

**Informe Técnico Resultado de Investigación**

**Diseño de un sistema de recolección y aprovechamiento de agua lluvia en Cajicá**

Elaborado por:

Aura Marlenny Quiroga Caro

Mónica Andrea Orozco Correa

Nathaly Lavado Cárdenas

Universidad Ean

Especialización Gerencia de Proyectos

Seminario de Investigación de Posgrado

Bogotá

Noviembre/2025

## Resumen

La escasez de agua se ha consolidado como uno de los principales desafíos, afectando de manera más severa a las zonas rurales y periurbanas, donde la disponibilidad del recurso hídrico y la infraestructura asociada son limitadas. En el caso del municipio de Cajicá, en el departamento de Cundinamarca (Colombia), esta problemática se ha hecho cada vez más evidente. El acelerado crecimiento poblacional de la última década ha incrementado la demanda de agua potable, a ello se suma la disminución en la calidad del agua debido a la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas. El presente proyecto propone el diseño de un sistema de captación de agua lluvia, asimismo, se aplica una encuesta estructurada a varios hogares con el fin de evaluar la percepción, aceptación e interés de la comunidad en adoptar este tipo de sistemas, contribuyendo a la gestión sostenible del agua.

*Palabras clave: Recurso hídrico, recolección agua lluvia, agua potable, sostenibilidad, crecimiento de la población.*

## Planteamiento del Problema

### La crisis hídrica y la búsqueda de soluciones proactivas en Cajicá

El municipio de Cajicá enfrenta una situación crítica en su servicio de agua potable, un problema con raíces profundas y una evolución preocupante. La causa principal de esta problemática es el crecimiento urbano acelerado y descontrolado. La alta demanda de proyectos de vivienda que se viene gestionando en el casco urbano, impulsados por las constructoras, ha generado una alta demanda en la infraestructura hídrica local. Este crecimiento poblacional ha superado con creces las proyecciones iniciales, alcanzando e incluso superando hoy en día el número de habitantes proyectado para el año 2032 (DANE, 2024).

La ausencia de una visión integrada en la planificación urbana, desvinculada de la capacidad real de los servicios públicos, ha propiciado un desequilibrio estructural. Comprender esta dinámica es esencial, puesto que el bienestar socioeconómico de la comunidad, así como la sostenibilidad de la estructura productiva de Cajicá, dependen directamente de la gestión armónica y suficiente del recurso hídrico, un factor determinante para el desarrollo local. (Plan de Desarrollo Municipal “Cajicá”)

Por lo tanto, la dependencia del municipio de la Empresa de Acueducto de Bogotá (EAAB) para su suministro de agua potable agrava aún más la situación, ya que cualquier interrupción en la fuente externa afecta de manera inmediata a los residentes. La intermitencia del servicio, combinada con la presión demográfica, ha convertido el acceso al líquido vital en una fuente constante de conflicto social y desconfianza institucional. (2023, 14 de abril). Crisis del agua en Cajicá.

Los síntomas de esta crisis estructural son evidentes para la población, por el racionamiento y cortes de servicio frecuentes que han afectado la vida diaria de los habitantes, a veces sin previo aviso (Alcaldía de Cajicá, 2024; El Observador, 2022; EPC, s.f., Comunicado EAAB), así como una persistente baja calidad y presión del agua. En consecuencia, el agua distribuida ha presentado problemas de turbiedad y bajo flujo, generando quejas y riesgos latentes para la salud pública (Alcaldía de Cajicá, 2025; EPC, s.f., Plan de Crisis; Mesa & Muñoz, 2023). Además, se identifica una infraestructura obsoleta e insuficiente. La red de acueducto presenta una antigüedad que resulta en un alto índice de pérdidas por fugas, una realidad reconocida por la propia Empresa de Servicios Públicos (EPC, 2023). A pesar de los esfuerzos por modernizarla, como la construcción de una mega obra para almacenamiento, la presión del crecimiento sigue siendo mayor (EPC - Empresas Públicas de Cundinamarca, 2025; Gobernación de Cundinamarca, 2025).

### ***Justificación del Problema y Propuesta de Solución.***

La crisis hídrica en Cajicá no es un evento aislado, sino que se enmarca en un contexto más amplio de escasez de recursos hídricos a nivel nacional y global (IDEAM, 2020; Organización de las Naciones Unidas, 2021). La gestión del agua en Colombia se rige por políticas nacionales que buscan la sostenibilidad y el uso eficiente (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2022). Sin embargo, la brecha entre la política y la aplicación local es evidente en Cajicá. La inacción o la respuesta tardía a este desafío ambiental y social compromete el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 6 sobre agua limpia y saneamiento.

Para mitigar este sombrío pronóstico, es imperativo implementar un control pronóstico que vaya más allá de las medidas paliativas actuales, como la prohibición del uso de agua potable para actividades no esenciales, tales como lavar vehículos, aseo de pisos y patios, o regar jardines. Si bien las autoridades municipales y la Empresa de Servicios Públicos de Cajicá (EPC) han tomado medidas importantes, como la construcción de un tanque de compensación de 10,000 m<sup>3</sup> y una estación de bombeo para garantizar un suministro continuo en emergencias, estas soluciones son a menudo de carácter reactivo (EPC - Empresas Públicas de Cundinamarca, 2025; Gobernación de Cundinamarca, 2025).

La falta de una estrategia preventiva integral se traduce no solo en incomodidad, sino en una significativa carga económica y de salud para los residentes. El costo de adquirir agua potable a través de carrotanques o botellones se convierte en un impuesto invisible que afecta desproporcionadamente a los hogares de menores ingresos. Además, la intermitencia del servicio compromete la higiene y la salud pública. Se requiere, por tanto, un modelo de gestión proactivo que integre la tecnología y la participación comunitaria para abordar el problema de raíz (Flórez et al., 2019; Monzón-Reyes et al., 2025).

Una posible solución, enmarcada en el ámbito de la investigación aplicada, es el desarrollo y la implementación de un modelo de gestión sostenible que incorpore la instalación

de sistemas de recolección de aguas lluvias a nivel domiciliario (Belachger-El Attar et al., 2025;

Hincapié et al., 2025; Pérez-Sánchez et al., 2024). Este modelo no solo aliviaría la presión sobre el acueducto municipal, sino que también generaría beneficios económicos tangibles para los hogares al reducir su consumo de agua potable para fines no esenciales. Este tipo de solución, de carácter replicable y escalable, podría servir como referente para otros municipios que enfrentan desafíos similares de gestión de recursos hídricos en entornos urbanos de rápido crecimiento poblacional. Es crucial notar que la implementación de estas soluciones a nivel comunitario fomenta la autosuficiencia hídrica y reduce la vulnerabilidad ante choques climáticos externos, como el fenómeno de El Niño. Este enfoque metodológico no solo tiene un valor práctico, sino que también posee un valor teórico significativo, al contribuir a la literatura académica sobre la gestión sostenible del agua en entornos urbanos, enriqueciendo los conocimientos existentes.

En este contexto, la investigación se justifica en la necesidad de proponer soluciones sostenibles que mitiguen la escasez de agua, reduzcan la presión sobre el acueducto y promuevan la autogestión del recurso hídrico. La captación de agua lluvia constituye una alternativa técnica y ambientalmente viable que favorece la economía doméstica. Esta investigación se centrará en la siguiente pregunta, que resume la esencia del problema y la solución propuesta: ¿En qué medida la recolección de agua lluvia para usos no potables en viviendas de Cajicá reduce la presión sobre el acueducto y beneficia económicamente a los hogares?

## **Objetivo general**

### **Objetivo general**

Diseñar un sistema de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, que contribuya a la reducción del consumo de agua potable en hogares urbanos y rurales del municipio de Cajicá.

## Objetivos específicos

1. Identificar los componentes técnicos (materiales, diseños y capacidad de almacenamiento) requeridos para diseñar un sistema de recolección de agua lluvia en viviendas de conjuntos residenciales en Cajicá.
2. Analizar la percepción comunitaria y las principales barreras (económicas, sociales, culturales y espaciales) que enfrentan las familias del municipio de Cajicá para adoptar sistemas de recolección de agua lluvia.
3. Examinar el impacto económico y ambiental de la implementación de estos sistemas en la reducción del consumo de agua potable y en la sostenibilidad hídrica del municipio.

## Justificación

Considerando el impacto que se presenta en el municipio de Cajicá respecto al aumento de la escasez de agua, con relación al crecimiento acelerado de la población, generando sobre carga en la infraestructura hídrica existente, comprometiendo la capacidad del acueducto y las fuentes de abastecimiento externas, se plantea como alternativa viable y sostenible, la implementación de un sistema que permite la recolección del agua lluvia, por lo tanto, la investigación es respaldada por los siguientes criterios:

**Conveniencia**, se ofrece una propuesta dando respuesta a la crisis que afecta la calidad de vida de los habitantes, donde la implementación de un sistema, complementaria el abastecimiento hídrico, inclusión de un proyecto de sostenibilidad y alineación con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con el numeral 6 - Agua Limpia y Saneamiento.

**Relevancia social**, el derecho y acceso al recurso hídrico, siendo una necesidad básica para la comunidad, compromete a las viviendas tradicionales y a las urbanizaciones en su consumo. La recolección del agua lluvia ofrece una alternativa, llamativa para los habitantes, ofreciendo innovación, accesibilidad y cambios positivos en el acceso al recurso.

**Implicaciones prácticas,** la investigación tiene un alcance inmediato que permite a la comunidad tener un menor consumo del agua potable para ser utilizada en actividades no esenciales para el consumo, como son el lavado de vehículos, aseo doméstico, riego de plantas, conllevando a tener una disminución de la utilización del acueducto municipal, generando ahorros económicos en el servicio, además que fortalece y atiende la demanda hídrica que se presenta.

**Valor teórico,** el estudio enriquece el análisis y conocimiento en temas académicos sobre la gestión y sostenibilidad del recurso hídrico, incorporando al ámbito colombiano temas internacionales como lo son la Unesco, de esta manera se fortalece los conceptos, sobre el crecimiento poblacional, su relación y consumo, además del marco de la sostenibilidad.

**Utilidad metodológica,** el proyecto plantea en la investigación, la implementación de un sistema sostenible y aplicable en cualquier otro lugar o municipio donde se presente una problemática similar que, en Cajicá, además el enfoque interdisciplinario que asegura resultados, integra las bases técnicas, sociales, económicas y ambientales que dan paso en diseñar políticas públicas.

Este trabajo responde a los lineamientos institucionales bajo la gestión ambiental y recursos hídricos, orientados al campo de la investigación en desarrollo sostenible y gestión ambiental, en la línea de ingeniería ambiental y gestión hídrica de la Universidad, orientando hacia soluciones sostenibles con impacto social en contexto de rápido crecimiento poblacional.

### **Marco Teórico**

La gestión sostenible del recurso hídrico se ha consolidado como uno de los principales retos del siglo XXI, particularmente en contextos rurales y urbanos con creciente presión demográfica, efectos del cambio climático y limitaciones en infraestructura. Garantizar el acceso universal al agua potable y promover el reúso de aguas residuales constituyen metas fundamentales alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS 6:

Agua limpia y saneamiento. En este marco, los sistemas de recolección y uso de aguas lluvias representan alternativas sostenibles para reducir el consumo de agua potable en actividades domésticas no relacionadas con el consumo humano directo.

En áreas rurales con baja cobertura de acueducto, los sistemas descentralizados han demostrado ser una alternativa eficaz y sostenible. Experiencias en Colombia y México evidencian la utilidad de tecnologías como la desinfección con luz UVC, que reduce la turbidez y la presencia de *E. coli* dentro de los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud (Hincapié et al., 2025). No obstante, la sostenibilidad de estos sistemas depende de la apropiación comunitaria, el mantenimiento periódico y el acceso a mecanismos de financiamiento.

El manejo de aguas residuales en zonas rurales ha avanzado desde enfoques basados en la naturaleza hasta procesos tecnológicos más complejos. Los humedales artificiales destacan por su bajo costo, facilidad de replicación y efectividad en la eliminación de contaminantes, siempre que exista una participación comunitaria activa (Monzón-Reyes et al., 2025; Pérez-Sánchez et al., 2024). Paralelamente, procesos innovadores como el solar cloro-foto-Fenton (SCPF) han demostrado eficacia en la eliminación de microcontaminantes y patógenos, con viabilidad para el reúso agrícola (Flórez et al., 2019; Belachqer-El Attar et al., 2025).

El uso residencial del agua representa el sector con menor consumo a nivel mundial (12%), en comparación con la agricultura (69%) y la industria (19%) (FAO, 2014). Sin embargo, este sector se perfila como uno de los más receptivos a la introducción de innovaciones en la gestión hídrica. La captación y almacenamiento de agua lluvia (SCALL) se ha consolidado como una estrategia sostenible para diversificar el abastecimiento hídrico y reducir la presión sobre las fuentes convencionales. En Colombia, se ha demostrado su factibilidad técnica, económica y sus beneficios ambientales (Balcarcel Gómez, 2023).

Investigaciones desarrolladas en Brasil y Colombia han identificado que estos sistemas pueden ser económicamente rentables, con periodos de retorno entre 5 y 8 años, dependiendo de factores tarifarios, regulatorios y del nivel de precipitación (Borgert & Ghisi, 2024; Oviedo-Ocaña et al., 2018). En el caso colombiano, los estudios de Oviedo-Ocaña et al. (2018) y Gómez-Monsalve et al. (2022) aportan evidencia relevante sobre la viabilidad técnica y ambiental de sistemas híbridos que combinan la captación de agua lluvia con el reúso de aguas grises en viviendas de alto consumo.

Sistemas híbridos: integración de la captación de agua lluvia y el reúso de aguas grises. El estudio de Gómez-Monsalve et al. (2022) constituye un referente clave en la evaluación ambiental de sistemas híbridos de gestión hídrica en el contexto colombiano. Este trabajo analizó, mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (LCA, por sus siglas en inglés), el desempeño ambiental de un sistema híbrido que integra la captación de aguas lluvias (RWHS) y el reúso de aguas grises (GWRS) en una vivienda unifamiliar de alto consumo ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga.

Los resultados evidenciaron que el sistema híbrido permite un ahorro aproximado de 131 m<sup>3</sup>/año de agua potable, lo que representa el 42,5% del consumo total de la vivienda, y una reducción del 20% en los vertimientos al sistema de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, el análisis de 13 categorías de impacto ambiental mostró que el sistema híbrido presenta un mejor desempeño en 12 de ellas frente al sistema centralizado, lo que confirma su contribución a la mitigación de impactos como el cambio climático, la eutrofización y la toxicidad acuática.

Estos hallazgos corroboran que la adopción de sistemas descentralizados en entornos urbanos o periurbanos puede reducir significativamente la huella ambiental del ciclo del agua, al disminuir la demanda de agua tratada en plantas centralizadas y los volúmenes de aguas residuales generadas (Gómez-Monsalve et al., 2022). Además, el estudio destacó que la fase operativa de los sistemas híbridos es la que genera mayor impacto ambiental, lo que resalta la

importancia de promover diseños energéticamente eficientes y de optimizar las operaciones de bombeo y tratamiento.

Desde la perspectiva social y económica, Oviedo-Ocaña et al. (2018) complementan esta visión al evidenciar que la disposición de los usuarios a invertir y mantener sistemas híbridos depende de factores como la percepción de beneficios ambientales, el costo inicial y el grado de sensibilización frente al uso eficiente del agua. En conjunto, estos estudios refuerzan la idea de que la gestión descentralizada del recurso hídrico es una estrategia viable y ambientalmente favorable, siempre que se acompañe de políticas públicas que incentiven su adopción y de marcos regulatorios que faciliten su implementación a escala local.

Reúso de aguas grises y gestión integral del recurso hídrico. El reúso de aguas grises representa una alternativa complementaria a la captación de agua lluvia para disminuir la presión sobre fuentes superficiales y subterráneas. Estudios en Chile muestran que la disposición a pagar por la implementación de estos sistemas varía según el tipo de vivienda y las condiciones de escasez (Melo & Molinos-Senante, 2025). En Europa, se promueve bajo el principio de las “5R” (reducir, reparar, reutilizar, reciclar y recurrir a fuentes alternativas), destacando su potencial en usos no potables como el riego, la limpieza y la descarga sanitaria (Rodríguez Pimental & Silva, 2025).

En entornos urbanos densamente poblados, los sistemas descentralizados de infraestructura hídrica verde (DGWIS) integran la captación de aguas lluvias, el reúso de aguas grises y el uso de energías renovables, fortaleciendo la resiliencia urbana y reduciendo la dependencia de sistemas centralizados (Lee et al., 2022). Ejemplos en Suiza y Austria muestran que los modelos de autosuficiencia hídrica son viables cuando se apoyan en marcos regulatorios favorables y tecnologías de bajo consumo energético (Vobruba et al., 2025; Buehler et al., 2025).

El municipio de Cajicá, en Cundinamarca, ilustra las consecuencias de una planificación hídrica deficiente. El rápido crecimiento urbano, la dependencia del Acueducto de Bogotá y los

retrasos en la implementación del Plan Maestro de Acueducto han generado crisis recurrentes que obligan al racionamiento y al uso de carrotanques). Aunque se han impulsado proyectos como la construcción de tanques de almacenamiento, persiste la incertidumbre frente al desarrollo urbanístico y la sostenibilidad del abastecimiento (Sistema de Abastecimiento Cajicá, 2025).

En este contexto, los sistemas de captación de agua lluvia y reúso de aguas grises, especialmente bajo esquemas híbridos, surgen como una alternativa viable para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico, reducir la dependencia del suministro externo y fortalecer la gestión local del agua. El caso de Bucaramanga documentado por Gómez-Monsalve et al. (2022) demuestra que este tipo de soluciones puede ser replicable en otros municipios con condiciones similares, siempre que se adapten a las características climáticas, sociales y económicas del territorio.

La literatura converge en que la sostenibilidad hídrica requiere un enfoque integral que articule innovación tecnológica, participación social, financiamiento y gobernanza sólida. Las soluciones descentralizadas —como la potabilización doméstica, la captación de agua lluvia, el reúso de aguas grises y los sistemas híbridos— constituyen estrategias fundamentales tanto en contextos rurales como urbanos. El caso de Cajicá resalta que, sin planificación integral y políticas públicas coherentes, incluso territorios con acceso a fuentes externas pueden enfrentar crisis severas de abastecimiento.

Basado en estas evidencias, la presente investigación busca evaluar el interés y la viabilidad de diseñar sistemas de captación y almacenamiento de agua lluvia en los hogares de Cajicá, integrando la perspectiva ambiental y socioeconómica.

## **Metodología**

### **Primer nivel**

#### ***Enfoque, alcance y diseño de la investigación***

Esta investigación, tendrá una dirección cuantitativa, ya que la viabilidad y factibilidad del proyecto son enfocados en la recolección y el análisis de los datos numéricos, y se plantea efectuarlo por medio de una encuesta estructurada, para medir y describir con objetividad los comportamientos y percepciones de los residentes del conjunto, frente al uso y aprovechamiento de aguas lluvias como una estrategia para reducir el consumo de agua potable, y que permite cuantificar el ahorro, la inversión requerida y la disposición a invertir. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el empleo de instrumentos estandarizados y la utilización de la estadística descriptiva e inferencial para el tratamiento de los datos.

El alcance de la presente investigación se define como descriptivo-correlacional. Esta aproximación metodológica es pertinente, en virtud del objeto del estudio.

Es descriptivo ya que permite medir y caracterizar las variables sociodemográficas, ambientales, económicas y técnicas de los participantes, en relación con el aprovechamiento de aguas lluvias. Y correlacional porque este componente es diseñado para establecer y medir la relación o asociación entre variables previamente como las descritas. Esto incluye la exploración de interconexiones clave, tales como la disposición de los participantes en función de la inversión requerida; la correlación entre el nivel de conocimiento y la percepción de viabilidad del sistema o la asociación entre el costo proyectado del sistema y la disposición de la inversión de los hogares. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

### ***Diseño de Investigación: No experimental y transversal***

El diseño de esta investigación es no experimental (observacional) y transversal (de corte único). En la No experimental (Observacional), la investigación se llevará a cabo sin manipular intencionalmente las variables de estudio, las cuales serán observadas y medidas en su entorno natural, específicamente entre los residentes del conjunto residencial.

La encuesta se diseñará para capturar información existente (como percepciones, conocimiento, actitudes e infraestructura) sin influir en ellas. Transversal (De Corte Único) la

recolección de la información se realizará en un único momento temporal (Creswell & Creswell, 2021).

El estudio proporcionará una "fotografía" general de la situación del conjunto residencial del estudio relacionado con el aprovechamiento de aguas lluvias de uso no potable. Además, implicación para la encuesta: Se aplicará una sola vez a la muestra. Los resultados reflejarán las percepciones y condiciones en el momento exacto de la aplicación (Creswell & Creswell, 2021).

### ***Definición de Variables***

Las variables clave de este estudio, enfocadas en la viabilidad y percepción del sistema de recolección de aguas lluvias para uso no potable en conjuntos residenciales (Condómino Campestre en Cajicá), fueron estructuradas meticulosamente. Estas se definen a partir de las dimensiones abordadas para el cuestionario de la encuesta, en donde se agrupan en cinco categorías esenciales: factores demográficos, ambientales, sociales, económicos y técnicos.

La rigurosidad metodológica requiere que cada variable se definiera tanto conceptual como operacionalmente, fundamentándose en las teorías inherentes a la gestión ambiental y la sostenibilidad del recurso hídrico. Organización Mundial del Agua. (2021).

#### **Definición conceptual.**

Factores demográficos: Son un conjunto de características personales y sociales, que describen la estructura y la dinámica de una población humana, el cual incluye medidas como la edad, el género, nivel de formación académica y rol en la vivienda. Estas variables permiten contextualizar la población y analizar las diferencias en la percepción ambiental. (INEGI, 2020).

Factores ambientales: En esta investigación se definen como variables ecológicas y de comportamiento social, relacionadas con el tema hídrico

- Condiciones del recurso: La frecuencia percibida de la escasez de agua.
- Conciencia y actitud: El interés de los residentes por la conservación del recurso.

- **Gestión Alternativa:** El conocimiento y la percepción de tienen los usuarios respecto al aprovechamiento del agua lluvia.

