizo o nieve” (secretaría de bogota, 2021).

Reutilización de agua: “Es el proceso que permite volver a utilizar el agua que ha tenido anteriormente un uso municipal o industrial” (Asociación española de desalación y reutilización, 2019).

Impacto Ambiental: “Abarca los distintos efectos que la actividad humana y el modelo de vida humano desatan sobre el medio ambiente natural” (Editorial Etecé, 2020).

Sostenibilidad: “Es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social” (Acciona, 2020)

Recolección de aguas lluvias: “Hace referencia a todos aquellos sistemas, métodos y procesos que permiten aprovechar, captar y utilizar los recursos hídricos provenientes de la lluvia” (Agropinos, 2023).

Gestión ambiental: “Es el conjunto de actividades humanas que tienen por objeto el ordenamiento racional del ambiente.” (Gestión en recursos naturales, 2020).

Propiedad horizontal: “Es un concepto que alude al derecho que se ejerce sobre uno o más pisos, viviendas o locales de un edificio, que han sido adquiridos por distintos propietarios en forma separada pero que tienen ciertos derechos y obligaciones en común” (Pérez, 2023).

Parque Industrial: “Superficie delimitada y diseñada especialmente para el asentamiento de una planta industrial en condiciones adecuadas de ubicación, infraestructura, equipamiento y de servicios, con una administración permanente para su operación” (CBP, 2021).

Huella Ecológica: “Es una forma de medir el impacto que la humanidad ejerce sobre el planeta” (Caballero, 2023).

Calidad ambiental: “Es una escala que mide la salud de un ecosistema concreto” (Energy go, 2024).

Recursos Hídricos: “Son los depósitos e insumos de agua dulce que, en distintos estados físicos y estando disponibles o potencialmente disponibles, pueden ser utilizados por el ser humano para satisfacer alguna necesidad” (Editorial Etecé, 2021).

Herramientas digitales: “Son las aplicaciones y programas que están disponibles en internet y que ayudan en el proceso de realizar diferentes tareas como la búsqueda de información, organización de datos, realización de presentaciones y actividades en el proceso de aprendizaje” (Grupogear, 2023).

Huella hídrica: “Es un indicador que refleja el uso total de agua fresca que se emplea para producir los bienes y servicios consumidos por individuos, comunidades o producidos por empresas” (Iagua, 2016).

Prácticas sostenibles: “Son todas aquellas acciones que ayudan a reducir el impacto negativo a nivel ambiental que se derivan de prácticas productivas o hábitos a nivel de empresas o en el hogar” (Castiblanco, 2020).

Marco legal:

El Parque Industrial ZUMA P.H. se cataloga como una Propiedad Horizontal, por lo cual debemos regirnos por la Ley 675 de 2001 del congreso de la República de Colombia, la cual define el concepto de Propiedad Horizontal y cataloga sus normas. (Alcaldía de Bogotá, 2001)

La propuesta presentada sobre la recolección y reutilización de aguas lluvias de este lugar se basa principalmente según el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible mediante la Ley 373 de 1997 la cual establece como obligación reusar las aguas de origen superficial, sean subterráneas o lluvias, estas deben ser utilizadas luego de un estudio técnico, socioeconómico y de las normas de calidad ambiental. (Función Pública Colombia, 1993)

Esta ley establece las disposiciones relacionadas con el uso de aguas que influye a nivel nacional, regional y local, teniendo en cuenta el uso eficiente del agua, reducción de la contaminación, reducción de la demanda de agua en las zonas con oferta limitada y la Transformación de conflictos por el agua. (Función Pública Colombia, 1993)

Dado el alcance de esta ley, el Decreto 1076 de 2015 (Decreto 3930 de 2010) Promueve la reutilización de aguas residuales a través de planes de reconversión a tecnologías limpias en gestión de vertimientos lo cual incluye en la gradualidad para el cumplimiento de la norma de vertimientos. (Función Pública Colombia, 1993)

Acto seguido, nos regimos por la Ley General del Medio Ambiente 99 de 1993, esta Ley establece los elementos de planificación y gestión ambiental en Colombia. que también puede contener disposiciones relacionadas con la protección de recursos hídricos y la gestión del agua en parques industriales. (Función Pública Colombia, 1993)

Adicional a esto tenemos algunas Normas como la NTC 5381 siendo que se encargan de los sistemas de recolección almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias para agua no potable en edificaciones. Esta normativa establece requisitos y especificaciones técnicas para el diseño, instalación y el mantenimiento de sistemas de recolección, almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones con el fin de ser utilizadas para usos no potables, como el riego de jardines, el lavado de vehículos, la limpieza de fachadas, de pisos entre otros. Algunos aspectos que puede abordar esta ley y que nos puede regir en esta propuesta incluye la capacidad de almacenamiento, los materiales de los tanques, los sistemas de filtración y el tratamiento del agua, así como también las condiciones de instalación y seguridad. (ICONTEC, 2005)

La NTC 1500 consiste en la calidad del agua para consumo humano, esta norma establece los requisitos y parámetros de calidad que debe cumplir el agua destinada al consumo humano en Colombia. Define los límites máximos permisibles para diversos contaminantes químicos, biológicos y físicos presentes en el agua potable, con el fin de garantizar su seguridad y aptitud para el consumo humano. La NTC 1500 aborda aspectos como la microbiología del agua, la presencia de sustancias químicas como metales pesados y compuestos orgánicos, así como la turbidez y el pH del agua, entre otros parámetros de calidad. (ICONTEC, 2023)

