

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano
Maestría en Ciudad y Espacio Público Sustentable



Evaluación del Programa Piloto Nido de Lluvia 2021

TRABAJO RECEPCIONAL que para obtener el **GRADO** de
MAESTRO EN CIUDAD Y ESPACIO PÚBLICO SUSTENTABLE

Presenta: **JEAN PAUL ORENDAIN LUNA**

Tutor **DR. RODRIGO FLORES ELIZONDO**

Tlaquepaque, Jalisco. agosto de 2023.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la culminación de este proyecto de investigación:

Agradezco al CONACYT por su apoyo financiero fundamental para llevar a cabo mi investigación, estudios de posgrado, y para la realización de esta tesis. Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento al presidente Andrés Manuel López Obrador por su dedicación al fortalecimiento de la educación en México, siendo un líder ejemplar en este compromiso.

Quiero agradecer al Dr. Rodrigo Flores Elizondo, mi asesor de tesis, por su orientación experta y paciencia cruciales para mi desarrollo académico y profesional. También, mi reconocimiento al Dr. Alejandro Mendo Gutiérrez por inspirar esta investigación y brindar su apoyo continuo. Ambos han dejado una huella permanente en mi camino académico. Igualmente, agradezco al Ingeniero Daniel Mondragón Rivera por compartir su experiencia en proyectos de captación pluvial, y su colaboración en mi trabajo de campo.

Gracias a mis padres y a mi hermana por estar siempre presentes, brindándome su amor incondicional y paciencia en cada paso académico que doy. Su apoyo y presencia hace que mi camino sea aún más significativo.

A la Ingeniera Arquitecta Aurora Limón Aguirre, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por tu constante respaldo en mi carrera profesional y futuro. Tu profesionalismo, dedicación, y creatividad son una fuente invaluable de inspiración. Aprecio tu contribución significativa a nuestros proyectos y te agradezco por ser una destacada compañera en esta travesía personal y profesional.

Resumen

Este trabajo busca evaluar los impactos del programa "Nido de Lluvia" implementado en 2021 por el Gobierno de Jalisco en respuesta a la escasez de agua en el Área Metropolitana de Guadalajara. El enfoque se centra en la sustentabilidad urbana y la resiliencia hídrica, con el objetivo de respaldar la captación pluvial como una solución inicial para la recuperación de recursos hídricos territoriales y la revitalización de cuerpos de agua nacionales. Además, se recopilan lecciones aprendidas y se ofrecen propuestas para mejorar el programa en colaboración con las entidades responsables.

Este proyecto es un Estudio de Caso que se adscribe a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 2 "Soluciones espaciales al hábitat inmediato", especialmente dentro de la sub-línea 2.1 "La sustentabilidad aplicada en el espacio habitable"

Palabras clave

Programa nido de lluvia, evaluación, política pública, SCALL (sistema de captación de agua de lluvia), SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos), diseño urbano sensible al agua, Área Metropolitana de Guadalajara, México.

Abstract

This study aims to assess the impacts of the "Nido de Lluvia" program implemented in 2021 by the Government of Jalisco in response to water scarcity in the Guadalajara Metropolitan Area. The focus is on urban sustainability and water resilience, with the goal of endorsing rainwater harvesting as an initial solution for territorial water recovery and the revitalization of national water bodies. Additionally, it compiles lessons learned and provides proposals for program improvement in collaboration with responsible entities.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen.....	3
Índice.....	4
1. Encuadre contextual y Marco conceptual	5
1.1 Delimitación contextual del objeto-problema.....	5
1.1.1 Delimitación Espacial	10
1.1.2 Delimitación Temporal	16
1.1.3 Delimitación Sustentable	18
1.1.4 Contexto socio-urbano	19
1.1.5 Ubicación en campos disciplinares	24
1.2 Antecedentes empíricos y/o casos de referencia.....	25
1.2.1 Autores y estudios previos	25
1.3 Selección del caso de estudio.....	38
1.3.1 Caracterización Geográfica.....	38
1.3.2 Justificación	42
2. Planteamiento Metodológico	51
2.1 Definición de observables y criterios de análisis	56
2.2 Diseño de instrumentos y métodos de obtención de información	65
3. Análisis del caso	73
3.1 Caracterización del caso	73
3.1.2 Programa Nido de Lluvia.....	76
3.2 Identificación de particularidades	82
3.2.1 Eje técnico-económico.....	82
3.2.2 Eje sociocultural.....	97
3.2.3 Eje físico-territorial.....	100
3.2.4 Eje jurídico normativo	105
3.3 Evaluación de Hallazgos.....	107
4. Conclusiones y recomendaciones	151
5. Referencias Consultadas	160
6. Anexos	165

1. Encuadre contextual y Marco conceptual

1.1 Delimitación contextual del objeto-problema

En esta sección, se presentará la información necesaria para lograr un esquema general del caso de estudio, incluyendo los datos sociodemográficos de la colonia y su ubicación, así como la problemática actual que generó la implementación de este programa piloto y la contextualización del mismo.

El programa piloto "Nido de lluvia" en el Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, se diseñó con el objetivo de implementar sistemas de captación de agua pluvial como medida preventiva y/o correctiva para garantizar la preservación del agua territorial. La presente evaluación actúa como una evaluación externa que toma en cuenta los objetivos establecidos para los primeros 18 meses de la implementación del programa "Nido de lluvia" en el Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco. Su enfoque se centra en analizar de manera objetiva los resultados obtenidos, las consecuencias observadas y las mejoras identificadas durante este periodo.

Esta evaluación externa proporciona una perspectiva imparcial y crítica de la efectividad del programa en la captación de agua pluvial, su contribución a la preservación de los recursos hídricos territoriales y su impacto en la sustentabilidad urbana. Los hallazgos de esta evaluación se convierten en un valioso recurso para guiar futuras acciones y decisiones relacionadas con la captación de agua pluvial en la región

La captación de agua pluvial resultaría la solución más sostenible para ser incluida en el sistema de gestión del agua urbana desde una perspectiva de resiliencia a través de la redundancia urbana de servicios básicos. La Comisión Nacional del Agua propone que las localidades con luvias mayores a 1,500 mm pueden ser factibles para implementar sistemas de captación pluvial, considerando que con esta cantidad se puede depender plenamente del sistema para las necesidades diarias en cuestión de agua, sin necesidad de la red municipal. (CONAGUA, 2016)

Al aprovechar la instalación de forma eficiente durante temporadas de estiaje, se lograría mitigar el problema de la crisis del agua, reducir el peso sobre las fuentes de agua tradicionales, aliviar las cargas de contaminantes de fuentes difusas, controlar los problemas de acumulación de agua, prevenir inundaciones y avenidas de tormenta, y contribuir a la gestión de aguas pluviales. La escasez de agua y la capacidad limitada de las fuentes convencionales en áreas urbanas promueven los sistemas de captación de agua pluvial como una fuente de fácil acceso.

La recolección de agua de lluvia es una forma de aprovechar agua utilizable por los ciudadanos durante un período de crisis, esta recolección ayuda a reducir la escorrentía y el estancamiento durante la temporada de tormentas. En la temporada de lluvias, un individuo puede recolectar agua en su azotea y administrarla por su cuenta, puede utilizarse para fines propios o para uso doméstico a través de una canaleta o a través de una red de tuberías, para almacenarse en un tinaco o aljibe. De la misma manera, esta agua se puede canalizar a pozos profundos para recargar el agua subterránea directamente, a estanques para reponer el agua de los mantos freáticos. Para el caso de esta evaluación el agua colectada no se infiltra.

Es fundamental abordar esta problemática y realizar una investigación objetiva que evalúe de manera rigurosa el impacto del programa piloto "Nido de lluvia" durante los primeros 18 meses de su implementación. Esta evaluación permitirá demostrar la factibilidad de estos sistemas de captación de agua pluvial como medida eficaz para enfrentar la escasez de agua y promover la gestión sostenible del recurso hídrico en la región.

En el presente estudio de caso se engloban distintos programas gubernamentales nacionales como estudios análogos previos, con el fin de capturar diversas valoraciones de infraestructura de captación pluvial. Así ubicarlos como referentes de buenas prácticas para contribuir a su continuidad y mejora. Estas recomendaciones se basarán en el análisis de las observaciones realizadas sobre el impacto del programa, los resultados obtenidos, las consecuencias identificadas y las mejoras implementadas. A través de una evaluación rigurosa y el análisis de estas evidencias interpretativas, se buscará proporcionar orientación y directrices claras para promover la implementación efectiva de sistemas de recolección de agua pluvial en el Área Metropolitana de Guadalajara.

El objetivo final es impulsar la adopción generalizada de estas tecnologías sostenibles como una medida preventiva y/o correctiva para garantizar la preservación del agua territorial y promover la cultura de conservación del agua en la población. Con base en la evaluación y las recomendaciones resultantes, se pretende lograr una mayor concientización sobre el cuidado y la gestión eficiente del recurso hídrico, fomentando la autogestión hídrica y la optimización en su manejo en beneficio del Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco.

Se destaca la importancia de utilizar evidencias basadas en observaciones que permitan una interpretación sólida de los impactos, resultados, consecuencias y mejoras derivadas de la implementación del programa piloto, siendo estas fundamentales para respaldar las recomendaciones y promover avances significativos hacia la adopción más amplia de sistemas de recolección de agua pluvial en el Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco. Este propósito se relaciona con impulsar la cultura de conservación del agua, concientizar a la población respecto al cuidado de este recurso y crear un nivel de autosuficiencia, optimización en su manejo, limpieza, y autogestión hídrica.

Lineamientos Técnicos CONAGUA

Para determinar la factibilidad de la instalación de un sistema de captación pluvial según los lineamientos propuestos por CONAGUA en 2016, se menciona que “En cada sitio donde se desee implementar un sistema de captación se deberá verificar la precipitación media anual del sitio, con el procedimiento mostrado previamente, de tal manera que, para garantizar un abastecimiento de agua durante todo el año, se deberá tener una precipitación igual o mayor a los 1,500 mm como valor medio anual.” (CONAGUA, 2016) De igual manera se obtiene esta expresión obtenida de la NMX-AA-164-SCFI-2013:

$$\bar{p} = \sum_{i=1}^n \frac{(pi)}{n}$$

Donde \bar{p} es la precipitación promedio anual con distribución mensual, en mm, pi la precipitación en el año “i”, en mm, y n el número de años. (CONAGUA, 2016)

Se toman en cuenta los Lineamientos Técnicos de la Comisión Nacional del Agua en cuanto al “sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda”. Referente al programa nacional para captación de agua de lluvia y ecotecnias en zonas rurales (CONAGUA, 2017). De la misma manera, se abordan las opciones técnicas que publica la Oficina Regional de la FAO para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe en cuanto a captación y almacenamiento de agua de lluvia. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013)

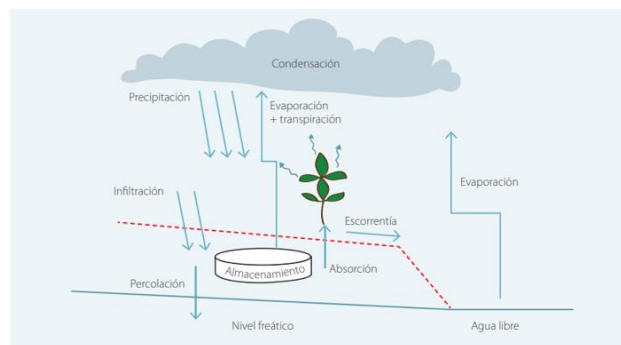


Figura 1 Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases. (Food and Agriculture Organization, 2013)

Resiliencia hídrica urbana

La resiliencia hídrica urbana, se refiere a la capacidad de las ciudades para adaptarse y responder de manera efectiva a los riesgos y desafíos relacionados con el agua. Este enfoque abarca tanto la gestión del agua en términos de suministro y tratamiento, como la planificación y toma de decisiones que permitan una respuesta rápida y efectiva frente a eventos extremos como inundaciones, sequías y otros impactos climáticos.

En este contexto, la resiliencia hídrica urbana se relaciona estrechamente con el ciclo hidrológico, el cual representa el flujo continuo del agua en la naturaleza. La capacidad de las ciudades para anticiparse, resistir, recuperarse y adaptarse a los impactos del cambio climático y otros eventos relacionados con el agua se vuelve esencial para asegurar la sostenibilidad y la calidad de vida de los habitantes urbanos.

Para lograr la resiliencia hídrica urbana, es necesario integrar diversos enfoques en la planificación del uso del suelo, la infraestructura de drenaje y la gestión de recursos hídricos. Además, se requiere la participación ciudadana, la toma de decisiones inclusivas, basadas en la evidencia científica. Así, se establece una estrecha relación entre la comprensión del ciclo hidrológico y la implementación de estrategias resilientes en el contexto urbano.

Redundancia de servicios urbanos

Se refiere a la existencia de sistemas y servicios urbanos adicionales que permiten satisfacer las necesidades de la población ante situaciones de emergencia o crisis. Esto significa que, en lugar de depender de un solo sistema o servicio para atender las necesidades de la población, se cuentan con alternativas que permiten garantizar la continuidad de las funciones esenciales de la ciudad ante eventos adversos.

Por ejemplo, en una ciudad que depende exclusivamente de un sistema de abastecimiento de agua potable que se alimenta de una sola fuente, la falta de agua debido a una sequía o a un desastre natural puede dejar a la población sin acceso a agua potable. En cambio, si la ciudad cuenta con múltiples fuentes de agua o sistemas de tratamiento de agua, la población puede tener acceso a agua potable a pesar de la interrupción del servicio principal.

1.1.1 Delimitación Espacial

Ubicación Micro-Macro

Zapopan es uno de los municipios de Jalisco que forma parte del Área Metropolitana de Guadalajara. Su población lo coloca en primera posición con 1, 476, 491 habitantes, y su superficie de 1163.63 km² lo posiciona como el decimosexto municipio más grande de Jalisco. (INEGI, 2020b) Es el municipio con mayor PIB per cápita e Índice de Desarrollo Humano de Jalisco. (Instituto de Información Estadística y Geográfica, 2023)

La dinámica socio-urbana de Zapopan en comparación con el Área Metropolitana de Guadalajara presenta distintos grados de desarrollo urbano. Para ilustrar esta diferencia significativa, se puede mencionar el Índice de Desarrollo Humano Municipal en México, que destaca: “Si se compara el desempeño de los municipios con mayor y menor desarrollo, es posible reconocer que en Jalisco coexisten condiciones de desarrollo similares a las de Polonia y Zambia” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014). Zapopan es una de las áreas socioeconómicas más dinámicas del país, impulsando un crecimiento acelerado que crea zonas conectadas y funcionales. Sin embargo, este crecimiento también ha generado territorios segregados que acentúan la fragmentación del municipio y la falta de servicios y equipamiento público. Para la contextualización del caso de estudio menciona el Plan Municipal de Zapopan (2018-2021) que:

Los servicios básicos que proporcionan los gobiernos estatales y locales son también un aspecto relevante para analizar la calidad de vida de las familias. Las cifras muestran que las viviendas particulares habitadas en el Municipio de Zapopan cuentan con una alta proporción de servicios básicos, siendo el abasto de agua entubada el servicio con menor cobertura a diferencia del servicio de drenaje y electricidad, con un nivel del 98.3%. (p. 27)

Servicio Básico	Zapopan	Jalisco
Agua	98.3	98.1
Drenaje	99.0	98.2
Electricidad	99.9	99.5

Tabla 1 Servicios Básicos en Viviendas Particulares 2018 (IIEG 2019)

En el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza de Zapopan 2021-2024 se reporta mayor desabasto de servicios básicos como agua y drenaje en viviendas particulares.

Servicio Básico	2015		2020	
	Zapopan	Jalisco	Zapopan	Jalisco
Agua	98.3	98.1	97.3	98.6
Drenaje	99.0	98.2	97.3	98.6
Electricidad	99.9	99.5	99.9	99.6

Tabla 2 Servicios Básicos en Viviendas Particulares 2015-2020. (Gaceta Municipal Zapopan 2022)

Haciendo una revisión de estos porcentajes en el Plan Municipal de Desarrollo de Zapopan 2012-2015, se obtienen datos que demuestran que la cobertura ha disminuido, con altibajos a lo largo de distintas administraciones.

	Total de viviendas	Disponen agua de la red pública	Que disponen de drenaje	Que disponen de energía eléctrica
Tlaquepaque	143316	94.08%	97.40%	98.13%
Tlajomulco	105954	92.75%	95.01%	95.64%
Tonalá	107280	86.89%	95.92%	96.96%
Guadalajara	379339	96.72%	97.08%	97.40%
Zapopan	317297	98.56%	97.03%	97.57%

Tabla 3 Acceso de las viviendas al agua, drenaje y energía eléctrica en municipios de Jalisco (PMD Zapopan 2012-2015 con datos INEGI 2010)

Traduciendo los datos anteriores, se elabora la siguiente tabla, que muestra la evolución de los servicios básicos en Zapopan. Observando un aumento y estabilidad en cuanto al servicio de electricidad, un pico seguido de un declive en el servicio de drenaje, y una disminución gradual en el servicio de agua.

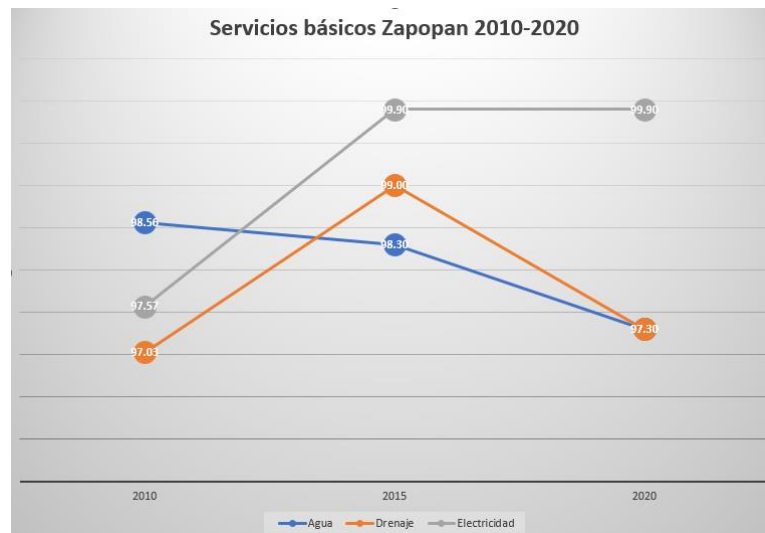


Figura 2 Servicios Básicos del municipio de Zapopan 2010 a 2020. (Elaboración propia con base en INEGI censo de población y vivienda 2010, 2020. Encuesta intercensal 2015)

Estas disminuciones, especialmente en los servicios de agua y drenaje, se relacionan en gran medida con el crecimiento poblacional acelerado de Zapopan.

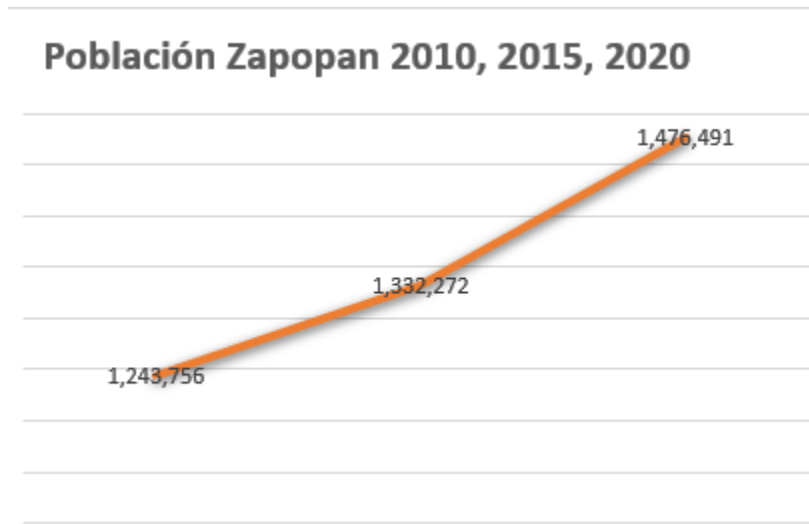


Figura 3 Población del municipio de Zapopan 2010 a 2020. (Elaboración propia con base en INEGI censo de población y vivienda 2010, 2020. Encuesta intercensal 2015)

Este crecimiento poblacional está estrechamente vinculado a la expansión de viviendas informales en la región, lo que destaca un desafío clave en la cobertura de servicios básicos en Zapopan. Cabe mencionar que este patrón podría no ser exclusivo de Zapopan y puede ser representativo de desafíos similares en otras regiones de México.