En conjunto, estos aspectos están básicamente ligados a la sostenibilidad y promueven una gestión responsable del recurso hídrico (Organización Mundial del Agua, 2021).

**Factores sociales:** Se definen como los elementos de la dinámica comunitaria y conductual que influyen en la viabilidad de la gestión del recurso hídrico. Estos se centran en:

- **Aceptación y Actitud:** La disposición y el grado de aceptación de los residentes hacia la implementación de sistemas de captación de aguas lluvias (Blanchard & Gigliotti, 2014).
- **Percepción del Impacto:** La valoración que tiene la comunidad sobre el potencial del sistema para mejorar la calidad de vida (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2008).

Estos factores son esenciales para determinar la adopción y la sostenibilidad comunitaria de las estrategias de aprovechamiento del agua (Blanchard & Gigliotti, 2014; U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2008).

**Factores económicos:** Están orientados a evaluar la viabilidad financiera de implementar sistemas de captación de aguas lluvias en el ámbito doméstico. El análisis se fundamenta en la medición de dos variables críticas:

- **Disposición a Invertir:** Se refiere a la voluntad y capacidad económica de los hogares para asumir la inversión inicial requerida para la instalación del sistema de captación.
- **Percepción de Retorno (Rentabilidad):** Consiste en la valoración que hacen los usuarios tanto de la rentabilidad económica a largo plazo (el ahorro potencial en el consumo de agua) como del impacto de los incentivos gubernamentales

(subvenciones o exenciones fiscales) en la decisión de adoptar esta tecnología (Doménech & Saurí, 2011; Hernández, 2016).

Factores técnicos: se orientan a la evaluación de la viabilidad física y operativa para implementar sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias a nivel residencial.

Por lo tanto, estos se concentran en la infraestructura existente y las condiciones requeridas para la recolección de aguas lluvias:

- Infraestructura de Captación: La presencia de elementos esenciales como canaletas y bajantes en las edificaciones.
- Viabilidad Física: La existencia de espacio físico adecuado para la instalación de los componentes del sistema (almacenamiento y tratamiento).
- Operatividad: La simplicidad o complejidad del mantenimiento requerido para garantizar la funcionalidad y calidad del agua del sistema (López et al., 2020; Soria Pugo et al., 2025).

**Tabla 1**

*Definición de variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Diseño de un sistema para aprovechamiento y uso de agua lluvia en actividades domésticas y costo del sistema	Conjunto de componentes técnicos, estructurales y financieros destinados a recolectar, almacenar y utilizar agua lluvia en actividades no potables.	Evaluación de materiales, capacidad, viabilidad técnica y costo estimado del sistema.	Diseño, materiales, costo total, facilidad de mantenimiento.
Escasez de agua	Disponibilidad limitada del recurso hídrico para uso doméstico.	Percepción de frecuencia de racionamiento.	Frecuencia de cortes, calidad del agua, tiempo de suministro.

Volumen de agua	Cantidad de agua recolectada o disponible para uso doméstico.	Medición estimada de litros recolectados o almacenados.	Litros por mes, capacidad de tanque.
Aprovechamiento del agua lluvia	Uso racional del agua lluvia para suplir actividades domésticas no potables.	Porcentaje de sustitución del consumo de agua potable por agua lluvia.	Porcentaje de uso, ahorro mensual.
Uso de agua lluvia	Frecuencia y tipo de actividades domésticas que emplean agua lluvia.	Identificación de prácticas de uso en hogares.	Limpieza, riego, lavado de vehículos.

*Fuente:* elaboración propia

### **Definición operacional.**

Es el proceso metodológico fundamental que consiste en especificar las actividades o procedimientos exactos que se deben seguir para medir o manipular una variable teórica, haciéndola empíricamente observable y cuantificable (Sampieri et al., 2018).

En esencia, transforma un concepto abstracto (como el "interés de conservación") en un indicador concreto (como un puntaje en una escala Likert) que puede ser medido de manera objetiva dentro de la investigación.

Para operacionalizar la presente investigación, se ha diseñado un instrumento de encuesta estructurado para medir las variables que influyen en la adopción de sistemas de captación de aguas lluvias en entornos residenciales.

Este proceso de diseño metodológico se fundamenta en la necesidad de transformar conceptos teóricos en mediciones concretas y observables (Hernández Sampieri et al., 2018).

El instrumento de recolección de datos consta de 21 preguntas. De estas, 20 ítems están diseñados para medir las variables de interés, y se incluye una pregunta inicial de consentimiento o aceptación que condiciona la continuidad del formulario. Las preguntas se encuentran agrupadas en las siguientes dimensiones operativas:

1. Factores Demográficos: Estas variables se utilizan para describir la muestra de la población encuestada y entender las características de los participantes. (Hernández Sampieri et al., 2018)
2. Factores Ambientales: Estas variables buscan evaluar la interacción directa del encuestado con el recurso hídrico. (UNESCO, 2020)
3. Factores Sociales: Estas variables miden las actitudes, el conocimiento, el nivel de preocupación social de la comunidad ante los problemas hídricos y aceptación de soluciones. Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2020)
4. Factores Económico: Estas variables analizan el impacto del recurso hídrico asociado en la economía de los hogares. (Vargas & Jiménez, 2021)
5. Factores Técnicos: Estas variables analizan el impacto financiero del recurso hídrico asociado en la economía de los hogares. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MinAmbiente], 2022)

## Tabla 2

### *Dimensión de las variables utilizadas en la encuesta*

Variable	Dimensión	Indicador o ítem medido	Escala
Factores demográficos	Género, edad, educación, rol	Preguntas 2 a 5	Nominal / Ordinal
Factores ambientales	Frecuencia de escasez, interés de conservación, usos del agua lluvia	Preguntas 6 a 9	Ordinal tipo Likert
Factores sociales	Familiaridad, aceptación, percepción de calidad de vida, viabilidad del sistema	Preguntas 10 a 13	Ordinal tipo Likert
Factores económicos	Disposición a invertir, rentabilidad, incentivos y retorno	Preguntas 14 a 17	Ordinal tipo Likert

Factores técnicos	Condiciones físicas e infraestructura	Preguntas 18 a 21	Nominal / Ordinal
-------------------	---------------------------------------	-------------------	-------------------

Nota: Conjunto de variables obtenidas en la encuesta llevada a cabo a los residentes de conjunto. *Fuente:* elaboración propia

El análisis de las variables se efectuó a través de la estadística descriptiva, utilizando el conteo de frecuencias y la obtención de porcentajes para cada categoría de respuesta. Este procedimiento permitió identificar las tendencias predominantes en las percepciones de los participantes y sentar las bases para la exploración de posibles correlaciones entre las dimensiones operativas planteadas.

## **Población y Muestra**

### ***Determinación del Tamaño de la Muestra (Población Finita).***

Para garantizar la validez estadística y la representatividad del estudio de Viabilidad y Factibilidad para la Implementación de un Sistema de Recolección de Aguas Lluvias en Cajicá, se procedió a determinar el tamaño de muestra requerido. Ante la ausencia de una referencia específica de un estudio previo, se consultaron fuentes bibliográficas especializadas en estadística aplicada para efectuar el cálculo.

La población objeto de estudio, definida por el total de viviendas en el Conjunto Residencial, es una población finita 140 casas es decir esta es la población conocida y pequeña y la llamaremos (N)

#### Parámetros y Aplicación de la Fórmula

La cantidad mínima de encuestas se calcula utilizando la fórmula para el tamaño de muestra de proporciones en poblaciones finitas (Wayne W. Daniel, 2018):

Parámetros:

1. Nivel de confianza = (Z)

95% ( Z = 1.96) o 99% (Z= 2.58

2. Margen de error o error máximo aceptable (e):

5% ( $e = 0.05$ )

3. Varianza de la población (p y q)

a. P: Proporción de viviendas que dirán "sí" a una pregunta

b. q:  $1 - p$

c. Si no se conoce la proporción, se utiliza la máxima varianza

i.  $P = 0.5$

ii.  $q = 0.5$

Fórmula de tamaño de muestra para proporciones en Población finita:

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

Parámetros:

Población (N): 140 Viviendas

Nivel de confianza: 95% ( $Z = 1.96$ )

Margen de error: 5% ( $e = 0.05$ )

Máxima varianza:  $p = 0.5$

$q = 0.5$

Entonces:

$$n = \frac{140 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(140 - 1) \cdot (0.05)^2 + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{140 \cdot 3.8416 \cdot 0.25}{139 \cdot 0.0025 + 3.8416 \cdot 0.25}$$

$$n = \frac{134.456}{0.3475 + 0.9604}$$

$$n = \frac{134.456}{1.3079} \approx 102.8$$

Representatividad Estadística (Muestra)

El número 104 es el tamaño de la muestra óptima (n) requerido. Indica que, aunque solo encueste a 104 de las 140 viviendas (el 74.3% de la población), las conclusiones que obtenga de estas 104 respuestas serán válidas y podrán extrapolarse a la totalidad de las 140 viviendas.

#### **Nivel de Confianza (95%).**

Significa que, si usted repitiera la misma encuesta y el mismo proceso de muestreo 100 veces, 95 de esas 100 veces los resultados obtenidos en la muestra (n=103) reflejarían con precisión el verdadero sentir u opinión de la población total (N=140). (Lind et al., 2020)."

#### **Margen de Error ( $\pm 5\%$ ).**

Este es el margen de inexactitud que usted está dispuesto a tolerar. Si, por ejemplo, el 70% de las 104 personas encuestadas está a favor de una medida, el valor real en toda la población de 140 viviendas estará entre:  $70\% \pm 5\%$

Es decir, el porcentaje real de aprobación en el conjunto se encontrará entre el 65% y el 75%. (Lind et al., 2020)."

#### **Conclusión de la cantidad de encuestas.**

El resultado del cálculo lanzó un valor de aprox 102.8. Por lo tanto, se establece un mínimo de 103 encuestas para que los datos recolectados sean estadísticamente representativos del universo de 140 viviendas, operando bajo un 95% de nivel de confianza y un margen de error del 5%. Este dato valida la meta de aplicación para obtener el resultado estadísticamente de las 140 viviendas del conjunto residencial (Condominio campestre en Cajicá)

La población objetivo de este estudio estuvo conformada por habitantes de conjunto Residencial (condominio campestre en Cajicá,) los cuales manifestaron un interés explícito en implementar o apoyar estrategias sostenibles para mejorar la eficiencia en el uso del agua lluvia en sus viviendas. Se asumió una población heterogénea en variables clave como edad,

nivel educativo y rol dentro del hogar, lo que justifica la necesidad de una caracterización demográfica detallada (Hernández Sampieri et al., 2018).

### **Diseño y Determinación de la Muestra.**

El tamaño final de la muestra fue de 104 participantes. Para la selección, se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Este método se eligió debido a que los encuestados fueron aquellos que accedieron voluntariamente a diligenciar el cuestionario digital.

Este tipo de muestreo es particularmente útil en investigaciones aplicadas o exploratorias, como la presente, donde el objetivo principal es obtener una aproximación diagnóstica profunda sobre la percepción de un fenómeno específico (la viabilidad del sistema) en un contexto definido (los conjuntos residenciales), permitiendo una recolección de datos eficiente y focalizada (Otzen & Manterola, 2017).

### **Perfil Demográfico de la Muestra.**

El análisis de las respuestas reveló un perfil poblacional con una alta representación de participantes ubicados en el rango de edad de 26 a 45 años. Se observó una distribución de participación por género muy equilibrada, lo que contribuyó a un análisis menos sesgado. Adicionalmente, se identificó un alto nivel de formación académica en los participantes, con predominio de los encuestados en los niveles técnico, tecnológico o universitario.

Estos datos demográficos resultaron ser esenciales para la comprensión del perfil del encuestado, sirviendo como base sólida para contextualizar los análisis de percepción, disposición a la inversión y adopción hacia las soluciones de sostenibilidad planteadas.

## **Segundo nivel**

### ***Selección de métodos o instrumentos para recolección de información***

El alcance a esta investigación se define como descriptivo ya que permite medir y caracterizar las variables sociodemográficas, ambientales, económicas y técnicas de los

participantes, en relación con el aprovechamiento de aguas lluvias. Y correlacional porque este componente es diseñado para establecer y medir la relación o asociación entre variables previamente como las descritas. Esto incluye la exploración de interconexiones clave, tales como la disposición de los participantes en función de la inversión requerida; la correlación entre el nivel de conocimiento y la percepción de viabilidad del sistema o la asociación entre el costo proyectado del sistema y la disposición de la inversión de los hogares

### **Métodos de recolección de información.**

Para complementar el análisis técnico, se aplicó una encuesta estructurada a los residentes del conjunto bifamiliar, con el propósito de conocer su nivel de interés, disposición económica y percepción frente a la instalación de sistemas de captación de agua lluvia. El cuestionario incluyó 30 ítems con escala Likert de 1 a 5, donde 1 representó “totalmente en desacuerdo” y 5 “totalmente de acuerdo”.

La información recolectada se analizó mediante estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central y dispersión para identificar patrones de aceptación y posibles barreras de adopción tecnológica.

### **Técnicas de análisis de datos**

El instrumento de recolección de datos constó de veinte (20) preguntas, más una inicial que actuó como filtro de consentimiento, sumando un total de veintiún (21) preguntas en el cuestionario.

Presentación de los resultados:

Los resultados se presentan comenzando por la pregunta de consentimiento (Pregunta No. 1) y, posteriormente, se estructuran en cinco (5) grupos.

1. Análisis descriptivo (Información demográfica) preguntas 2,3,4,5)
2. Factores ambientales y uso del agua (preguntas 6,7,8,9)
3. Percepción social y aceptación (preguntas 10,11,12,13)

4. Factores económicos (preguntas 14,15,16,17)
5. Factores técnicos /Operativos (preguntas 18,19,20,21)

Los resultados y los análisis por cada respuesta, se ven reflejados en la tabla de frecuencia y gráfica de análisis de frecuencia:

La Tabla No. 3 y su figura asociada ilustrarán los resultados de la pregunta filtro.

Aceptación de la encuesta

Análisis de Tabla y gráfica de Frecuencia pregunta No. 1: Dado lo anterior, ¿Acepta continuar con el cuestionario?

### Tabla 3

#### Análisis de Frecuencia pregunta No. 1

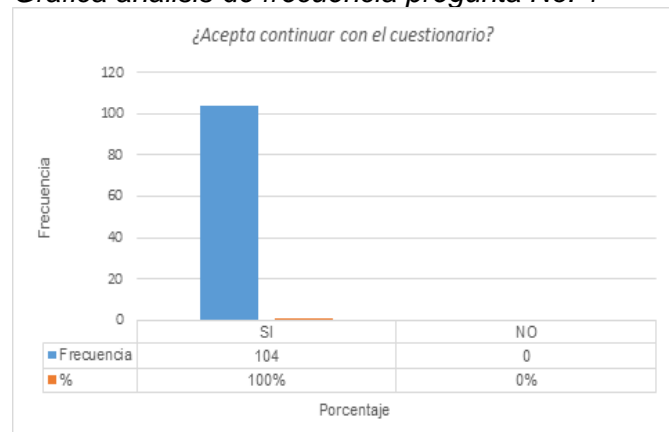
Respuestas	Frecuencia	%
SI	104	100%
NO	0	0%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

### Figura 1

#### Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 1



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

1. La frecuencia fue absoluta y porcentual, la totalidad de los encuestados, que corresponde a 104 participantes, respondieron que “SI” a la pregunta de consentimiento. Esto representa el 100% de la muestra.
2. El resultado indica una aceptación unánime por parte de la muestra para continuar y participar en la encuesta sobre el diseño de un sistema de captación de aguas lluvias en conjuntos residenciales de Cajicá.
3. Se obtuvo 0% de respuestas negativas, confirmando que todos los datos subsiguientes de la encuesta provienen de participantes que han dado su aprobación explícita.
4. El gráfico de análisis representa visualmente este consenso total, mostrando una barra de “SI” en 104 y una barra de “NO” en 0

Esta pregunta es un requisito fundamental en cualquier estudio que involucre participantes. Autores especializados en diseño de encuestas y muestreo, como Hernández-Sampieri o Aaker, Kumar y Day, enfatizan la necesidad de obtener la aprobación del participante antes de comenzar la recolección de datos, especialmente si se están registrando datos personales o de opinión. (Hernández-Sampieri et al., 2014)

### ***Análisis y discusión de los resultados***

Se seleccionan resultados relevantes del instrumento de medición para la investigación, se incluyen tablas, gráficos e información importante, relacionando el análisis de la información.

#### **Análisis descriptivo (información demográfica).**

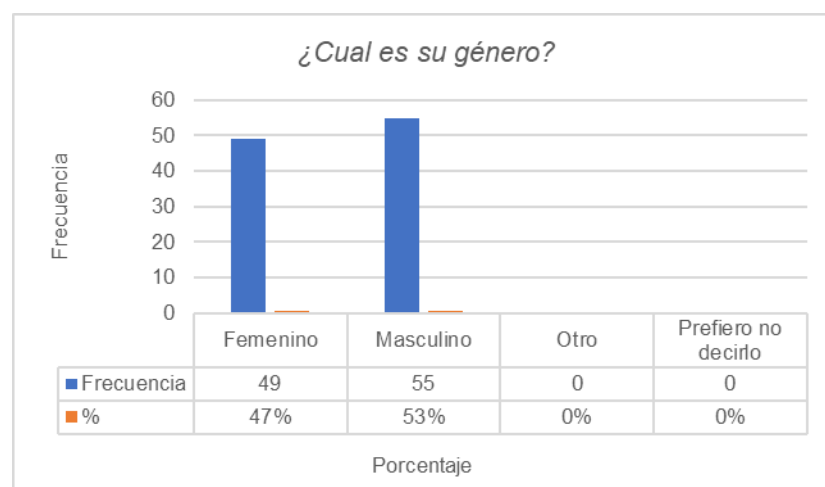
Estas variables se utilizan para describir la muestra de la población encuestada, y entender las características de los participantes:

**Tabla 4***Análisis de Frecuencia pregunta No.2*

Respuestas	Frecuencia	%
Femenino	49	47%
Masculino	55	53%
Otro	0	0%
Prefiero no decirlo	0	0%
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 2***Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 2*

Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

Análisis:

1. La muestra de 104 participantes está distribuida equitativamente entre los géneros principales.

2. Género masculino: Es la categoría con mayor frecuencia, con 55 encuestados, lo que representa un 53% de la muestra total.
3. Género femenino: La categoría femenina cuenta con 49 encuestas, representando el 47% de la muestra.
4. Otras categorías: Las opciones “Otro” y “prefiero no decirlo” obtuvieron una frecuencia de 0%, lo que significa el análisis de la variable a una distribución binaria entre hombres y mujeres
5. La población encuestada se caracteriza por una ligera preponderancia del género masculino (53%) sobre el femenino (47%), esta es una distribución que permite que los resultados sean representativos en ambos grupos sin un sesgo extremo hacia uno de ellos. Esta distribución es importante para contextualizar la aceptación y el diseño del sistema de captación de aguas lluvias.

La fuente del uso de variables sociodemográficas en encuestas de aplicación, diseño y estudio de mercado se sustenta con manuales de metodología de la investigación social y mercadeo. (Aaker et al., 2020)

### Tabla 5

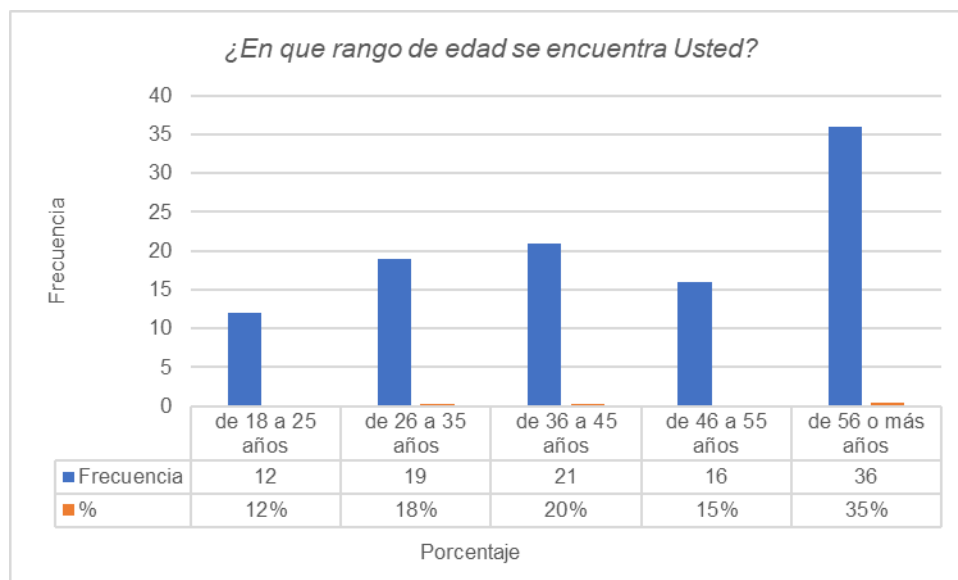
Análisis de Frecuencia pregunta No.3

Respuestas	Frecuencia	%
de 18 a 25 años	12	12%
de 26 a 35 años	19	18%
de 36 a 45 años	21	20%
de 46 a 55 años	16	15%
de 56 o más años	36	35%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

### Figura 3

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 3*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

#### Análisis:

1. La muestra de 104 participantes, muestra una distribución de edad concentrada en los rangos mayores y en la mediana edad.
2. Segmento Dominante: El grupo que predomina son de las edades entre 56 o más años que representan la mayor parte de la muestra con 36 encuestados equivalentes al 35%. El segmento demográfico muestra la tenencia del hogar y una mayor preocupación por la estabilidad económica y la sostenibilidad a largo plazo.
3. La mediana edad (rangos de 26 a 45 años) constituye casi la mitad de la muestra (18% +20%=38%) indica que la mayoría de los encuestados son adultos con responsabilidades familiares.
4. La preponderancia de personas mayores de 56 años sugiere que el diseño del sistema de captación de aguas lluvias podría estar impulsada por factores como el ahorro en

costos de agua y la viabilidad a largo plazo, en donde el diseño debe ser simple y de bajo mantenimiento.