Con estas normas, leyes y decretos concluimos que el proyecto de recolección y reutilización de aguas lluvias en el Parque Industrial ZUMA P.H. en Zipaquirá, Colombia, se desarrolla con el objetivo de gestionar de manera integral el recurso hídrico y promover la sostenibilidad ambiental. Se establecen sistemas técnicos para la recolección, almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias, asegurando su calidad para diferentes usos no potables dentro del parque industrial. El proyecto se adhiere a normativas ambientales y técnicas vigentes, garantizando su cumplimiento y contribuyendo a la conservación del agua y la reducción del impacto ambiental.

Comprendido esto, este proyecto se presenta como una iniciativa altamente viable y beneficiosa por diversas razones. En primer lugar, la implementación de este proyecto contribuiría significativamente a la conservación y uso eficiente del recurso hídrico en la región.

Al aprovechar las aguas lluvias, se reduciría la dependencia de fuentes de agua convencionales, disminuyendo así la presión sobre los recursos naturales y garantizando su disponibilidad a largo plazo. Además, este enfoque sostenible ayudaría a mitigar los efectos del cambio climático al promover prácticas de gestión de agua más resilientes frente a fenómenos climáticos extremos como sequías e inundaciones.

Por otro lado, el proyecto también ofrece ventajas económicas y ambientales significativas para el Parque Industrial ZUMA P.H. y sus empresas afiliadas. Al reducir el consumo de agua potable para fines no críticos, se generarían ahorros significativos en los costos operativos relacionados con el suministro de agua. Además, al promover prácticas ambientales responsables, el parque industrial fortalecería su reputación como un centro empresarial comprometido con la sostenibilidad, lo que podría atraer a inversores y clientes conscientes del medio ambiente. En resumen, el proyecto de recolección y reutilización de aguas lluvias no solo es viable, sino que representa una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos y demostrar un compromiso tangible con la protección del medio ambiente.

Resultados y/o Hallazgos

Según el objetivo planteado *Realizar un diagnóstico del parque industrial para identificar las áreas propicias para la recolección de aguas lluvias, considerando factores como la infraestructura existente y la disponibilidad de espacio.*

El Parque Industrial Zuma P.H. Se cataloga como “El primer y más grande parque industrial de Zipaquirá sobre el eje vial que conecta la capital con el norte del país. El lugar ideal para hacer negocios con espacios de bodegas y lotes flexibles para su negocio.” (Hypernova, 2017), cuenta con 10.300 hectáreas de terreno, en las cuales se distribuyen 85 bodegas cada una aproximadamente con 1.062 Metros cuadrados de área total construida, también cuenta con vías de tráfico pesado construidas en una longitud de 1 kilómetro * 9 mts de ancho y zonas verdes con senderos de uso común aproximadamente de 3.000 metros cuadrados.

Figura 1.



(Hyper Nova, 2021)

En este lugar, se requiere un suministro sostenible de agua, especialmente considerando que cada bodega cuenta con dos tanques de agua de 1.000 L cada uno, para llenado en caso de algún corte por alguna construcción y/o por los cortes que se están dando actualmente con el fin de conservar el nivel de los embalses. Estos tanques que se llenan de agua potable, pueden ser reemplazados por la recolección de aguas lluvias, con el fin de utilizarlos para el lavado de fachadas, lavado de pisos, y descargue de baños.

Figura 2.



González, L. (2024, Abril 15)

Este parque cuenta con redes hidráulicas conectadas al alcantarillado de Zipaquirá, red telefónica de alto alcance, internet, seguridad 24/7, cerramiento vigilado, control de acceso peatonal y vehicular, entre muchos otros aspectos. Cabe resaltar que las cubiertas son de membrana autoportante las cuales tienen la capacidad de abarcar extensiones considerablemente grandes sin requerir soportes adicionales, lo que facilita la generación de áreas amplias. Esta característica es especialmente beneficiosa en la construcción de instalaciones industriales.

La versatilidad del diseño arquitectónico del Parque Industrial se complementa con su enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia. La implementación de sistemas de recolección y reutilización de aguas pluviales, como se ha discutido previamente, no solo refuerza su compromiso con la conservación del agua, sino que también contribuye a reducir los costos operativos y a mitigar los impactos ambientales. Además, la integración de tecnologías de energía renovable y prácticas de gestión de residuos sostenibles refuerza su posición como un modelo de desarrollo industrial responsable. Estas iniciativas, combinadas con su ubicación estratégica y acceso a importantes redes de transporte, posicionan al Parque Industrial como un destino atractivo para empresas comprometidas con la innovación, la productividad y la responsabilidad ambiental.

Figura 3.



Luego de realizar la revisión de los lugares de captación de aguas lluvias en los techos de estas bodegas, se considera importante implementar el sistema de captación de agua lluvia en techos, la cual es redirigida a los tanques de almacenamiento que contienen las mismas bodegas en el tercer piso en una zona cubierta, esto con el fin de reducir los costos de agua y reducir el impacto ambiental causado por el gasto de agua potable.

Figura 4.