En sus distritos y barrios, como Mesa Colorada, Mesa de los Ocotes, Vista Hermosa, La Coronilla, entre otros, se tienen sectores sin el servicio o con servicio limitado de agua. Estas colonias son ejemplos destacados dentro del Distrito 2, donde se ha identificado la problemática de desabasto. Es importante mencionar que, aunque el estudio se limite a estas áreas específicas, existen otras colonias y localidades en Zapopan que también experimentan problemas similares de acceso al agua. (Gobierno de Zapopan, 2018a)



Figura 4 Coexistencia de condiciones de desarrollo en Zapopan (Elaboración propia con imágenes de c13studio 2022)

En el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza de Zapopan 2021-2024, se mencionan los resultados obtenidos a partir de consultas y participación ciudadana, donde se captaron las demandas de la población. En este contexto, es relevante destacar los datos relacionados con las colonias beneficiadas por el programa, estableciendo una conexión entre este plan y los mencionados anteriormente.

Mesa Colorada	Seguridad pública, financiamiento a bajas tasas de interés, alumbrado público, puentes peatonales, áreas recreativas, resolver el problema de las aguas negras del Río en calle Lechuga.
Mesa de los Ocotes	Seguridad pública, alumbrado público, pavimentación y/o reencarpetao de calles, alumbrado público y seguridad.
Villa de Guadalupe	Agua y drenaje, seguridad pública, apoyo a negocios y comerciantes, alumbrado público, pavimentación y/o reencarpetao de calles, transporte público, regularización de predios y aplicar programas y talleres de arte, cultura, educación y deporte para niños y jóvenes para que no estén en las calles y aprovechen su tiempo.

Tabla 4 Demandas Captadas en la Consulta (Gaceta Municipal Zapopan 2022)

Se identifican las demandas más frecuentes dentro de estas colonias, como resalta principalmente la falta de alumbrado, seguridad, y espacios públicos. Es en la colonia Villas de Guadalupe donde se percibe más la falta de agua y drenaje.

•Ubicación Micro-micro

En el territorio del municipio de Zapopan, el polígono de intervención se encuentra ubicado en la porción noreste del territorio municipal. Este polígono presenta notables contrastes socio urbanos, ya que colinda zonas de muy alta marginación con áreas de muy baja o nula marginación. Como ejemplo, uno de los cuatro polígonos seleccionados concentra colonias con un alto índice de marginación y, en su proximidad, se encuentran fraccionamientos residenciales, como el club de golf de Las Cañadas. A pesar de esta proximidad, es importante destacar que existen accidentes orográficos notables entre estas áreas, lo que añade una dimensión adicional a las disparidades en el acceso a servicios y recursos.

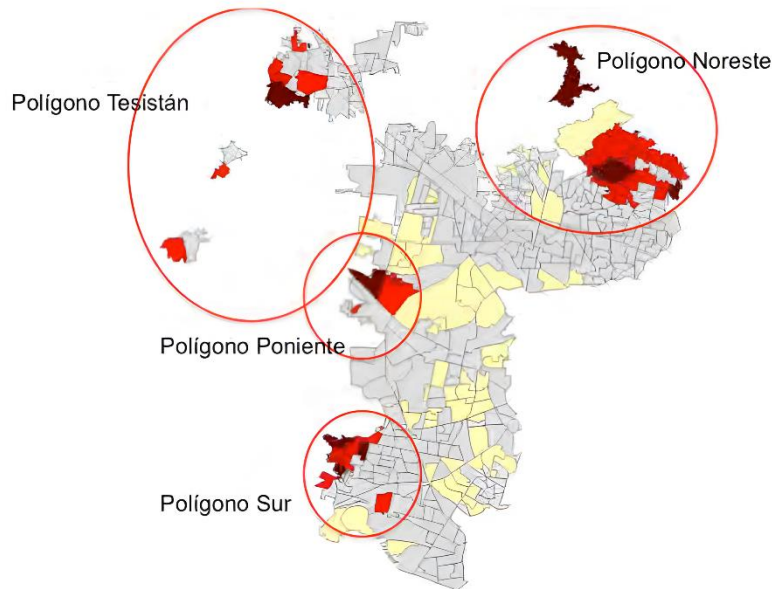


Figura 5 Polos de marginación en Zapopan (Estrategia Territorial Zapopan 2030)

Debido también a sus condiciones físicas y particularidades topográficas, este polígono se mantiene segregado por sus pendientes pronunciadas y dificultad de acceso, hasta el punto de catalogarse como zona de riesgo, según el informe del Gobierno Municipal de Zapopan en 2018. Independientemente de esta dificultad de acceso, este distrito, que abarca una superficie total de 2,716 hectáreas (Gobierno de Zapopan, 2018b), alberga la mayor cantidad de población en Zapopan, representando aproximadamente el 17% (Gobierno de Zapopan, 2018b). En los últimos años, este distrito ha experimentado un crecimiento notable en su población, y presenta un alto índice de marginación, lo que acentúa aún más los desafíos de acceso y desarrollo en la zona

Debido también a sus condiciones físicas y particularidades topográficas, este polígono se mantiene segregado por sus pendientes pronunciadas y dificultad de acceso, hasta el punto de catalogarse como zona de riesgo, (Gobierno Municipal de Zapopan, 2018) independientemente de esta dificultad de acceso, este distrito cuenta con la mayor cantidad de población de Zapopan - 17%- (Gobierno Municipal de Zapopan, 2018)

1.1.2 Delimitación Temporal

Desabasto de agua en temporada de estiaje 2021

La temporada de lluvia en Zapopan se extiende desde principios de junio hasta mediados de octubre, mientras que la temporada de estiaje abarca de noviembre a mayo. Para aprovechar la naturaleza del programa, se considerará la temporada de lluvias y la temporada de estiaje inmediatamente posterior a su implementación, utilizando como referencia el periodo sin lluvias que sigue al temporal de lluvias de Zapopan. Esto se produce en noviembre, marcando el final de la temporada ciclónica en la cuenca del Atlántico y del Pacífico (Instituto de Astronomía y Meteorología, 2022), caracterizada por bajas precipitaciones y temperaturas más frescas por las mañanas y más cálidas por las tardes. El período de análisis se limitará desde la instalación de los nidos en septiembre de 2021 hasta octubre de 2022, para captar de manera sensible las prácticas y costumbres de la población en estos contextos, así como el uso y aprovechamiento de los sistemas.

Es hasta finales de mayo que comienzan las lluvias de la temporada del año 2021. Teniendo la mayor cantidad de lluvia desde junio hasta agosto. Empezando la instalación de los sistemas desde julio, y concluyendo en septiembre.

En relación con las colonias afectadas en Zapopan, es importante destacar las serias problemáticas de tandeos y falta de suministro de agua que han enfrentado. Estas comunidades han experimentado una situación de escasez de agua, especialmente durante la temporada de estiaje que abarca los meses de noviembre a mayo. Durante este período, la disponibilidad de agua ha sido limitada, lo que ha generado dificultades significativas para los residentes. A pesar de la implementación del programa de recolección de agua pluvial, es fundamental reconocer que estas colonias han enfrentado retos persistentes en cuanto al suministro y acceso al agua potable. Las medidas de tandeo y las interrupciones en el suministro han sido una realidad constante en estas áreas, lo que ha afectado negativamente la calidad de vida de sus habitantes y ha generado la necesidad de buscar soluciones alternativas para satisfacer sus necesidades básicas.

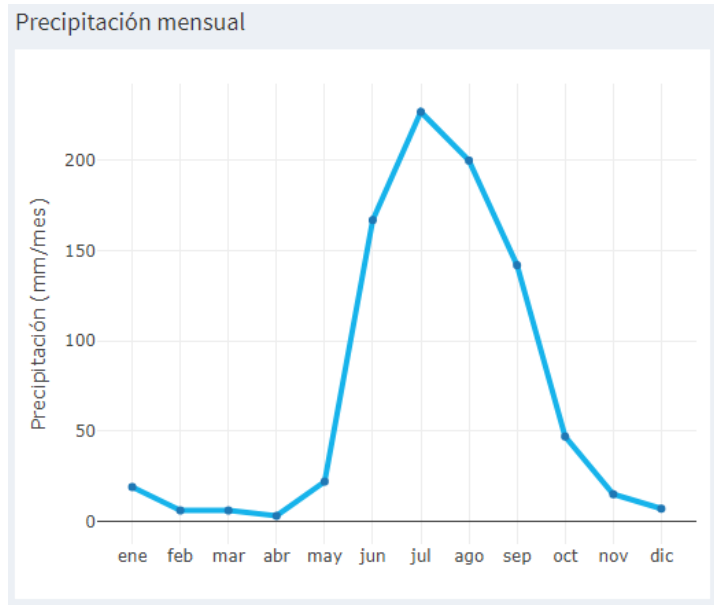


Figura 6 Precipitación Anual Zapopan. (Capital Sustentable 2023)

Delimitación del temporal de lluvias en Guadalajara 2022

La evaluación del programa se considera entre los meses de junio a octubre, al tener los sistemas de captación vacíos y justo antes de la temporada de lluvias. Teniendo estas fechas se aportará una perspectiva objetiva en cuanto al comportamiento social en el uso de los sistemas de captación. De igual manera se considerarán los conocimientos técnicos aprendidos por parte de los beneficiarios en cuanto a la aplicación de las prácticas de mantenimiento y limpieza del sistema para preparar la vivienda y el sistema de captación pluvial para el temporal, estos basados en la capacitación previamente impartida sobre limpieza del techo, canaletas, filtros y captador de primeras lluvias.

1.1.3 Delimitación Sustentable

El concepto de sustentabilidad, tal como se plantea en el Reporte de Entorno y Desarrollo: Nuestro Futuro Común, publicado por las Naciones Unidas en 1987, constituye un marco fundamental para abordar la relación entre el desarrollo humano y el entorno natural. En este informe pionero, la sustentabilidad se define como “la capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (UN, 1987). Esta definición abarca tres dimensiones interconectadas e interdependientes: la dimensión económica, que se refiere al crecimiento y la eficiencia en el uso de recursos; la dimensión social, que aborda la equidad, la justicia y la satisfacción de las necesidades humanas básicas; y la dimensión ambiental, que se centra en la conservación y restauración de los sistemas naturales. Estas dimensiones conjuntas, conocidas comúnmente como el 'triple resultado' o 'triple fondo de línea', establecen un marco esencial para evaluar el impacto y la sostenibilidad de las acciones humanas en el planeta y son fundamentales para la toma de decisiones que buscan un desarrollo verdaderamente sustentable. (UN, 1987)

Dimensión Económica: Se analiza la eficiencia de la captación de agua pluvial en términos de costos y beneficios económicos. Esto incluye evaluar si el programa es económicamente viable a largo plazo y si genera ahorros en el suministro de agua potable para los beneficiarios.

Dimensión Social: Se determina si el programa promueve la equidad y la justicia social. Esto implica evaluar si mejora la calidad de vida de los beneficiarios y si involucra a la comunidad en su implementación.

Dimensión Ambiental: La sustentabilidad ambiental es fundamental en un programa de captación de agua pluvial. Se considera cómo afecta a los recursos naturales locales, cómo contribuye a la conservación del agua y cómo minimiza su impacto ambiental.

1.1.4 Contexto socio-urbano

Dentro del polígono Noreste de Zapopan, se pueden identificar diversas colonias que experimentan niveles de marginación. Por ejemplo, en Mesa Colorada Poniente, una colonia de más de 300 hectáreas, habitan alrededor de 11,430 personas en 2,615 unidades habitacionales. En Mesa Colorada Oriente, una localidad de aproximadamente 40 hectáreas, residen más de 6,280 personas en 1,110 casas. Mesa de los Ocotes, con una extensión cercana a 69 hectáreas, alberga a unas 6,200 personas en 1,911 hogares. Por último, Villa de Guadalupe, con una superficie de alrededor de 210 hectáreas, cuenta con una población de aproximadamente 19,860 personas en 4,040 hogares. (Gobierno de Zapopan, 2018b)

Estas colonias enfrentan desafíos relacionados con la escasez y falta de suministro de agua. Durante el periodo de marzo a agosto de 2021, la Zona Metropolitana de Guadalajara experimentó una cercana realidad de "día cero del agua". Varias zonas sufrieron escasez y desabasto, incluso provocando daños en los aljibes debido a la prolongada falta de agua. Según los boletines hidrometeorológicos del Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico, ya se preveía esta situación desde octubre de 2020 (Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico, 2021), considerando la falta de agua en la Presa Calderón y comparando los volúmenes extraídos de fuentes de abastecimiento entre 2020 y 2021.

Es importante destacar que el agua en el área abastecida por SIAPA proviene en un 76% de fuentes superficiales, como el lago de Chapala (62%) y la Presa Elías González Chávez (Alias Presa Calderón) (13%). Estas fuentes son altamente vulnerables a los cambios climáticos, especialmente a las precipitaciones y sequías. Es importante destacar que el 24% restante del abastecimiento de agua en la Zona Metropolitana, obtenido a través de la extracción de agua subterránea de pozos, se encuentra en niveles de sobreexplotación, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2020). Esta situación agrava la vulnerabilidad hídrica de la región, ya que se suma a la dependencia de fuentes superficiales altamente susceptibles a los cambios climáticos, como el lago de Chapala y la Presa Elías González Chávez, que son especialmente sensibles a las variaciones en las precipitaciones y las sequías.

Ante este escenario, es fundamental implementar una gestión adecuada de los recursos hídricos y promover prácticas sustentables en toda la región, incluyendo las colonias marginadas mencionadas anteriormente. Esto implica adoptar medidas de conservación del agua, impulsar el uso eficiente y responsable de este recurso, así como promover la recarga de los acuíferos subterráneos. Asimismo, es necesario fomentar la conciencia y participación ciudadana en la protección y cuidado del agua, a fin de garantizar un suministro adecuado y sostenible para las comunidades afectadas y para el conjunto de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Se recuperan los datos del volumen suministrado por tipos de fuente durante el período de enero a diciembre de 2020 y el mismo período en 2021. Es importante destacar que, en 2020, el suministro dependía un 13 de la presa Elías Gonzales Chávez, lo cual impactó notablemente las cifras en el siguiente año. Esto permite evaluar las diferencias y tendencias en el suministro de agua en ambos años, lo cual se refleja en la figura adjunta.

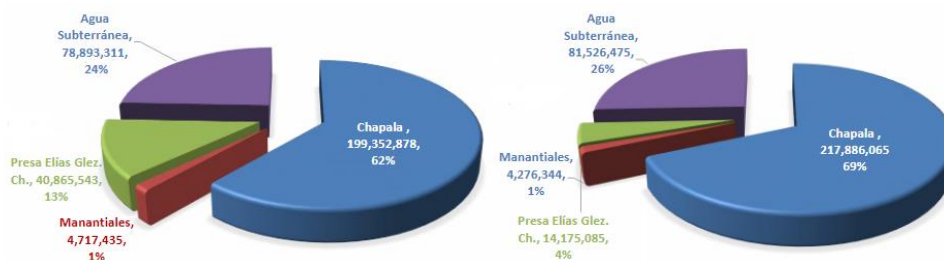


Figura 7 Volumen suministrado por tipo de fuente enero-diciembre 2020 (izq.) vs 2021 (der.). (Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado 2021)

Respecto de lo anterior, es importante destacar que el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) de la Presa Elías González Chávez juega un papel crucial en la evaluación de la disponibilidad de agua.

El NAMO se refiere máximo nivel con que se puede operar la presa para satisfacer las demandas. En épocas de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en épocas de lluvias, pues la probabilidad de que se presente una avenida en la primera época es menor que la segunda. (CONAGUA, s.f.)

Cuando se indica que la presa se encuentra por debajo de su NAMO, se sugiere que el volumen de agua almacenado en la presa es inferior a la capacidad máxima operativa esperada. Esta situación puede ser interpretada como una indicación de reducción en el almacenamiento de agua en la presa, lo que puede deberse a varios factores, incluyendo la sequía estacional y otros eventos climáticos que afectan la disponibilidad de recursos hídricos en la región durante ciertos periodos del año

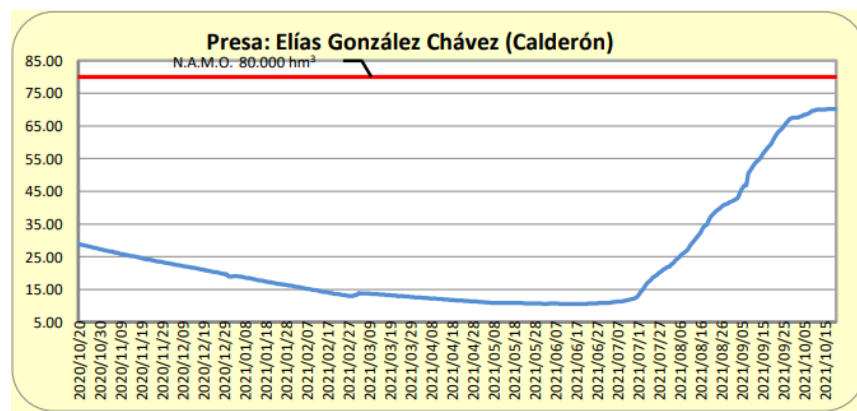


Figura 8 Evolución de Almacenamiento Presa Calderón octubre 2020 a octubre 2021. (Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico Dirección Técnica Hidrometría, Climatología y Meteorología 2021)

La presa Calderón cuenta con una concesión de 2 metros cúbicos por segundo (m^3/s) para el suministro de agua. Para calcular cuánta agua representa esta concesión en un año, multiplicamos el caudal en m^3/s por la cantidad de segundos en un año. Esto se traduce en $2 m^3/s * 31,536,000$ segundos/año, lo que equivale a $63,072,000$ metros cúbicos por año ($m^3/año$).

Para tener una perspectiva más clara de la relación entre esta concesión y el NAMO (Nivel de Aprovechamiento Máximo Ordinario) de la presa, que se establece en 80 hectómetros cúbicos (hm^3), podemos restar la cantidad anual de agua concesionada ($63,072,000 m^3/año$) de este valor.

Restando la cantidad anual concesionada de 63 hm³ al NAMO (80 hm³), obtenemos un margen de 17 hm³/año. Este margen representa la cantidad de agua disponible para cubrir la evaporación, otros usos y posibles años en los que la presa no alcance su capacidad máxima de almacenamiento. Esta perspectiva nos permite evaluar de manera más precisa la relación entre la concesión de agua y la capacidad de la presa Calderón, considerando las variables relevantes para su gestión y funcionamiento

En relación con la disminución del nivel de agua en la presa de Calderón y su consecuente aumento en la extracción de agua del Lago de Chapala, que superó temporalmente la concesión máxima de 7,500 unidades en el mes de julio, es importante enfocar esta crisis como un desafío relacionado con el desabasto en el sistema global de suministro de agua, que abarca a las presas de Calderón y Chapala, así como a las fuentes subterráneas de la región. A pesar del rebasamiento puntual de la concesión en julio, el promedio anual de extracción se encuentra dentro de los parámetros legales establecidos, lo que sugiere que las autoridades correspondientes han tomado medidas para garantizar el cumplimiento de las regulaciones en cuanto al uso y extracción del agua, con el objetivo de asegurar una gestión sustentable de los recursos hídricos en la región.