**Tabla 6**

*Análisis de Frecuencia pregunta No.4*

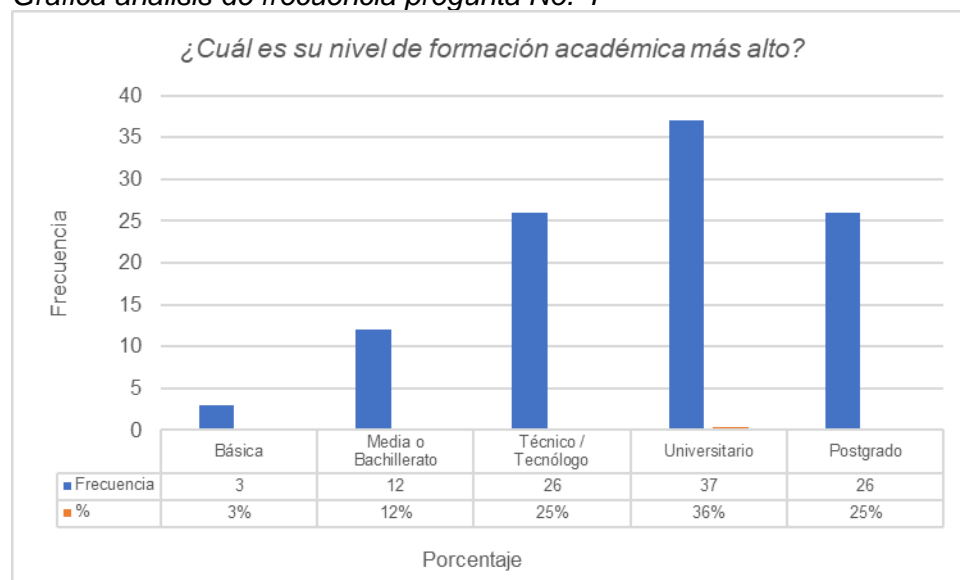
Respuestas	Frecuencia	%
Básica	3	3%
Media o Bachillerato	12	12%
Técnico / Tecnólogo	26	25%
Universitario	37	36%
Postgrado	26	25%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 4*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Análisis:**

1. Segmento Dominante: El nivel de formación universitario es el más frecuente, con 37 encuestados, lo que representa el 36% de la muestra.
2. Alta formación Profesional: Al combinar los niveles técnicos/ tecnológico (25%), universitario (36%), y postgrado (25%), se observa que el 86% de los participantes tienen un alto nivel de formación superior. Esto indica una muestra con un alto nivel educativo.
3. Baja formación Básica sólo representa el (15%) del total.
4. Dado el alto nivel de formación académica, la población encuestada, tendrá una mayor capacidad para comprender los beneficios técnicos y ambientales para el diseño del sistema de captación de aguas lluvias, así como el mantenimiento. Esto permite que la comunicación y el diseño de la solución puedan ser más sofisticados o técnicos en cuanto a la explicación de sus ventajas y eficiencia.

El nivel de formación académica facilita el agrupamiento y la relación entre el conocimiento de los participantes y la conducta esperada. Un mayor nivel educativo se relaciona con una mejor capacidad para procesar información técnica y una mayor racionalidad económica y ambiental en las decisiones, lo cual es crucial para evaluar la viabilidad de una tecnología sostenible (Hernández-Sampieri et al., 2014).

**Tabla 7**

*Análisis de Frecuencia pregunta No.5*

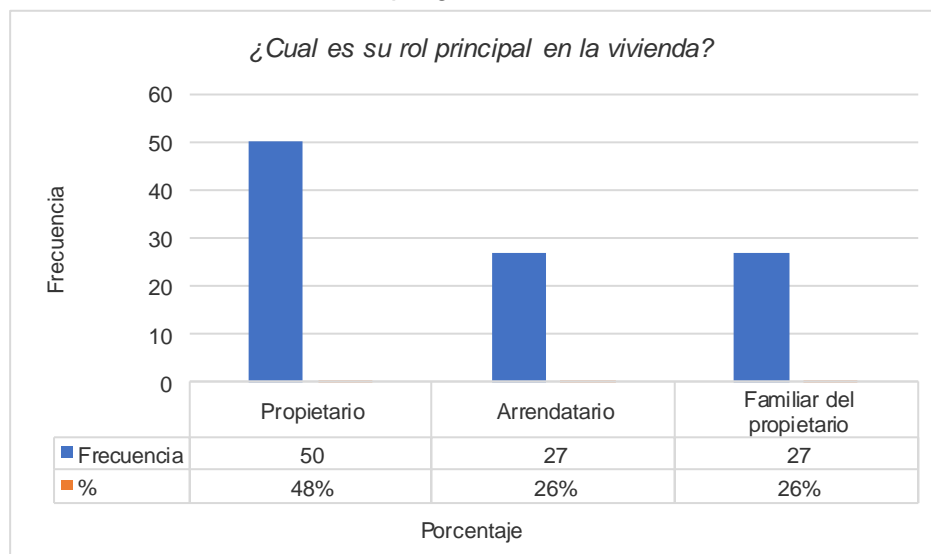
Respuestas	Frecuencia	%
Propietario	50	48%
Arrendatario	27	26%
Familiar del propietario	27	26%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 6**

Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 6



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

Análisis:

1. Segmento Dominante: El grupo más grande de encuestados son los propietarios, representado por 50 personas de 104 equivalente al 48%.
2. Usuarios sin propiedad: El 52% restante de la muestra está compuesto por Arrendatarios (26%) y familiares del propietario (26%)
3. Implicación para la viabilidad del proyecto: Este es el resultado más crítico para el diseño y la viabilidad del sistema de captación de aguas lluvias. La preponderancia de propietarios (48%) es favorable, ya que son ellos quienes tienen la capacidad legal y financiera para tomar la decisión en otra fase a futuro, de invertir en un diseño de infraestructura fija y permanente en el inmueble.
4. Retos de diseño: El diseño del sistema debe ser lo suficientemente flexible o modular para que el 52% restante (arrendatarios y familiares) puedan influir en la decisión o, en

el caso de los arrendatarios, para que el sistema sea atractivo y de baja inversión inicial para el propietario.

### ***Factores ambientales y uso del agua.***

Estas variables buscan evaluar la interacción directa del encuestado con el recurso hídrico.

**Tabla 8**

*Análisis de Frecuencia pregunta No.6*

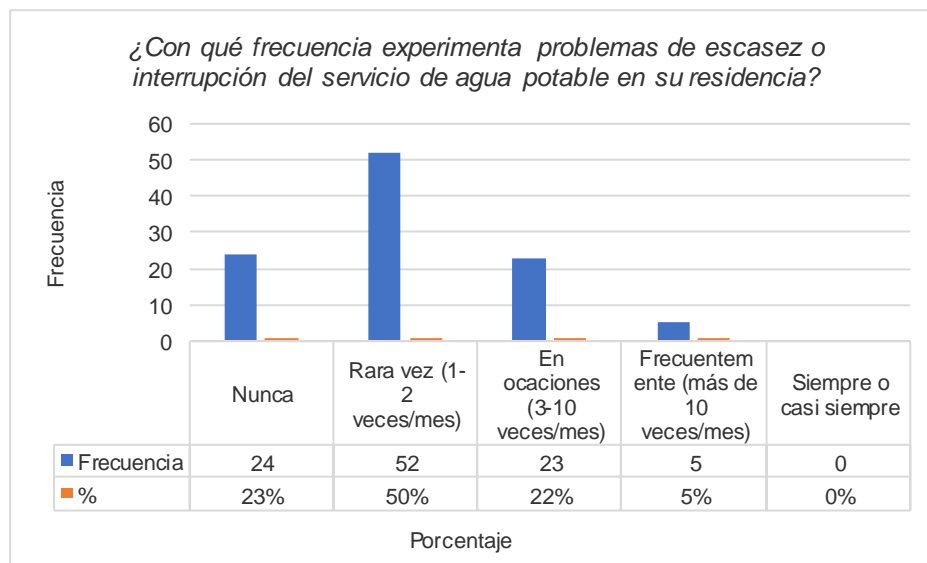
Respuestas	Frecuencia	%
Nunca	24	23%
Rara vez (1-2 veces/mes)	52	50%
En ocasiones (3-10 veces/mes)	23	22%
Frecuentemente (más de 10 veces/mes)	5	5%
Siempre o casi siempre	0	0%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 6**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 6*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

Análisis:

1. Percepción de interrupción: La mayoría de los encuestados si experimentan interrupciones en el servicio de agua potable. Solo el 23% de la muestra indica que nunca tiene interrupción.

2. Segmento Dominante: (interrupción baja): La respuesta más frecuente, con 52 encuestados "Rara vez (1-2 veces /mes) lo que representa la mitad de la muestra (50%) Este grupo busca una solución de respaldo para interrupciones extemporáneas.

3. Interrupción media a Alta: Un total de 28 personas equivalente (27%), experimentan interrupciones con una frecuencia de 3 o más veces al mes (22% + 5%) este segmento tiene una necesidad crítica y probablemente está altamente motivado para diseñar el sistema.

Conclusión para el diseño del sistema: El 77% de la población experimenta algún grado de interrupción o escasez de agua (1-2 veces/mes o más). Este dato valida la demanda y la justificación técnica y social del diseño para un sistema de captación de aguas lluvias, ya que servirá como una fuente de resiliencia hídrica complementaria para el uso no potable, mitigando los efectos de la interrupción del servicio público.

## Tabla 9

*Análisis de Frecuencia pregunta No.7*

Respuestas	Frecuencia	%
Muy bajo o nulo	4	4%
Bajo	5	5%
Moderado o neutro	25	24%

Alto	39	38%
Muy alto	31	30%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

## Figura 7

Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 7



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

### Análisis:

1. Existe un alto nivel de interés general en la conservación de los recursos hídricos en el conjunto Residencial.
2. La gran mayoría de los encuestados manifestó un interés positivo. Al combinar las categorías “Alto” (38%) y “Muy alto” (30%), se obtiene un 68% de la muestra con una clara disposición a la conservación.

3. Una cuarta parte de la muestra (24%) tiene un interés “moderado o neutro” Este grupo es clave, ya que puede ser fácilmente persuadido con información clara sobre los beneficios económicos y ambientales del diseño.

4. El nivel de desinterés (combinado “Muy bajo o nulo” y “Bajo” es marginal, representando el 9% de la muestra.

Conclusión: Los resultados confirman que la base de usuarios tiene una predisposición positiva hacia el diseño de tecnologías de conservación de agua. Este alto interés, es un factor de éxito social para el diseño y la adopción del sistema de captación de aguas lluvias, facilitando la sensibilización y el compromiso con su uso no potable y mantenimiento.

### Tabla 10

#### *Análisis de Frecuencia pregunta No.8*

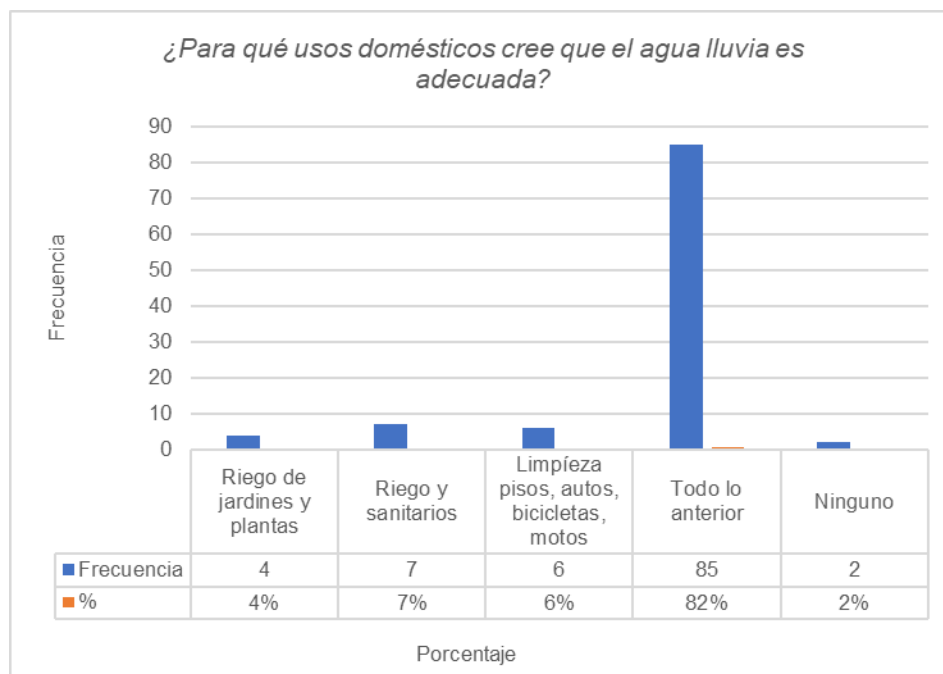
Respuestas	Frecuencia	%
Riego de jardines y plantas	4	4%
Riego y sanitarios	7	7%
Limpieza pisos, autos, bicicletas, motos	6	6%
Todo lo anterior	85	82%
Ninguno	2	2%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

### Figura 8

#### *Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 8*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

#### Análisis:

1. Conocimiento predominante: Existe un conocimiento muy alto y generalizado sobre la adecuación de agua lluvia para múltiples usos no potables. El 82% de los encuestados eligió la opción “Todo lo anterior”, lo cual es correcto para los usos no potables.
2. Consenso de uso: 102 participantes están de acuerdo en que el agua lluvia puede usarse para riego, sanitarios y limpieza.
3. Solo el 2% de encuestados cree que es adecuada para ningún uso doméstico.

Conclusión: Este resultado, valida que la fase de sensibilización sobre los usos de agua lluvia será sencilla, ya que la comunidad tiene la percepción correcta de su valor para usos no potables (riego, sanitarios, limpieza). La estrategia de comunicación debe centrarse, entonces

en los beneficios económicos, más que en convencer a la gente de que el agua de lluvia se puede usar.

**Tabla 11**

*Análisis de Frecuencia pregunta No.9*

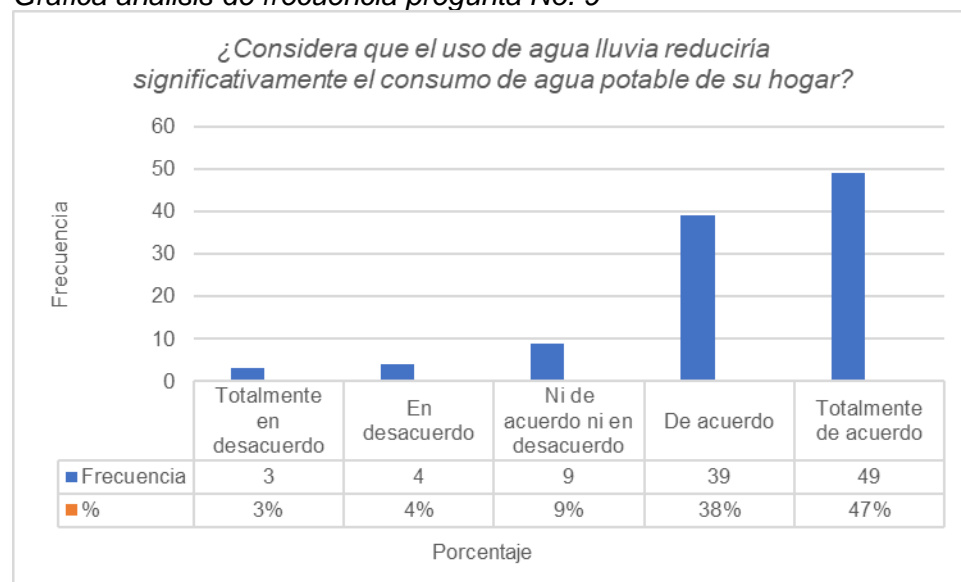
Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	3	3%
En desacuerdo	4	4%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	9	9%
De acuerdo	39	38%
Totalmente de acuerdo	49	47%
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 9**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 9*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

### Análisis:

1. Alto consenso de eficacia: Existe un consenso abrumador en la población encuestada sobre la efectividad del sistema para ahorrar agua potable. Al consolidar las respuestas de “De acuerdo” (38%) y “Totalmente de acuerdo” (47%), se obtiene un 85% de la muestra, que cree firmemente en el potencial del ahorro del sistema.
2. La percepción de ahorro es un factor de éxito crucial, ya que actúa como el beneficio percibido que motiva la disposición a invertir en un diseño y cambiar hábitos.
3. La resistencia o el escepticismo es muy bajo. Solo un 7% (3% + 4%) está en desacuerdo con la premisa, lo que indica que no hay una barrera significativa de incredulidad sobre el rendimiento del sistema.

Conclusión: La comunidad ya está convencida que el diseño para un sistema de captación de aguas lluvias es una solución económicamente viable a largo plazo.

### ***Percepción social y aceptación.***

Estas variables miden las actitudes, el conocimiento, el nivel de preocupación y la disposición social de la comunidad ante los problemas hídricos y aceptación de soluciones.

**Tabla 12**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 10*

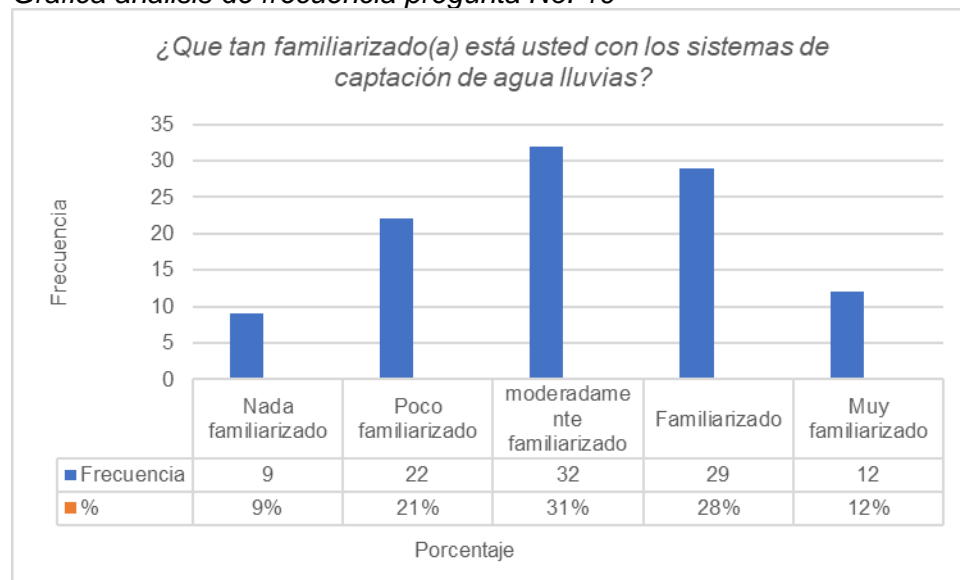
Respuestas	Frecuencia	%
Nada familiarizado	9	9%
Poco familiarizado	22	21%
moderadamente familiarizado	32	31%
Familiarizado	29	28%
Muy familiarizado	12	12%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 10**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 10*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

Análisis:

1. Familiaridad dominante (Media): El segmento dominante es "Moderadamente familiarizado" con 32 encuestados equivalente a 31%.
2. Familiaridad positiva: Al sumar las categorías "Moderadamente familiarizado", "Familiarizado" y "Muy familiarizado", se obtiene 71% de la muestra con al menos una idea básica.
3. Necesidad de información básica: A pesar de la familiaridad positiva, la suma de las categorías "nada familiarizado" (9%) y "poco familiarizado" (21%) es de 30%. Este grupo requiere material de sensibilización y capacitación de nivel básico.

Conclusión: Los resultados indican que no es necesario empezar desde cero la capacitación. La estrategia de comunicación debe enfocarse en pasar de la familiaridad teórica

a la aplicación práctica, especificando los componentes del diseño para el sistema propuesto (filtros, tuberías, almacenamiento).

Análisis de la Tabla y gráfica de Frecuencia de pregunta No. 11: ¿Estaría dispuesto(a) a utilizar agua lluvia para usos no potables si se garantiza la calidad del sistema?

**Tabla 13**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 11*

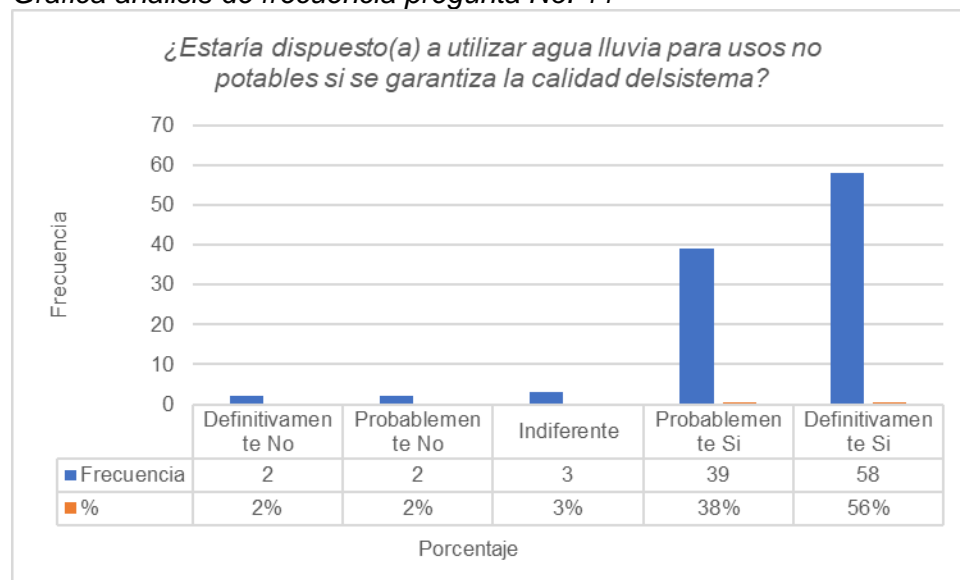
Respuestas	Frecuencia	%
Definitivamente No	2	2%
Probablemente No	2	2%
Indiferente	3	3%
Probablemente Si	39	38%
Definitivamente Si	58	56%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 11**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 11*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

Análisis:

1. Disposición positiva: La disposición a utilizar el agua de lluvia para usos no potables es extremadamente alta.
2. Segmento comprometido: Al sumar las respuestas “definitivamente Sí” (56%) y probablemente Sí (38%), para un total de 94% de la muestra dispuesta a utilizar el agua lluvia. Este porcentaje es el más alto de la encuesta y valida completamente el proyecto a nivel de usuario.
3. Resistencia Mínima: La resistencia es casi inexistente, con solo un 4% que se opone a la idea (Definitivamente No 2% y Probablemente No 2%).