González, L. (2024, Abril 15)

Al eliminar la necesidad de columnas u otros elementos estructurales en el espacio cubierto, las cubiertas de membrana autoportante pueden aprovechar al máximo la superficie disponible para la captación de agua de lluvia. Esto permite recolectar una mayor cantidad de agua, lo que aumenta la eficiencia del sistema de recolección. Al recolectar y reutilizar agua de lluvia, se reduce la demanda de agua potable y se disminuye la presión sobre los recursos hídricos locales. Esto puede ayudar a conservar los recursos naturales y reducir el impacto ambiental asociado con el consumo de agua.

Figura 5.



Bejarano, A. (2022)

Datos Meteorológicos Históricos de Zipaquirá. (Weather Spark. 2024).

- Cantidad de lluvia anual:

Promedio anual: 1.200 mm

Rango histórico: 800 mm a 1.600 mm

- Distribución mensual de las precipitaciones:

Mes más lluvioso: Octubre (promedio: 150 mm)

Mes más seco: Febrero (promedio: 50 mm)

- Intensidad de las lluvias:

Promedio anual de días con lluvia: 120 días

Promedio de lluvia por día lluvioso: 10 mm

Máxima intensidad registrada: 50 mm/hora

Datos Específicos para el Parque Industrial Zuma PH:

Debido a la falta de estaciones meteorológicas específicas dentro del parque industrial, la información anterior representa los datos generales para Zipaquirá. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la topografía y la micro climatología del parque industrial pueden influir en la cantidad y distribución de las precipitaciones. (Weather Spark. 2024)

Es importante tener en cuenta que los datos meteorológicos históricos no son una garantía de las condiciones futuras. El clima puede cambiar con el tiempo, por lo que es importante considerar escenarios de cambio climático en el diseño de sistemas de recolección de aguas lluvias. (Weather Spark. 2024)

La recolección de aguas lluvias debe ser parte de una estrategia integral de gestión del agua que incluya otras medidas de conservación, como la reducción del consumo de agua y el uso eficiente del agua.

Para realizar este diagnóstico se utilizará una metodología de trabajo participativa que involucrará a las diferentes partes interesadas, como la administración del parque industrial, las empresas que operan en el parque y las autoridades locales.

Se utilizarán las siguientes técnicas de recolección de datos:

- ❖ Revisión de documentos.
- ❖ Observación directa.
- ❖ Entrevistas.
- ❖ Mediciones de campo.

Se utilizarán los siguientes criterios de evaluación para identificar las áreas propicias para la recolección de aguas lluvias:

- ❖ Superficie del área: Cada bodega puede recoger agua lluvia al mes en promedio desde 53.1 metros cúbicos a 159.3 metros cúbicos.
- ❖ Pendiente del techo o del terreno: 10.62%
- ❖ Tipo de material del techo: Cubierta de membrana Autoportante
- ❖ Disponibilidad de espacio para el almacenamiento de agua
- ❖ Cercanía a las áreas de consumo de agua.

Se utilizarán las siguientes herramientas de análisis:

- ❖ Modelos hidrológicos.
- ❖ Análisis de costo-beneficio.

Uno de los objetivos específicos de nuestra investigación es Investigar el impacto ambiental generado por el sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias con el propósito de reducir la demanda de agua potable.

Con base al objetivo expuesto con anterioridad, el impacto ambiental nos muestra que la demanda de recursos naturales es más alta que nunca y continúa creciendo; para comida, ropa, agua, vivienda, infraestructura y otros aspectos de la vida. La extracción de recursos ha aumentado más del triple desde 1970, con un incremento del 45 % en el uso de combustibles fósiles.

La extracción y el procesamiento de los materiales, los combustibles y la comida son responsables de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero mundiales totales y de más del 90 % de la pérdida de biodiversidad y el estrés hídrico. Estamos utilizando el equivalente a 1,6 Tierras para mantener nuestro actual modo de vida, y los ecosistemas no pueden seguir el ritmo de nuestras demandas.

En países de alto ingreso, la huella material per cápita, es decir, la cantidad de materias primas necesarias para satisfacer nuestras necesidades, es más de diez veces mayor que en países de bajo ingreso. Además, el Grupo de los 20 (G20) es responsable del 78 % de emisiones de gases de efecto invernadero mundiales.

El sector de suministro de energía (electricidad, calefacción y otros tipos) es el que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global y es responsable de, aproximadamente, un 35 % de las emisiones totales. El utilizar fuentes de energía renovables, como la solar, la eólica o la hidroeléctrica, contamina menos . Actualmente, cerca del 80 % de la energía mundial y del 66 % de la generación de electricidad provienen de los combustibles fósiles. (Naciones Unidas, 2023).