Este contexto resalta la importancia de mantener un equilibrio en el uso del agua y la relevancia de las regulaciones para lograr una gestión sustentable de los recursos hídricos en la región. Estos aspectos son fundamentales para comprender el marco en el que se desarrolla el programa 'Nido de Lluvia' y sus implicaciones en el contexto socio-urbano. (Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico, 2021).

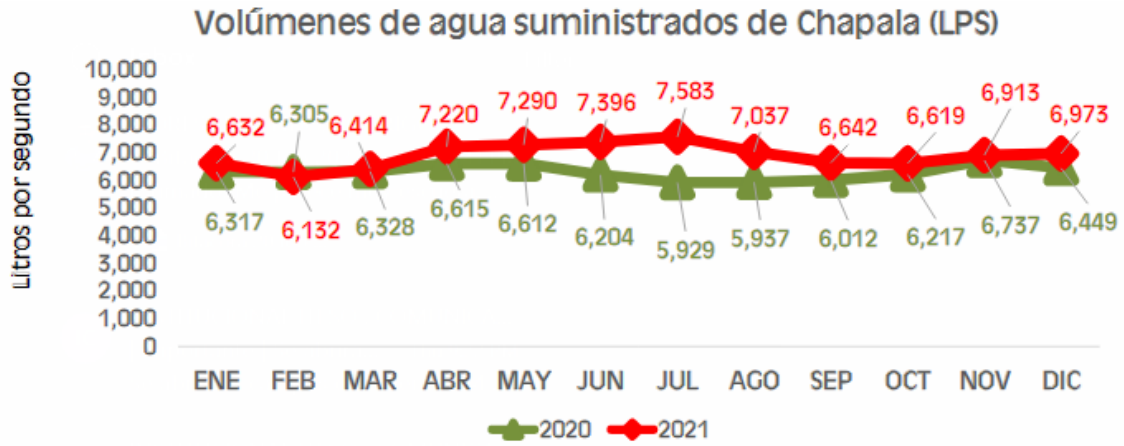


Figura 9 Volumen de agua suministrados de Chapala litros por segundo. 2020-2021 (SIAPA 2021)



Figura 10 Volumen de agua suministrados de Calderón litros por segundo. (SIAPA 2021)

1.1.5 Ubicación en campos disciplinares

De acuerdo con el Catálogo Barros Sierra (UNESCO, 2000) este objeto de estudio se relaciona con los siguientes campos de conocimiento: 330800 Tecnología del Medio Ambiente / 330806 Recuperación del Agua; 590900 Administración Pública / 590904 Servicios Públicos; 330500 Tecnología de la Construcción / 330538 Abastecimiento de Agua; y 250800 Hidrología / 250810 Precipitaciones.

Por su parte, recurriendo a la Clasificación mexicana de planes de estudio por campos de formación académica 2016 (INEGI, 2016) este objeto de estudio se categoriza como Campo Amplio: 07 Ingeniería, Manufactura y Construcción / Campo Específico: 073 Arquitectura y construcción / Campo Detallado: 0732 Construcción e ingeniería civil / Temática: Ingeniería del abastecimiento del agua y alcantarillado.

Para realizar este caso de estudio, en la evaluación se recurre a distintas disciplinas:

Desde las ciencias exactas se utilizan instrumentos hidrometeorológicos para la medición y calidad de los volúmenes de agua captados, y su aprovechamiento y rendimiento domiciliar.

A través de las ciencias sociales, se utilizan herramientas de investigación, como entrevistas semiestructuradas y encuestas en redes sociales, después de las entrevistas con los habitantes. Estas herramientas nos permitieron interpretar de manera subjetiva las perspectivas de los habitantes en lo que respecta al cuidado y manejo del agua en sus viviendas, su cultura con relación al recurso y su aprovechamiento diario. Estas herramientas nos permiten recopilar datos que luego son interpretados en función de los patrones, tendencias y significados identificados durante el análisis.

Por medio de las ciencias políticas se aprovechan modelos de análisis para la estimación de la situación como problema público, el diseño de instrumentos para la valoración de impactos, para así identificar espacios de mejoramiento y proponer ajustes en próximas aplicaciones.

El aprovechamiento obtenido de los casos analizados permitirá identificar las áreas de mejora para poder proponer un acercamiento sensible a la población, sus usos y costumbres en torno al agua, y una propuesta aplicativa que garantice un desarrollo íntegro urbano para la sociedad y el municipio a mediano y largo plazo.

1.2 Antecedentes empíricos y/o casos de referencia

En este punto se presentan modelos análogos de programas sobre sistemas de captación pluvial doméstica, que han sido implementados previamente en distintas latitudes, ofrecen información tanto del acercamiento a la implementación y el diseño, como de los modelos metodológicos de evaluación utilizados. Se identificaron los referentes que se describen a continuación.

1.2.1 Autores y estudios previos

1.2.1.1 Construcción y evaluación de Sistemas de Cosecha de Lluvia para uso Doméstico en Áreas rurales remotas de Khulna, Bangladesh (Hira Mandal, 2014) [Internacional]

Posterior al ciclón *Sidr* en noviembre 2007 y al ciclón *Aila* en mayo 2009, todos los recursos de agua se volvieron disfuncionales y las instalaciones de saneamiento fueron dañadas o destruidas por el cambio de marea en las áreas costeras de Bangladesh. Haciendo que las fuentes de agua dulce, tanto superficiales como subterráneas, se contaminaran por salinidad o bacterias.

Se realiza la instalación de sistemas de captación pluvial donde se pretende solamente abastecer a la vivienda con agua donde su uso sea para beber, cocinar y preparar alimentos. De manera que se estima que la demanda en el hogar estudiado sea de aproximadamente seis litros por persona al día. Si el número de personas en el hogar estudiado es cuatro, la demanda diaria de agua para el estudio hogar es $6 \times 4 = 24$ L. De esta manera, suponiendo cinco meses como el período seco promedio más largo, el requisito de almacenamiento para beber, cocinar y preparar alimentos es $24(\text{litros}) \times 30(\text{días}) \times 5(\text{meses}) = 3600$ L.

En este estudio, se empleó un coeficiente de escorrentía de 0.8 para calcular la cantidad potencial de agua de lluvia recolectada en la zona de captación. Este coeficiente se basa en la suposición de una escorrentía típica. Sin embargo, es importante discutir la aplicabilidad de estos coeficientes en el contexto de techos que cosechan agua de lluvia. En algunos casos, los techos pueden contar con áreas verdes o materiales que tienen la capacidad de absorber una parte del agua de lluvia, lo que podría afectar la precisión de los cálculos. Por lo tanto, es necesario considerar cuidadosamente la composición y las características específicas de los techos utilizados para la recolección de agua de lluvia, y evaluar si los coeficientes de escorrentía seleccionados reflejan adecuadamente estas condiciones.

Type	Runoff coefficient
Galvanized iron sheet	>0.9
Corrugated metal sheet	0.7–0.9
Tiles	0.8–0.9
Concrete	0.6–0.8
Brick pavement	0.5–0.6
Rocky natural catchment	0.2–0.5
Soil with slope	0.0–0.3
Green area	0.05–0.1

Tabla 5 Coeficientes de Escurrimiento. (Construction and Evaluation of Rainwater Harvesting System for Domestic Use in a Remote and Rural Area of Khulna, Bangladesh 2014)

En esta evaluación, se comparten los coeficientes de escurrimiento y la ecuación utilizada para calcular la cantidad de agua que puede ser cosechada desde el techo de la vivienda. Es importante destacar que este enfoque específico se aplica en el contexto de Bangladesh. La relevancia de mencionar este contexto radica en que nos permite considerar las particularidades climáticas, geográficas y de infraestructura de Bangladesh, lo que puede influir en la eficacia y aplicabilidad de los coeficientes y ecuaciones en el estudio. Al reconocer estas condiciones específicas, podemos adaptar mejor nuestras conclusiones y recomendaciones para abordar los desafíos y oportunidades presentes en Zapopan.

$$Q=RC \times R \times A$$

Donde Q es la cantidad de agua, RC es el coeficiente de escurrimiento, R es la precipitación total (mm/año), y A es el área de captación del techo (m²).

Esto nos lleva a considerar los componentes del sistema propuesto donde tenemos:

El área de captación (techo)

El sistema de recolección (canaletas)

El tanque de almacenamiento

Dentro de las conclusiones obtenidas, se destaca que el sistema de recolección y almacenamiento de agua de lluvia presenta un potencial problema de contaminación por bacterias. Esto es particularmente relevante en un contexto rural, donde el tráfico de carreteras y la urbanización están a una distancia relativamente remota. Durante el estudio, se observó que el agua recolectada podría estar expuesta a diversas fuentes de contaminación, como la presencia de aves, hojas o residuos en los techos, la acumulación de sedimentos en los canales de recolección y la falta de tratamiento adecuado. Estas condiciones podrían favorecer el crecimiento bacteriano y comprometer la calidad sanitaria del agua almacenada.

Para abordar esta preocupación, en el caso de estudio se implementaron medidas de mitigación y tratamiento, que incluyeron filtración, desinfección, almacenamiento adecuado, mantenimiento regular, y educación y concienciación. Estas medidas fueron fundamentales para mantener la calidad del agua recolectada dentro de los estándares establecidos por Bangladesh y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esta conclusión subraya la importancia de la planificación y aplicación de medidas adecuadas para garantizar un uso seguro del agua recolectada desde el inicio del estudio.

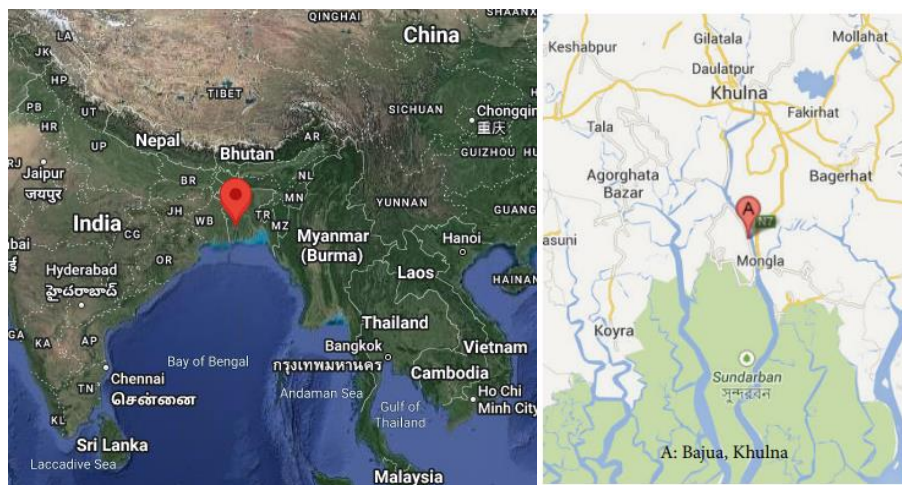


Figura 11 Ubicación del área de estudio, caso análogo Internacional. (Google Maps 2014)

1.2.1.2 Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en la zona metropolitana de Monterrey, para su aprovechamiento como medio alternativo (Salinas López, Cavazos González, & Vera Herrera, 2016) [Nacional]

Análisis de información pluviométrica

Como base de la investigación se toma la información pluviométrica de las estaciones climatológicas de Nuevo León, su distribución en cuanto a su cantidad de precipitación e interpretación espacial. A través de la siguiente ecuación se define la cantidad de agua de lluvia que queda a disposición del sistema de captación.

$$PN = \sum_{j=1}^n (P_j)\eta ; P_j \geq 40\text{mm}$$

“Donde, PN es la precipitación neta, en mm; Pj es la precipitación media mensual, en mm; η es un coeficiente adimensional.” (Anaya Garduño, 2011)

El valor de 0.85 se refiere al coeficiente recomendado por el Centro Internacional de Demostración y Captación de Aprovechamiento del Agua de Lluvia, representando un 85% de precipitación media mensual. La justificación detrás de este coeficiente radica en considerar que no toda la precipitación mensual es capturable debido a pérdidas por evaporación, escurrimiento superficial y otras causas. La precipitación neta para cada una de las estaciones climatológicas se calculó sumando únicamente los meses que reportan más de 40 mm de precipitación, como se describe en la ecuación. Al utilizar un coeficiente del 85%, se tiene en cuenta este factor y se estima de manera más precisa la cantidad de agua de lluvia que realmente puede ser recolectada para uso doméstico. En este contexto, este coeficiente es una herramienta esencial para calcular de manera efectiva el potencial de recolección de agua de lluvia en la región y planificar su uso sostenible.

Análisis de áreas de captación

Se considera el tomar los techos de las viviendas como áreas de captación y, en concreto, tasar las áreas totales para estimar el volumen de agua captado.

Esta información obtenida a través del Sistema para la Consulta de Información Censal (SINCE) donde se recaba la información sobre el número de habitantes existente en la manzana, así como el número de viviendas habitadas, el de habitantes por vivienda y el número de viviendas que no cuentan con el servicio de agua entubada. Teniendo esta desagregación de manzanas se consideran que las manzanas en las que se reporta existan viviendas con habitantes.

Se multiplica el área correspondiente a la manzana por un coeficiente de 0.83. Valor propuesto a partir del 17% que dicta la ley de desarrollo urbano del estado del área verde que dicta la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León en su Artículo 201; esto con el fin de obtener el Área Efectiva de Captación. (Salinas López, Cavazos González, & Vera Herrera, 2016)

Se generaliza el material del techo a losa de concreto o viguetas con bovedilla para cuestión del coeficiente de escurrimiento ($C=0.9$ en el presente estudio a diferencia del 0.8 de Bangladesh)

Posterior a esto se calcula el Área Efectiva de Captación, multiplicando el área total de las manzanas seleccionada, por el coeficiente de 0.83.

Posterior a este análisis, se crea un resumen de la base de datos utilizada para realizar la distribución de precipitaciones netas anuales. “Una vez completa la base de datos con las PNA se realizaron los mapas de distribución con la ubicación de las estaciones y una interpolación IDW y al interpretarlos se menciona que en los municipios al noroeste de la ZMM (Zona Metropolitana de Monterrey) se tendrían algunas dificultades para ver la utilidad de un SCALL en esas localidades, debido a que al realizar el cálculo de la precipitación neta se reportaron valores inferiores a 100 mm de lluvia en esas zonas” (Salinas López, Cavazos González, & Vera Herrera, 2016)

Tabla 4: Resultados del análisis del volumen de captación en las manzanas del municipio de Apodaca (19006)

Municipio	Manzana	PNA MIN, en mm	PNA MAX, en mm	PNA MEDIA, en mm	Volumen captado m ³
19006	00010051001	435.4510	435.4630	435.4570	1576.579
19006	00010051002	435.4640	436.3310	436.0770	2045.483
19006	00010051003	436.1650	436.3310	436.2440	4978.253
19006	00010051004	435.4520	436.1560	435.8560	2163.906
19006	00010051005	435.4450	435.4530	435.4490	1323.358
19006	00010051007	435.4410	435.4480	435.4440	1779.202
19006	00010051008	435.4620	436.4110	435.8940	4099.649
19006	00010051010	436.0670	436.1630	436.1160	1243.386
19006	00010051012	435.4470	436.0110	435.5690	1052.425
19006	00010051013	435.4420	435.4490	435.4450	1247.897
19006	00010051015	435.4420	435.4570	435.4480	3364.399
19006	00010051016	435.4540	435.4650	435.4600	1804.439
19006	00010051017	435.4620	435.4730	435.4670	1132.105
19006	00010051018	436.1810	436.2850	436.2290	1333.074
19006	00010051019	436.0610	436.1790	436.1180	1877.402
19006	00010051020	435.9600	436.0580	436.0080	1773.788
19006	00010051027	435.4490	435.4580	435.4530	1552.890
19006	00010051028	435.4540	435.4630	435.4590	1100.995

Tabla 6 Resultados Evaluación Análoga ZMM (Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en la zona metropolitana de Monterrey, para su aprovechamiento como medio alternativo 2016)

Una conclusión clave que emerge de esta evaluación se basa en la precipitación pluvial en estos municipios, que tiende a ser menos abundante, con valores inferiores a 100 mm de lluvia. Esto sugiere la viabilidad de implementar sistemas de captación comunal de agua de lluvia. A gran escala, esta estrategia podría tener un impacto significativo en el suministro de agua para hogares, parques y jardines.

Sin embargo, es fundamental respaldar estas conclusiones con resultados concretos y análisis detallados, que proporcionen una visión más precisa y cuantitativa de la cantidad de agua de lluvia que puede ser recolectada en estas áreas con bajos niveles de precipitación. Además, es necesario discutir en profundidad las implicaciones prácticas de la cosecha comunitaria de agua de lluvia, incluyendo la determinación del área de captación requerida y las medidas comunitarias necesarias para garantizar la efectividad y sostenibilidad de estos sistemas. Esta discusión será esencial para comprender completamente la utilidad de esta estrategia en el contexto de este trabajo de obtención de grado y su aplicabilidad en la región.

...si se implementa en el nivel de comunidad, colonia o fraccionamiento, se tendría un impacto mayor, ya que el agua que se captaría en todos los techos de una comunidad se puede juntar y almacenar en una cisterna comunitaria, sirviendo como fuente para abastecer los parques y jardines de esa comunidad, incluso si se realiza una planeación adecuada de este recurso, se puede abastecer de agua potable a las comunidades que se encuentran dentro de la ZMM, que carecen del servicio de agua entubada en su hogar. (Salinas López, Cavazos González, & Vera Herrera, 2016)

1.2.1.3 Evaluación Interna Del Programa: Sistemas De Captación De Agua De Lluvia En Viviendas De La Ciudad De México (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2019b) [Nacional]

Este programa, implementado en la Ciudad de México en 2019, otorgó 10,003 sistemas de captación pluvial en las Alcaldías Iztapalapa y Xochimilco.

Con ayuda de la Dirección Ejecutiva de Cultura Ambiental se instruyó a la población sobre cómo adoptar estos sistemas con una cultura sensible al agua.

“El programa SCALL cumplió con sus metas físicas en la instalación de sistemas de captación pluvial. Además, se reportó buena aceptación y satisfacción entre los beneficiarios; esto se debió en buena medida a que el programa se diseñó no únicamente en torno a la distribución de las ecotecnologías, sino que operó un fuerte componente de capacitación a los beneficiarios sobre la importancia y el correcto uso de los sistemas” (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2020, p. 3)

En las áreas de oportunidad identificadas dentro de la evaluación de la operación del programa se identifican:

Adopción de los sistemas

Instrumentos de planeación

Perspectiva de género

“Por otro lado, los lineamientos que utilizó esta evaluación interna son aquellos del Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México, donde estos tienen por objetivo establecer los elementos técnicos que integrarán la Evaluación Interna 2019 de los programas sociales ejecutados en el ejercicio fiscal 2018, a fin de contar con la información necesaria para evaluar los principales logros, resultados y la operación de los programas en general, así como tener elementos para la identificación de áreas de mejora en el diseño y la orientación de los programas que continuaron en operación en 2019.”

(COPLADE,

2019)

de

https://www.evalua.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Evaluacion/LAI_19.pdf

Es importante señalar que en este contexto se hace referencia a una 'evaluación interna' para distinguirla de una 'evaluación externa'. Esta se lleva a cabo por el mismo implementador o gestor del programa, en este caso, la entidad responsable de los programas sociales en la Ciudad de México. Esto significa que la entidad misma evaluó sus programas para conocer los logros, resultados y áreas de mejora.