Conclusión: Este resultado final confirma que la demanda y la aceptación social del diseño para un sistema para captación de aguas lluvias, son sólidas. El diseño debe enfocarse rigurosamente en la calidad del sistema (filtros, tuberías, mantenimiento) para cumplir con la condición de garantía que la comunidad ha establecido.

Análisis de la gráfica y tabla de Frecuencia de pregunta No. 12: ¿Cree que el diseño de un sistema de captación de aguas lluvias mejoraría la calidad de vida en el conjunto residencial?

**Tabla 14**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 12*

Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	2	2%
No de acuerdo ni en desacuerdo	12	12%
De acuerdo	40	38%
Totalmente de acuerdo	50	48%

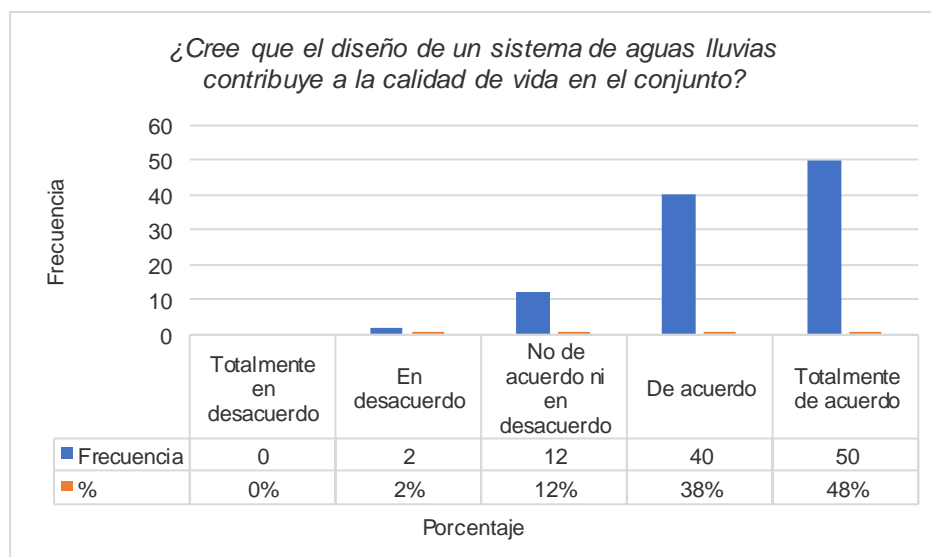
Total	104	100%
-------	-----	------

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

## Figura 12

Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 12



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

### Análisis:

1. Percepción de impacto social: Existe un rotundo consenso de que el diseño del sistema de captación de aguas lluvias, no solo resuelve un problema técnico, sino que ofrece un beneficio social más amplio, es decir, una mejora en la calidad de vida.
2. Acuerdo dominante:
3. Un total de 86% de los encuestados, “De acuerdo” (38%) y totalmente de acuerdo (48%) la totalidad de estas dos frecuencias considera que el proyecto mejorará la calidad de vida en el conjunto residencial.

4. Resistencia: La oposición o el escepticismo es mínima, con solo un 2% en desacuerdo y un 12% neutral.

5. Implicación para el proyecto: Este resultado es crucial para el componente social y de gestión del proyecto. El sistema es percibido como un bien comunitario que genera valor para todos, lo cual es fundamental para obtener la aprobación en asambleas de propietarios y asegurar la colaboración en el mantenimiento colectivo. La mejora en la calidad de vida se relaciona con la reducción de la incertidumbre por el suministro de agua y el ahorro económico.

Análisis de la tabla y gráfica de Frecuencia de pregunta No. 13: ¿Considera que el sistema de captación de aguas lluvias es una solución viable para complementar el suministro de agua en su sector?

**Tabla 15**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 13*

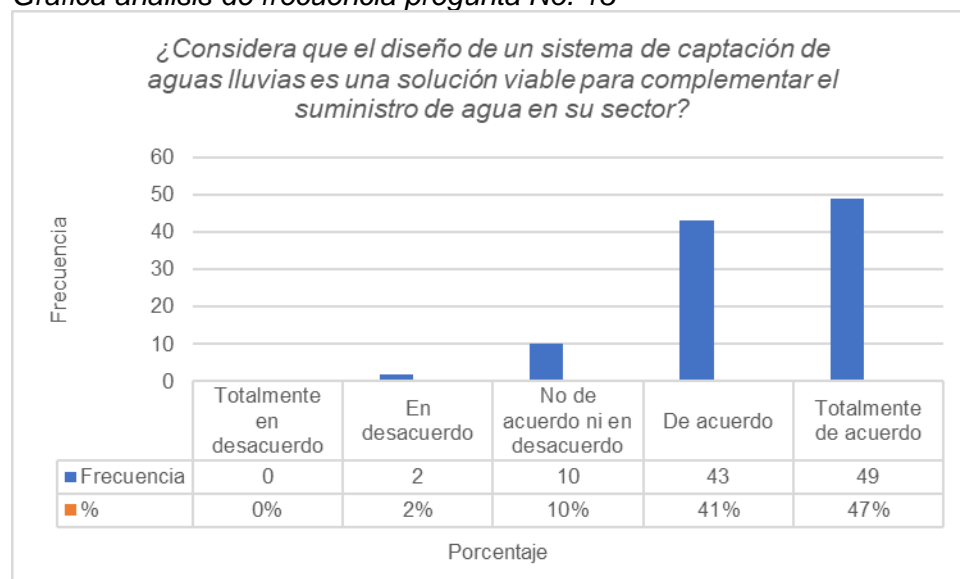
Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	2	2%
No de acuerdo ni en desacuerdo	10	10%
De acuerdo	43	41%
Totalmente de acuerdo	49	47%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 13**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 13*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

#### Análisis:

1. Validación de la solución: Existe un consenso muy alto en la comunidad sobre la viabilidad y pertinencia del diseño del sistema de captación de aguas lluvias.
2. Acuerdo de viabilidad: La suma de las respuestas “De acuerdo” (41%) y “Totalmente de acuerdo” (47%) equivalente al 88% de la muestra, que considera el diseño del sistema una solución viable para complementar el suministro de agua.
3. Rechazo mínimo. Solo un 2% de los encuestados está en desacuerdo, lo que indica que no hay una barrera de incredulidad o rechazo al diseño y a la tecnología.
4. Implicación para el proyecto: Este resultado es la validación final de la idea del proyecto. La comunidad no solo tiene problemas de suministro, sino que también acepta y cree en la solución propuesta, lo cual refuerza el componente de pertinencia técnica y social del estudio.

Análisis de la tabla y la gráfica de Frecuencia de pregunta No. 14: ¿Estaría dispuesto(a) a invertir económicamente en la instalación del sistema de captación de aguas lluvias en su vivienda?

**Tabla 16**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 14*

Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	2	2%
No de acuerdo ni en desacuerdo	20	19%
De acuerdo	52	50%
Totalmente de acuerdo	30	29%
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 14**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 14*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

Análisis:

1. Disposición a pagar: Existe una fuerte y mayoritaria disposición económica a invertir en el sistema de captación de aguas lluvias. (Otra fase del proyecto)
2. Acuerdo de inversión: Un total de 79% de los encuestados (sumando 50% “De acuerdo” y 29% “Totalmente de acuerdo”) está dispuesto a invertir en un sistema de captación de aguas lluvias. Este alto porcentaje es la validación económica más crucial del proyecto.
3. Margen de Neutralidad: Un 19% de los encuestados, se mostró neutral. Este grupo es potencialmente persuadible a través de la presentación de un análisis de costos y beneficios (retorno de la inversión).
4. Resistencia Mínima: El desacuerdo es marginal, solo un 2%.

Conclusión: La viabilidad financiera del proyecto está respaldada por la comunidad, ya que la gran mayoría está dispuesta a asumir el costo o parte del costo de lo que está en diseño para volverlo realidad en una nueva fase del proyecto.

Análisis de la tabla y la gráfica de Frecuencia de pregunta No. 15: ¿Piensa que el sistema le resultara rentable económicamente, logrando que el ahorro de agua pague la instalación con el paso del tiempo?

**Tabla 17**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 15*

Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	3	3%
No de acuerdo ni en desacuerdo	12	12%

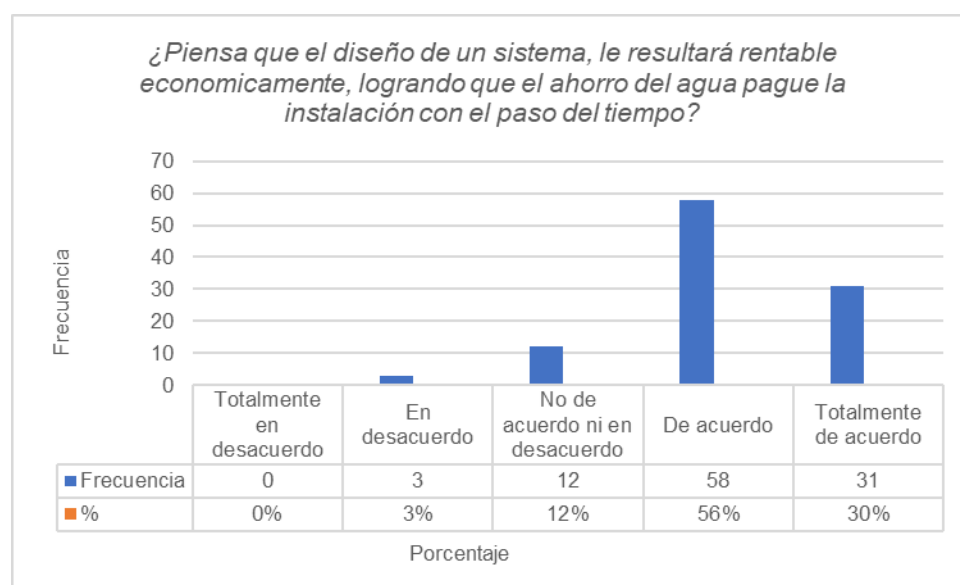
De acuerdo	58	56%
Totalmente de acuerdo	31	30%
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

## Figura 15

Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 15



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

### Análisis:

1. Percepción de Rentabilidad: Existe un fuerte convencimiento en la comunidad de que el sistema de captación de aguas lluvias es una inversión recuperable.

2. Acuerdo sobre el Retorno: El 86% de los encuestados (sumando 56% "De acuerdo" y 30% "Totalmente de acuerdo") considera que el ahorro generado por el uso del agua de lluvia pagará la instalación a largo plazo.

Análisis de la tabla y la gráfica de la Frecuencia de pregunta No. 16: ¿Considera que el gobierno local debería incentivar económicamente la instalación de sistemas de captación de agua lluvia?

**Tabla 18**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 16*

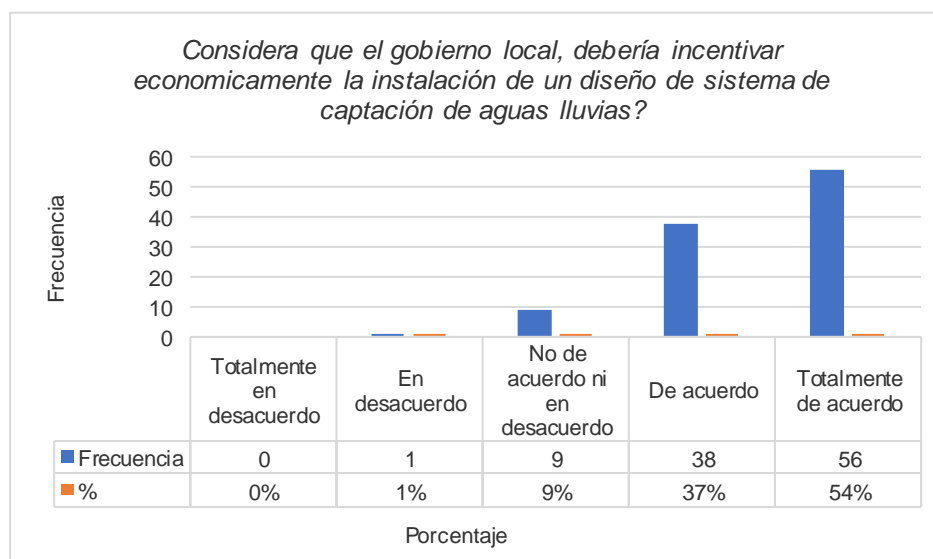
Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	1	1%
No de acuerdo ni en desacuerdo	9	9%
De acuerdo	38	37%
Totalmente de acuerdo	56	54%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 16**

*Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 16*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

Análisis:

1. Demanda de incentivos gubernamentales: Existe un apoyo masivo a la idea de que después de tener el diseño del sistema de captación de aguas lluvias y para hacer realidad una futura implementación en una futura fase, esta debe ser apoyada mediante incentivos económicos públicos.

2. Acuerdo dominante: El 91% de los encuestados (sumando 37% “De acuerdo” y 54% “Totalmente de acuerdo”) considera que el gobierno local debe incentivar la instalación de estos sistemas.

3. Implicación para la gestión: Este resultado refleja una alta conciencia de que el beneficio del proyecto no es solo privado (ahorro en la factura) sino también público (seguridad hídrica, menor presión sobre la red pública). Por lo tanto, el proyecto debe incluir una estrategia de gestión de stakeholders que involucre a las entidades gubernamentales para explorar posibles subsidios o beneficios fiscales.

4. Resistencia mínima: La oposición es infima, es decir extremadamente pequeño el porcentaje, con solo un 1% en desacuerdo.

Análisis de la tabla y de la gráfica de Frecuencia pregunta No. 17: ¿Considera aceptable un periodo de retorno de la inversión de 2 a 4 años?

## **Tabla 19**

*Análisis de Frecuencia pregunta No. 17*

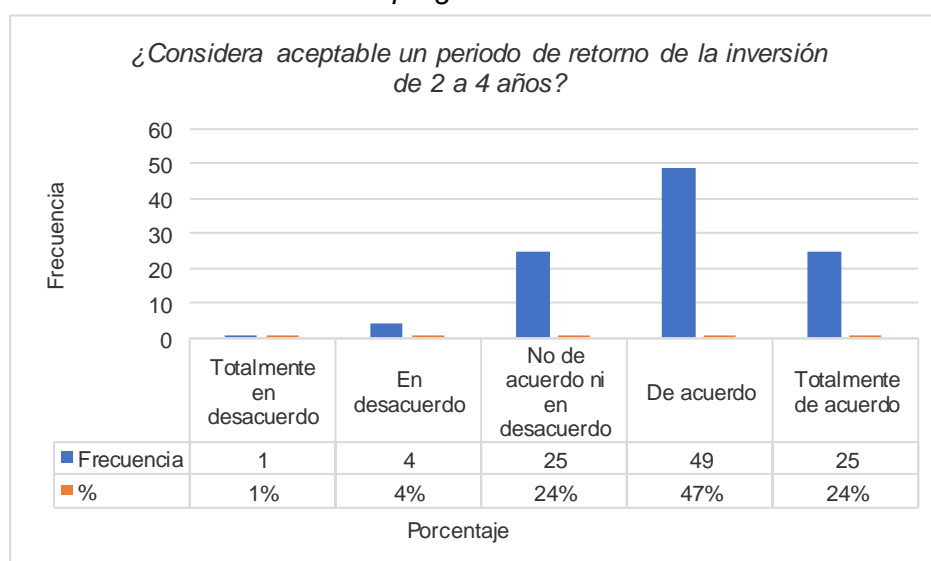
Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	1	1%
En desacuerdo	4	4%
No de acuerdo ni en desacuerdo	25	24%
De acuerdo	49	47%
Totalmente de acuerdo	25	24%
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100%</b>

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

### Figura 17

Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 17



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

#### Análisis:

1. Existe una alta aceptación del periodo de retorno de la inversión de 2 a 4 años propuesto, con un 71% de la población que está "De acuerdo" o "Totalmente de acuerdo".

2. Este resultado proporciona un valor objetivo a la viabilidad económica. No solo la comunidad cree que el sistema es rentable (86% - análisis anterior), sino que también valida un marco de tiempo específico para la recuperación de la inversión.

3. El 24% de los encuestados se encuentra en una posición de neutralidad ("No de acuerdo ni en desacuerdo"). Este grupo será clave en la estrategia de comunicación, y podría ser convencido.

4. Solo el 5% (1% Totalmente en desacuerdo, 4% en desacuerdo) rechaza el periodo propuesto.

Análisis de la tabla y de la gráfica de Frecuencia pregunta No. 18: ¿Su vivienda cuenta con canaletas y bajantes que puedan ser adaptados para la recolección de agua lluvia?

## Tabla 20

### *Análisis de Frecuencia pregunta No. 18*

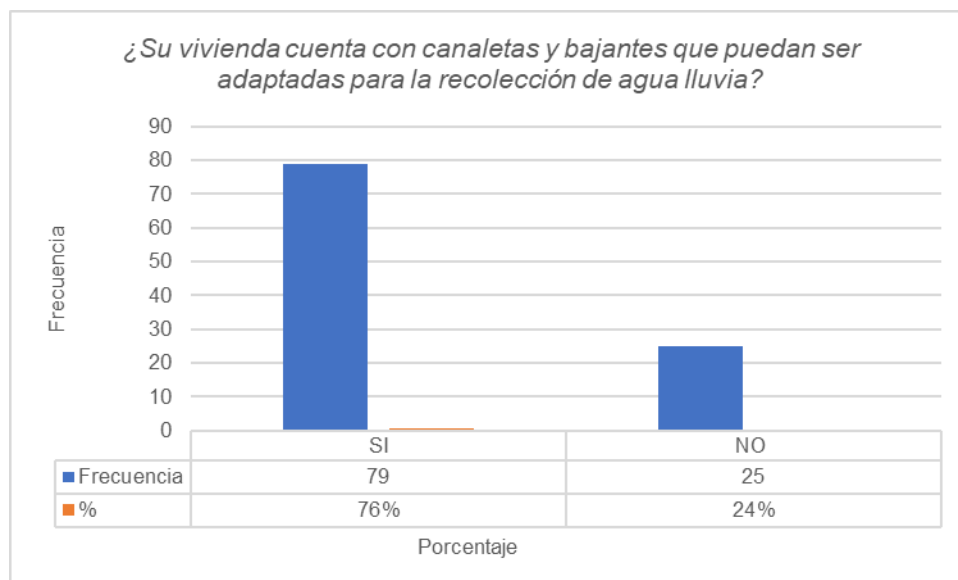
Respuestas	Frecuencia	%
SI	79	76%
NO	25	24%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

*Fuente:* Elaboración propia

## Figura 18

### *Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 18*



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

#### Análisis:

1. Viabilidad de la infraestructura: Existe una alta viabilidad técnica inicial. El 76% de las viviendas ya cuenta con la infraestructura base (canaletas y bajantes) necesaria para la captación.
2. Reducción de Costos: Este hallazgo es crucial para el presupuesto. El hecho de que tres cuartas partes de las viviendas solo requieran adaptaciones y no instalaciones completas de canaletas reduce significativamente el costo de inversión total del proyecto.

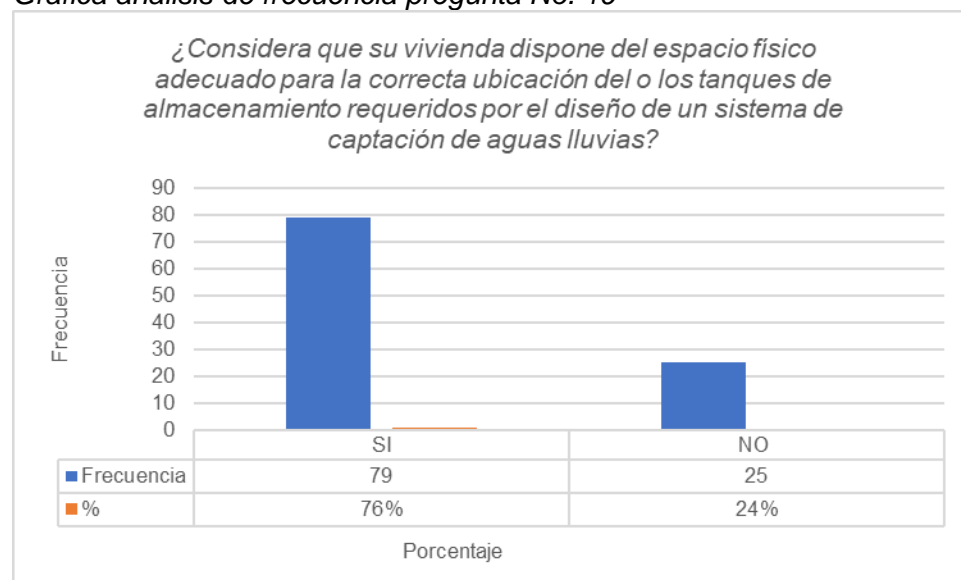
Análisis de la tabla y de la gráfica de Frecuencia pregunta No. 19: ¿Considera que su vivienda dispone del espacio físico adecuado para la correcta ubicación del o los tanques de almacenamiento para aguas lluvias?

**Tabla 21***Análisis de Frecuencia pregunta No. 19*

Respuestas	Frecuencia	%
SI	79	76%
NO	25	24%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 19***Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 19*

Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

### Análisis:

1. Viabilidad Espacial Percibida: Una gran mayoría, el 76%, percibe que su vivienda tiene el espacio físico necesario para los tanques de almacenamiento, es decir de factibilidad técnica que minimiza los retos de diseño y construcción individual.

2. Impacto en el Diseño: Este alto porcentaje reduce una barrera de entrada importante para el proyecto. El diseño debe enfocarse en soluciones de almacenamiento modular y adaptable para poder acomodar al 24% que percibe no tener espacio suficiente, lo que aseguraría una implementación casi universal. Van de Ven, A. H. (1986). Central problems in the management of innovation. *Management Science*, 32(5), 590-607.

Tabla y de la gráfica de Frecuencia pregunta No. 20: ¿Estaría dispuesto(a) a asumir las responsabilidades de limpieza y mantenimiento periódico del sistema de captación de aguas lluvias acordado, ya sea realizando las labores personalmente o contratando un servicio para tal fin?