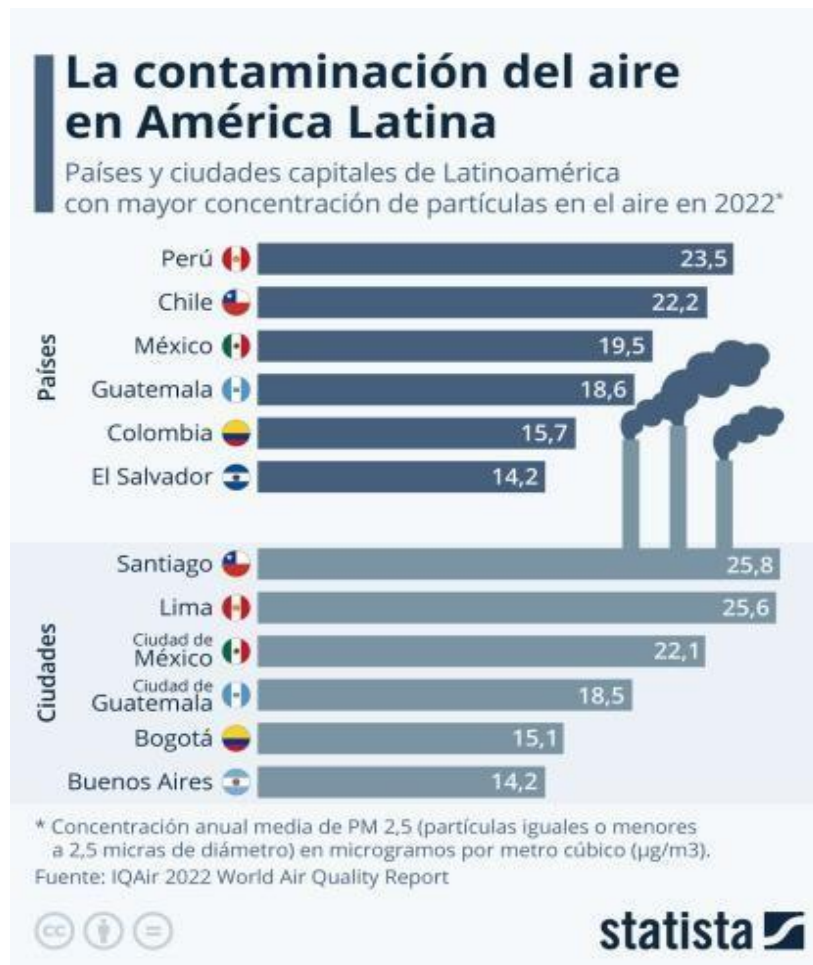
En tanto, otros factores ambientales como el agua potable insalubre, el saneamiento y la falta de higiene causaron unas 870 000 muertes asociadas en todo el mundo en 2016. Según las estimaciones de la OMS, en 2020 alrededor de tres cuartas partes (74%) de la población mundial tenía acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura. Es decir, 2000 millones de personas seguían careciendo de su acceso. En tanto, solo 3600 millones de personas en todo el mundo tenían servicios de saneamiento insuficiente. (Paley, 2023)

Estudio del INS confirma que la calidad del aire que respiramos y del agua que tomamos son los principales factores de riesgo ambiental que inciden en la salud de los colombianos. Al hacer las estimaciones con la mejor información disponible para Colombia, hallaron que de todas las muertes que ocurren por 7 de estas enfermedades se evitarían 17.549, con un mejor control de la exposición a los factores de riesgo ambiental mencionados. También se pudo determinar que la calidad del aire ocasiona el 13,9% de las muertes por enfermedad isquémica del corazón, el 17,6% de las muertes por enfermedad pulmonar obstructiva crónica; y la calidad del agua ocasiona el 71,6% de las muertes por enfermedad diarreica aguda que afecta, principalmente, a menores de 5 años y mayores de 60 años. (GOV.CO, 2019)

De los diez municipios más contaminados de Sudamérica incluidos en este estudio, cinco se encuentran en Perú y cinco en Chile. Sin embargo, al considerar únicamente las capitales de la región, Santiago de Chile supera ligeramente a Lima (Perú) en contaminación atmosférica, con 25,8 microgramos de partículas ligeras por metro cúbico de aire frente a los 25,6 microgramos de Lima. La Ciudad de México ocupa el tercer lugar, seguida por la Ciudad de Guatemala, Bogotá y Buenos Aires. (Chevalier, 2023)

Figura 6.

La contaminación del aire en América latina



Nota: Este gráfico muestra los países y ciudades capitales en Latinoamérica con mayor concentración de partículas en el aire en 2022. (Chevalier, 2023)

Actualmente, América Latina enfrenta grandes problemas en temas ambientales. La gran biodiversidad de la región se ve impactada año tras año por la expansión de actividades extractivas, la deforestación y el cambio de uso de suelo. Esto junto con la creciente inseguridad que enfrentan los activistas ambientales de la región, hace que el capital ambiental latinoamericano se encuentre en una urgente implementación de políticas ambientales más activas.

Figura 7.

El desempeño ambiental de América Latina



(Burgueno, 2023)

Nota: Esta infografía muestra el índice de desempeño ambiental en América Latina en 2022.

Los cambios en los niveles de precipitaciones pueden poner en riesgo la cantidad de agua potable disponible en el mundo. El 40% de la población mundial ya tiene problemas con la escasez de agua. Consumir agua sucia puede traer problemas de salud, como diarrea, que es responsable de la muerte de 2,2 millones de personas al año según la OMS. (Ovalle, 2018)

La Global Water Partnership (GWP) en 2021 reporta que casi un tercio de los recursos hídricos del planeta se encuentran en Sudamérica. Después de Brasil, Colombia y Perú tienen la mayor cantidad de agua del mundo. Sin embargo, ambos países también muestran los índices de consumo de agua más elevados.

Este recurso natural no debe ser dado por sentado, ya que, la mayoría de los países latinoamericanos tienen un riesgo medio de vulnerabilidad a la sequía. (Chevalier, 2024)

Figura 8.