En primera instancia dentro de la evaluación se muestran los objetivos generales y específicos del programa:

Objetivo general:

Mejorar las condiciones de acceso al agua de la población en viviendas con elevada precariedad hídrica a corto plazo y aumentar la resiliencia ante crisis puntuales de abasto en viviendas con mayor precariedad hídrica de la Ciudad de México.

Objetivos Específicos:

Instalar 10,000 sistemas de captación de agua de lluvia

Crear capacidades para el impulso de diversos sistemas de captación de agua de lluvia

Demostrar la viabilidad de usar modelos de gestión del agua descentralizados y sustentables para mejorar las condiciones de vida de la población más necesitada

Consecuentemente se realiza un desglose del presupuesto de \$200,000,000.00 (doscientos millones de pesos 00/100 M.N.) donde:

\$193,310,326.00 (ciento noventa y tres millones trescientos diez mil trescientos veintiséis pesos 00/100 M.N.) son provenientes de las aportaciones del Gobierno de la Ciudad de México.

\$6,689,674.00 (seis millones seiscientos ochenta y nueve mil seiscientos setenta y cuatro pesos 00/100 M.N.) son recursos del Fondo Ambiental Público. (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2019, pp. 4-8)

Teniendo así una distribución del presupuesto autorizado en tres conceptos:

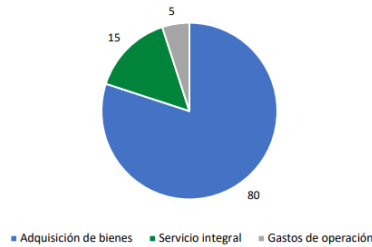


Figura 12 Gráfica de distribución del presupuesto autorizado. (SEDEMA, 2019)

Se menciona como la selección de las zonas de instalación fue en función de criterios de marginación y de falta de agua donde se emplea el Índice de Precariedad Hídrica desarrollado por OXFAM México, donde a partir de siete variables se explican los grados de vulnerabilidad hídrica a nivel de manzana:

1. Porcentaje de viviendas sin agua entubada
2. Índice o grado de marginación
3. Índice o grado de desarrollo
4. Grado promedio de escolaridad
5. Tandeo de agua requerido
6. Asentamientos irregulares
7. Promedio de habitantes por cuarto de la vivienda

Alineando estas variables, y dentro del contexto de la Ciudad de México se presentó un listado de 156 colonias con los mayores índices de precariedad hídrica; 78 en la Alcaldía Iztapalapa y 78 en la Alcaldía Xochimilco.

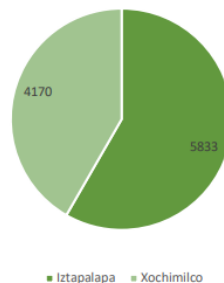


Figura 13 Distribución territorial sistemas. (SEDEMA, 2019)

En el módulo de autodiagnóstico se realiza una matriz dividida en tres categorías de las cuales se desglosan hacia los hallazgos para generar recomendaciones y observaciones:

1. Fortalezas y aprendizajes

- Fortalezas de planeación

- Fortalezas operativas

- Aprendizajes de Planeación

- Aprendizajes de Operación

2. Obstáculos y Brechas

- Obstáculos de planeación

- Obstáculos Operativos

- Brechas entre diseño y operación

3. Áreas de oportunidad

- Planeación

- Operación

- Diagnostico

- Objetivos

- Indicadores

Algunos hallazgos y recomendaciones que vale la pena resaltar en el programa “Cosecha de lluvia” 2019 son:

La incapacidad de participar por residir en suelo de conservación o por no contar con la documentación oficial requerida.

Múltiples situaciones de violencia familiar que impidieron instalar los sistemas a pesar de contar con la documentación requerida.

Dificultad en el nivel de adopción por parte de beneficiarios de edad avanzada.

Falta de mantenimiento de los beneficiarios.

Redundancia en el proceso de sensibilización ya que varios beneficiarios ya captaban agua de lluvia.

1.2.1.4 Evaluación Interna Del Programa: Sistemas De Captación De Agua De Lluvia En Viviendas De La Ciudad De México (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2020) [Nacional]

El año siguiente se implementa nuevamente el programa Cosecha de Lluvia, que logra instalar 10,007 sistemas de captación pluvial en las Alcaldías Iztapalapa, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. Del mismo modo se lleva a cabo su proceso de evaluación interna, donde destacan dos áreas de oportunidad que fortalecieron: la adopción de nuevas modalidades con sana distancia -debido a la contingencia sanitaria del virus SARS-CoV-2 en marzo de 2020-, y su medición e innovación. Se continúan utilizando los lineamientos del Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México.

Se realiza una comparativa entre el presupuesto de 2019 con el de 2020 y se menciona la incorporación de la adquisición de bienes dentro del concepto de servicio integral.

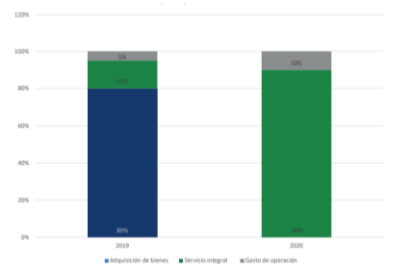


Figura 14 Distribución de presupuesto autorizado 2019-2020 (SEDEMA, 2019)

La distribución del presupuesto total de estos dos conceptos fue:

Servicio integral: 90% del presupuesto - \$180'000,000.00 (Ciento ochenta millones de pesos 00/MN) para la instalación de 10,000 sistemas de captación de agua de lluvia, incluyendo el material necesario y el servicio de instalación de los sistemas.

Gastos de operación: 10% del presupuesto - \$20'000,000.00 (Veinte millones de pesos 00/MN) para el servicio de monitoreo de calidad del agua, el pago de la nómina de la Unidad Técnica Operativa, las capacitaciones a las personas beneficiadas, la adquisición de papelería, equipo de cómputo, mobiliario, uniformes, entre otros. (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2020, pp. 10-12)

Los cambios que se realizaron en la implementación de 2020, y ayudaron en la agilización de procesos de registro fueron:

La integración de la carta compromiso y la solicitud de servicio fusionados en un mismo documento.

El introducir mecanismos digitales para reducir contacto directo entre implementadores y beneficiarios (debido a la situación de pandemia).

Paralelamente, permanece vigente el uso de una matriz dividida en tres categorías de las cuales se desglosan hacia los hallazgos para generar recomendaciones y observaciones, en las que cabe resaltar, en el programa cosecha de lluvia 2020, las siguientes:

Se introdujo una nueva modalidad de subsidio parcial a manera de piloto en comunidades de marginación baja.

Se agregó una segunda visita de seguimiento que permitió resolver dudas para las personas que, por haber recibido el sistema antes de la temporada de lluvias, no habían cosechado a la fecha de la primera visita.

Las capacitaciones especializadas, -a diferencia de las juntas comunitarias que se realizaban antes de la contingencia- sirvieron para brindar una mejor atención a las personas beneficiarias, esto favoreció a aquellas personas que no podían asistir a las juntas por cuestiones de horario o movilidad.

En algunos grupos de edad, las personas beneficiarias encontraron dificultades para utilizar las herramientas digitales.

Explorar mecanismos que faciliten la adopción de los sistemas, específicamente en materia de prácticas de cloración. (*Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2020, pp. 29-30*)

1.3 Selección del caso de estudio

Se toma como caso de estudio el programa “Nido de Lluvia” con el objetivo de evaluar los impactos directos e indirectos que tuvo en la población, la crisis de agua potable, la red de agua potable, y la sustentabilidad que garantizaría de replicarse este programa a largo plazo.

1.3.1 Caracterización Geográfica

El programa piloto se implementa en el polígono noreste de Zapopan, específicamente en el área de Las Mesas, donde se encuentran cuatro colonias. La topografía natural de esta zona limita el desarrollo y el funcionamiento de la comunidad.

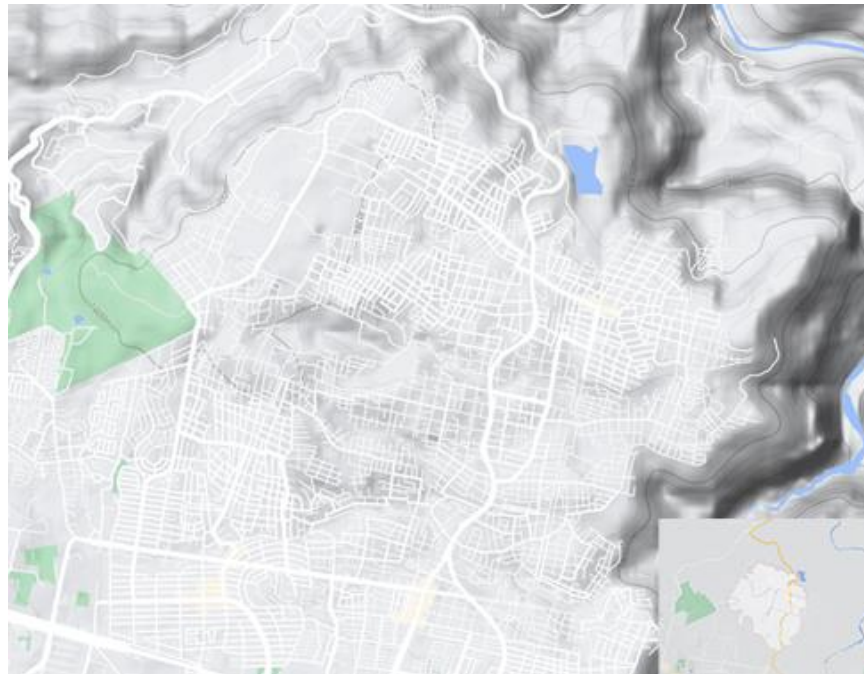


Figura 15 Área de Las Mesas. (Google Maps 2022)

Hacia el norte, se presentan riesgos de inundaciones a lo largo del borde de la barranca. En el lado sur, las pendientes pronunciadas generan áreas de difícil acceso y desconexión. Hacia el este y oeste, hay cuencas y escurrimientos con numerosas propiedades construidas sobre ellos. Como resultado, un total del 21% de las viviendas en esta área se encuentran en situación de riesgo por inundaciones. La topografía accidentada y los riesgos asociados son elementos importantes para considerar en el desarrollo de este programa piloto. (Gobierno de Zapopan, 2018b)

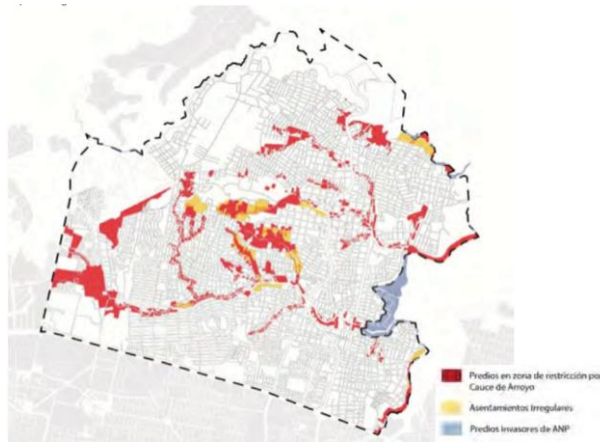


Figura 16 Riesgos de Las Mesas. (Estrategia Territorial Zapopan 2030, 2015)

En cuanto al hecho de contar con varios arroyos y cauces en el área, muchos de estos no son vistos como espacios públicos de reunión y convivencia, sino más bien como espacios para usarse como vertedero de descargas de aguas negras, y desechos, al no contar con servicios públicos de recolección de basura, ni de drenaje, puntos rojos de inseguridad y lugares para llevar a cabo actividades ilícitas. (Gobierno de Zapopan, 2020)



Figura 17 de Cauces como tierra de nadie (Estrategia Zapopan 2030, 2015)

Subyace en estos detalles el equipamiento que se tiene en esta área, ya que su medio físico transformado cuenta con cobertura amplia de escuelas, desde preescolar hasta bachillerato, aunque independientemente del hecho, existe un imaginario social donde los jóvenes carecen de oportunidades educativas. (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022)



Figura 18 Falta de espacios y programas para jóvenes (Estrategia Zapopan 2030, 2015)

En ambas figuras anteriores, se exponen los problemas generales que afectan a las colonias que conforman las mesas de estudio. Uno de los problemas destacados se denomina 'cauces como tierra de nadie', que se refiere a la subutilización de estos espacios debido a su alta incidencia delictiva. Este problema es solo uno de los aspectos dentro de una red compleja de problemas urbanos en estas mesas.

Es importante notar que, en el contexto de estos problemas urbanos, no se menciona la falta de acceso al agua o la escasez de este recurso como una preocupación prioritaria. Esto sugiere que, dentro de las prioridades identificadas en esta área, el abasto de agua no ocupa un lugar central. Se confirma mediante un análisis minucioso de la percepción de los residentes locales y la recopilación de datos específicos sobre el acceso al agua en las colonias de interés, también llevando a cabo una exhaustiva revisión de estudios previos y recursos gubernamentales relacionados con el abasto de agua en la región, lo que ha permitido obtener una comprensión integral de la situación.

Los pocos espacios de encuentro suscitan pérdida de sentido comunitario, y provocan una falta de convivencia que atenta contra la cohesión social que ya existe en las colonias.

Siendo los “Nidos de lluvia” tan vistosos, y cuando existe falta de agua, las casas que no cuentan con un servicio de agua potable formalizado aprovechan para -en casos críticos- pedir agua a un vecino que cuente con el sistema, mitigando esta falta de convivencia y generando un sentido de comunidad más amplio.

Uno de los requisitos fundamentales para la instalación de un 'Nido de Lluvia' es la presentación del recibo de pago del Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. Este requisito se basa en el índice de cobertura previamente mencionado, que revela un déficit del 1.7% en el abasto de agua en la zona. Esta cifra negativa señala la necesidad de abordar y mejorar el suministro de agua en la región.

Sin embargo, es importante aclarar que la instalación de 'Nidos de Lluvia' no se orienta directamente hacia la solución de este déficit en el abasto de agua. En lugar de eso, estos nidos se centran en la captación y aprovechamiento de agua de lluvia como una fuente adicional de agua para uso doméstico y otros fines. A pesar de que no resuelven directamente el problema del abasto de agua, los 'Nidos de Lluvia' pueden contribuir al uso más eficiente de los recursos hídricos en la región al aprovechar la lluvia, mientras que la agenda para disminuir y erradicar el déficit de abasto de agua debe considerar soluciones más integrales.

El impulsar sistemas de captación pluvial como estrategia de resiliencia a nivel estatal, dentro del plan de desarrollo, lo colocaría como una ecotecnia autosuficiente que garantice igualdad y facilidad en la obtención de este recurso. Esto resulta en una alineación directa tanto con el Plan de Desarrollo Estatal como con el municipal, y preliminarmente adecuado para el desarrollo sustentable de la ciudad.

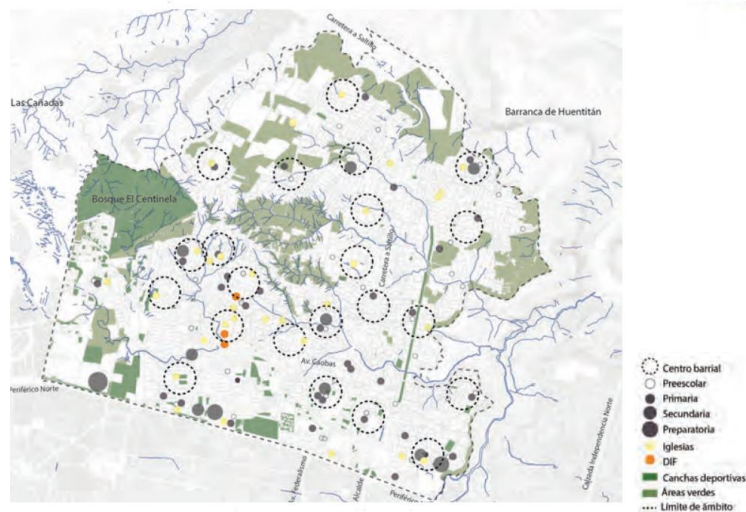


Figura 19 Servicios y oportunidades. (Estrategia Zapopan 2030, 2015)

1.3.2 Justificación

La realización de este estudio de caso, que se centra en la evaluación de los impactos y resultados de un programa piloto, se considera esencial para contribuir al conocimiento y la comprensión de las dinámicas y efectos de programas destinados a abordar las necesidades inmediatas y fundamentales de las comunidades en colonias altamente vulnerables. La urgencia de esta evaluación radica en la prontitud con la que se ha replicado el programa piloto en otras áreas similares.

La evaluación de este programa piloto se justifica por la necesidad de proporcionar una base sólida y basada en evidencia para evaluar su efectividad y comprender su potencial impacto en el suministro de un recurso vital como el agua. Además, esta evaluación busca identificar lecciones aprendidas y áreas de mejora que puedan guiar futuras implementaciones del programa.

Esta evaluación de este programa piloto es crucial para generar conocimiento que pueda informar la toma de decisiones, mejorar la calidad de vida de las comunidades vulnerables y contribuir al desarrollo sostenible de la región.

El sistema de captación pluvial, es otorgado a cualquier vivienda que cuente anteriormente con su servicio de agua formalizado, una conexión directa al Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, ya que debido a la precipitación de aproximadamente 900 mm de lluvia anuales este sistema no puede ser considerado autosuficiente, esto respaldado por los lineamientos que especifica CONAGUA (CONAGUA, 2017), donde para que un sistema de captación de agua de lluvia sea completamente utilizable a lo largo del año éste deberá de ser instalado en un sitio con un historial de lluvias que tenga una precipitación media anual igual o mayor de 1500mm

La autosuficiencia que considera CONAGUA en estos lineamientos es principalmente a través de la implementación de sistemas de captación como fuente única de abastecimiento de agua, por lo que, al tener una redundancia del servicio, como lo sería el sistema de agua potable que provee el municipio, la cantidad captada representaría un beneficio inequívoco a los beneficiarios y al abasto descentralizado de zonas distantes.

Es hasta la implementación del programa de 2022 donde se acuña el término vulnerabilidad hídrica, refiriéndose a *los estudios de vulnerabilidad para conocer de manera cuantitativa los efectos de este fenómeno en la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico, en la agricultura, y en la sociedad ante eventos hidrometeorológicos extremos, como lo son las sequías, huracanes y tormentas tropicales, entre otros temas* (IMTA, 2017). Es a través de estos sistemas descentralizados que se debe tener una captación pluvial lo más extensa posible en la demarcación municipal, para garantizar la medición del agua en el territorio y continuar a la revitalización de cuerpos de agua y afluentes naturales.

La evaluación de la implementación de sistemas descentralizados para la captura y utilización de agua pluvial es necesaria, debido a que su implementación puede ser un acierto si es correctamente socializado y replicado a largo plazo para así asegurar una sustentabilidad municipal general. De igual manera, en el contexto actual que se vive en el AMG, entre más captación pluvial exista, menor el impacto de escorrentía de aguas pluviales en el área, específicamente hablando de la situación que existe de inundaciones en la zona Poniente de Zapopan. Para que esto surta efecto a gran escala es necesario utilizar estrategias de previsión meteorológica, desde un día hasta semanalmente, una red de tanques inteligentes que disponga de varios metros cuadrados de captación, y utilizando estos pronósticos de lluvia lograr reducir los riesgos de inundaciones urbanas, por medio de descargas para la restauración de flujos naturales de los arroyos, siendo estos tanques programables, pueden liberar el agua del tanque en un patrón similar al flujo natural de la corriente, lo que ayuda a restaurar y mantener hábitats saludables en las vías fluviales.

La crisis hídrica en aglomeraciones urbanas afecta a enormes segmentos poblacionales si se tiene en cuenta que urge estimar la utilidad de recursos tecnológicos alternativos de infraestructura azul, y recordando una vez más que en el panorama nacional el cumplimiento del ODS 6 es una prioridad estratégica el garantizar la disponibilidad del agua y su gestión sostenible, es de vital importancia ver como se lograría tener un desarrollo y replicación medido y evaluado de este programa.