**Tabla 22**

*Análisis de Frecuencia pregunta No.20*

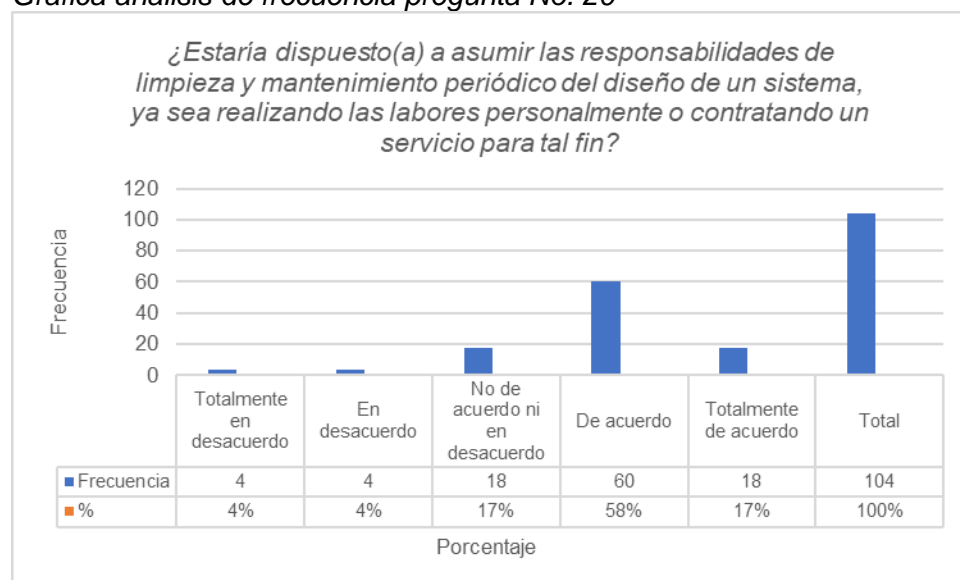
Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	4	4%
En desacuerdo	4	4%
No de acuerdo ni en desacuerdo	18	17%
De acuerdo	60	58%
Totalmente de acuerdo	18	17%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

**Figura 20**

Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 20



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia.

Tabla y de la gráfica de Frecuencia pregunta No. 21: ¿¿Considera que la infraestructura de su vivienda posee la capacidad estructural adecuada para soportar la carga adicional de un sistema de recolección y almacenamiento de aguas lluvias?

**Tabla 23**

Análisis de Frecuencia pregunta No.21

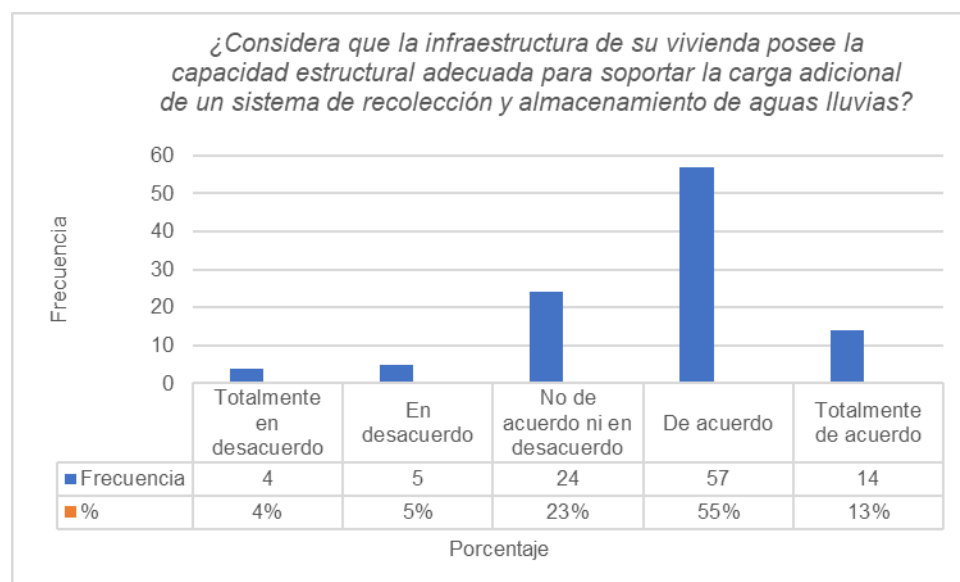
Respuestas	Frecuencia	%
Totalmente en desacuerdo	4	4%
En desacuerdo	5	5%
No de acuerdo ni en desacuerdo	24	23%
De acuerdo	57	55%
Totalmente de acuerdo	14	13%
Total	104	100%

Nota: Datos tomados de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

## Figura 21

Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 21



Nota: La figura muestra gráficamente las cifras obtenidas de la Encuesta de viabilidad y percepción de un sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones generales para la viabilidad del diseño de un sistema para la captación de aguas lluvias para uso no potable

El estudio de percepción y viabilidad, basado en 104 encuestas, establece que el proyecto de diseño para un sistema de captación de aguas lluvias para uso no potable, cuenta con un fuerte consenso social, económico y de necesidad. El proyecto se justifica no solo por el ahorro, sino por la resiliencia ante la inestabilidad hídrica.

### 1. Viabilidad de la necesidad (El porqué del Proyecto)

- Hay dos factores que impulsan este proyecto: La seguridad hídrica y el beneficio económico.
- Problema Real y Urgente: El 72% de los residentes experimenta interrupciones de agua con una frecuencia de 1-2 veces al mes o más. Esto valida el proyecto como una necesidad funcional de resiliencia.

- Uso Principal para Máximo Ahorro: El 43% planea dar el uso principal al agua de lluvia en sanitarios y limpieza, garantizando que el sistema desplace la mayor demanda de agua potable, maximizando así el ahorro.

2. Viabilidad social y operativa: La comunidad es proactiva, informada y está dispuesta a mantener el sistema.

- Aceptación de la Solución: El 88% considera que el diseño de un sistema de captación de aguas lluvias es una solución viable para complementar el suministro, y el 86% cree que mejoraría la calidad de vida.
- Disposición al Uso y Mantenimiento: El 94% está dispuesto a utilizar el agua tratada para usos no potables. Y el 84% está dispuesto a asumir las responsabilidades de limpieza y mantenimiento (personal o contratado), asegurando la sostenibilidad a largo plazo.
- Perfil de los Tomadores de Decisión: Poder de Voto: El 48% son Propietarios
- Nivel Educativo: El 86% tiene formación superior.

3. Viabilidad Técnica y Diseño de la Infraestructura: Los datos de infraestructura existente simplifican y abaratan la instalación.

- Infraestructura Existente: El 76% de las viviendas ya cuenta con canaletas y bajantes adaptables, lo que reduce significativamente el costo de instalación de la red de captación.
- Disponibilidad de Espacio: El 76% percibe tener espacio adecuado para los tanques de almacenamiento, minimizando las barreras de diseño individual.

Los resultados obtenidos de las encuestas fueron analizados de manera comparativa para determinar la viabilidad técnica, económica y social del sistema de captación. Este análisis permitió definir lineamientos de replicabilidad del modelo en otros conjuntos residenciales de características similares dentro del municipio de Cajicá.

### ***Análisis Estadístico de la Encuesta en Software SPSS***

El presente documento detalla el análisis de resultados de la encuesta aplicada a 104 participantes. Todos los datos fueron procesados utilizando el software estadístico SPSS.

El núcleo de este análisis se centra en la distribución de las respuestas a las 14 preguntas formuladas bajo un formato de escala Likert (modo ordinal). Específicamente, se ha adoptado una metodología de análisis de frecuencias que evalúa las distribuciones de los porcentajes de respuesta en cada una de las cinco categorías: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo, y Totalmente de acuerdo.

Es crucial notar que los estadísticos descriptivos (Media, Mediana, Desviación estándar, Varianza y Rango) no se calcularon sobre la escala Likert completa, sino que caracterizan la distribución de las frecuencias (porcentajes) observadas para cada categoría a lo largo de las 14 preguntas. En este contexto, el valor N representa el número de preguntas (ítems) que contribuyen al cálculo de dichas distribuciones de frecuencia.

A continuación, se presenta el análisis detallado de la tabla de estadísticos descriptivos y de la gráfica de barras de frecuencias correspondientes a cada una de las categorías de respuesta.

#### **Análisis de la Tabla de Estadísticos: Tamaño Muestral.**

El análisis de la tabla de Estadísticos se basa en la distribución de frecuencias o porcentajes de respuesta observados en las catorce (14) preguntas de la encuesta, todas ellas formuladas en escala Likert.

##### 1. Tamaño Muestral (N)

- Unidad de Análisis: Se utilizaron catorce (14) preguntas (N=14) como unidades de observación para calcular la distribución de los porcentajes de respuesta en cada categoría.

- Datos Válidos y Perdidos: El valor N = 0 (Perdidos) en todas las categorías confirma una integridad de datos del 100%. Esto indica que no hubo datos faltantes en el cálculo de los estadísticos para ninguna de las 14 observaciones (preguntas).

**Tabla 24***Estadísticos*

N	Válido Perdidos	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
		14	14	14	14	14
	0	0	0	0	0	0
Media		3.93	8.21	16.29	45.21	30.36
Mediana		2.50	4.00	15.00	41.50	30.50
Desv. estándar		6.318	13.634	8.704	18.069	19.641
Varianza		39.918	185.874	75.758	326.489	385.786
Rango		24	51	29	80	58

Nota: Datos estadísticos analizados de la encuesta

***Medidas de tendencia central (Media y Mediana).***

La Media que es el promedio, y la Mediana que es el punto medio en esta tabla, representan el valor central de las frecuencias o porcentajes, observadas para cada categoría o cada pregunta de las catorce, clasificadas como ordinales.

Donde se concluye: Que hay una fuerte tendencia de acuerdo, la suma de la media “De Acuerdo” con (45.21) y “Totalmente de acuerdo” (30.36) es de 75.57. Esto indica que, en promedio mas del 75% de las respuestas de las 14 observaciones fueron positivas.

***Medidas de dispersión (Desviación estándar y varianza).***

La desviación estándar y varianza miden cuando varían las frecuencias (porcentajes) de cada categoría a lo largo de las 14 preguntas:

Categoría de respuesta:

- Totalmente en desacuerdo con un rango de 24; varianza de 39.918 y desviación estándar 6.318: La implicación (dispersión) es Baja, comparada con las otras categorías
- En desacuerdo con un rango de 51; varianza de 185.874 y desviación estándar de 13.634: La implicación (dispersión) el resultado es Alta Dispersión.
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo: con un rango de 29; varianza de 75.758; y desviación estándar de 8.704: Para esta categoría la implicación es Moderada.
- De acuerdo con un rango de 80; varianza de 326.489 y una desviación estándar de 18.069: La implicación es de máxima dispersión porque el porcentaje de respuestas en “De acuerdo” varió de una manera significativa (Rango de 80) entre las 14 preguntas.

La variabilidad más alta se encuentra en las categorías “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”. Significa que el promedio de acuerdo es alto, la proporción exacta de acuerdo varió mucho entre las 14 preguntas.

### **Primera Categoría “Totalmente en desacuerdo”.**

Esta detalla la distribución de la frecuencia o porcentaje de la respuesta “Totalmente en desacuerdo” a lo largo de las 14 preguntas de la encuesta.

**Tabla 25**

*Frecuencias - Totalmente en desacuerdo*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	5	35.7	35.7
	1	1	7.1	42.9
	2	1	7.1	50.0
	3	1	7.1	57.1
	4	4	28.6	85.7
	9	1	7.1	92.9
	24	1	7.1	100.0

Total	14	100.0	100.0
-------	----	-------	-------

Nota: Datos de Frecuencias en la categoría "Totalmente en desacuerdo" analizados de la encuesta.

### Análisis

La variable que se está midiendo en la tabla es la distribución de la frecuencia (o porcentajes) con que la opción "Totalmente en desacuerdo" fue elegida en las 14 preguntas:

Valor de la variable:

- 0 (0% de respuestas fueron "Totalmente en desacuerdo"); con una frecuencia de cinco (5) es decir número de preguntas: con un porcentaje de distribución del 35.7% de las 14 preguntas.
- 4 (4% de respuestas fueron "Totalmente en desacuerdo"), con una frecuencia de cuatro (4) es decir número de preguntas: con un porcentaje de distribución del 28.6% de las 14 preguntas.
- 1,2,3,9,24 (Otros porcentajes), con una frecuencia de 1 cada uno (1) es decir el número de preguntas con un porcentaje de distribución del 7.1% de las 14 preguntas.

### Análisis de la concentración de respuestas

El análisis muestra que, para la categoría "Totalmente en desacuerdo", hay una tendencia muy baja en las 14 preguntas:

- Mayor concentración en Cero (0%): En 5 de las 14 preguntas (un 35.7% del total), la opción "Totalmente en desacuerdo" no fue seleccionada por ningún encuestado. Esto sugiere que, en caso la mitad de las preguntas, no hubo rechazo total
- Concentración en Valores Bajos (0% a 4%): La mayor parte de las preguntas (9 de 14, que suman 64.3% del total) tuvieron la respuesta "Totalmente en desacuerdo" con una frecuencia de 4% o menos.

La opción "Totalmente en desacuerdo" fue consistentemente una opción de baja frecuencia a lo largo de las 14 preguntas. En la mayoría de los casos, la tasa de desacuerdo total fue mínima o nula.

#### Análisis de las respuestas atípicas

Aunque la tendencia general es a valores bajos, la tabla revela una dispersión notable en algunas preguntas:

- Punto alto: En una pregunta (7.1% del total), la opción "Totalmente en desacuerdo" fue elegida con una frecuencia del 24%. Este es un valor significativamente alto comparado con el resto de la distribución (Rango:  $24 - 0 = 24$ ).
- Punto medio: Otra pregunta tuvo una frecuencia del 9%.

Esto indica que, la mayoría de las 14 preguntas gozaron de un muy bajo rechazo total, al menos una o dos preguntas específicas generaron un nivel de desacuerdo total considerablemente mayor que el resto.

#### Comportamiento de "Totalmente en desacuerdo"

En general, las 14 preguntas de la encuesta presentan un bajo nivel de rechazo total. El patrón dominante es que la opción "Totalmente en desacuerdo" es poco frecuente.

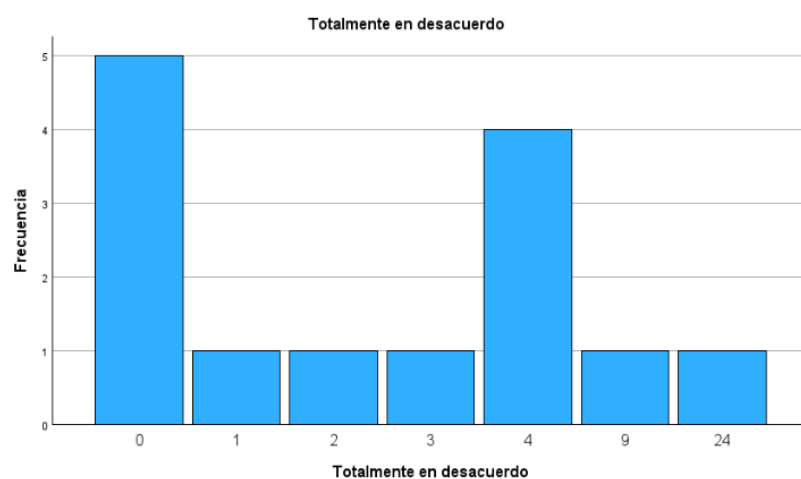
#### Frecuencia Acumulada

El porcentaje acumulado es útil para resumir la distribución:

- El 85.7% de las 14 preguntas, es decir (12 preguntas) tuvieron una tasa de "Totalmente en desacuerdo" de 4% o menos.
- Solo 14.3% restante (2 preguntas de 9% y 24%) contienen la mayoría del desacuerdo total de la encuesta.

## Figura 22

Gráfico de barras - Totalmente en desacuerdo



Nota: Frecuencias en la categoría "Totalmente en desacuerdo" analizados de la encuesta.

### Análisis

La gráfica de barras que representa visualmente la distribución de la tabla de frecuencias "Totalmente en desacuerdo". en el eje "X" muestra los porcentajes del rechazo (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 9%, 24%) y el eje Y muestra la Frecuencia (es decir, cuántas de las 14 preguntas obtuvieron ese porcentaje).

#### Visualización de la tendencia (Bajo rechazo)

- Pico principal en cero (0%): La barra mas alta se encuentra en el valor cero.

Frecuencia: 5

- Implicación: 5 de 14 preguntas (28,6%) tuvieron un rechazo total bajo, pero existente del 4%.

La forma visual de la gráfica es asimétrica y está sesgada hacia la izquierda (valores bajos), lo que subraya que el sentimiento predominante en la encuesta es de bajo desacuerdo total.

### Visualización de la dispersión y valores atípicos

1. Distribución Rala: Entre los picos de 0 y 4, las barras de 1, 2 y 3 tienen una frecuencia de 1 cada una, mostrando que las tasas de rechazo total entre 1% y 3% (solo ocurren en 3 de 14 preguntas).
2. Visualización del Outlier (24%). La gráfica resalta un valor atípico significativo: la barra en 24, aunque su altura es solo 1 (una pregunta), su posición en el extremo derecho del gráfico es muy lejana al cuerpo principal de la distribución (que se agrupa entre 0 y 4).

La gráfica de Barras es la representación en el 24% indica un problema concentrado, que desfigura el bajo nivel de rechazo general de la encuesta. y se observan dos hallazgos:

- Fuerte aceptación base: Nueve de catorce preguntas están agrupadas en tasas de rechazo total de 0% y 4%
- Problema específico: La presencia de la barra

### Análisis del resultado atípico en "Totalmente en desacuerdo"

La distribución observada en "Totalmente en desacuerdo" se origina en un caso particular de la muestra. Específicamente, uno de los participantes respondió 'Totalmente en desacuerdo' en las 14 preguntas Likert, generando un patrón de respuesta significativamente diferente al promedio. Se optó por no excluir este valor atípico, permitiendo así analizar la variabilidad y el impacto real que tienen las respuestas extremas en los resultados consolidados de la encuesta."

## Segunda Categoría “En desacuerdo”

La tabla y el gráfico representan la distribución del porcentaje de respuestas “En desacuerdo” a lo largo de las 14 preguntas de la encuesta (N = 14).

**Tabla 26**

*Frecuencias - En desacuerdo*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1	7.1	7.1	7.1
	2	28.6	28.6	35.7
	3	7.1	7.1	42.9
	4	21.4	21.4	64.3
	5	14.3	14.3	78.6
	7	7.1	7.1	85.7
	22	7.1	7.1	92.9
	52	7.1	7.1	100.0
Total	14	100.0	100.0	

Nota: Datos de Frecuencias en la categoría - En desacuerdo, analizados de la encuesta.

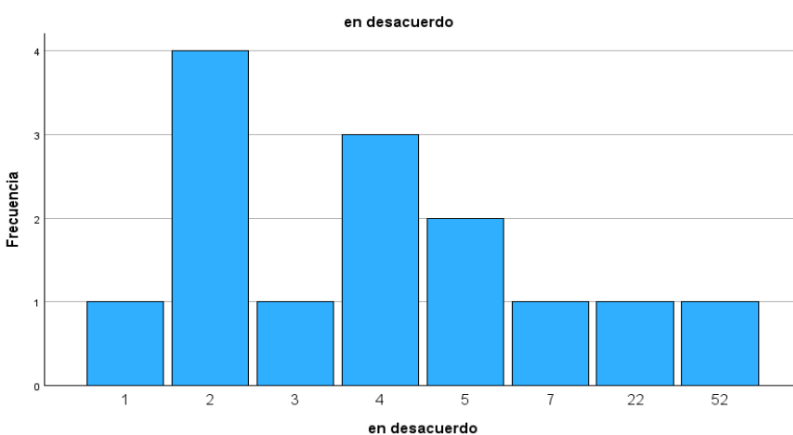
### Análisis

La variable que se está midiendo en la tabla es la distribución de la frecuencia (o porcentajes) con que la opción “En desacuerdo”

- Para el porcentaje de desacuerdo en (Eje X) de 1,2,3,4,5,7; con una frecuencia, es decir número de preguntas en eje Y, el resultado es 12 de 14 preguntas, equivalente al 85,7%: Se puede apreciar que el desacuerdo se mantiene bajo (menor o igual a 7%) en casi 9 de cada 10 preguntas.
- Para el porcentaje de desacuerdo en (Eje X) de 22; con una frecuencia, es decir número de preguntas, en eje Y, el resultado es de 1 (preguntas), equivalente al 7.1%. Se puede apreciar que una pregunta genera un desacuerdo considerable.

## Figura 23

Gráfico de barras - En desacuerdo



Nota: Frecuencias en la categoría - En desacuerdo, analizados de la encuesta.

### Análisis

El gráfico de barras visualiza lo siguiente:

- Agrupación de bajo desacuerdo: La mayoría de las barras, se concentran en el rango de 1% a 5%. La distribución está agrupada a la izquierda (bajos porcentajes), con picos en 2% en (4 preguntas) y 4% en (3 preguntas). Esto indica que la mayoría de los ítems de la encuesta tienen una tasa de desacuerdo leve pero aceptable.
- Distribución rala y asimétrica: A partir del 7% la distribución se vuelve muy dispersa y con una frecuencia de solo 1 en cada punto. La distribución está sesgada a la derecha, lo que significa que, aunque la mayoría de los ítems tienen bajo desacuerdo, la dispersión total, se extiende hacia valores muy altos.
- Visualización de Outliers críticos: La gráfica ilustra dos valores atípicos que generan la mayor varianza: la barra en 22 y la barra 52, en donde están alejadas de la agrupación principal.

La categoría “En desacuerdo” presenta un desempeño bueno en el 86% de las preguntas, manteniendo tasas de desacuerdo leve por debajo de 8%.

### **Tercera Categoría - Ni de acuerdo ni en desacuerdo.**

La tabla y el gráfico representan la distribución del porcentaje de respuestas: “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” a lo largo de las 14 preguntas de la encuesta (N = 14).