¿Cuánta agua se consume en el mundo?



(Chevalier, 2024)

Nota: Este gráfico muestra el consumo de agua per cápita en países seleccionados de todo el mundo.

Cabe destacar que la recolección y reutilización de aguas lluvias (RRA) es una práctica que consiste en captar el agua de lluvia que cae sobre los techos y otras superficies, almacenarla y tratarla para luego utilizarla para diversos fines, como el riego de jardines, el lavado de autos, el inodoro y otros usos no potables. El uso de agua lluvia es una práctica de uso eficiente y ahorro del agua, que es de especial interés considerando la tendencia de crecimiento de la demanda de agua en el país, porque permite disminuir la presión sobre fuentes tradicionales de abastecimiento y tiene el potencial de mitigar los efectos de la escasez de agua y el cambio climático. (gov.co, 2022)

En Colombia, donde la escasez de agua y la contaminación hídrica son desafíos urgentes, la recolección y reutilización de aguas lluvias (RRA) se da como una solución sostenible y prometedora. Cabe anotar que, en este país el 56 % de los residuos sólidos que se generan, son plásticos. De hecho, se ha establecido que el país produce unos 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año y solo recicla el 17%, estos desechos contaminan los cuerpos de agua, prueba de ello es el río Magdalena, considerado la principal arteria fluvial del país, ubicándose en el puesto 15 de los 20 ríos más contaminados del planeta. (Corpoguajira, 2019)

Por lo consiguiente vemos importante el impacto ambiental generado por el sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias con el propósito de reducir la demanda de agua potable. A continuación, detallaremos algunos de los beneficios:

Conservación del agua potable: Al utilizar agua de lluvia para fines no potables, se reduce la cantidad de agua que se extrae de fuentes de agua dulce, como ríos y acuíferos. Esto ayuda a proteger estos recursos hídricos vitales para las generaciones futuras.

Reducción de la huella de carbono al disminuir el consumo de agua potable y la necesidad de transportarla, se reduce también la energía requerida para su tratamiento y distribución. (El Tiempo, 2017)

La reducción del uso de agua del suministro principal en tu hogar implica menos extracción de agua natural. (Melendez, 2020)

Se disminuye la carga sobre los sistemas de drenaje, lo cual reduce los efectos de las inundaciones pues se canaliza el agua hacia los tanques de reciclaje. (Melendez, 2020)

La recolección y utilización del agua lluvia reduce los costos pagados a las empresas prestadoras del servicio debido a la disminución de los consumos de agua potable y alcantarillado. (Correa, 2019)

El agua de lluvia no tiene residuos de químicos, metales ni sedimentos minerales. Esto la hace perfecta para lavado y limpieza general. (Rotoplas, 2021)

Recoger agua de lluvia, para su uso en jardines, reducirá los efectos de las aguas pluviales, ya que la mantendrá en un solo lugar. Cuando la utilices, más tarde, en tu jardín, el agua regresará al suelo. (Rotoplas, 2021)

Fuente de agua complementaria: utilizar agua de lluvia en actividades humanas, económicas e industriales. Se puede sustituir entre el 50% y 80% de la demanda durante la temporada de lluvia. (Hidropubliales, 2020)

Un sistema para recoger agua de lluvia ofrece una mejor y más eficiente utilización de los recursos energéticos. Es importante porque el agua potable generalmente no es renovable, por lo que también se reduce el desperdicio. (Rotoplas, 2021)

En definitiva, la recolección y reutilización de aguas lluvias presenta un panorama esperanzador para mitigar los efectos del cambio climático. Esta se presenta como una alternativa sostenible, promoviendo un uso eficiente del agua y la protección del medio ambiente.

En el contexto actual de conciencia ambiental y preocupación por la sostenibilidad, la gestión eficiente de recursos y la reducción del impacto ambiental se han convertido en

prioridades clave en el ámbito de la propiedad horizontal y la administración de propiedades horizontales. Con el fin de abordar estos desafíos, nuestro proyecto se propone explorar y analizar la influencia de las herramientas digitales en la propiedad horizontal, específicamente en el Parque Industrial ZUMA P.H., en aspectos clave como la recolección y reutilización de aguas lluvias.

El último de los objetivos específicos de esta investigación es determinar las herramientas digitales adecuadas para monitorear, gestionar y optimizar el proceso de recolección y reutilización de aguas lluvias en este contexto industrial. En este sentido, se ha realizado una estimación de los costos asociados con estas herramientas, con el fin de presentar una propuesta viable para su implementación.

A continuación, se presenta una descripción de las herramientas digitales identificadas, así como una estimación de los costos, con el objetivo de proporcionar una visión clara de la inversión requerida para llevar a cabo este proyecto.

Desglose de costos:

1. Sistemas de monitoreo ambiental: Entre 1.900.000 y 7.600.000 COP.
2. Herramientas de gestión de recursos: Entre 190.000 y 1.900.000 COP al mes por suscripción, o entre 1.900.000 y 12.000.000 COP al año por licencia.
3. Aplicaciones móviles para promover prácticas sostenibles: El costo puede variar dependiendo de si se trata de una aplicación personalizada o disponible en el mercado. Green Tips, una de las propuestas bases del proyecto que están relacionados con el uso del agua, el reciclado de residuos, el ahorro de recursos. (oab.ambientebogota.gov.co)

La implementación de las herramientas digitales propuestas representa una inversión significativa en el corto plazo, sin embargo, con la implementación del sistema de recolección y reutilización de aguas lluvias en el Parque Industrial ZUMA P.H. resultará en una significativa reducción de costos asociados con el consumo de agua potable. Basándonos en un análisis

detallado, hemos calculado que esta iniciativa podría generar ahorros considerables para las empresas del parque.