Figura 20 Afectaciones por inundaciones Zapopan (El Sol de México 2022)

Alineamiento Con Agendas Internacionales

Se busca la alineación de diferentes agendas con el actual programa piloto ejecutado, para lograr encontrar una coherencia común y alcanzar una evaluación objetiva.

Vinculando la evaluación con los Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible, y continuando con la objetividad que se pretende realizar a través de esta misma, estos mencionan que “todo el mundo tiene que hacer su parte: los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y personas como usted.” (ONU, 2022), esta ‘cláusula’ implica inherentemente el deber que cada actor tiene en cada una de estas metas, en palabras de Marshall McLuhan: “no hay pasajeros en esta tierra, todos somos tripulantes”. De modo que si se pretende conseguir una coherencia entre ambos (proyecto y agenda) esta debe ser buscada a través de las responsabilidades sinérgicas entre sus respectivos actores.

Los objetivos que se cumplen a través de beneficios directos son los siguientes:

- *Objetivo 6 Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos:*

La implementación de sistemas de captación pluvial para uso doméstico ayuda con este objetivo, al garantizar abastecimiento de este recurso y un cuidado paulatino del sistema al mismo tiempo. Al ser responsables del mantenimiento uso y cuidado, los usuarios valoran más este recurso y evitan su desperdicio.

- *Objetivo 9 Construir infraestructuras resilientes*

Al ser un proyecto dirigido a comunidades marginadas de bajos recursos, los organismos responsables de su instalación garantizan una vida útil del sistema (con sus respectivos cuidados y mantenimiento) de 20 años, “con costos mínimos de mantenimiento, requiriendo solamente acciones básicas como mantener limpios los techos.” (Gobierno del Estado de Jalisco, 2021).

Esta infraestructura al proveer de un sistema descentralizado, redundante al servicio municipal de agua potable, proveerá de agua en tiempos de sequías -si es bien gestionado- y por ende proveerá de resiliencia hídrica a la vivienda.

Por otro lado, continuando con los ODS, aquellos que pueden cumplirse a través de beneficios indirectos son:

- Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles

El objetivo de garantizar el acceso al agua en comunidades marginadas y minimizar el tiempo dedicado por las mujeres a obtener este recurso se aplica tanto a Zapopan como a las comunidades que están dentro del estudio. El modelo de sociedad inclusiva busca proporcionar a estas comunidades un sistema de autoabastecimiento y cuidado mínimo, permitiendo a las mujeres reducir el porcentaje de tiempo (25%) que actualmente invierten en obtener agua. (UNICEF, 2016) De esta manera, se promueve la igualdad de género y se trabaja hacia una sociedad más inclusiva.



Figura 21 Objetivos de Desarrollo Sostenible. (ONU, 2015)

Amenaza del día cero en Guadalajara

En el segundo año de pandemia COVID-19, marzo de 2021, por el elevado consumo de agua en la población; por la emergencia sanitaria existente, la falta de planeación estratégica, y una temporada de lluvias menor al promedio; sucede esta crisis donde la presa Calderón queda con menos capacidad de provisión y, por lo tanto, lo sufre el Área Metropolitana de Guadalajara.



Figura 22 Día cero en México. (Mexiconewsdaily 2019)

En una ciudad, el día cero puede ocurrir debido a la sobreexplotación del agua, el estrés hídrico o un manejo inadecuado del recurso, tal como se observó en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Durante periodos de escasez hídrica, se promueven los mismos lineamientos que deberían ser fomentados diariamente a través del Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado en Jalisco, dado que deben formar parte de la cultura general de cuidado del agua. Sin embargo, es relevante considerar el contexto de este estudio de caso, que revela una implementación tardía de medidas cautelares tras la crisis, generando cuestionamientos sobre el uso diario y aprovechamiento del recurso en hogares y establecimientos, ya que dichas medidas deberían aplicarse de manera constante para conservar el agua. Esto demuestra una falta de conciencia sobre el ciclo del agua y un conocimiento general acerca de su origen.

Surgimiento de Nido de lluvia

Es en esta crisis del año 2021 cuando con los bajos niveles en la presa Calderón -que con su 13% de volumen suministrado, logra abastecer aproximadamente a 200 colonias (Serrano, 2021)- donde desde la Secretaría de Gestión Integral del Agua aplica estrategias a largo plazo para abastecer a la ciudad, una de estas es el tandeo, también conocido como suministro rotatorio, donde se seleccionaron algunas zonas de la ciudad en las que dos días se reduce la presión del suministro del agua, para poder redistribuir a otras colonias y así garantizar que en toda esta zona que fue afectada por la sequía de la presa de Calderón dispusiera de agua varios días a la semana.

En el contexto de esta investigación, se ha observado una preocupación considerable en relación con la falta de presión del agua en las zonas altas de la ciudad, específicamente en la región de las Mesas. Esta preocupación plantea la posibilidad de que esta limitación de presión del agua esté relacionada con una carencia significativa de este recurso en las colonias marginadas de dicha área. Esta asociación potencial podría representar un desafío importante en términos de acceso y disponibilidad de agua potable para las comunidades afectadas.

Sin embargo, es importante reconocer que, a pesar de la relevancia de esta hipótesis, la investigación actual no ha abordado de manera exhaustiva esta cuestión. La obtención de datos empíricos y evidencia sólida para respaldar o refutar esta afirmación requeriría un estudio más detenido y específico sobre la presión del agua y disponibilidad en las colonias marginadas de la región de las Mesas. Esto indica una posible dirección para futuras investigaciones que puedan arrojar luz sobre esta preocupación y su impacto en las comunidades locales.

En el proceso de búsqueda de una alternativa viable para abordar la problemática en estas colonias, Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio se enfrenta a la realidad de que los usuarios de esta zona carecen de capacidad de almacenamiento. Es decir, no cuentan con tinacos, aljibes ni cisternas para almacenar agua, dependiendo directamente del suministro que llega a través de la red o de tambos de 120-150 litros para hacer frente a situaciones imprevistas. Este hallazgo resalta la necesidad de desarrollar una solución que tome en cuenta de manera sensible los usos y costumbres de los habitantes en esta área. Al momento de querer solucionar este problema de desabasto de la misma manera que en otras colonias -a través de pipas gratuitas- continua latente el problema de almacenamiento, ya que, ante una crisis de esta magnitud, los tambos no aportaban una solución a largo plazo para combatir el problema.

Se colocaron las cisternas comunitarias y se identifica como la labor de conseguir agua para la vivienda es responsabilidad mayoritariamente de las mujeres, haciéndolo en condiciones muy complicadas para acarrear las cubetas y tambos a llenar. La Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio apoyando a la Secretaría de Gestión Integral del Agua y al Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, contacta a la Organización de Isla Urbana con la intención de garantizar la distribución de agua. Y es a través de esta organización donde se sensibiliza la cuestión de captación pluvial, y se presentan todas las condiciones para poder instalar estos sistemas en una zona donde realmente se necesite.

Se realiza la gestión con el gobernador para tener un recurso que permitiera implementar los primeros sistemas de captación de agua de lluvia, y de esta manera la Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio logra conseguir \$11,000,000 MXN y por medio de este recurso, y con todo el proceso administrativo, se empiezan a instalar 600 sistemas en julio de 2021 para concluir en septiembre del mismo año.

Sin haberse realizado una evaluación crítica y multidisciplinaria acerca de los logros o fracasos del programa, un año después (2022) se destinaron \$80,000,000 MXN para instalar 3,950 sistemas en la ciudad, reportando la cantidad de 16 millones de litros captados, pero sin demostrar la solución puntual al problema de desabasto en temporales de sequía.

Es imprescindible la evaluación acerca de la pertinencia de estos sistemas, en caso de pretender continuar implementándolos como solución a largo plazo para promover el abasto íntegro de agua potable para el AMG.



Figura 23 Usuario del programa regando plantas, (Quadratin, 2021)

2. Planteamiento Metodológico

En esta investigación, se adopta el Modelo de Evaluación de Sustentabilidad, conocido como el Modelo de Triple Bottom Line (TBL), como el marco principal para evaluar el programa piloto de sistemas de captación de agua pluvial otorgados por el gobierno. El TBL se enfoca en tres dimensiones clave de sustentabilidad: económica, ambiental y social.

Justificación de la Elección del Modelo TBL

Enfoque Integral: La evaluación del programa piloto debe ir más allá de la mera eficacia técnica. El Modelo TBL permite una evaluación integral que abarca aspectos económicos, ambientales y sociales, lo que es esencial para comprender su impacto en la sustentabilidad.

Relevancia Económica: El programa piloto involucra inversiones financieras significativas tanto del gobierno como de los beneficiarios. El Modelo TBL permite evaluar el rendimiento económico del programa, incluyendo los costos y beneficios para todas las partes involucradas.

Impacto Ambiental: Dado que el programa está relacionado con la gestión del agua y su uso, es esencial evaluar su impacto ambiental. El Modelo TBL permite analizar cómo el programa afecta la calidad del agua, la conservación de recursos hídricos y otros aspectos ambientales.

Aspectos Sociales: La aceptación y participación de la comunidad son fundamentales para el éxito del programa. El Modelo TBL permite evaluar cómo el programa afecta la calidad de vida de los beneficiarios, su acceso al agua y la equidad en su distribución y uso.

Adaptación al Contexto Específico

Se definirán indicadores específicos para cada dimensión del TBL que reflejen los objetivos y resultados esperados del programa piloto.

Se recopilarán datos a través de encuestas, entrevistas y análisis de documentos gubernamentales relacionados con el programa.

Procedimiento Metodológico

Evaluación Económica: Se calcularán los costos y beneficios económicos del programa, incluyendo la inversión inicial, los ahorros en agua potable, los costos operativos y los beneficios económicos para la comunidad.

Evaluación Ambiental: Se evaluará el impacto ambiental del programa en términos de calidad del agua, conservación de recursos hídricos y reducción del consumo de agua potable.

Evaluación Social: Se analizará cómo el programa afecta la calidad de vida de los beneficiarios, su acceso al agua y la equidad en su distribución y uso.

Análisis y Resultados

Los resultados se analizarán en función de las tres dimensiones del TBL, identificando las fortalezas y debilidades del programa piloto.

Al adoptar el Modelo de Triple Bottom Line como marco metodológico, esta investigación tiene como objetivo proporcionar una evaluación integral y equilibrada del programa piloto de sistemas de captación de agua pluvial, lo que permitirá tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias para mejorar su desempeño en las tres dimensiones de la sustentabilidad.

Alcances, límites y pertinencia de la metodología

Los aspectos para considerar al determinar si la metodología utilizada para el estudio de caso del programa piloto de 2021 en estas colonias fue adecuada, son:

Recopilación de información e impactos del programa piloto:

Enfoque de investigación: Se utilizó una metodología centrada en analizar los impactos del programa piloto durante los primeros 18 meses de implementación, lo que permitió evaluar los resultados iniciales y realizar mejoras en su ejecución.

Variables seleccionadas: Se consideraron variables pertinentes, como el aumento de la disponibilidad de agua y la reducción de costos en el suministro de agua potable, para evaluar la efectividad del programa piloto.

Técnicas de recopilación de datos: Se emplearon técnicas adecuadas, como entrevistas, observación directa y revisión de registros, para obtener información relevante y precisa sobre los impactos del programa.

Análisis de datos: Se realizó un análisis sistemático de los datos recopilados, lo que permitió identificar los principales impactos del programa piloto.

Aplicación práctica: Los resultados obtenidos proporcionaron información valiosa para la toma de decisiones y la mejora del programa piloto.

Calidad y rigurosidad de los datos:

En este estudio, se aplicaron múltiples estrategias para asegurar la calidad y la rigurosidad de los datos recopilados durante el análisis de impacto del programa piloto en sus primeros 18 meses. Estas estrategias se alinearon con la metodología TBL (Triple Bottom Line) y se fortalecieron mediante la utilización de la herramienta MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación) para el análisis de impacto. A continuación, se detallan estas estrategias:

Validación de fuentes de datos: Para garantizar la validez de los datos, se recurrió a fuentes confiables y previamente validadas. Esto incluyó la implementación de entrevistas estructuradas, visitas de campo y revisión de registros documentales. La combinación de estas fuentes diversificadas ayudó a confirmar la consistencia de los datos recopilados y permitió una validación cruzada con el enfoque TBL.

Control de calidad de datos: Se establecieron medidas rigurosas de control de calidad de datos. Esto involucró la verificación de la coherencia entre la información recopilada y la realización de validaciones cruzadas para garantizar la precisión y completitud de los datos. Además, se evaluó cómo cada variable se interrelacionaba utilizando la herramienta MICMAC, lo que contribuyó a una evaluación más exhaustiva de la calidad de los datos.

Análisis riguroso: El análisis de datos se llevó a cabo de manera rigurosa, siguiendo principios de la metodología TBL. Se incluyeron estadísticas descriptivas, análisis de tendencias y comparaciones con datos de referencia para evaluar los impactos económicos, sociales y ambientales del programa piloto. La herramienta MICMAC facilitó el análisis de interdependencias y la identificación de variables clave en el sistema, en línea con los principios de la metodología TBL.

Consistencia en el análisis: Se mantuvo consistencia en las técnicas de análisis utilizadas a lo largo del estudio. La aplicación coherente y sistemática de las metodologías garantizó la uniformidad en el proceso de evaluación, lo que contribuyó a la confiabilidad de los resultados y a la alineación con el enfoque TBL.

Triangulación de resultados: La validación de los resultados se logró mediante la comparación de datos provenientes de diferentes fuentes y una revisión exhaustiva, que incluyó tanto las perspectivas económicas, sociales y ambientales. La herramienta MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación) desempeñó un papel crucial en este proceso, permitiendo identificar las interconexiones entre estas perspectivas y evaluar su impacto en el sistema en su conjunto.

Se lleva a cabo una triangulación específica a continuación de la variable de *Techos en viviendas beneficiadas*:

- Se lleva a cabo una investigación documental que establece la necesidad de contar con un área mínima de captación de 15 m².
- En el proceso de entrevistas, se indaga sobre la cantidad de área de captación presente y si la vivienda fue beneficiada con el sistema.
- Durante las visitas de campo, se verifica que los techos de las viviendas beneficiadas cumplan con este requisito.

Al respaldarse mediante tres o más métodos diversos, se asigna una puntuación en el análisis MIC MAC, y se confirma o refuta la triangulación de datos.

La herramienta MICMAC es una técnica de análisis que facilita la comprensión de las relaciones entre las variables en un sistema dado. En este contexto, se utilizó para analizar cómo las variables económicas, sociales y ambientales se influyen mutuamente y contribuyen al impacto general del programa piloto. Esto aseguró que la triangulación de resultados fuera más efectiva y proporcionó una comprensión más profunda de cómo el programa afecta a las distintas dimensiones del sistema, incluyendo su sostenibilidad económica, social y ambiental.

Al combinar la metodología del TBL (Triple Bottom Line) con la herramienta MICMAC, se logró una evaluación integral y rigurosa de los resultados del programa piloto, considerando no solo sus aspectos económicos, sino también sus implicaciones sociales y ambientales. Esto permitió una validación sólida de los datos y una comprensión completa de los impactos del programa en todas sus dimensiones.

2.1 Definición de observables y criterios de análisis

Situación Problema

En el año 2021, se implementó el programa piloto "Nido de Lluvia," que consistió en la instalación de sistemas de captación pluvial diseñados para recolectar precipitaciones pluviales en distritos urbanos con alta escasez hídrica. Aunque existen evaluaciones previas del programa, este trabajo se enfoca en realizar una evaluación más detallada y específica.

El objetivo central de esta evaluación es proporcionar un análisis exhaustivo de los impactos logrados por el programa, con un enfoque en la sustentabilidad urbana y la resiliencia hídrica. A través de esta investigación, se busca ofrecer una perspectiva única y valiosa para las entidades responsables del programa, permitiendo una comprensión más profunda de su efectividad y proporcionando recomendaciones concretas para mejorar su implementación.

En última instancia, este trabajo aportará una visión más completa y una guía para el desarrollo de soluciones efectivas que aborden la escasez de agua en entornos urbanos, basada en la evaluación y el análisis detallado de los resultados del programa

Pregunta de Investigación

¿Qué impactos tuvo este programa piloto en los primeros 18 meses de su implementación?

La evaluación permitirá identificar las áreas que obtienen mayores beneficios del programa, lo cual contribuirá a su continuidad y mejora. Se proporcionarán recomendaciones y avances para promover la adopción de sistemas de recolección de agua pluvial. Esto fomentará la cultura de conservación del agua, concienciará a la población sobre la importancia de cuidar este recurso y promoverá un nivel óptimo de uso, autosuficiencia, limpieza y gestión del agua en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

Variables

Adaptación al Contexto Específico:

Se definirán indicadores específicos para cada dimensión del TBL que reflejen los objetivos y resultados esperados del programa piloto.

Estos indicadores se despliegan en variables que se medirán y analizarán durante el estudio.

Evaluación Económica (Eje técnico-económico):

Variable 1: Costos Iniciales de Implementación.

Variable 2: Ahorros en Agua Potable.

Variable 3: Costos Operativos.

Evaluación Ambiental (Eje físico-territorial):

Variable 4: Calidad del Agua de Lluvia Recolectada.

Variable 5: Volumen de Agua Pluvial Capturada.

Variable 6: Conservación de Recursos Hídricos.

Evaluación Social (Eje Sociocultural):

Variable 7: Acceso de la Comunidad al Agua Pluvial.

Variable 8: Percepción de la Comunidad sobre la Calidad de Vida.

Variable 9: Equidad en la Distribución y Uso del Agua Pluvial.

Ejes Planteados

1. Eje técnico económico: Los costos y gastos a tomar en cuenta a corto y largo plazo/
La consideración de los aspectos de adecuación e instalación (el impacto respecto al costo de mantenimiento para el usuario y el organismo implementador).
2. Eje sociocultural: Usos y costumbres en el aprovechamiento del agua, y cómo se usa actualmente con los sistemas implementados (el impacto ante los comportamientos anteriores y actuales del usuario).
3. Eje jurídico-normativo: Se aborda la adecuación y aprovechamiento de los instrumentos jurídicos actuales en relación con el seguimiento a largo plazo del programa. Se examina el impacto a largo plazo de las herramientas jurídicas utilizadas y su repercusión en el ámbito municipal. Este análisis se lleva a cabo con el objetivo de evaluar la efectividad y la sostenibilidad del marco legal existente, así como identificar posibles áreas de mejora que contribuyan a garantizar la continuidad y el éxito del programa en el tiempo.
4. Eje Físico-territorial: Las consideraciones técnicas y ambientales existentes para la instalación de los sistemas de captación en determinadas viviendas (el impacto ambiental y municipal de los sistemas)

Cualitativas (Indicadores):

Uso del agua captada

Espacios de almacenamiento (particular o comunal)

Métodos de obtención de agua

Comportamiento ante sequías

Uso de espacios públicos con almacenamiento de agua

Mantenimiento de los usuarios

Servicio posterior a instalación

Consideraciones a la implementación existente

Requisitos para calificar

Techos en viviendas beneficiadas

Mitigación u omisión de riesgos

Herramientas y/o agendas jurídicas aprovechadas

Cuantitativas (Indicadores):

Cantidad de agua captada

Capacidad de almacenaje previo

Precio y disponibilidad en tiempo de estiaje

Estado actual del programa

Mantenimiento de los usuarios

Aportación económica del usuario

Aportación económica del organismo implementador

Limpieza paulatina (cisterna, filtros, techo)

Tamaño del espacio de captación (azotea)

Gasto previo económico

Ahorro actual económico

Se realiza un análisis estructural Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MICMAC) buscando “describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos.” (La Prospective, s.f.), teniendo este por objeto exponer una prospectiva cualitativa hacia las principales variables influyente-dependientes necesarias a la mejora y desarrollo del sistema.