**Tabla 27**

*Frecuencias - Ni de acuerdo ni en desacuerdo*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	3	1	7.1	7.1	7.1
	6	1	7.1	7.1	14.3
	9	2	14.3	14.3	28.6
	10	1	7.1	7.1	35.7
	12	2	14.3	14.3	50.0
	18	1	7.1	7.1	57.1
	20	1	7.1	7.1	64.3
	23	1	7.1	7.1	71.4
	24	1	7.1	7.1	78.6
	25	2	14.3	14.3	92.9
	32	1	7.1	7.1	100.0
		Total	14	100.0	100.0

Nota: Datos de Frecuencias en la categoría - *Ni de acuerdo ni en desacuerdo*, analizados de la encuesta.

Análisis:

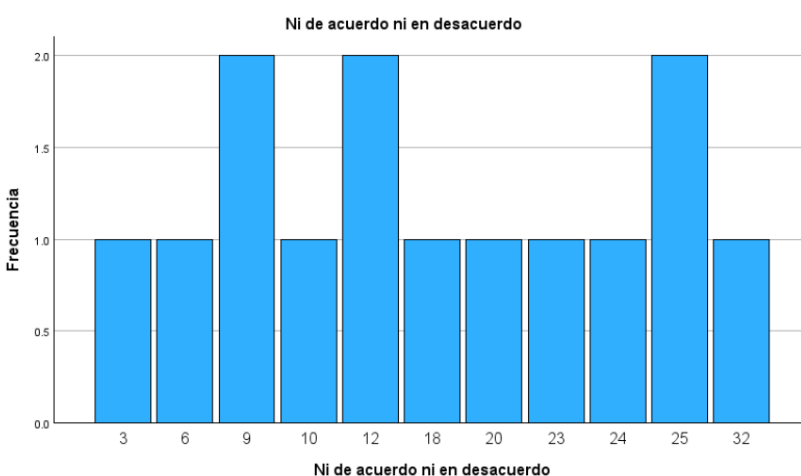
La tabla confirma la gran variabilidad de la proporción neutral entre los ítems:

- Para el porcentaje neutral (Eje x) del 3% a 10%; con una frecuencia (Eje y) es decir número de preguntas de 5; equivale al 35.7%. Se puede observar que es de baja neutralidad.
- Para el porcentaje neutral (Eje x) del 12% a 24%; con una frecuencia (Eje y) es decir número de preguntas de 6; equivale al 78.6%. Se puede observar que la neutralidad media (alrededor del 1/5 de las respuestas).

- Para el porcentaje neutral (Eje x) del 25% a 32%; con una frecuencia (Eje y) es decir número de preguntas de 3; equivale al 100%. Se puede observar que la neutralidad es Alta.

## Figura 24

Gráfico de barras - Ni de acuerdo ni en desacuerdo



Nota: Frecuencias en la categoría - *Ni de acuerdo ni en desacuerdo*, analizados de la encuesta

Análisis.

La gráfica de barras muestra la distribución de los porcentajes neutrales entre las 14 preguntas.

- Distribución dispersa: Esta distribución es plana y dispersa. Las frecuencias de 1 y 2 se extienden a lo largo de un amplio rango de porcentajes (del 3% al 32%). Esto implica que la proporción de respuestas neutrales varía significativamente entre las preguntas de la encuesta.
- Ausencia de un pico dominante: En esta categoría no hay un pico de frecuencia dominante. En cambio, hay cuatro modas (picos con frecuencia 2) dispersas en los

valores 9%, 12% y 25%. En donde: 9% y 12% representa la concentración más baja de neutralidad. Y el 25% representa la concentración más alta de neutralidad.

#### **Cuarta Categoría - De acuerdo**

La tabla de frecuencia y su representación gráfica, muestran la distribución del porcentaje de respuestas: “De acuerdo” a lo largo de las 14 preguntas (N = 14) de la encuesta.

**Tabla 28**

*Frecuencias - De acuerdo*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	5	1	7.1	7.1
	29	1	7.1	14.3
	38	1	7.1	21.4
	39	3	21.4	42.9
	40	1	7.1	50.0
	43	1	7.1	57.1
	49	1	7.1	64.3
	52	1	7.1	71.4
	57	1	7.1	78.6
	58	1	7.1	85.7
	60	1	7.1	92.9
	85	1	7.1	100.0
Total	14	100.0	100.0	

Nota: Datos de Frecuencias en la categoría - En desacuerdo, analizados de la encuesta.

Análisis:

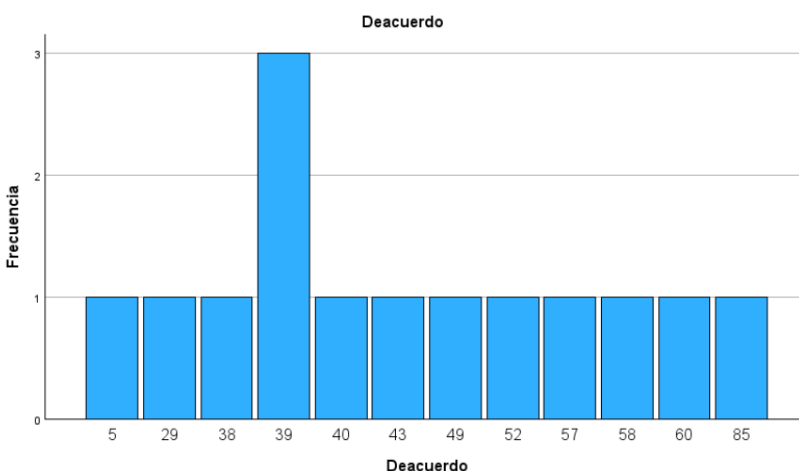
1. Tendencia Central: El análisis de la tabla revela que esta categoría es el principal motor del sentimiento positivo en la encuesta, según los estadísticos iniciales, la media es 45,21%

- Pico principal: La moda se encuentra en 39% de acuerdo, con 3 de las 14 preguntas obteniendo esta frecuencia. Esto indica un punto de concentración en el nivel de acuerdo.

- Acuerdo consolidado: El 50% de las preguntas (7 de 14) logra una tasa de acuerdo de 40% o superior. Esto sugiere que, en la mayoría de los ítems, el consenso de acuerdo es significativo.
2. Dispersión y volatilidad extrema: La característica más sobresaliente es la extrema dispersión en la frecuencia de la respuesta, con un rango de 80 (del 5% al 85%)
- Distribución rala: La gráfica de esta distribución sería plana y muy extendida. Solo el valor 39% se repite; el resto de los porcentajes de acuerdo (40%, 43%, 49%, etc.) aparecen una sola vez.
  - Alto consenso: con el 85% de respuestas en “De acuerdo”, lo que representa un consenso altísimo.

## Figura 25

Gráfico de barras - De acuerdo



Nota: Frecuencias en la categoría - *De acuerdo*, analizados de la encuesta.

### Análisis

- Dominio positivo con baja consistencia: La encuesta tiene un fuerte sentimiento positivo (45.21% en promedio), impulsado principalmente por esta categoría.

### Quinta Categoría - Totalmente de acuerdo.

#### Análisis

La tabla de frecuencia y su representación gráfica, muestran la distribución del porcentaje de respuestas: “Totalmente de acuerdo” a lo largo de las 14 preguntas (N = 14) de la encuesta.

**Tabla 29**

*Frecuencias - Totalmente de acuerdo*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	1	7.1	7.1
	2	1	7.1	14.3
	12	1	7.1	21.4
	14	1	7.1	28.6
	18	1	7.1	35.7
	25	1	7.1	42.9
	30	1	7.1	50.0
	31	2	14.3	64.3
	49	2	14.3	78.6
	50	1	7.1	85.7
	56	1	7.1	92.9
	58	1	7.1	100.0
	Total	14	100.0	100.0

Nota: Datos de Frecuencias en la categoría - En desacuerdo, analizados de la encuesta.

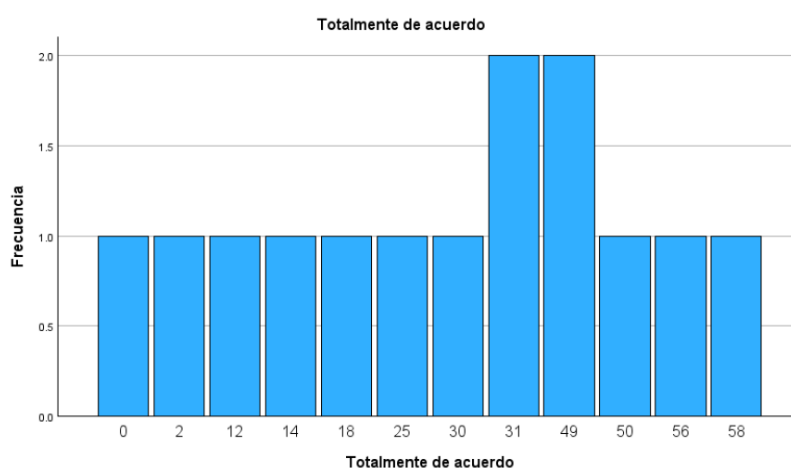
#### Análisis

- Para el porcentaje “Totalmente de acuerdo” (Eje x) de 31% y 49%; con una frecuencia de 2 cada uno; con 14.3% para cada uno: observando los picos de frecuencia más altos, es decir (modas).
- Para el porcentaje “Totalmente de acuerdo” (Eje x) de 0%; con una frecuencia de uno (1): con 7.1%: en donde una pregunta no generó ningún acuerdo total.
- Para el porcentaje “Totalmente de acuerdo” (Eje x) de 58%; con una frecuencia de uno (1): con 7.1%: con máximo de acuerdo total.

- Para el porcentaje “Totalmente de acuerdo” (Eje x) de 12% o menos; con una frecuencia de tres (3) preguntas; con 21.4%: con bajo acuerdo total.
- Para el porcentaje “Totalmente de acuerdo” (Eje x) de 30% o más; con una frecuencia de siete (7) preguntas; con 50%: con acuerdo total significativo en la mitad de los ítems.

**Figura 26**

*Grafica de barras - Totalmente de acuerdo*



Nota: Frecuencias en la categoría - *Totalmente de acuerdo*, analizados de la encuesta.

### Análisis

- Picos gemelos: El gráfico muestra que hay dos puntos con la frecuencia más alta (Frecuencia 2), en 31% y 49%. Esto indica que las tasas de acuerdo total alrededor de un tercio y la mitad son las más comunes entre las 14 preguntas.
- Distribución plana e inicial: La gráfica es plana en su inicio. Los porcentajes de 0% a 30% de acuerdo, aparecen una sola vez (frecuencia 1). Esto ilustra que el acuerdo total varía enormemente y no se grupa fácilmente.

- Ausencia de un Outlier extremo: No hay ningún valor atípico extremo que desequilibre el gráfico. La distribución se extiende desde 0% hasta 58% de manera más escalonada.

La categoría “Totalmente de acuerdo” es la principal responsable de la varianza total en la encuesta (la desviación estándar más alta).

- Entusiasmo volátil: El acuerdo total es un sentimiento fuerte (la mitad de los ítems tienen 30% o más) la intensidad es variable. La distribución es más una dispersión amplia con picos, que una concentración fuerte.

### **Análisis comparativo y conclusiones generales.**

Dominio del sentimiento positivo (Foco en el 75.57%)

- El 75.57% de las respuestas promedio se concentran en “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”. Esto confirma que el tema evaluado de “Un Diseño para la captación de aguas lluvias para uso no potable en conjunto residencial, goza de un alto nivel de aceptación general.
- Motor principal: “De acuerdo” (45.21%) es el motor. “Totalmente de acuerdo” (30.36%) es el impulsor de entusiasmo.

Variabilidad extrema (Desafío)

- La desviación estándar alta en las categorías “De acuerdo” demuestra que la encuesta es volátil. Las respuestas positivas son altas en promedio.

### **Conclusión general**

Hay una tendencia al “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” en las respuestas con 75%. Esto indica que en general, la muestra está a favor o es positiva respecto al tema evaluado en la encuesta.

Sin embargo, existe una alta variabilidad en las proporciones “de acuerdo” de las 14 preguntas (N =14). Este es un hallazgo importante: Aunque el sentimiento general es positivo, la intensidad y el grado de acuerdo variaron significativamente dependiendo de la pregunta.

### Correlación Bayesiana

Figura 27

#### Posterior Distribution Characterization for Pairwise Correlations

			Totalmente en desacuerdo	en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Deacuerdo	Totalmente de acuerdo
Totalmente en desacuerdo	Posterior	Moda		.979	.398	-.590	-.613
		Media		.968	.328	-.507	-.532
		Varianza		.000	.049	.036	.034
	95% Intervalo creible	Límite inferior		.932	-.106	-.842	-.835
		Límite superior		.994	.735	-.133	-.149
	N		14	14	14	14	14
en desacuerdo	Posterior	Moda	.979		.412	-.633	-.587
		Media	.968		.343	-.550	-.504
		Varianza	.000		.049	.034	.036
	95% Intervalo creible	Límite inferior	.932		-.079	-.862	-.839
		Límite superior	.994		.753	-.181	-.133
	N		14	14	14	14	14
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Posterior	Moda	.398	.412		-.308	-.563
		Media	.328	.343		-.256	-.483
		Varianza	.049	.049		.053	.040
	95% Intervalo creible	Límite inferior	-.106	-.079		-.682	-.826
		Límite superior	.735	.753		.198	-.088
	N		14	14	14	14	14
Deacuerdo	Posterior	Moda	-.590	-.633	-.308		-.129
		Media	-.507	-.550	-.256		-.106
		Varianza	.036	.034	.053		.058
	95% Intervalo creible	Límite inferior	-.842	-.862	-.682		-.544
		Límite superior	-.133	-.181	.198		.373
	N		14	14	14	14	14
Totalmente de acuerdo	Posterior	Moda	-.613	-.587	-.563	-.129	
		Media	-.532	-.504	-.483	-.106	
		Varianza	.034	.036	.040	.058	
	95% Intervalo creible	Límite inferior	-.835	-.839	-.826	-.544	
		Límite superior	-.149	-.133	-.088	.373	
	N		14	14	14	14	14

Nota: El análisis asume previas de referencia (c=0)

## Analisis de correlaciones - Posterior Distribution Characterization for Pairwise

### Correlations

Se presenta un análisis de las correlaciones bi-variadas entre las distintas categorías de respuesta, basándose en la tabla de "Posterior Distribution Characterization for Pairwise Correlations" (Caracterización de la Distribución Posterior para Correlaciones por Pares).

Conceptos de las correlaciones bi-variables:

#### Conceptos Estadísticos de las Gráficas

##### 1. Logaritmo de Verosimilitud (Log-Likelihood)

- Concepto: El logaritmo natural de la función de verosimilitud.
- Representación: Mide cuán bien un modelo estadístico se ajusta a los datos observados para diferentes valores del parámetro. Su objetivo es identificar el valor del parámetro que maximiza esta función (la parte superior del arco), lo cual se conoce como la Estimación de Máxima Verosimilitud (MLE).

##### 2. Verosimilitud (Likelihood) (Gráfica Central, Plana)

- Concepto: Función de Verosimilitud a Priori o Distribución a Priori No Informativa.
- Representación: Muestra la probabilidad asignada a cada valor del parámetro antes de observar los datos. En este caso, la línea plana (valor 1.0) indica una distribución uniforme (no informativa o "plana"). Significa que el análisis inicial no asume ninguna preferencia por ningún valor del parámetro, tratando a todos como igualmente probables.

##### 3. Verosimilitud (Likelihood) (Gráfica Inferior, en Campana)

- Concepto: Función de Verosimilitud Final o Distribución Posterior (en un contexto Bayesiano).

- Representación: Es el resultado final del análisis. Muestra la probabilidad relativa de cada valor del parámetro *después* de que el modelo ha incorporado los datos.
- El pico de la curva (el valor más alto) representa la estimación más probable para la media o el parámetro que se está estudiando.
- La amplitud de la curva indica la incertidumbre (si la campana es ancha, hay mucha incertidumbre; si es estrecha, hay poca incertidumbre sobre el valor real del parámetro).

(Gelman et al., 2013)

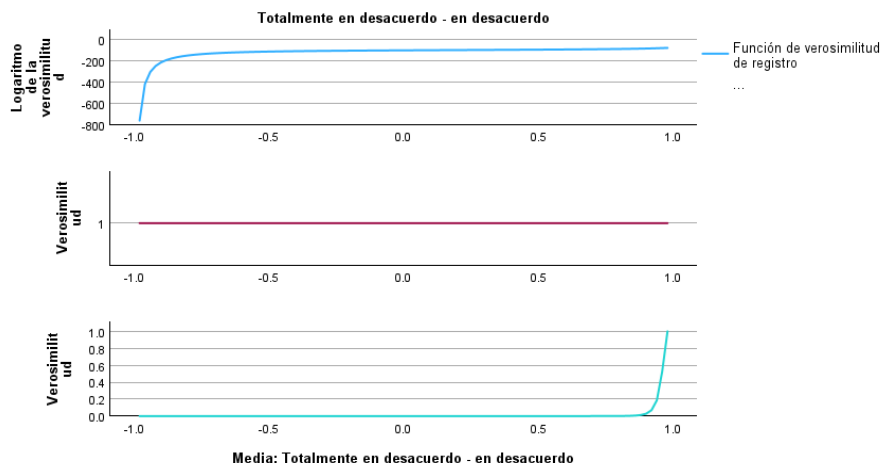
Estos tres gráficos, al combinarse (especialmente los conceptos 2 y 3), forman la base de la inferencia estadística para determinar el valor más probable de una característica de la población.

### **Análisis -Totalmente en desacuerdo; En desacuerdo**

Existe una correlación positiva, casi perfecta .979 entre la frecuencia de respuestas en la categoría "Totalmente en desacuerdo" y la frecuencia de respuestas en la categoría "En desacuerdo" a lo largo de las 14 preguntas. Esto implica que, a pesar de que el nivel de desacuerdo general en la encuesta es bajo, cuando una pregunta generó un alto rechazo total (Totalmente en desacuerdo), también generó un alto rechazo parcial (En desacuerdo).

### **Figura 28**

*Grafica* Totalmente en desacuerdo - en desacuerdo



Nota: Ambas categorías de desacuerdo están fuerte y directamente relacionadas en su variabilidad a través de los ítems

La forma de la curva indica que la correlación entre la frecuencia de respuestas "Totalmente en desacuerdo" y la frecuencia de respuestas "En desacuerdo" a lo largo de las 14 preguntas de la encuesta es extremadamente alta y positiva, cercana al valor máximo de 1.0.

A Nivel de Encuesta: Significa que en aquellas preguntas donde el porcentaje de respuestas "Totalmente en desacuerdo" fue alto, el porcentaje de respuestas "En desacuerdo" también lo fue, y viceversa. Ambas categorías de desacuerdo están fuerte y directamente relacionadas en su variabilidad a través de los ítems.

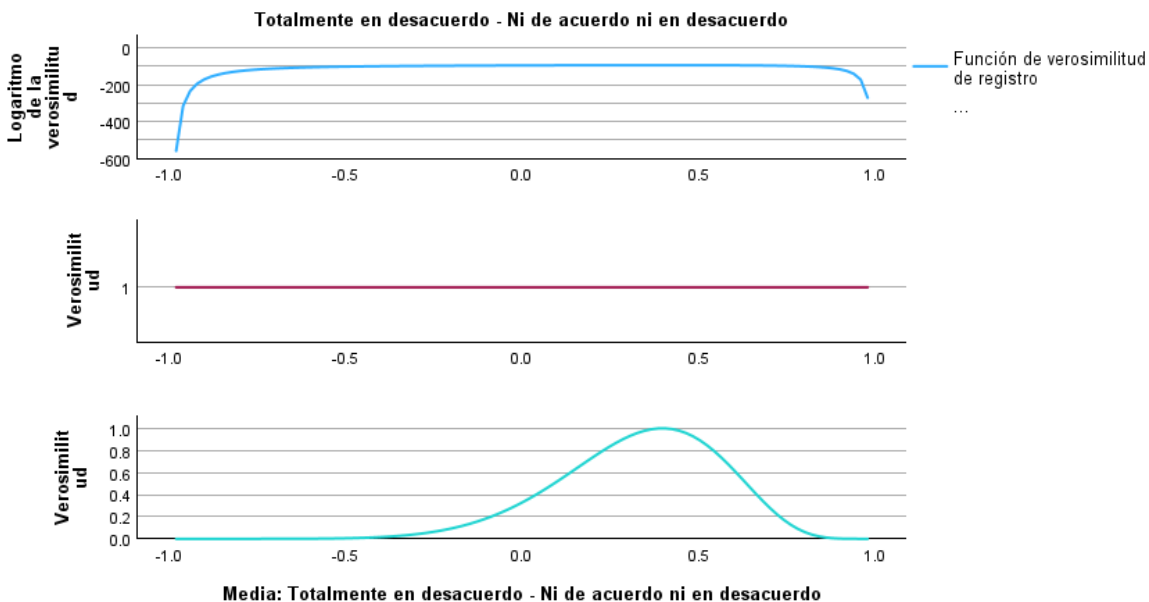
### **Análisis de la gráfica "Totalmente en desacuerdo - Ni de acuerdo ni en desacuerdo".**

El análisis conjunto de los gráficos indica que la Media de las respuestas se estima con mayor probabilidad en un valor positivo, concretamente alrededor de +0.4 a +0.5. Esto significa que las respuestas tienden a ubicarse en el lado de acuerdo de la escala, alejándose tanto del "Totalmente en desacuerdo" como del punto neutral.

En la curva de color turquesa en el tercer panel, visualiza la distribución de probabilidad del coeficiente de correlación para este par de categorías a lo largo de las 14 preguntas.