Con este sistema en funcionamiento, cada una de las 80 bodegas del Parque Industrial ZUMA P.H. podría experimentar una reducción estimada del 20% en su gasto mensual de agua potable. Esto equivale a un ahorro mensual de 40.000 pesos por bodega. Extrapolando estos ahorros mensuales a lo largo de un año completo, estimamos que cada bodega podría ahorrar aproximadamente 480.000 pesos al año.

Multiplicando esta cifra por el número total de bodegas en el parque, llegamos a una estimación de ahorro anual de aproximadamente 38.400.000 pesos para todo el Parque Industrial ZUMA P.H. Esta reducción de costos no solo representa un beneficio financiero significativo para las empresas del parque, sino que también demuestra el compromiso del parque con la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial.

En primer lugar, la implementación de estas herramientas nos permitirá optimizar el uso de recursos hídricos al monitorear y gestionar de manera más eficiente el ciclo del agua en el parque industrial. Esto se traducirá en una reducción significativa del consumo de agua potable y, por lo tanto, en ahorros sustanciales en costos asociados con el suministro de agua.

Además, al promover prácticas sostenibles y la cultura del agua entre las empresas del parque industrial, podemos esperar una disminución en la generación de aguas residuales y una mejora en la calidad del agua en el entorno del parque. Estos beneficios adicionales no solo contribuirán a la sostenibilidad ambiental del parque, sino que también generarán ahorros económicos adicionales al reducir los costos asociados con el tratamiento de aguas residuales y la mitigación de impactos ambientales negativos.

La inversión en herramientas digitales para la gestión de recursos hídricos en el Parque Industrial ZUMA P.H. no solo es una decisión ambientalmente responsable, sino también una estrategia financiera inteligente que generará beneficios a largo plazo en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y fortalecimiento de la posición competitiva del parque en un mercado cada vez más centrado en la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial.

Conclusiones

La implementación de cubiertas de membrana autoportante en el Parque Industrial Zuma P.H. demuestra un enfoque consciente hacia la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos. Al aprovechar al máximo la captación de agua de lluvia, el parque contribuye a la conservación de los recursos hídricos locales y reduce su dependencia de agua potable, lo que puede tener un impacto positivo en el medio ambiente y en la sostenibilidad a largo plazo.

El Parque Industrial Zuma P.H. Ofrece una infraestructura completa y servicios integrales que facilitan el desarrollo y la operación de negocios en el lugar. Desde redes hidráulicas conectadas al alcantarillado hasta seguridad 24/7 y acceso controlado, el parque proporciona un entorno favorable para la actividad empresarial. Esta oferta integral de servicios puede atraer a empresas que buscan instalaciones modernas y bien equipadas para sus operaciones, lo que puede contribuir al crecimiento económico de la región y a la generación de empleo.

La explotación desenfrenada de recursos y la contaminación amenazan la salud humana, los ecosistemas y el futuro de la región. Reducir la demanda de recursos, adoptar energías renovables, proteger los ecosistemas, garantizar el acceso al agua y fomentar la educación ambiental son pasos cruciales para un futuro sostenible.

La recolección y reutilización de aguas lluvias emerge como una estrategia fundamental para enfrentar los desafíos relacionados con la escasez de agua y el cambio climático. Ofrece un sinnúmero de beneficios ambientales y sociales que la convierten en una alternativa sostenible para la gestión del agua.

Al implementar sistemas de recolección y reutilización de agua, se contribuye a la conservación del agua potable, garantizando su disponibilidad para las generaciones futuras. Además, se reduce la huella de carbono asociada al tratamiento y distribución de agua potable, mitigando los efectos del cambio climático.

A nivel local, la reutilización y recolección de agua lluvia ayuda a aliviar la carga sobre los sistemas de drenaje, reduciendo el riesgo de inundaciones y mejorando la gestión del agua en las ciudades. Esta práctica también presenta ventajas económicas, pues disminuye los costos asociados al consumo de agua potable y alcantarillado. En cuanto a sus usos, el agua de lluvia, libre de químicos y minerales, es ideal para el riego de jardines, el lavado de autos, el inodoro y otras aplicaciones no potables. Su uso en estas actividades libera agua potable para consumo humano, optimizando este recurso vital.

En definitiva, la recolección y reutilización de aguas lluvias se presenta como una alternativa sostenible, viable y necesaria para un futuro más resiliente y sostenible. Su implementación a nivel individual e industrial representa un paso crucial hacia la gestión eficiente del agua, la protección del medio ambiente y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

Con base al tercer objetivo, una conclusión importante es la necesidad de identificar herramientas digitales que sean adecuadas para monitorear, gestionar y optimizar el proceso de recolección y reutilización de aguas lluvias en el Parque Industrial ZUMA P.H. Esto implica que las herramientas seleccionadas deben ser capaces de recopilar datos precisos sobre la cantidad de agua recolectada, así como también proporcionar funciones para gestionar eficientemente el sistema de recolección y reutilización.