Este análisis se realiza a través de la consideración de los ejes propuestos, desglosando cada uno en distintos factores por los que se vería afectado el sistema a corto y largo plazo. Posteriormente se asigna un valor relacional de influencia entre cada uno para graficar la posición en la que se encuentra e interpretar las posibles oportunidades y debilidades a considerar, para la recolección de datos a través de la metodología de evaluación objetiva planteada.

Técnico económico

Costo de Mantenimiento del Sistema

Vida útil del sistema

Ubicación sistema de captación

Capacidad de Almacenamiento

Capacidad de conexión a instalación

Material del techo de la vivienda

Sociocultural

Disponibilidad de tiempo

Consumo de agua en la vivienda

Usos posibles del agua tratada

Jurídico-normativo

Calidad del agua de la red

Acceso Previo al Agua

Capacitación y conocimiento de los usuarios

Físico-territorial

Condiciones atmosféricas

Calidad del agua captada

Precipitación

Área de Captación

Habitantes por vivienda

Tamaño del predio

El análisis MIC-MAC (Matriz de Impacto Cruzado-Multiplicación Aplicada a una Clasificación) es una herramienta para evaluar las relaciones de influencia y dependencia entre variables en un estudio de caso. La asignación de valores numéricos a estas relaciones es esencial para construir un diagrama y realizar un análisis de las interacciones.

Metodología de Asignación de Valores

La asignación de valores se realizó mediante una triangulación de datos obtenidos de diversas fuentes y métodos de investigación, como observaciones, entrevistas, visitas de campo y encuestas. El proceso se dividió en los siguientes pasos:

Paso 1: Identificación de Variables Relevantes

En primer lugar, se identificaron las variables relevantes que podrían influir o depender unas de otras en el contexto de nuestro estudio. Estas variables se basaron en la información recopilada y en la comprensión del programa piloto y su entorno.

Paso 2: Revisión de Datos de Múltiples Fuentes

Se revisaron los datos recopilados de múltiples fuentes para cada par de variables identificadas. Estos datos incluyeron observaciones de campo, respuestas de encuestas, transcripciones de entrevistas y cualquier otra información relevante.

Paso 3: Evaluación de la Relación entre Variables

Se evaluó la relación entre las variables identificadas en función de la información obtenida. Se consideró la fuerza y la dirección de la relación entre cada par de variables.

Paso 4: Asignación de Valores Numéricos

Se asignaron valores numéricos del 0 al 4 a cada relación entre variables, siguiendo esta escala:

0 - No hay Influencia: Cuando no se encontró evidencia de relación entre las variables.

1 - Influencia Mínima o Baja Dependencia: Para relaciones débiles o mínimas.

2 - Influencia Moderada o Dependencia Media: Cuando la relación era moderada.

3 - Influencia Fuerte o Alta Dependencia: Para relaciones fuertes.

4 - Influencia Máxima o Dependencia Total: Cuando una variable tenía un impacto completo en la otra.

Resultados de la Asignación de Valores

Como resultado de este proceso, se obtuvo una matriz de impacto cruzado que representa las relaciones cuantificadas entre las variables en estudio.

La asignación de valores de influencia y dependencia entre variables en el análisis MIC-MAC es esencial para comprender las dinámicas y las interacciones dentro de un sistema. A través de la triangulación de datos obtenidos de diversas fuentes y métodos de investigación, se logró asignar valores numéricos de manera coherente y justificada. Esto permitirá realizar un análisis más profundo de nuestro estudio de caso sobre el programa piloto de sistemas de captación de agua pluvial y sus relaciones con otras variables relevantes.

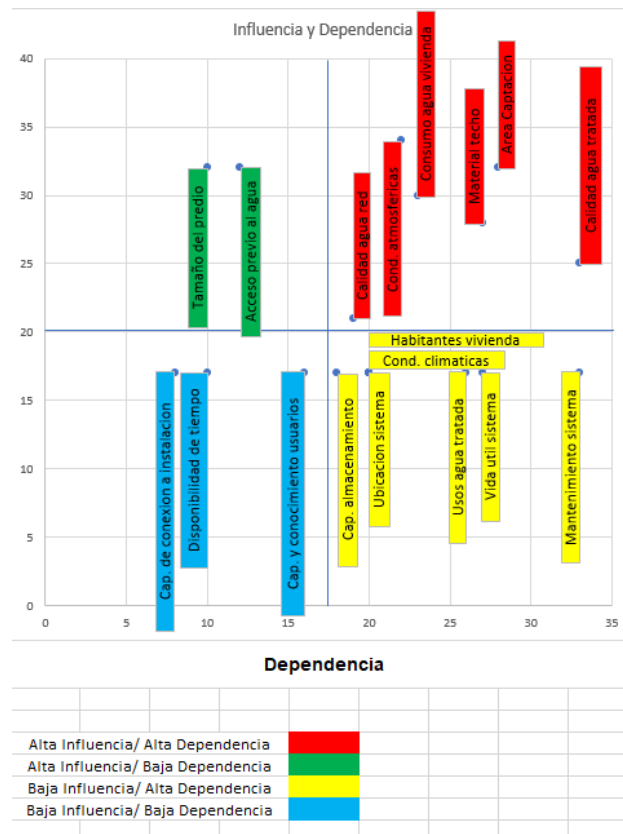


Figura 24 Análisis estructural MIC MAC, influencia y dependencia. (Elaboración propia)

Con base en una reestructuración lógica de las variables presentadas, se establece que, para garantizar el avance exitoso de la intervención, es fundamental considerar los siguientes aspectos: las condiciones atmosféricas favorables, el buen estado del material del techo y el cumplimiento de los requisitos de captación de agua con relación al área de la vivienda. Estos criterios se consideran indicadores clave para evaluar la viabilidad y el potencial de conservación, replicación y aprovechamiento del programa en curso.

Se logran observar en las variables de alta influencia y dependencia, cómo las costumbres ya practicadas, y los recursos ya consumidos son aquellos que tienen más peso sobre otras variables. Las variables de alta influencia y baja dependencia son aquellas que ya existen y son casi inamovibles, mientras que las de baja influencia y alta dependencia son aquellas que dependen de las decisiones de los usuarios en cuanto a su uso, por último, aquellas de baja influencia y dependencia son exclusivamente las que se refieren directamente al conocimiento técnico del sistema por parte de los habitantes y usuarios.

Esto se puede traducir directamente de distintas maneras, empezando por el área de baja influencia y dependencia, las variables que se encuentran aquí demuestran que no es un sistema que requiera una atención plena del usuario, esto se traduce en un sistema autosuficiente y de bajo mantenimiento. En el otro eje de las variables de baja influencia y alta dependencia se engloban las características del sistema como vida útil, mantenimiento, la capacidad, y los habitantes por vivienda. Denotando esta alta dependencia de estas variables se traduce en un sistema que requiere una atención paulatina del usuario, pero no es altamente dependiente de la misma, implica entonces un sistema más costoso y espacioso. A diferencia del eje de alta influencia y dependencia donde las variables son la calidad del agua, el material del techo, el consumo del agua, siendo estas condiciones actuales y de alto impacto son las que más afectan al usuario y de las que menos control ejercen.

Interpretando y analizando la influencia y dependencia de las variables, a grandes rasgos, se observa como el sistema, puede llegar a brindar esta redundancia en servicios para dar resiliencia al barrio y al ser de bajo mantenimiento, la dependencia sería hacia el medio ambiente, las condiciones climáticas y del cuidado general a la vivienda. Este resultado preliminar deberá ser evaluado para corroborar la capacidad de respuesta ante cambios externos que amenacen al sistema.

Estos resultados tienen como objetivo la interpretación preliminar y son tomados para reflexionar y sensibilizar ante la situación de las variables propuestas, para su posterior valoración con un contexto bajo los ejes determinados y aplicación en la metodología analítica evaluativa.

2.2 Diseño de instrumentos y métodos de obtención de información

Ajuste de la metodología aplicada

Se diseñó un cuadro de operacionalización de variables reforzando los puntos anteriores, para con ello desarrollar los objetivos generales. Siendo este un estudio de caso se aborda a través de los observables directos, y las fuentes o criterios de análisis.

Situación Problema	Supuesto de Trabajo	Pregunta Central
En el año 2021 se implementa de forma experimental el programa "Nido de Lluvia", comprende la instalación de sistemas de captación pluvial diseñado para coleccionar precipitaciones pluviales en distritos urbanos de alta escasez hídrica, sin embargo, a la fecha no se ha realizado una evaluación de los resultados preliminares de esta iniciativa. Este trabajo busca evaluar los impactos logrados por el programa desde la perspectiva de la sustentabilidad urbana y la resiliencia hídrica, con el fin de aportar retroalimentación a las entidades responsables del programa.	Si a partir de la evaluación se logran identificar las áreas de mayor beneficio, para denotarlo y contribuir a su continuidad y a su mejora con recomendaciones y avances hacia la adopción de sistemas de recolección de agua pluvial se promoverá la cultura de conservación del agua, concientizar a la población respecto al cuidado de este recurso y crear un nivel de autosuficiencia en el manejo, limpieza, y autogestión hídrica para el área metropolitana de Guadalajara, Jalisco.	¿Qué impactos tuvo este programa piloto en los primeros 18 meses de su implementación?

Tabla 7 Matriz de variables (Elaboración propia)

Preguntas Específicas	Objetivo General	Objetivos Específicos	Dimensión	Categoría	Observable	Indicador
¿Qué beneficios brinda a las familias beneficiadas?	Analizar el problema que dio origen al programa, y diseñar una metodología que aborde objetivamente lo que este espera resolver junto con sus interrogantes a considerar, para crear una evaluación de la eficiencia, economía, y sustentabilidad del programa.	Desglosar beneficios directos hacia las familias	Socio-Cultural	Área de estudio particular (vivienda)	Vivienda/ Sistema	Cantidad de agua captada Utilización del agua captada Capacidad de almacenaje previo
¿Cómo se aprovecha el sistema en temporada no lluviosa?		Determinar comportamiento social antes y después de su instalación		Área de estudio general (colonia)	Manzanas núcleos de viviendas	Espacios de almacenamiento (particular o comunal) Métodos de obtención de agua Comportamiento ante sequías
¿Qué soluciones brinda a la vida de los usuarios después de su instalación?					Servicio pipas de agua (público y privado)	Precio y disponibilidad en tiempo de estiaje Uso de espacios públicos con almacenamiento de agua
¿Qué asistencia posterior reciben los beneficiarios?				Localizar la atención posterior con la que cuentan los usuarios	Cisternas comunales	Estado actual del programa
			¿Cuál es la calidad del agua?	Analizar la calidad del agua quién esta analizando el agua de lluvia, salud de cuencas atmosféricas	Organismo implementador/ Municipio	Vivienda/ Sistema Metodología mantenimiento Miscelánea
Ambiente		Calidad atmosférica			Nivel Estatal Nivel Municipal Nivel Particular	
¿Cuál es su esquema financiero?		Identificar su esquema financiero	Técnico-Económico	Organismo implementador/ Municipio	Metodología implementación	Aportación económica del usuario Aportación económica del organismo implementador
¿Qué instalación es más conveniente, particular, comunal o municipal?		Determinar su nivel de captación, limpieza y utilización		Área de estudio particular (vivienda)	Eficiencia del sistema	Limpieza paulatina (cisterna, filtros) Tamaño del espacio de captación (azotea)
¿Qué beneficio económico brinda a los beneficiarios?		Describir el beneficio económico que brinda a los beneficiarios		Aprovechamiento cotidiano	Gasto previo económico Ahorro actual económico	
¿Qué porcentaje municipal necesitaría instalar un SCALL para tener sentido sustentable?		Mostrar el alivio en la red municipal por la cosecha de lluvia y su consecuencia directa en tiempos de sequía		Manuales y Reglamentos técnicos	Lineamientos y herramientas sustentables	Consideraciones a la implementación existente
¿Cuál es su mantenimiento y que autonomía garantiza?		Establecer sus componentes y necesidades de mantenimiento		Área de estudio particular (vivienda)	Capacitación al usuario	Misceláneos del sistema
¿Qué tan resilientes son los hogares dotados con sistemas de captación pluvial?		Evaluar la resiliencia que tienen los hogares beneficiados		Organismo implementador/ Municipio	Mantenimiento a largo plazo	Seguimiento posterior a instalación
¿Qué condiciones climatológicas se consideraron para su instalación en diferentes viviendas?		Establecer los factores climatológicos que se consideraron para la instalación en viviendas	Físico-Territorial	Área de estudio particular (vivienda)	Canaletas y equipo instalado	Tramos presentes en distintas instalaciones
¿Qué condiciones técnico-constructivas se consideraron para su instalación en diferentes viviendas?		Establecer los factores técnico-constructivos que se consideraron para la instalación en viviendas		Organismo implementador/ Municipio	Proceso de selección	Requisitos para calificar
¿Qué factores fueron tomados en cuenta para definir un hogar objetivo?		Describir los factores considerados para la definición de un hogar objetivo		Área de estudio particular (vivienda)	Canaletas y equipo instalado	Techos en viviendas beneficiadas
¿Qué problemáticas resuelve a la ciudad?		Localizar impactos/ beneficios a la ciudad		Ambiente	Avenidas de tormenta Polígonos de riesgo	Mitigación u omisión de riesgos Inundaciones recurrentes
¿Cómo ayuda en la cuestión de inundaciones?		Localizar áreas con riesgo de inundación e identificar su comportamiento ex-ante y ex-post	Jurídico-Normativo	Organismo implementador/ Municipio	Stakeholders	pendiente
¿Qué problemáticas resuelve al gobierno?		Reconocer beneficios directos al gobierno		Manuales y Reglamentos técnicos	Políticas Públicas utilizadas o a considerar	Herramientas y/o agendas jurídicas aprovechadas
¿Con qué instrumentos jurídicos se alinea el programa?		Establecer marco normativo utilizado para su implementación a largo plazo		Organismo implementador/ Municipio	Autores Intelectuales Actores Responsables	Actores vinculantes Académicos
¿Dónde se origina esta propuesta?		Localizar el origen del programa				
¿Quiénes son los organismos responsables?	Localizar todo organismo involucrado con el proyecto					

Tabla 8 Matriz de variables Preguntas, objetivos específicos y dimensión/ ejes (Elaboración propia)

Cronograma de actividades

Se plantean cronogramas para la recolección de información a través de diferentes etapas, primero a través de la revisión documental y delimitación del alcance de la evaluación, la segunda etapa es el acercamiento hacia los actores responsables, organismos implementadores y académicos. La tercera etapa constó de las entrevistas directas en forma presencial mediante trabajo de campo a los beneficiarios y su percepción social del programa 2021 y 2022, para lograr tener una cuarta etapa objetiva-interpretativa de los hallazgos con su correspondiente codificación deductiva a través de una triangulación de datos en forma integral.

Etap a Conceptual	Etap a de dise ̃o de metodolog ̃a	Etap a de acercamiento a responsables	Etap a de acercamiento social	Etap a de desarrollo y an ̃lisis de hallazgos	Conclusi ̃n
Revisi ̃n Documental	Marco conceptual	Revisi ̃n documental para identificar actores vinculantes, stakeholders, y responsables de la implementaci ̃n	Cuestionarios via digital	Cuadro de codificaci ̃n deductiva	Propuesta aplicativa y de mejora
Delimitaci ̃n del alcance	Supuesto de trabajo	Agendar entrevistas con organismo responsable	Identificaci ̃n de l ̃deres vecinales	Cuadro de codificaci ̃n de informantes	Recomendaciones
Marco te ̃rico	Matriz de variables	Agendar entrevistas con acad ̃micos	Acercamiento a comunidades beneficiadas	Triangulaci ̃n de datos	Factibilidad y evaluaci ̃n
	Casos an ̃logos	Agendar entrevistas con terceros	Entrevistas semiestructuradas con beneficiarios		
	Objetivos				

Tabla 9 Cronogramas de actividades. (Elaboraci ̃n Propia)

Descripción de observables

Para la categorización y descripción de observables se parte de los cuatro ejes; técnico económico, sociocultural, jurídico-normativo, y físico-territorial.

Posteriormente se indica que magnitud considera el área de estudio, particular o general, y de igual manera en aquellas que comprenden al organismo implementador, o remiten a manuales técnicos y de aplicación, fue considerado el alcance de sus metodologías de mantenimiento a corto y largo plazo.

Teniendo entonces los cuatro ejes categorizados en observables a corto y largo plazo, al igual que las áreas de estudio particulares y generales. Esto para garantizar la realización de una evaluación objetiva y brindar observaciones que logren garantizar un crecimiento, replicación del programa y promover e implementar la cultura de captación, almacenamiento, uso y cuidado del recurso hídrico.

Las técnicas de investigación utilizadas constan de cuatro etapas de acercamiento al programa, esto con la intención de generar una perspectiva sensible y sin prejuicios hacia el problema y su contexto urbano, a la población y su situación de estrés hídrico, y a los actores involucrados y su interés en la implementación. Para que en última instancia se recopilen los testimonios y experiencias de los beneficiarios de primera mano y se interprete de manera objetiva el imaginario social para llenar los huecos que puede o no haber en este programa piloto.

Revisión documental

La primera etapa de la investigación consistió en un exhaustivo análisis de documentos y estudios previos relacionados con la evaluación de programas similares de sistemas de captación de agua pluvial. Esta revisión bibliográfica tenía como objetivo principal identificar modelos evaluativos análogos y extraer lecciones aprendidas a partir de las consideraciones, hallazgos, conclusiones y recomendaciones presentes en estos documentos. Para llevar a cabo esta etapa, se consultaron una variedad de fuentes, incluyendo evaluaciones análogas como el estudio 'Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en la zona metropolitana de Monterrey, para su aprovechamiento como medio alternativo' (Salinas López, Cavazos González, & Vera Herrera, 2016), evaluaciones internas como la Evaluación Interna Del Programa: Sistemas De Captación De Agua De Lluvia En Viviendas De La Ciudad De México (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México,

2019b), y la Evaluación Interna Del Programa: Sistemas De Captación De Agua De Lluvia En Viviendas De La Ciudad De México (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2020), políticas públicas, informes de resultados y bases de datos. Esto permitió llevar a cabo una investigación objetiva desde el punto técnico, administrativo y ambiental, respaldada por fuentes documentadas."

Cuestionarios

Como segunda etapa se elaboran cuestionarios para hacer una aproximación a las colonias de Las Mesas, su imaginario social y percepción general de la implementación en la primera etapa del programa piloto.

Se difunden los cuestionarios a través de redes sociales en el grupo de vecinos de Mesa Colorada. El primer cuestionario realizado el primero de marzo de 2022 titulado Impacto Nido de Lluvia, tuvo un marco muestral del área considerando las cuatro colonias de Las Mesas con aproximadamente 9,676 viviendas en total, con un promedio de habitantes por vivienda 3.5 y una participación de 20 usuarios, donde se reporta un margen de error del 22% con un nivel de confianza de 95%; el cuestionario constó de 12 preguntas, ubicando a sus beneficiarios y no beneficiados, su conocimiento acerca del programa, y la condición actual en cuanto a su situación hídrica.

De igual manera el cuestionario levantó información acerca del comportamiento de las personas en la misma zona, así como la existencia de sistemas de captación pluvial propios, anteriores a los otorgados por el programa. Por otro lado, se preguntó acerca de la situación hídrica de la vivienda, de sus habitantes en estado de vulnerabilidad y las condiciones del techo de la vivienda, entre otros aspectos.