**Figura 29**

*Grafica Totalmente en desacuerdo - Ni de acuerdo ni en desacuerdo*



Nota: La Media de las respuestas se estima con mayor probabilidad en un valor positivo

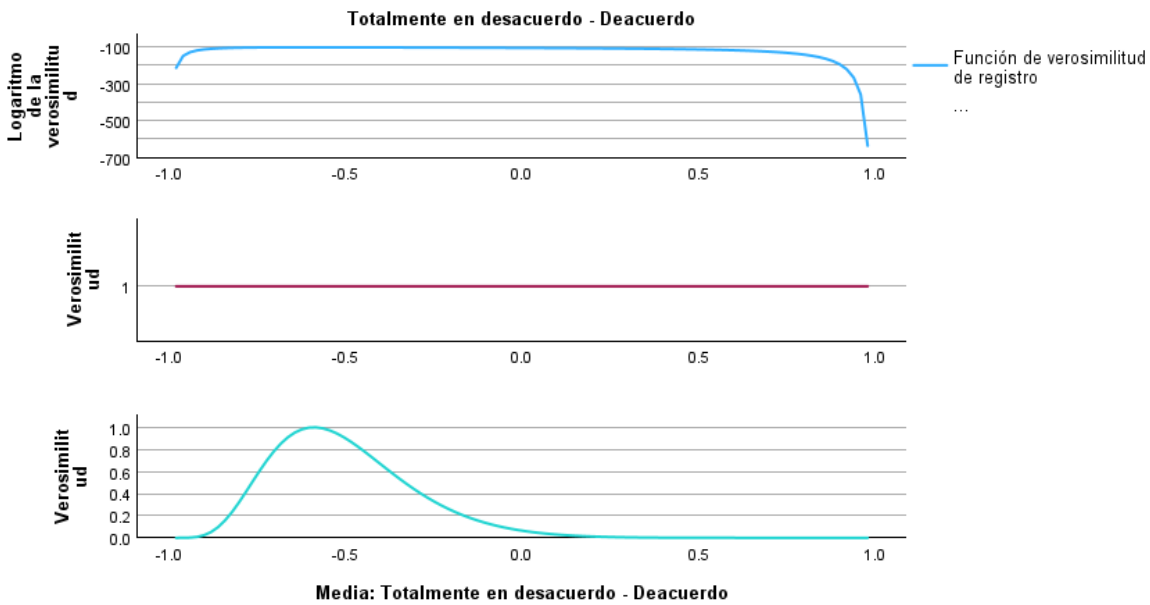
### **Análisis de la gráfica Totalmente en desacuerdo – Deacuerdo**

El gráfico de la Media Posterior (la curva turquesa) muestra la distribución de probabilidad del coeficiente de correlación.

La distribución es una campana estrecha y fuertemente concentrada en valores negativos (a la izquierda del 0).

**Figura 30**

*Grafica Totalmente en desacuerdo – Deacuerdo*



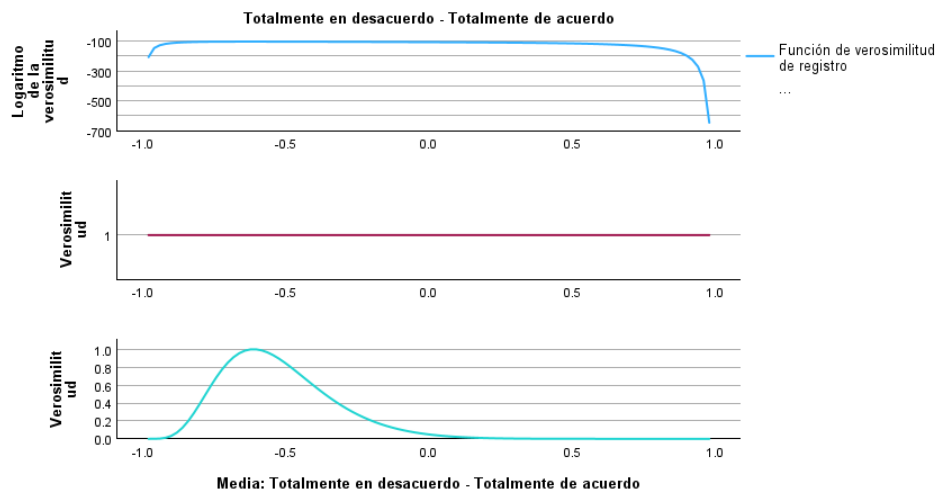
Nota: La distribución visualiza en la gráfica valores negativos

### **Análisis de la gráfica, Totalmente en desacuerdo - Totalmente de acuerdo.**

Los resultados estadísticos (el pico de la curva inferior) indican que el valor más probable para la media está en -0.6. está fuertemente sesgada hacia el "Totalmente en Desacuerdo".

### **Figura 31**

*Grafica Totalmente en desacuerdo - Totalmente de acuerdo*



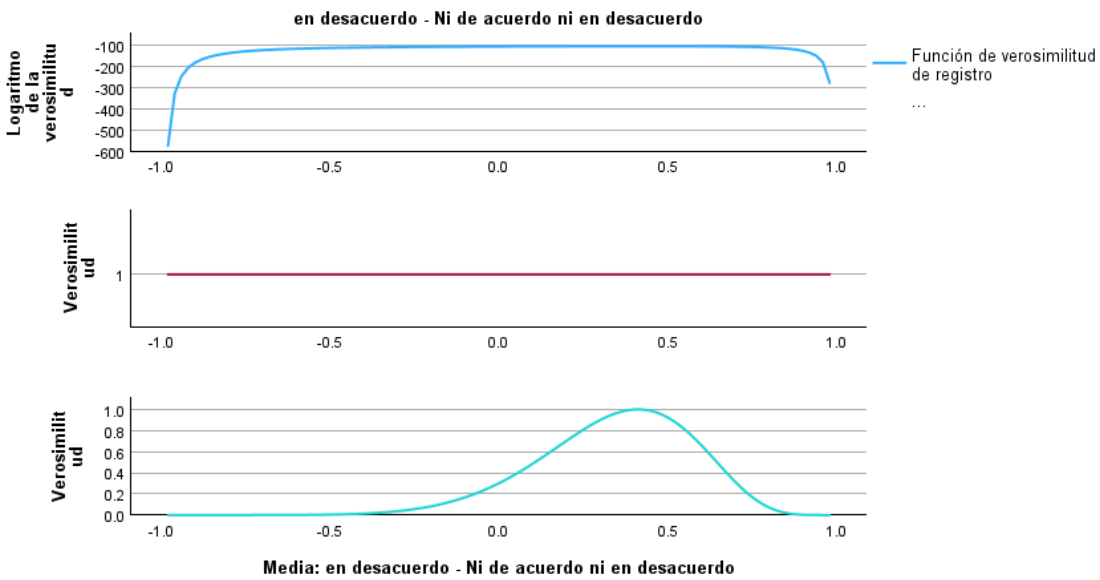
Nota: Fuertemente sesgada hacia el Totalmente en Desacuerdo.

### **Análisis de la gráfica “En desacuerdo - Ni de acuerdo ni en desacuerdo”**

Los datos indican que el valor más probable para la media del parámetro analizado es +0.5. Esto significa que la opinión más representativa (el pico de probabilidad) está sesgada hacia la derecha de la neutralidad (0.0), es decir, está más cerca de la posición "De Acuerdo" o de la neutralidad ("Ni de acuerdo ni en desacuerdo") que de la posición "En Desacuerdo"

### **Figura 32**

*Gráfica En desacuerdo – Ni de acuerdo ni en desacuerdo*



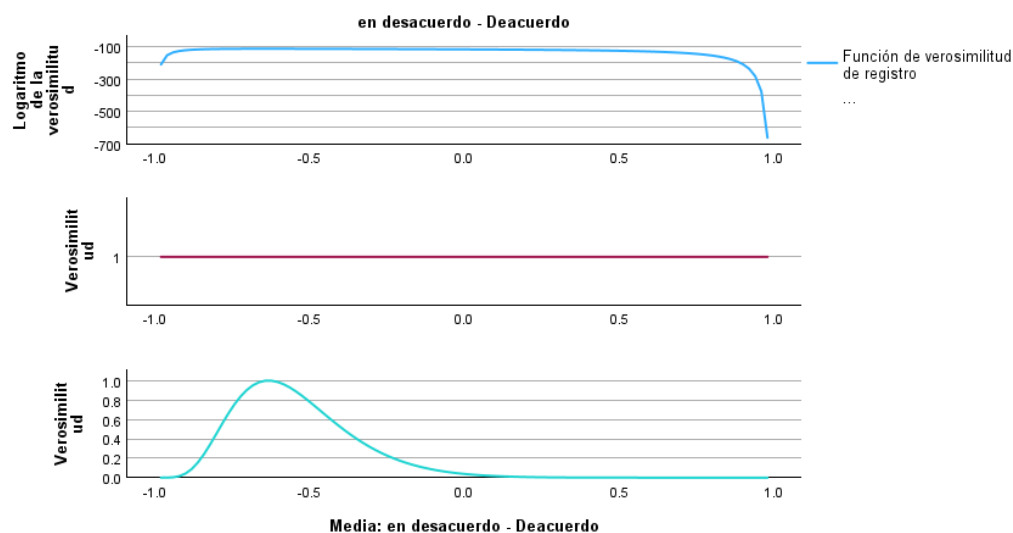
Nota: Sesgada hacia la derecha de la neutralidad.

### **Análisis de grafica "En desacuerdo – De acuerdo"**

Dado que la escala es "en desacuerdo - De Acuerdo" -1.0 representa un alto grado de desacuerdo; 0.0 representa el punto medio o neutral; y +1.0 representa un alto grado de acuerdo. El resultado de -0.6 indica que la opinión o el valor medio se encuentra fuertemente sesgado hacia el "Desacuerdo".

### **Figura 33**

*Gráfica En desacuerdo - De acuerdo*



Nota: Valor medio se encuentra fuertemente sesgado hacia el Desacuerdo.

#### **Análisis de la Gráfica: "En desacuerdo" – "Totalmente de acuerdo"**

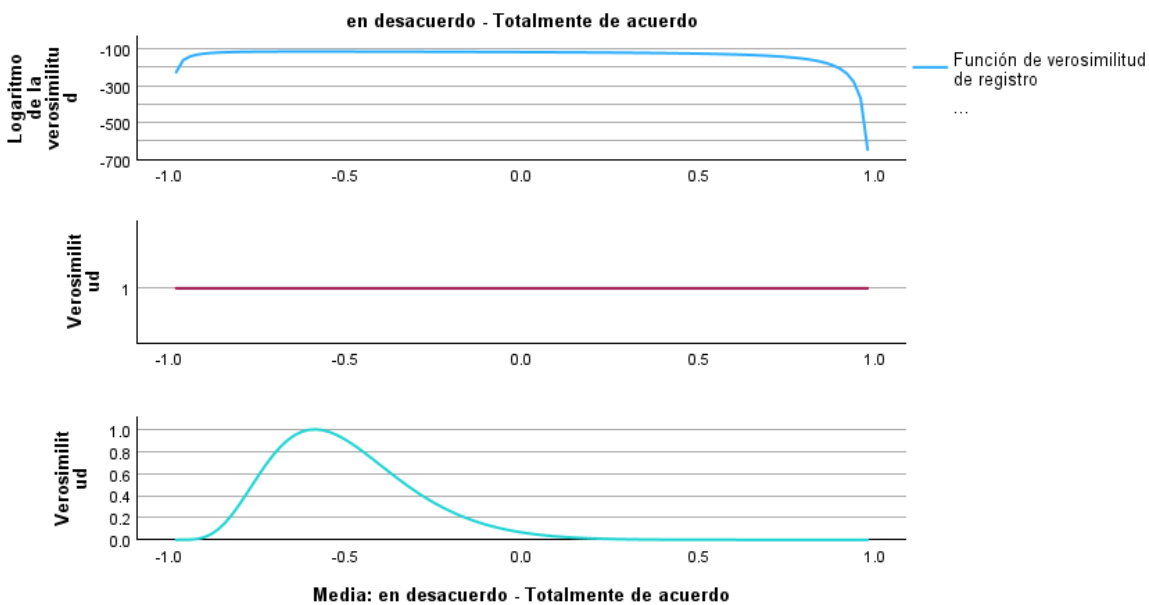
El valor más probable (la Media) para el parámetro es -0.6.

Considerando que la escala va de: -1.0: Alto grado de "en desacuerdo"; 0.0: Neutral y +1.0: "Totalmente de acuerdo"

El resultado de -0.6 implica que la opinión o valor promedio se encuentra claramente sesgado hacia el lado del "en desacuerdo".

#### **Figura 34**

*Gráfica En desacuerdo – Totalmente de acuerdo*



Nota: Valor promedio se encuentra sesgado hacia el lado del en desacuerdo.

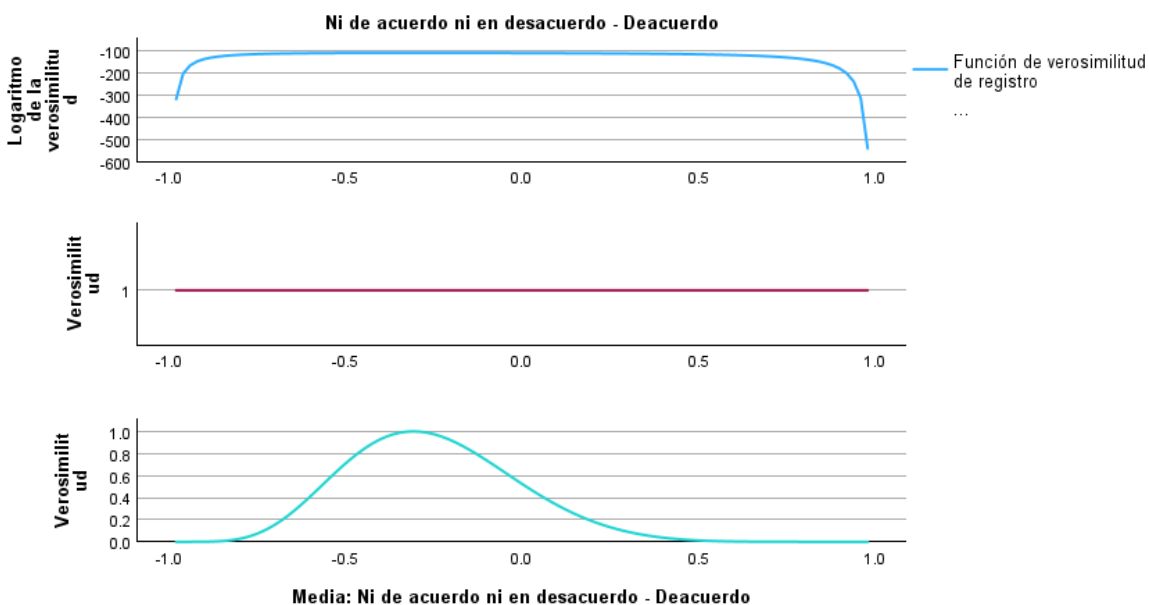
#### **Análisis de la Gráfica "Ni de acuerdo ni en desacuerdo – De acuerdo".**

La distribución es amplia, lo que refleja la gran incertidumbre en el valor real de la correlación.

El pico más alto está en el rango negativo (alrededor de -0.25, pero la curva se extiende considerablemente hacia el lado positivo, cruzando el 0).

#### **Figura 35**

*Gráfica Ni de acuerdo ni en desacuerdo – De acuerdo*



Nota: Valor se extiende considerablemente hacia el lado positivo sobre 0.

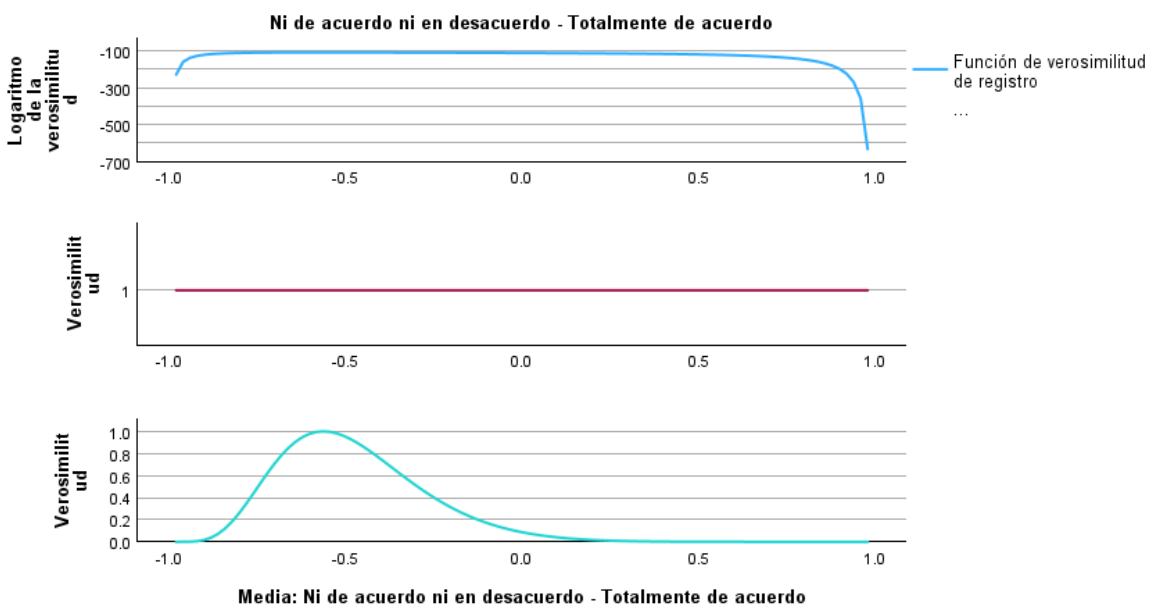
### **Análisis de la gráfica “Ni de acuerdo ni en desacuerdo – Totalmente de acuerdo”.**

Dado el rango de la escala de opinión: -1.0 representa el extremo de "Ni de acuerdo ni en desacuerdo" o la posición más alejada del acuerdo, 0.0 representa un punto intermedio, ligeramente sesgado del centro, y +1.0 representa "Totalmente de acuerdo".

El resultado de -0.6 implica que la opinión media se encuentra fuertemente sesgada hacia el extremo del "Ni de acuerdo ni en desacuerdo". Esto sugiere que la mayoría de los encuestados se inclinaron hacia la opción neutral o se sintieron indiferentes, pero el modelo sitúa el centro de la probabilidad más cerca de esa posición neutral que del acuerdo total.

### **Figura 36**

*Gráfica Ni de acuerdo ni en desacuerdo – Totalmente de acuerdo*



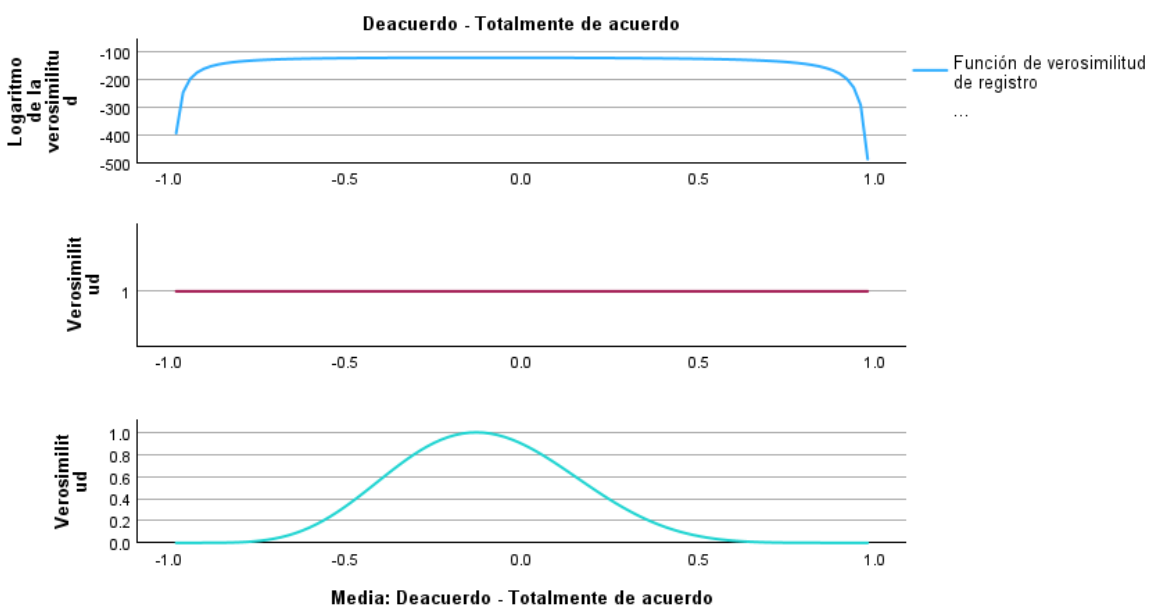
Nota: La opinión media se encuentra sesgada hacia el extremo del Ni de acuerdo ni en desacuerdo.

### **Análisis gráfico "De acuerdo -Totalmente de acuerdo.**

El resultado de 0.0 significa que la opinión o valor promedio se encuentra exactamente en el punto de neutralidad o en el centro de la escala. "De acuerdo" y el "totalmente de acuerdo)" en esta escala se equilibran perfectamente.

Figura 37

Gráfica De acuerdo - Totalmente de acuerdo



Nota: Valor promedio se encuentra en el punto de neutralidad.

### Segunda correlación Bayesiana

#### Análisis

Existe una fuerte correlación negativa entre la frecuencia de respuestas en la categoría "Totalmente en desacuerdo" y la frecuencia de respuestas en la categoría "Totalmente de acuerdo" a lo largo de las 14 preguntas.