Referencias Bibliográficas

Figura 1.

Hyper Nova (2021) Parque Industrial Zuma. *MAYA Grupo Inmobiliario*. Fotografía tomada de: <https://www.hypernova.com.co/portfolio/zuma-parque-industrial/>

Figura 2.

González, L. (2024, Abril 15) Tercer piso Bodega 57, espacio para recolección de agua potable. Fotografía de Archivo Personal.

Figura 3.

Bejarano, A. (2022). Bodega 57, arrendada a Electronic Systems JGP S.A.S. Fotografía de Archivo Personal.

Figura 4.

González, L. (2024, Abril 15) Tercer piso Bodega 57, espacio para recolección de agua potable. Fotografía de Archivo Personal.

Figura 5.

Bejarano, A. (2022). Bodega 57, arrendada a Electronic Systems JGP S.A.S. Fotografía de Archivo Personal.

Figura 6.

Chevalier (2023) países y ciudades capitales en Latinoamérica con mayor concentración de partículas. Statista. Fotografía tomada de: <https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/18721.jpeg>

Figura 7.

Burgueno (2023) índice de desempeño ambiental en América Latina. Statista. Fotografía tomada de: <https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/30869.jpeg>

Figura 8.

Chevalier (2024) Consumo de agua per cápita en países seleccionados de todo el mundo.

Statista. Fotografía tomada de:<https://cdn.statcdn.com/Infographic/images/normal/31832.jpeg>
Acciona. (2020, 05 20). *¿Qué es el Desarrollo Sostenible y los Objetivos Globales?* | ACCIONA. Acciona. Recuperado en: Abril 10, 2024, Tomado de:
https://www.acciona.com/es/desarrollo-sostenible/?_adin=02021864894

Agropinos. (2023, January 10). *Sistemas de recolección de agua lluvia*. Agropinos.
Recuperado en Abril 10, 2024, Tomado de: <https://www.agropinos.com/blog/como-aprovechar-las-aguas-lluvias>

Alcaldía de Bogotá. (2001, August 3). *Ley 675 de 2001 Congreso de la República de Colombia*. Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado en Abril 10, 2024, Tomado de: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4162>

Asociación española de desalación y reutilización. (2019, February 2). *¿Qué es la reutilización de agua?* AEDyR. Recuperado en Abril 10, 2024, Tomado de:
<https://aedyr.com/que-es-reutilizacion-agua/>

Butler, D. (n.d.). *Rainwater Harvesting: A Sustainable Approach*. Universidad de Exeter, Reino Unido.

CBP. (2021, November 10). *¿Qué es un Parque Industrial?, ¡Conócelos aquí!* Central Business Park. Recuperado en Abril 10, 2024, Tomado de: <https://cbpark.com.mx/que-es-un-parque-industrial/>

Editorial Etecé. (2020, 09 30). *Impacto Ambiental*. Concepto. Recuperado en Abril 10, 2024, Tomado de: <https://concepto.de/impacto-ambiental/>

Función Pública Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 - Gestor Normativo*. Función Pública. Recuperado en: Abril 10, 2024, Tomado de:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

George. (2020). *Tchobanoglous: Tchobanoglous*. Wastewater Engineering: Principles and Practice.

Gestión en recursos naturales. (2020, 03 14). *GESTIÓN AMBIENTAL / GRN*. Consultora ambiental. Recuperado en: Abril 10, 2024, Tomado de: <https://www.grn.cl/gestion-ambiental.html>

Gleick, P. (2017). *Water Policy and Sustainability*. Global Perspectives.

Hernandez Sampieri, R. (2014). *metodología de la investigación* (sexta ed.). Roberto Hernández Sampieri. Tomado de:
[file:///C:/Users/Invited/Downloads/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20%20Sampieri%20\(6ta%20edicion\).pdf](file:///C:/Users/Invited/Downloads/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20%20Sampieri%20(6ta%20edicion).pdf)

ICONTEC. (2005). *NTC 5381*. SCRIBD. Recuperado en: Abril 10, 2024, Tomado de: <https://www.scribd.com/document/435038961/NTC5381-pdf>

ICONTEC. (2023). *NTC 1500:2023 Instalaciones hidráulicas y sanitarias*. Tienda virtual ICONTEC. Recuperado en: Abril 10, 2024, Tomado de: <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-instalaciones-hidraulicas-y-sanitarias-ntc1500-2023.html>

Judd, S. (2019). *Advancements in Wastewater Treatment*. A Practical Approach.

LeChevallier, M. (2018). *LeChevallier*. Water Quality Monitoring and Management: Digital Tools and Applications.

Pérez, J. (2023, 08 14). *Propiedad horizontal - Qué es, definición y concepto*.

Definición.de. Recuperado en: Abril 10, 2024, Tomado de: [https://definicion.de/propiedad-](https://definicion.de/propiedad-horizontal/)

horizontal/ secretaria de bogota. (2021, 06 16). *La lluvia*. Secretaría de Cultura,

Recreación y Deporte. Recuperado en: Abril 10, 2024, Tomado de:

<https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiverciudad/la-lluvia>

White, S. (2022). *Integrated Water*. Integrated Water Management.