Entrevistas

Se realizaron entrevistas a coordinaciones de gobierno y actores involucrados con el organismo implementador; como una tercera etapa, una vez analizada la investigación documental, y recabadas preliminarmente las respuestas proporcionadas por los habitantes de Las Mesas, como actores preliminares, se procedió a entrevistar a la Coordinación de Gestión del Territorio, a académicos expertos en el tema, y al personal técnico y profesional involucrado de Isla Urbana, y se contacta, de igual manera, a IMEPLAN, SIAPA y SGIA para poder identificar percepciones subjetivas y continuar con un análisis objetivo del programa.

Identificar el origen del programa y las metas de este, su implementación, la motivación y dificultades en su realización. Se cuestiona de donde parte, la problemática a resolver y los hallazgos inmediatos en la instalación de las viviendas beneficiadas.

Observación directa/ Visitas de campo

Como cuarta etapa del proceso de investigación, las visitas de campo se llevaron a cabo con el propósito de establecer un contacto directo con las comunidades beneficiarias del programa piloto de sistemas de captación de agua pluvial y obtener información de primera mano sobre la adopción de estos sistemas. Durante estas visitas, se prestaron especial atención a una serie de observables específicos que se consideraron esenciales para la evaluación del programa.

Los observables que se buscaban en las visitas de campo incluyeron:

Estado y Funcionamiento de los Sistemas: Se observó el estado físico de los sistemas de captación de agua pluvial instalados en las viviendas, verificando su funcionamiento y condiciones generales. Se evaluaron aspectos como la integridad de los tanques de almacenamiento, la limpieza de los techos y la operación de los componentes del sistema.

Dinámica Social: Se observó la interacción comunitaria en relación con la adopción de los sistemas. Se buscó comprender cómo los habitantes se apoyaban mutuamente en la implementación y mantenimiento de los sistemas, así como cualquier dinámica social que surgiera en torno a ellos.

Percepción y Satisfacción: Se recopilaron percepciones y opiniones de los beneficiarios sobre los sistemas de captación de agua pluvial. Se indagó sobre la satisfacción con el programa, los beneficios percibidos y los posibles inconvenientes experimentados.

Preparación para la Temporada de Lluvias: Dado que las visitas se realizaron después de la temporada de lluvias, se observó cómo los usuarios se preparaban para la próxima temporada de captación de agua pluvial. Esto incluyó la limpieza de techos, la revisión de componentes del sistema y la planificación para aprovechar al máximo la siguiente temporada de lluvias.

La selección de las viviendas a abordar durante las visitas de campo se basó en un criterio específico: la presencia de un Nido de Lluvia instalado. Esto aseguró que se estuviera evaluando directamente a los beneficiarios del programa y se obtuviera información relevante sobre la implementación y uso de los sistemas. Las visitas se programaron para llevarse a cabo antes del inicio de la temporada de lluvias, de 9:00 am a 2:00 pm, para garantizar la presencia de los beneficiarios en sus hogares.

Las visitas de campo se planearon y ejecutaron de manera estratégica para capturar información detallada sobre los aspectos clave del programa y su impacto en las comunidades beneficiarias. Esto proporcionó una perspectiva sólida para la evaluación integral del sistema de captación de agua pluvial en el contexto de las colonias beneficiadas.

3. Análisis del caso

3.1 Caracterización del caso

El Programa Nido de Lluvia se implementó en colonias seleccionadas por el Estado, ubicadas en los límites del SIAPA. Estas colonias presentan terrenos con relieves pronunciados, lo que ocasiona interrupciones en el suministro de agua en dichas áreas, generando una escasez más significativa en comparación con otras colonias. Este problema se agravó durante la crisis hídrica experimentada en la Zona Metropolitana de Guadalajara en 2021.

Manejo de la contingencia por el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

En cuanto al plan de suministro que hubo en Guadalajara y Zapopan, empezando por marzo de 2021, se implementó un suministro rotatorio el cual constaba de dos agrupaciones de colonias, de estos municipios, con servicio intermitente. Otra estrategia utilizada desde 2020 (SIAPA, 2020) fue el servicio de pipas gratuitas por parte del Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, para garantizar el suministro de agua durante la emergencia sanitaria COVID-19. Aunque esta misma estrategia al repetirse en temporada de estiaje en 2021 sufrió una saturación en la demanda de este servicio que no fue posible repetir.

Se denota que la mayor afectación se presenta en zonas marginadas y vulnerables, en las que se generó un incremento en la demanda de pipas de agua gratuitas, las cuales, al no poder suministrar y satisfacer las necesidades de este recurso al municipio, provocó que los habitantes recurrieran a la compra de pipas de agua potable privadas.

Una situación que entorpecía la logística del abastecimiento por pipas fue la capacidad de almacenamiento por parte de los usuarios, e incluso la falta de aljibe, cisterna o tinaco en las viviendas; de esta manera el abastecimiento tenía que ser en tambos de 120-150 litros en aquellas casas que carecían de sistemas de almacenamiento.



Figura 25 Abastecimiento gratuito de agua por medio de pipas. (Informador 2021)

Este mismo Sistema Intermunicipal recomendó a la población hacer un uso responsable del agua durante esa temporada de estiaje a través de los siguientes puntos:

Durar menos de 5 minutos bañándose, cerrar la llave mientras se enjabona el cuerpo.

Recolectar el agua fría que sale de la regadera antes de la caliente para otros usos.

Revisar las instalaciones para evitar fugas o derrames.

Evitar regar el pavimento.

Regar el jardín por la mañana o durante la noche con una cubeta de agua.

Reciclar el agua de la lavadora; se puede reutilizar para lavar el baño y patios.

Lava el auto con cubeta, evita utilizar la manguera.

Cerrar la llave mientras te cepillas los dientes. (SIAPA, 2020)

Entre las colonias más afectadas por este previsto desabasto existe una zona de prioridad constituido por 55 colonias de Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá donde, posterior a esta temporada de estiaje -mayo 2021-, recibieron agua mediante la instalación de cisternas comunitarias en zonas públicas para garantizar el recurso a todos los habitantes. (Milenio, 2021)

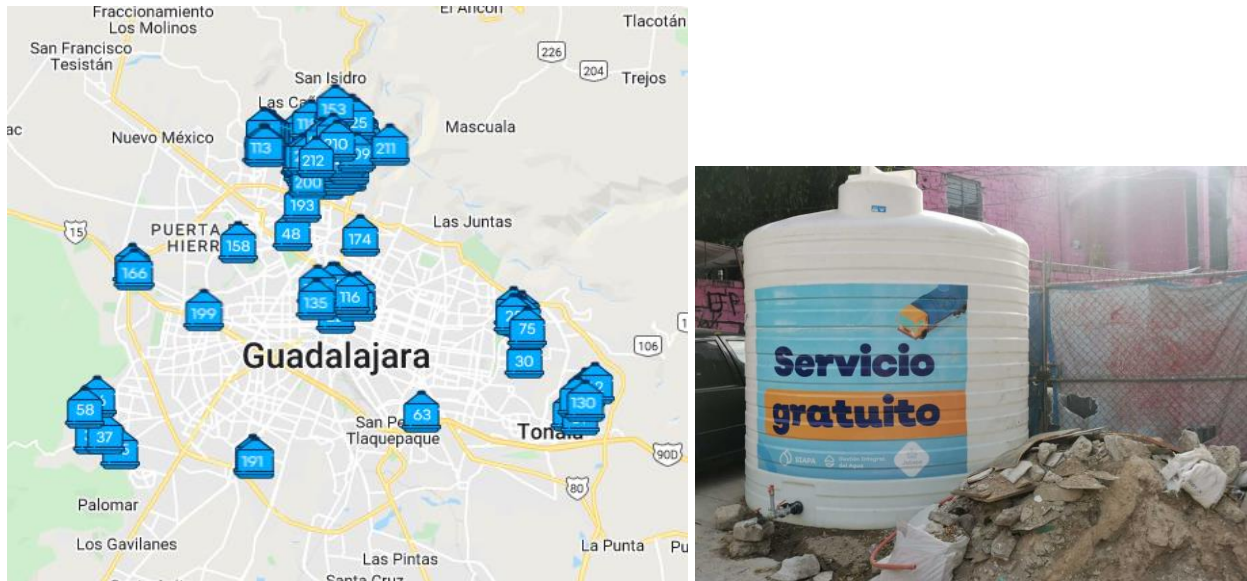


Figura 26 Distribución de cisternas comunitarias (Google Maps 2021)

3.1.2 Programa Nido de Lluvia

El programa piloto arranca en 2021, el proyecto se realiza en conjunto con la organización Isla Urbana, y consiste en la instalación de 600 sistemas de captación y aprovechamiento de agua pluvial en viviendas seleccionadas de las colonias Mesa Colorada poniente, Mesa Colorada oriente, Mesa de los Ocotes y Villa de Guadalupe en Zapopan, Jalisco.



Figura 27 ¿Cómo funciona Nido de Lluvia? (Twitter Gobierno de Jalisco 2021)

Se pretende intervenir a largo plazo diversas colonias que se encuentran con estrés hídrico por marginación, que sufrieron desabasto por temporales de sequías en la presa Calderón y cortes intermitentes de agua. Se estima que “alrededor de 300 mil habitantes no tienen cómo almacenar agua de manera eficiente y, que históricamente han tenido deficiencias en la infraestructura urbana.” (Gobierno de Jalisco, 2020).



Figura 28 Beneficios y principios de nido de lluvia (Facebook SIAPA 2021)

El argumento anterior demuestra que el problema principal consiste en el “almacenamiento”, por lo cual se tiene que evaluar esta situación; buscando responder al interrogante respecto a que si este programa se implementó por cuestiones de deficiencia en almacenamiento o debido a escasez hídrica.

Se instaló un sistema con una conexión desde el techo de la vivienda para canalizar el agua pluvial directamente hacia una cisterna, la que a través de filtros obtiene el recurso con una calidad suficiente para ser utilizado en el hogar.

En la zona de las colonias beneficiadas se logra distinguir que la precipitación en estos puntos resulta ideal para la implementación del sistema, tanto por su localización como por su condición de marginación y carencia de servicios básicos.

Se reporta dentro de la capa de gestión del agua del SIGMETRO (IMEPLAN, 2023) que la cobertura SIAPA está presente en la mayoría de la zona, su topografía la remite a depender de un solo acueducto existente en el mapa. Se tienen presentes puntos secundarios de abastecimiento en la zona catalogados como pozos urbanos, plantas potabilizadoras o tanques de almacenamiento.

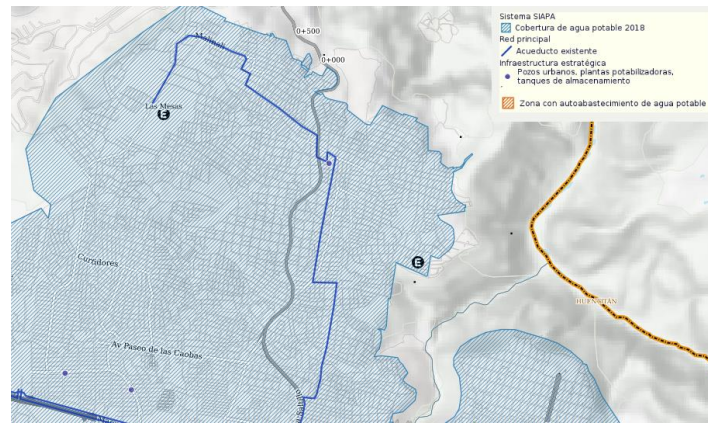


Figura 29 Cobertura agua Potable Sistema SIAPA 2018. (SIGMetro 2022)

Uno de los puntos en el mapa plasmado en Sistema de Información y Gestión Metropolitana es un cárcamo gestionado por el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, cabe aclarar que el que tenga presencia el SIAPA no implica que el servicio se encuentre presente.

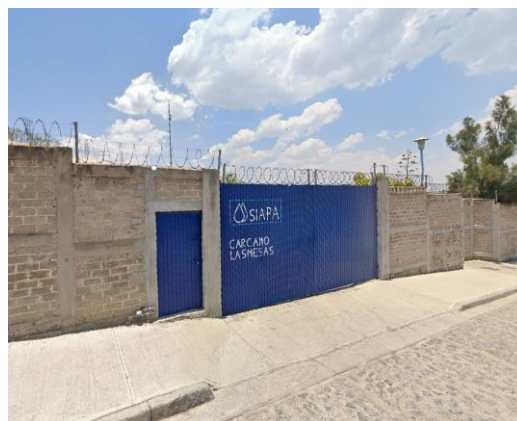


Figura 30 Cárcamo Las Mesas, (Google maps, 2021)

3.1.2 Justificación de la creación y diseño del programa

El programa piloto Nido de Lluvia 2021 dio inicio en el mes de julio y concluyó en septiembre del mismo año. Fue implementado en las 4 colonias de Las Mesas: Mesa Colorada Poniente, Mesa de Los Ocotes, Villa de Guadalupe y Mesa Colorada Oriente. Este programa fue llevado a cabo por la Secretaría de Gestión Integral del Agua, el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, con la colaboración de la Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio y con base en las estrategias de captación pluvial de la Organización Isla Urbana. El propósito del programa fue establecer un modelo de abastecimiento y uso de agua que promueva una relación sustentable con los ciclos y disponibilidades naturales del agua (Gobierno de Jalisco, 2020). Añadido a esto, el programa asegura que la calidad del agua obtenida es suficiente como para realizar actividades domésticas, tales como el lavado de ropa, trastes, aseo personal, entre otras necesidades del hogar. (Gobierno del Estado de Jalisco, 2020b)

Vinculación con la planeación sectorial y nacional

Este programa se logra alinear directamente con las garantías del Plan Nacional de Desarrollo, donde se promueve el desarrollo sostenible, por medio de la conservación y el abasto de agua para cubrir necesidades de la población. (Presidencia de la República, 2019)

De la misma manera existe una vinculación estrecha con el Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo de Jalisco, donde se mencionan en sus Proyectos Estratégicos Relacionados a los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, los cuales coadyuvaron a los resultados específicos siguientes: (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022)

- “Habrà mantenimiento preventivo oportuno y renovación de la infraestructura hidráulica existente, que incorpora la modernización tecnológica y las ampliaciones necesarias.” (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022) Esto ligado directamente al ODS 6 donde se garantiza la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- “Responsabilidad ambiental de todas las partes que utilizamos el agua y sistemas de tratamiento operados adecuadamente con el mínimo impacto ecológico.” (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022)

- “Acceso equitativo al agua, con base en una normatividad adecuada, campañas de cultura del agua, e infraestructura hídrica necesaria que disminuya los riesgos de los factores naturales y geográficos.” (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022)
- “Política climática integrada con alianzas estratégicas e instrumentos económicos y arreglos sociales consolidados para garantizar la justicia y transparencia climática, a fin de ser un referente nacional e internacional en la materia.” (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022)

Población y mecanismos de atención

Durante el proceso de revisión, se observó la existencia de un patrón de uso del agua en las viviendas marginadas, el cual se mantuvo de manera consecutiva a lo largo de la temporada de estiaje. Mediante el servicio gratuito de pipas proporcionado por el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), se recopiló información detallada sobre la utilización del agua en estas viviendas. El análisis de este patrón permitió comprender la frecuencia y cantidad de agua utilizada, así como también destacó la falta de un sistema de almacenamiento adecuado en dichas viviendas. Cabe mencionar que, debido a la naturaleza de la intervención, esta información no se encuentra disponible públicamente ni se difunde a través de canales de transparencia. Sin embargo, este análisis interno ha proporcionado una visión más precisa de los patrones de uso del agua en las viviendas marginadas, lo cual puede ser de utilidad para futuras investigaciones y para desarrollar estrategias más efectivas en la gestión del recurso hídrico.

Otro mecanismo de atención para la población fue el uso de las cisternas comunitarias, un programa que constó en colocar 143 cisternas (ver figura 26) con capacidad de 10 mil litros, en diversos lugares estratégicos donde se reportó desabasto. La estrategia por seguir, además de proveer de pipas gratuitas, fue crear rutas de abasto de agua en aquellas colonias marginadas y aprovechar estas rutas para llenar estas cisternas comunitarias con agua.

Un año después, posterior a la crisis hídrica de 2021 se abandonó este proyecto junto con los tinacos y los vecinos declararon que esperan “no volver a usarlas” (De Leon Melendrez, 2022). Durante el año de funcionamiento, se destacó la identificación de enfoques para abordar la situación actual. Como resultado, se promovió la implementación de los "Nidos de lluvia" en su fase inicial, como una medida específica para mejorar la situación existente. Esto fue posible al tener en cuenta las necesidades y experiencias particulares relacionadas con el acceso y uso del agua, lo que contribuyó a generar propuestas más inclusivas y equitativas.

3.2 Identificación de particularidades

3.2.1 Eje técnico-económico

Variables

1. Localizar la atención posterior con la que cuentan los usuarios

Los hallazgos obtenidos respecto a la atención posterior con la que cuentan los usuarios del programa piloto nido de lluvia son los siguientes:

1. Los usuarios reciben manuales detallados para el uso y mantenimiento de los sistemas de captación pluvial, lo que indica que el estado se preocupa por brindar información clara y útil a los usuarios para garantizar un adecuado funcionamiento de los sistemas.
2. Los manuales detallan claramente cualquier problema que pudiera surgir en relación con el uso y mantenimiento de los sistemas de captación pluvial, lo que sugiere que el estado está comprometido en garantizar que los usuarios tengan las herramientas necesarias para hacer frente a cualquier situación.
3. Se provee de una línea de atención telefónica a través de números provistos por el organismo implementador, lo que sugiere que los usuarios tienen un canal directo de comunicación con el estado para resolver cualquier problema relacionado con los sistemas de captación pluvial.
4. Los técnicos instaladores hacen una visita única a prueba de fallas para garantizar que el sistema funcione correctamente y para brindar una capacitación básica a los usuarios sobre el uso y mantenimiento de los sistemas de captación pluvial. Esto indica que el estado se preocupa por garantizar que los sistemas se instalen correctamente y que los usuarios tengan la información necesaria para cuidarlos adecuadamente.

a. Cuestionarios

Por medio de cuestionarios en línea los cuales fueron dirigidos a los vecinos de las colonias beneficiadas a través de su grupo oficial en Facebook, se reportó que les fueron otorgados manuales para el uso y mantenimiento de los sistemas proporcionados (nidos de lluvia y filtros de agua potable), en los cuales se explican los posibles problemas y la solución a los mismos.

b. Entrevistas

Se realizó una entrevista con el académico certificado por Isla Urbana (organismo implementador de estos sistemas de captación), el Mtro. Vanegas.

El cual menciona que, en relación con el seguimiento posterior a la instalación, se proporcionó una línea de atención telefónica para usuarios donde se da solución a la problemática que puedan presentar los sistemas.

La función de los técnicos instaladores es hacer una visita única a prueba de fallas para que dependa solamente del usuario su cuidado.

2. Analizar la calidad del agua/ ¿quién está analizando el agua de lluvia?; ¿quién revisa la salud de las cuencas atmosféricas?

a. Revisión documental

Se revisó la base de datos históricos acerca de la calidad del aire anual en la estación meteorológica de Atemajac, siendo la que se encuentra más cercana al área de implementación y estudio. Sin tener un análisis sobre el efecto químico de las cantidades reportadas, se puede afirmar que se encuentran en los parámetros seguros del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire. En lo que respecta a la calidad del agua esta se relaciona directamente con los puntos IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire) que reporta la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, los datos reportados en los meses de temporal de lluvias del año 2021 respecto a los contaminantes atmosféricos son los siguientes:

Ozono

Durante los meses de junio a agosto, se registraron niveles de ozono en el aire que variaron entre 0.00 ppm como mínimo en junio y 0.106 ppm como máximo en agosto. Durante este período, se observaron 142 días en los que los niveles de ozono excedieron los límites establecidos, lo que resulta en un promedio de 0.053 ppm durante la temporada de lluvias. Estos niveles se consideran buenos según el índice IMECA, ya que se mantienen por debajo del límite máximo permitido de 0.055 ppm.