Media Posterior: -0.532. Este valor, indica una fuerte relación inversa entre los dos extremos de la escala:

**Figura 38***Posterior Distribution Characterization for Pairwise Correlations*

**Posterior Distribution Characterization for Pairwise Correlations-new**

			Totalmente en desacuerdo	Totalmente de acuerdo
Totalmente en desacuerdo	Posterior	Moda		- .613
		Media		- .532
		Varianza		.035
	95% Intervalo creíble	Límite inferior		- .839
		Límite superior		- .146
	N		14	14
	Totalmente de acuerdo	Posterior	Moda	- .613
Media			- .532	
Varianza			.035	
95% Intervalo creíble		Límite inferior	- .839	
		Límite superior	- .146	
N			14	14

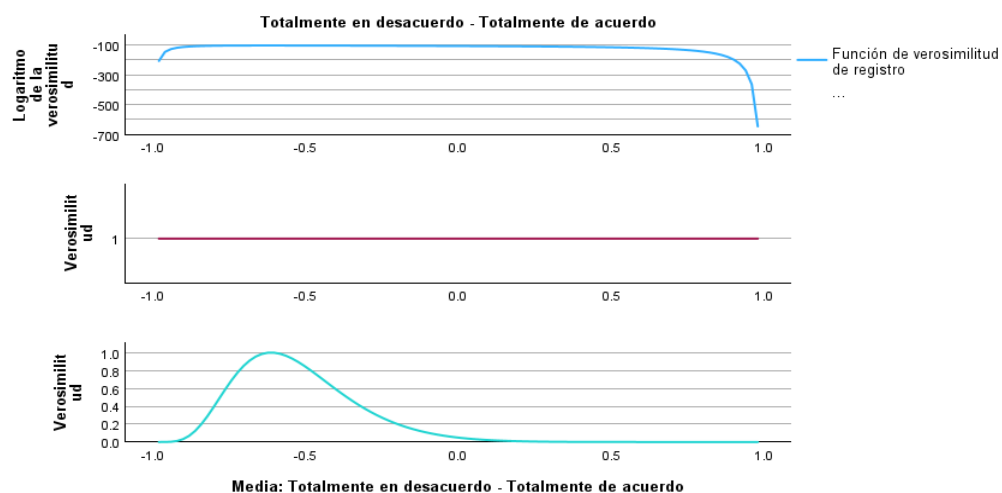
Nota: Fuerte relación inversa entre los dos extremos de la escala.

**Análisis gráfico Totalmente en desacuerdo – Totalmente de acuerdo.**

El resultado de -0.6 implica que la opinión o el valor promedio se encuentra claramente sesgado hacia el "Totalmente en desacuerdo". Esta posición negativa es la que mejor explica los datos.

**Figura 39**

*Gráfica* Totalmente en desacuerdo – Totalmente de acuerdo



Nota: Valor promedio se encuentra sesgado hacia el "Totalmente en desacuerdo"

### **Análisis de correlación bi-variada.**

Este análisis se centra en identificar pares de categorías con un alto grado de correlación (por encima de 0.700 o  $-0.700$  en valor absoluto) utilizando la Media posterior como estimación central de la correlación.

**Tabla 30**

*Pares de categorías con alta correlación (>0.700)*

Par de Categorías	Media Posterior	Tipo de correlación	Grado de correlación
Totalmente en desacuerdo y En desacuerdo	+ 0.968	Positiva Fuerte	Muy Alto (>0.700)
Totalmente en desacuerdo y Totalmente de acuerdo	-0.532	Negativa Moderada	No cumple con el grado de correlación
En desacuerdo y Totalmente de acuerdo	-0.504	Negativa Moderada	No cumple con el grado de correlación
De acuerdo y Totalmente de acuerdo	-0.106	Negativa Débil	No cumple con el grado de correlación

Nota: Distribución posterior de correlaciones por pares, Correlación Bayesiana utilizando la Media posterior.

### **Conclusión de correlación bi-variada.**

El único par de variables que demuestra una correlación bi-variada muy alta (por encima del umbral de 0.700) es:

- "Totalmente en desacuerdo" y "En desacuerdo" (Media = 0.968): Existe una relación positiva casi perfecta. Esto significa que, si el porcentaje de respuestas en una de estas categorías es alto en una pregunta, el porcentaje de respuestas en la otra categoría también será alto en esa misma pregunta. Dicho de otra manera, la proporción de respuestas de "desacuerdo" simple y "desacuerdo total" tienden a subir y bajar juntas a lo largo de las 14 preguntas.

### **Prueba de Hipótesis.**

Es un método estadístico utilizado para determinar si hay suficiente evidencia en una muestra de datos para respaldar o rechazar una afirmación (hipótesis) específica sobre una población. (Basado en correlación Bayesiana). (Gelman et al., 2013)

Inferencia sobre la prueba de hipótesis (Basado en correlación Bayesiana). La prueba de hipótesis se interpreta, utilizando el Intervalo Creíble del 95% de la correlación.

Interpretación de la Hipótesis: (Basado en correlación Bayesiana).

- Hipótesis nula (H0): No hay correlación (El valor de correlación es 0).
- Hipótesis alterna (H1): Si hay correlación (el valor de correlación es diferente de 0).

Si el intervalo creíble del 95% de la correlación no incluye el 0, se concluye que la correlación es significativa, es decir que hay suficiente evidencia posterior para rechazar la idea de que la correlación es cero. (Gelman et al., 2013).

**Tabla 31**

*Correlaciones significativas (Intervalo creíble no incluye 0)*

Par de categorías	95% Intervalo creíble	Conclusión H1 (Correlación)
Totalmente en desacuerdo y En desacuerdo	0.932, 0.994	Si hay correlación. El 0 está fuera del rango.
Totalmente en desacuerdo y De acuerdo	-0.842, -0.133	Si hay correlación. El 0 está fuera del rango.
Totalmente en desacuerdo y Totalmente de acuerdo	-0.839, -0.149	Si hay correlación. El 0 está fuera del rango.
En desacuerdo y De acuerdo	-0.862, -0.181	Si hay correlación. El 0 está fuera del rango.
En desacuerdo y Totalmente de acuerdo	-0.839, -0.133	Si hay correlación. El 0 está fuera del rango.
Ni de acuerdo ni en desacuerdo y de acuerdo	-0.682, 0.198	No hay correlación significativa. El 0 está dentro del rango.
Ni de acuerdo ni en desacuerdo y Totalmente de acuerdo	-0.880, -0.088	Si hay correlación. El 0 está fuera del rango.
De acuerdo y Totalmente de acuerdo	-0.544, 0.373	No hay correlación significativa. El 0 está dentro del rango.

Nota: Análisis de correlaciones significativas

### ***Conclusión sobre la prueba de Hipótesis.***

En términos de la correlación de la distribución de frecuencias entre categorías a lo largo de las 14 preguntas:

- Se aprueba la hipótesis alterna (H1) de correlación en la mayoría de los pares de desacuerdo y acuerdo, y "Totalmente en desacuerdo" y "En desacuerdo", lo que confirma una relación significativa entre estas categorías.
- Se rechaza la hipótesis alterna (H1) de correlación para el par "Ni de acuerdo ni en desacuerdo" y "De acuerdo" y el par "De acuerdo" y "Totalmente de acuerdo", ya que sus respectivos intervalos creíbles del 95% incluyen el 0, indicando que no hay suficiente evidencia para afirmar una correlación significativa.

## **Conclusiones**

El análisis de la encuesta valida la viabilidad multifactorial del proyecto, traduciéndose en un mandato cuantitativo claro por parte de la comunidad. El alto compromiso financiero del (79% disposición a invertir en la siguiente fase de este proyecto) y operativo de (84% de compromiso de mantenimiento) se combinan con la necesidad crítica de seguridad hídrica ante la inestabilidad del suministro, eliminando las dudas fundamentales sobre la factibilidad y la sostenibilidad de la iniciativa.

La necesidad funcional de diseñar e implementar un sistema de captación de agua lluvia en Cajicá está validada por una alta inestabilidad del servicio, se evidencia el 77% de los residentes experimentan algún grado de interrupción o escasez de agua (1-2 veces al mes o más). Esta información demuestra que el diseño que se llevaría a cabo responde a la demanda de la capacidad de un sistema hídrico urgente para subsanar las interrupciones del servicio.

El consenso realizado muestra la disponibilidad y compromiso en la utilización del agua lluvia para usos no potables si se garantiza la calidad del sistema, además de la adopción de un diseño propuesto para la validación y puesta en marcha.

Según las cifras generadas y analizadas en los encuestados, se evidencia un alto grado de interés en un diseño viable y asequible para las viviendas, aportando el compromiso y apoyo en el funcionamiento y encargándose de la limpieza y mantenimiento periódico, siendo esto importante para la funcionalidad y calidad del agua recogida.

## **Propuesta futura investigación**

Como continuidad al diseño desarrollado, se propone la ejecución de una fase de implementación del sistema de recolección de aguas lluvias. Esta fase es crucial para la puesta en marcha del modelo teórico y la generación de datos medible y verificable que se obtiene directamente de la experimentación que permitan ajustar los parámetros de diseño y cuantificar el impacto real en el balance hídrico

### Lista de referencias

- Alcaldía de Cajicá (2023, 30 de enero). Declara emergencia sanitaria por crisis de agua. *ProQuest*. <https://www-proquest-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/docview/2771278982?pq-origsite=primo&accountid=34925&sourcetype=Wire%20Feeds>
- Alcaldía de Cajicá. (2024, 23 de septiembre). Comunicado informativo sobre las medidas de racionamiento de agua. <https://cajica.gov.co/comunicado-informativo-sobre-las-medidas-de-racionamiento-de-agua/>
- Alcaldía de Cajicá. (2025, 29 de agosto). Aviso importante sobre la calidad y presión del agua en Cajicá. <https://cajica.gov.co/aviso-importante-sobre-la-calidad-y-presion-del-agua-en-cajica/>
- Alcaldía Municipal de Cajicá. (2024). Plan de Desarrollo Municipal "Cajicá Ideal 2024–2027". [Acuerdo de Adopción, N° 003 del 26 de mayo de 2024].
- Andrew H. Van de Ven, (1986) Problemas centrales en la gestión de la innovación. *Management Science* 32(5):590-607. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.5.590>
- Balcarcel Gomez, J. (2023). *Diseño de un Sistema de Recolección y Aprovechamiento de Agua Lluvia para la Estación Biológica de Aguadas – EBA*. Ingeniería Ambiental. Repositorio Institucional Universidad Ean. <http://hdl.handle.net/10882/12801>
- Belachqer-El Attar, S., et al. (2025). Addressing wastewater reuse challenges in rural decentralized areas. *Journal of Water Process Engineering*, 77, 108616. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.108616>
- Borgert, A.E.; Ghisi, E. (2024) The Impact of the Water Tariff on the Economic Feasibility of Rainwater Harvesting for Use in Residential Buildings. *Water*, 16, 1058 <https://doi.org/10.3390/w16071058>
- Buehler, D., Barmettler, R., Schoenborn, A., Junge, R., & Rousseau, D. P. L. (2025). Artículo *Water Reuse and Desalination*. <https://doi.org/10.2166/wrd.2025.104>

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Diseño de investigación: Enfoques cualitativo, cuantitativo y mixto* (5.ª ed.). Editorial SAGE.
- DANE. (2024). *Proyecciones de población: Cajicá, Cundinamarca*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Flórez, M. P., et al. (2019). Una metodología sistémica para la reducción del consumo de agua en el medio rural. *Kybernetes*, 48(1), 163–182. <https://doi.org/10.1108/K-07-2017-0267>
- Gelman, A., Carlin, JB, Stern, HS, Dunson, DB, Vehtari, A. y Rubin, DB (2013). *Análisis de datos bayesianos* (3.ª ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/b16018>
- Gómez-Monsalve, M., Domínguez, I. C., Yan, X., Ward, S., & Oviedo-Ocaña, E. R. (2022). Environmental performance of a hybrid rainwater harvesting and greywater reuse system: A case study on a high water consumption household in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 345, 131125. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131125>
- González López, H. F., Landazábal Fuentes, J. E., & Campo Balanta, W. (2025). *Propuesta de modelo IoT para la gestión eficiente de la recolección y reutilización de aguas lluvias en PANDI Hotel CC*. Universidad Ean. <https://hdl.handle.net/10882/15245>
- Gui, X., Xiong, Y. y Gou, Z. (2023). Estudio sobre la adopción de tanques de agua de lluvia en hogares australianos: selección del tamaño adecuado para un mejor ahorro de agua. *Architectural Engineering and Design Management*, 20 (6), 1648–1668. <https://doi.org/10.1080/17452007.2023.2182757>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2014 - 2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education. [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Hincapié, M., et al. (2025). Automated household-based water disinfection system for rural

communities. *Water Research*, 284, 121482.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.121482>

IDEAM. (2020). Informe sobre el estado de los recursos hídricos en Colombia. IDEAM.

[https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/transparencia/planeacion/informe\\_de\\_gestion\\_2020.pdf](https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/transparencia/planeacion/informe_de_gestion_2020.pdf)

Ismaila Rimi Abubabakar; Nuhu Dalhat Mu'azu (2022); Household attitudes toward wastewater recycling in Saudi Arabia; Volume 76.

Lee, J., Younos, T., Parece, TE (2022). Sistemas de infraestructura hídrica verde descentralizados: Estrategias de gestión resilientes y sostenibles para la construcción de sistemas hídricos. En T. Younos, J. Lee, & T.E. Parece (Eds.), *Estrategias de gestión resiliente del agua en entornos urbanos* (pp. 1–25). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-95844-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95844-2_1)

Melo, O., & Molinos-Senante, M. (2025). Economic viability and resident preferences for greywater reuse in Chile. *Environmental Science and Pollution Research*.

<https://doi.org/10.1007/s11356-025-36058-3>

M.Gomez Monsalve, I.C. Domínguez, X. Yan, S. Ward, E.R. Oviedo-Ocaña (2022); Environmental performance of a hybrid rainwater harvesting and greywater reuse system: A case study on a high water consumption household in Colombia, *Journal of Cleaner Production*; volume 345,

M. Hincapié, A. Galdós-Balzategui, B.L.S. Freitas, F. Reygadas, L.P. Sabogal-Paz, N. Pichel, L. Botero, L.J. Montoya, L. Galeano, G. Carvajal, H. Lubarsky, K.Y. Ng, R. Price, S. Gaihre, J.A. Byrne, P. Fernández-Ibáñez (2025) Automated household-based water disinfection system for rural communities: Field trials and community appropriation,

*Water Research*, Volume 284, ,123888,ISSN 0043-1354

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123888>

- Modesto Pérez-Sánchez, Francisco-Javier Sánchez-Romero, Francisco A. Zapata, Helena M. Ramos (2024) A new optimized procedure for circular WasteWater sustainability: Coastal cities supporting agricultural rural communities, *Journal of Water Process Engineering*, Volume 68, 106351, ISSN 2214-7144 [https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.jwpe.2024.106351](https://doi.org/bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.jwpe.2024.106351)
- Mohammad A. Alim; Aatur Rahman; Zhong Tao; Bijan Samali; Muhammad M. Khan Shafiq Shirin; (2020) Feasibility análisis of a small scale rainwater harvesting system for drinking water production at Werrington, New South Wales, Australia; *Journal of cleaner Production*; Volume 270
- Montoya-Domínguez, E., & Rojas-Robles, R. (2019). Regulación del Agua en Colombia ¿democratización o privatización? *Revista Luna Azul*, 49, 126–145. <https://www-scopus-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/pages/publications/85095993758>  
<https://doi.org/10.17151/luaz.2019.49.7>
- Monzón-Reyes, B. L., González-Moreno, H. R., Álvarez Month, A. E., Peralta Vega, A. J., Ballut-Dajud, G., & Sandoval Herazo, L. C. (2025). Wastewater management strategies in rural communities using constructed wetlands: The role of community participation. *Earth*, 6(2), Article 18. <https://doi.org/10.3390/earth6020018>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2021: Valorando el agua. UNESCO. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/es/reports>
- Oviedo-Ocaña, ER, Dominguez, I., Ward, S. et al. (2018). Viabilidad financiera de sistemas de captación de agua de lluvia y reutilización de aguas grises diseñados por el usuario final para hogares con alto consumo de agua. *Environ Sci Pollut Res* 25, 19200–19216. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8710-5>
- Palmer Chris (2024); Increasing Threat of Scarcity Prompts Rise in water Recycling Engoneering; Volume 33.

Pérez-Sánchez, C. E., Rodríguez, J. E., & Mora, L. A. (2024). Evaluación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas domésticas rurales. *Ingeniería y Competitividad*, 26(1), e0015. <https://doi.org/10.25100/iyc.v26i1.13739>

Purusottam Tripathy, Om Prakash, Abhishek Sharma, Charu Juneja, Isha Hiwrale, Varun Shukla, Sukdeb Pal,(2024); Facets of cost-benefit analysis of greywater recycling system in the framework of sustainable water security,; Volume 451,

Rodriguez Pimental, C., & Silva, A. A. (2025, 11 de mayo). Investigación e innovación en ingeniería civil para la sostenibilidad. *Frontiers in Environmental Science*, Volumen 13 - 2025. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1587050>

Santoch Nandi, Vinay Gonela (2022); Rainwater harvesting for domestic use: A systematic review and outlook from the utility policy and management perspectives, *Utilities Policy*; Volume 77.

S. Belachqer-El Attar, P. Soriano-Molina, J.L. Casas López, E. Jambrina-Hernández, A. Agüera, J.A. Sánchez Pérez (2025), Addressing wastewater reuse challenges in rural decentralized areas: Implementation of a solar chlor-photo-Fenton demonstration plant, *Journal of Water Process Engineering* Volume 77, 108616, ISSN 2214-7144. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1016/j.jwpe.2025.108616>

Shannon Stang, Masoumeh Khalkhali, Marek Petrik, Palacio Michael, Zhongming Lu, Weiwei Mo;Revista de Producción Más Limpia;Elsevier;20 de agosto de 2021

Sushil Kumar, Anita Talan; Kellie Boyle; Banu Ormecı; Patrick Drogui; Rajeshwar Dayal Tyagui (2021); 4-water Recycling; Economic and environmental benefits.

Suprapti, S., Kusuma, M. S. B., Kardhana, H., Cahyono, M., & Juliana, I. C. (2025). Communal-based domestic rainwater harvesting system: A novel approach to alternative solutions for increasing water supply and recharging groundwater in Jagakarsa urban area, South

- Jakarta. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, Volume 11, 2025, 101126, ISSN 2666-01646. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2025.101126>
- Tamara, V., Wirth, M., Hartl, M., Kisser, J., Podmirseg, D., Gebetsroither-Geringer, E., Huber-Humer, M., & Langergraber, G. (2025). Analysis of material flows and resource potential of decentralized water management: On-site water and nutrient reuse in an Austrian eco-village and its upscaling to urban environments. Environmental and Sustainability Indicators, Volume 26, 2025, 100660. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100660>
- Vazquez-Casaubon; Charlotte Estefanya; Veroline Cauberghe,(2024). Residential water choices: Assessing the willingness to adopt alternative water sources by examining risk perceptions and personal norms in Belgium,
- Ventajas económicas del aprovechamiento del agua lluvia. (2016). Equidad y Desarrollo, (25), 95–110. <https://doi.org/10.19052/ed.3650>
- Vobruba, A., Schmid, S., & Novak, P. (2025). Urban water autonomy in Austria. Sustainable Cities and Society, 97, 104837. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.104837>

## Tablas

Tabla 1 Definición de variables

Tabla 2 Dimensión de las variables utilizadas en la encuestada

Tabla 3 Análisis de Frecuencia pregunta No.1

Tabla 4 Análisis de Frecuencia pregunta No.2

Tabla 5 Análisis de Frecuencia pregunta No.3

Tabla 6 Análisis de Frecuencia pregunta No.4

Tabla 7 Análisis de Frecuencia pregunta No.5

Tabla 8 Análisis de Frecuencia pregunta No.6

Tabla 9 Análisis de Frecuencia pregunta No.7

Tabla 10 Análisis de Frecuencia pregunta No.8

Tabla 11 Análisis de Frecuencia pregunta No.9

Tabla 12 Análisis de Frecuencia pregunta No.10

Tabla 13 Análisis de Frecuencia pregunta No.11

Tabla 14 Análisis de Frecuencia pregunta No.12

Tabla 15 Análisis de Frecuencia pregunta No.13

Tabla 16 Análisis de Frecuencia pregunta No.14

Tabla 17 Análisis de Frecuencia pregunta No.15

Tabla 18 Análisis de Frecuencia pregunta No.16

Tabla 19 Análisis de Frecuencia pregunta No.17

Tabla 20 Análisis de Frecuencia pregunta No.18

Tabla 21 Análisis de Frecuencia pregunta No.19

Tabla 22 Análisis de Frecuencia pregunta No.20

Tabla 23 Análisis de Frecuencia pregunta No.21

Tabla 24 Estadísticos

Tabla 25 Frecuencias - Totalmente en desacuerdo

Tabla 26 Frecuencias - En desacuerdo

Tabla 27 Frecuencias - Ni de acuerdo ni en desacuerdo

Tabla 28 Frecuencias - De acuerdo

Tabla 29 Frecuencias - Totalmente de acuerdo

Tabla 30 Pares de categorías con alta correlación ( $>0.700$ )

Tabla 31 Correlaciones significativas (Intervalo creíble no incluye 0)

## Figuras

Figura 1 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 1

Figura 2 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 2

Figura 3 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 3

Figura 4 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 4

Figura 5 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 5

Figura 6 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 6

Figura 7 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 7

Figura 8 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 8

Figura 9 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 9

Figura 10 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 10

Figura 11 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 11

Figura 12 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 12

Figura 13 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 13

Figura 14 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 14

Figura 15 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 15

Figura 16 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 16

Figura 17 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 17

Figura 18 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 18

Figura 19 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 19

Figura 20 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 20

Figura 21 Gráfica análisis de frecuencia pregunta No. 21

Figura 22 Gráfico de barras Totalmente en desacuerdo

Figura 23 Gráfico de barras En desacuerdo

Figura 24 Gráfico de barras Ni de acuerdo ni en desacuerdo

Figura 25 Gráfico de barras - De acuerdo

Figura 26 Gráfica de barras - Totalmente de acuerdo

Figura 27 Posterior Distribution Characterization for Pairwise Correlations

Figura 28 Gráfica Totalmente en desacuerdo - en desacuerdo

Figura 29 Gráfica Totalmente en desacuerdo - Ni de acuerdo ni en desacuerdo

Figura 30 Gráfica Totalmente en desacuerdo – De acuerdo

Figura 31 Gráfica Totalmente en desacuerdo - Totalmente de acuerdo

Figura 32 Gráfica En desacuerdo – Ni de acuerdo ni en desacuerdo

Figura 33 Gráfica En desacuerdo - De acuerdo

Figura 34 Gráfica En desacuerdo – Totalmente de acuerdo

Figura 35 Gráfica Ni de acuerdo ni en desacuerdo – De acuerdo

Figura 36 Gráfica Ni de acuerdo ni en desacuerdo – Totalmente de acuerdo

Figura 37 Gráfica De acuerdo - Totalmente de acuerdo

Figura 38 Posterior Distribution Characterization for Pairwise Correlations

Figura 39 Gráfica Totalmente en desacuerdo – Totalmente de acuerdo