Caballero, A. (2023, October 30). Huella ecológica: definición, cálculo y reducción. Climate Selectra. Recuperado en: Abril 11, 2024, Tomado de: <https://climate.selectra.com/es/que-es/huella-ecologica>

Energy go. (2024, 01 15). Calidad ambiental: qué es y que factores influyen. Blog EnergyGO. Recuperado en: Abril 11, 2024, Tomado de: <https://blog.energygo.es/glosario/definicion-calidad-ambiental/>

Editorial Etecé. (2021, 07 16). Recursos Hídricos. Concepto. Recuperado en: Abril 11, 2024, Tomado de: <https://concepto.de/recursos-hidricos/>

Grupoguard. (2023, March 31). Herramientas digitales: qué son y por qué son importantes. Grupo GEARD. Recuperado en: Abril 11, 2024, Tomado de: <https://grupoguard.com/pe/blog/educacion/herramientas-digitales-importantes/>

Iagua. (2016, May 6). ¿Qué es la Huella Hídrica? ¿Para qué sirve? iAgua. Recuperado en: Abril 11, 2024, Tomado de: <https://www.iagua.es/noticias/espana/aquafides/16/04/28/que-es-huella-hidricapara-que-sirve>

Castiblanco, C. (2020, June 4). Qué son prácticas sostenibles y su relación con el cambio climático. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en: Abril 11, 2024, Tomado de: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/que-son-practicas-sostenibles-y-su-relacion-con-el-cambio-climatico.gov.co>. (2022). Agua Lluvia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/agua-lluvia/>

Corpoguajira. (2019, March 20). el agua, un verdadero desafío. Corpoguajira. Recuperado en: Abril 26, 2024, Tomado de: <https://corpoguajira.gov.co/wp/el-agua-un-verdadero-desafio/Hidropubliales>. (2020, June 16). *reutilizacion del agua de lluvia*.

Soluciones Hidropluviales. Recuperado en: Abril 26, 2024, Tomado de:
<https://hidropluviales.com/2020/06/16/reutilizacion-del-agua-de-lluvia/>

Correa, G. (2019, 05 10). *1 importancia de incluir las aguas lluvias como abastecimiento de redes hidrosanitarias, en las normas y documentos de estudio Y*. Colegio Mayor de Antioquia. Recuperado en: Abril 26, 2024, Tomado de: https://www.colmayor.edu.co/wp-content/uploads/2019/10/315_gustavo_correaaguas_lluvia.pdf

Melendez. (2020, 08 10). *Por qué y para qué deberías recolectar agua de lluvia en tu vivienda*. Constructora Meléndez. Recuperado en: Abril 26, 2024, Tomado de:
<https://constructoramelendez.com/blog/recolectar-agua-lluvia/>

El Tiempo. (2017, November 9). YouTube: Home. Recuperado en: Abril 26, 2024, Tomado de: <https://www.eltiempo.com/justicia/servicios/temporada-de-lluvias-cual-es-la-mejor-manera-de-recolecta>

Rotoplas. (2021, August 13). *¿Para qué sirve la recolección de agua de lluvia?* Rotoplas. Recuperado en: Abril 26, 2024, Tomado de: <https://rotoplas.com.mx/para-que-sirve-la-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>

Rotoplas. (2021, 05 15). *6 beneficios de recoger agua de lluvia*. Rotoplas Centroamérica. Recuperado en: Abril 27, 2024, Tomado de: <https://rotoplascentroamerica.com/6-beneficios-de-recoger-agua-de-lluvia/>

Paley, M. (2023, May 19). *La OMS alerta sobre el impacto de la contaminación atmosférica en la salud*. National Geographic. Recuperado en: May 3, 2024, Tomado de: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2023/05/la-oms-alerta-sobre-el-impacto-de-la-contaminacion-atmosferica-en-la-salud>

Naciones Unidas. (2023, 07 14). *Datos y cifras / Naciones Unidas*. the United Nations.
Recuperado en: May 3, 2024, Tomado de: <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>

Statista. (2024, January 4). *El medio ambiente en Latinoamérica- Datos estadísticos*.
Statista. Recuperado en: May 3, 2024, Tomado de: <https://es.statista.com/temas/9525/el-medio-ambiente-en-america-latina/#topicOverview>

GOV.CO. (2019, 01 21). *Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia*.
Instituto Nacional de Salud. Recuperado en: May 3, 2024, Tomado de:
<https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx>

Chevalier, S. (2023, March 15). *Infografía: ¿Dónde en América Latina está el aire más contaminado?* Statista. Recuperado en: May 3, 2024, Tomado de:
<https://es.statista.com/grafico/18721/paises-y-ciudades-capitales-con-mayor-contaminacion-del-aire-en-latinoamerica/>

Ovalle, M. (2018, June 5). *14 impactantes cifras sobre el deterioro del medio ambiente*.
Ladera Sur. Recuperado en: May 3, 2024, Tomado de: <https://laderasur.com/articulo/14-impactantes-cifras-sobre-el-deterioro-del-medio-ambiente/>

Chevalier, S. (2024, March 1). *Infografía: ¿Cuánta agua se consume en el mundo?*

Statista. Recuperado en: May 3, 2024, Tomado de:
<https://es.statista.com/grafico/31832/consumo-anual-de-agua-per-capita-en-paises-seleccionados-de-todo-el-mundo/>