El ozono no afecta directamente la calidad del agua de lluvia, pero puede tener efectos indirectos al alterar las condiciones atmosféricas que influyen en la precipitación. Los altos niveles de ozono pueden generar un clima más cálido y seco, lo que podría reducir la cantidad de lluvia en un área. Además, el ozono puede influir en la formación de nubes y en el tamaño de las gotas de lluvia, lo que podría afectar la intensidad y duración de las precipitaciones. En resumen, aunque el ozono no tiene un impacto directo en la calidad del agua de lluvia, sus efectos indirectos pueden influir en las características y cantidad de la lluvia colectada.

Dióxido de Nitrógeno

Las cantidades contabilizadas de dióxido de nitrógeno se reportan con una mínima de 0.00 ppm en agosto y una máxima de 0.044 ppm en julio.

Debido al mantenimiento dado a la estación en septiembre no se capturaron mediciones en ese periodo, y su promedio fue calculado con las mediciones de los tres meses previos (junio, julio y agosto), dando la cantidad de 0.022 ppm de dióxido de nitrógeno, y colocándolo en la categoría IMECA buena por su índice menor a 0.105 ppm

El dióxido de nitrógeno es uno de los componentes principales de la lluvia ácida, lo cual es un factor contaminante del agua de lluvia. La lluvia ácida se forma cuando el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), incluido el NO₂, se combinan con la humedad de la atmósfera para formar ácido sulfúrico y ácido nítrico. Estos ácidos pueden luego caer al suelo en forma de lluvia ácida, lo que puede dañar las plantas, dañar la vida acuática y erosionar edificios y monumentos.

También puede afectar indirectamente a la lluvia al contribuir a la formación de ozono en la atmósfera inferior. Como mencioné anteriormente, el ozono puede reducir la cantidad de lluvia en un área al alterar las condiciones atmosféricas que influyen en la precipitación. El NO₂ es un precursor del ozono, lo que significa que reacciona con otros contaminantes en presencia de la luz solar para formar ozono. Cuando hay altos niveles de NO₂ en la atmósfera, pueden contribuir a la formación de ozono y conducir a un clima más seco.

La formación de nubes y el tamaño de las gotas de lluvia se pueden ver afectadas por el NO₂, ya que este compuesto reacciona con otros contaminantes en la atmósfera para formar partículas conocidas como aerosoles. Estos aerosoles pueden actuar como núcleos de condensación de nubes, lo que significa que proporcionan una superficie para que el vapor del agua se condense y se formen las nubes. El tamaño y la distribución de estos aerosoles pueden afectar el tamaño de las gotas de las nubes, lo que a su vez repercute en el tamaño y la intensidad de las gotas de lluvia que caen a la superficie.

Dióxido de azufre

Las cantidades de dióxido de azufre tuvieron una cifra mínima de 0.00 ppm en septiembre, y dentro del mismo mes una máxima de 0.0027 ppm, se obtuvo la cantidad de 0.00135 ppm de dióxido de azufre, colocándolo en la categoría IMECA buena por su índice menor a 0.065 ppm.

La emisión a la atmósfera por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, puede reaccionar con otros químicos en el aire para formar ácido sulfúrico (H₂SO₄). El ácido sulfúrico puede caer al suelo en forma de lluvia ácida, lo que puede tener efectos nocivos en el medio ambiente, incluidos el suelo, las plantas, la vida acuática y los edificios.

La lluvia ácida puede provocar la acidificación del suelo, lo que puede dificultar que las plantas absorban los nutrientes y causar daños a las raíces. También puede acidificar lagos y ríos, lo que puede dañar la vida acuática, en particular los peces y los anfibios. Además, la lluvia ácida puede corroer los materiales de construcción y los monumentos, provocando daños y deterioro con el tiempo.

El dióxido de azufre afecta la lluvia indirectamente al alterar las condiciones atmosféricas que influyen en la precipitación. Por ejemplo, el dióxido de azufre reacciona con otros contaminantes en la atmósfera formando partículas conocidas como los ya mencionados aerosoles.

Monóxido de carbono

Las cantidades de monóxido de carbono tuvieron una cifra mínima de 0.00 ppm en septiembre, y una máxima de 3.1 ppm en julio, obteniendo la cantidad de 1.55 ppm de monóxido de carbono, así logrando una posición en la categoría IMECA buena por su índice menor a 5.50 ppm.

El monóxido de carbono se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles, la quema de biomasa y otras fuentes. Es un importante contaminante del aire que puede tener efectos nocivos para la salud humana, particularmente en el sistema cardiovascular, porque reduce la cantidad de oxígeno que puede transportar la sangre. El monóxido de carbono afecta directamente la formación de lluvia o la química de la atmósfera, pero puede afectar indirectamente los patrones de lluvia al contribuir al calentamiento global. El monóxido de carbono es un gas de efecto invernadero, lo que significa que atrapa calor en la atmósfera y contribuye al calentamiento del planeta.

A medida que aumenta la temperatura global, puede provocar cambios en los patrones de precipitación, como lluvias más frecuentes e intensas en algunas áreas y sequías en otras. Esto tiene impactos significativos en los ecosistemas, la agricultura y las poblaciones humanas.

3. Identificar su esquema financiero

a. Cuestionarios

En los cuestionarios realizados por vía electrónica se reportó que los sistemas de captación pluvial, es decir los “nidos de lluvia” fueron otorgados de manera totalmente gratuita por parte del gobierno del estado, cumpliendo con los requisitos solicitados, que incluían presentar el recibo de pago SIAPA, y su clave única de registro poblacional (CURP).

b. Entrevistas

En la entrevista realizada a la Coordinación de Gestión del territorio se menciona por parte del organismo implementador que la aportación económica del usuario en la primera y segunda etapa es nula. (OI01) La aportación económica del organismo implementador, al ser un programa gratuito, es plena. El costo unitario de un sistema de captación que incluye la mano de obra de su instalación y el equipo es de aproximadamente \$20,000 MXN, en la segunda etapa se cuenta con un filtro de agua, que tiene un costo aproximado de \$1,790 MXN, dando un total de \$21,790 MXN por cada vivienda beneficiada.

4. Determinar su nivel de captación, limpieza y utilización

a. Entrevistas

Captación

En las visitas de campo se realizaron las preguntas a los beneficiarios:

¿Qué se tomó en cuenta en la visita del técnico a su vivienda para ser considerada viable para su instalación?

Mencionan que el tamaño de la azotea fue un factor determinante para considerar instalar el sistema, debiendo tener una superficie mínima de 15 m² de área de captación. Este dato respaldado por los requerimientos que indica Isla urbana (Isla Urbana, 2021)

Al ser instalado el tinaco receptor del agua de lluvia con una capacidad de 2,500 litros de almacenamiento se retiran los tambos previamente utilizados en la vivienda para acondicionar el espacio; el sistema tiene una bomba para retirar el agua captada o canalizarla hacia otro tinaco o lugar de almacenamiento, donde en algunas viviendas se utilizan los tambos para contar con reserva hídrica. (H01)

Limpieza

Los técnicos indican que ellos dan las instrucciones a los beneficiarios respecto al vaciamiento del tlaloque (componente separador de primeras lluvias), la importancia de tener el techo limpio y sin basura, escombros, cacharros ni mascotas, siendo responsabilidad del usuario.

Utilización

En las visitas de campo se les preguntó acerca del comportamiento del uso rutinario del agua.

Una situación que ocurre en todas las viviendas es la reutilización del agua de dos a tres veces antes de mandarla al drenaje (H03), esto es que el agua que se utiliza para lavar la ropa se aprovecha posteriormente para trapear la vivienda y en su último ciclo se aprovecha para utilizarla en el escusado.

Los usuarios al tener una cultura del uso del agua por etapas, les cuesta mucho trabajo realizar la acción de tirar el agua de tlaloque al desperdicio y por ende han ideado maneras de utilizar esta misma agua, siendo el uso de esta agua con residuos orgánicos destinada al riego de plantas y jardines. Lo que indica que el diseño de la salida del tlaloque puede mejorarse implementando un dren más amigable para el usuario.

Mencionan los usuarios que al tlaloque le han adaptado un codo de PVC en su desagüe para llenar cubetas con el agua y utilizarla para trapear.

5. Describir el beneficio económico que brinda a los beneficiarios

a. Cuestionarios

Mediante la pregunta en los cuestionarios digitales; ¿De dónde conseguían agua, previo a la instalación de su “Nido de lluvia” ?, la respuesta de los habitantes de las colonias beneficiadas es que era a través del servicio de pipas de agua privadas que ellos pagaban de su bolsillo los días en que no recibían agua de la red del SIAPA (H01).

Actualmente se tiene en consideración al sistema como una medida de emergencia en casos en que el agua de la red no llega a su domicilio. Esto es considerado como resiliencia del hogar y del servicio, se medirá comparando el agua total captada, y la cantidad aprovechada para que en tiempo de estiaje verificar si el “Nido de lluvia” provee la suficiente agua anualmente.

Existe una intermitencia del servicio de la red del SIAPA, indican los beneficiarios que el tener este sistema les da la seguridad de contar con abasto de agua, y no les perjudica el no tener servicio de la red municipal.

6. Demostrar el alivio en la red municipal por la cosecha de lluvia y su consecuencia directa en tiempos de sequía

a. Revisión documental

El Gobierno de Jalisco reporta que durante la implementación en el año 2021 se captaron 16 millones de litros de agua de lluvia, y en la segunda etapa de 2022 se captaron 160 millones de litros.

En el informe de actividades y resultados de SIAPA del 2020 se reportó un volumen acumulado de 323'829,167 metros cúbicos. (SIAPA, 2020a) lo cual tomando los 16 millones de litros captados por los sistemas equivale a un alivio de 0.005% (323'829,167 metros cúbicos = 100% 16,000 metros cúbicos = 0.005%) en 2020, considerando que el 2021 tuvo un comportamiento atípico en la provisión del recurso.

Obteniendo este alivio para 2021 para la presente evaluación, posteriormente teniendo que los datos de 2022 reportan 160 millones de litros captados y continuando con la referencia de 2020 (323'829,167 metros cúbicos = 100% 160,000 metros cúbicos = 0.05%), se demuestra que el alivio al suministro anual fue del 0.05%, siendo esta una cantidad preliminar la cual confirma que conforme se desarrolle el programa a largo plazo incrementará su impacto.

Respecto a lo que informa SIAPA en su Evolución Del Padrón Por Tipo De Usuario del Informe de Actividades y Resultados en 2020 tomando en cuenta el número de 1'067,547 de usuarios domésticos y la provisión de 10.24 m³ por segundo, se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{10.24 \text{ m}^3\text{s}}{1'067,547 \text{ viviendas}} = 0.00000959208 \text{ m}^3\text{s por vivienda}$$

Retomando la cantidad de 9,676 viviendas ubicadas en las mesas, al multiplicarlo por los 0.000009592m³s obtenidos por vivienda, se obtiene que se debieron haber suministrado 92.81 litros por segundo en las 9,676 viviendas lo que es igual a 2'926,856 metros cúbicos anuales suministrados en las cuatro colonias de las mesas (Mesa Colorada Oriente, Mesa Colorada Poniente, Mesa de los Ocotes y Villas de Guadalupe). Retomando los 16,000 metros cúbicos captados en 2021, esto representaría un alivio de 0.54% en las colonias beneficiadas.

b. Observación directa

La afirmación de que todos los beneficiarios almacenaron los 2500 litros de agua captados durante la temporada de lluvias se basa en la información recopilada de los usuarios entrevistados en la primera etapa. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta información se limita a un grupo específico de beneficiarios y puede no reflejar el comportamiento de todos los usuarios del sistema. Específicamente, de los 50 usuarios entrevistados, solo siete mencionaron haber vaciado completamente el sistema, mientras que 13 indicaron que utilizaban el agua conforme se llenaba. Además, 30 usuarios manifestaron haber mantenido el sistema lleno como una reserva de agua. Algunos de estos beneficiarios pueden haber llenado el sistema solo una vez, mientras que otros pueden haberlo llenado en varias ocasiones a lo largo de la temporada de lluvias.

Además, si consideramos que se instalaron 600 sistemas de 2500 litros cada uno, se estima que se almacenaron alrededor de 1'500,000 litros de agua. No obstante, es fundamental tener en cuenta que esta cifra no refleja necesariamente la cantidad total captada, ya que los beneficiarios pueden haber tenido diferentes enfoques en el uso del sistema. Basándonos en la información recopilada de los usuarios, identificamos que algunos llenaron el sistema una vez, mientras que otros lo llenaron en varias ocasiones, y un grupo lo mantuvo lleno como reserva.

Independientemente, los datos reportan una captación de 16,000,000 de litros en esta etapa, lo que indica una cantidad más de diez veces mayor a la almacenada. Esta discrepancia plantea cuestiones sobre la precisión de la información proporcionada por los beneficiarios y los procesos de medición empleados. Asimismo, es relevante notar que los sistemas se llenan en aproximadamente 21 días de precipitación (donde si se tienen 943 mm en Zapopan/ 120 días de precipitación efectiva equivale a 7.858333 litros diarios por metro cuadrado, considerando los 15 metros cuadrados que cuentan las viviendas para captación entonces se tienen 117.875 litros diarios, divididos entre los 2,500 litros que tiene la cisterna provista, equivale a 21.208907 días de lluvia efectiva para ser llenado) ($120 \text{ días de temporal} / 21 \text{ días para tanque lleno} = 5.7 \text{ ó } 6 \text{ ciclos} * 2,500 \text{ litros} = 15,000 \text{ litros captados por vivienda en temporal completo}$) lo que sugiere que la acumulación de 16,000,000 de litros en un período relativamente corto podría plantear interrogantes sobre la eficiencia y la capacidad de almacenamiento de los sistemas, o la veracidad de los datos brindados por el Estado.

Con base en la información brindada por los usuarios, se pueden realizar estimaciones más detalladas sobre el uso y la eficiencia de los sistemas de captación de agua pluvial. Esta disparidad entre la cantidad captada y la cantidad almacenada podría indicar la necesidad de un entrenamiento más efectivo en el uso de los sistemas por parte de los beneficiarios, lo cual será analizado más a fondo en la conclusión general del estudio

Establecer sus componentes y necesidades de mantenimiento

c. Cuestionarios

La investigación reveló un dato significativo en cuanto a la disposición de los usuarios para invertir en el mantenimiento de los sistemas de captación de agua pluvial. De acuerdo con las respuestas proporcionadas en los cuestionarios, la mayoría de los usuarios expresaron que no están dispuestos a gastar más de \$200 MXN en el mantenimiento de estos sistemas, ya que tienen una expectativa de que el sistema sea autosuficiente y requiera una inversión mínima. Incluso en casos de averías que podrían requerir reparaciones, como problemas con la bomba o el flotador, la disposición para gastos adicionales varió en un rango que oscila entre \$80 y \$500 MXN.

Se concluye que, en general, existe una limitada disposición de los usuarios para invertir en el mantenimiento de los sistemas de captación de agua pluvial, a menos que se trate de reparaciones menores, la mayoría de los beneficiarios no están dispuestos a realizar gastos significativos para el mantenimiento de los sistemas, contando con esta información se logra comprender la perspectiva económica y las expectativas de los usuarios en relación con estos sistemas y como esta puede tener implicaciones en términos de sostenibilidad y gestión a largo plazo de los sistemas de captación de agua pluvial.

d. Entrevistas

En cuanto al mantenimiento de los usuarios hacia el sistema se observa como la capacitación y sensibilización se enfoca en el sistema, su limpieza, cuidados y beneficios, en un acercamiento a los beneficiarios resalta el hecho de que la figura del hombre en la casa se interesa e interviene en el tema de la purga de la bomba. (H01)

Los techos en las viviendas beneficiadas al solicitarles a los usuarios su buen estado de limpieza para calificar en la obtención de estos sistemas promueven un buen mantenimiento general de la casa, aunque en varias casas beneficiadas al tener proyectos modulares de su vivienda se tuvieron que trasladar varios materiales y herramientas de construcción ubicadas en el techo, para ser reubicadas en la fachada, deteriorando la imagen general de la colonia

7. Evaluar la resiliencia que tienen los hogares beneficiados

a. Revisión documental

La resiliencia hídrica en el hogar se refiere a la capacidad de una vivienda y sus habitantes para resistir y recuperarse de los impactos negativos del agua, tales como la temporada de estiaje y otros eventos extremos relacionados con el agua. Además, la resiliencia hídrica en el hogar también puede incluir prácticas sostenibles de gestión del agua, como la recolección y reutilización de agua de lluvia y la instalación de sistemas eficientes de riego y drenaje.

En el caso propuesto donde se tienen 92.81 litros por segundo en las 9,676 viviendas, se provee de aproximadamente 302,486 litros anuales por vivienda ($92.81 \times 31'536,000$ segundos en un año/ 9676 viviendas). Teniendo las 600 viviendas beneficiadas esto refleja 181'491,700 litros anuales, dejando entonces que el alivio generado por parte del sistema de captación pluvial representa un 8.81% del agua utilizada anualmente ($302,486$ litros anuales por vivienda* 600 viviendas= $181,491,600$ litros, $100/ 181,491,600 = 0.00000055098 \times 16'000,000$ litros captados= 8.81%)

Los habitantes en temporada de estiaje recibieron pipas de agua gratuitas y el recurso fue almacenado en tambos de 120-150 litros en aquellas casas que carecían de sistemas para almacenar. Una situación que entorpecía la logística del abastecimiento por pipas fue la capacidad de almacenamiento por parte de los usuarios, e incluso la falta de aljibe, cisterna o tinaco.

b. Cuestionarios

En lo que corresponde a su capacidad de almacenaje previo, el proceso de selección de beneficiarios depende mayormente de si han pagado el servicio de agua intermunicipal. Durante las visitas de campo, se ha constatado que los usuarios almacenan su agua en ollas, tinas y tambos, careciendo en su mayoría de otros métodos de almacenamiento. Solo en dos casos se ha observado la presencia de aljibes. Es importante mencionar que aquellos beneficiarios que ya contaban con cisternas u otro sistema de almacenamiento previo han logrado duplicar su capacidad de almacenaje actual. Esto implica que poseen ahora un doble aljibe o un tanque de emergencia, como se describió en las entrevistas.

En el cuestionario preliminar se recabó que la mayoría de las personas que viven en estas colonias obtienen su agua por medio de la red dentro de su vivienda, en predios de construcción más reciente esta red se encuentra fuera de la vivienda, pero dentro del terreno, en viviendas informales acuden directamente a una llave pública o hidrante, y una minoría lo adquiere desde un pozo.

c. Entrevistas

Reportan los beneficiarios de la segunda etapa que la cantidad de agua captada en dos días de lluvia se llena aproximadamente 250 litros la cual es usada principalmente para labores de limpieza general del hogar, siendo que la cultura de utilización del agua en estas colonias periféricas comprende tres ciclos de lavado; lavado de ropa, pisos, trastes y escusados.

Se menciona por parte de los vecinos beneficiados y los no beneficiados, que, en tiempos de estiaje, previo a su implementación, se recurría a las cisternas comunitarias y al no estar disponibles solicitaban una pipa de empresas privadas, la cual se compartían dividiendo el costo de \$800 a \$1400 MXN por pipa de 10 mil litros entre tres a cuatro vecinos (\$200 a \$400 MXN por vecino) para proveer a su vivienda de agua.

Si en 2 días de captación se ahorran 250 litros, entonces, en 1 día de captación se ahorran 125 litros. Calculando el ahorro en 120 días: con un ahorro diario de 125 litros/día

Ahorro en 120 días: $125 \text{ litros/día} \times 120 \text{ días} = 15,000 \text{ litros}$

Ahora que tenemos el ahorro en litros (15,000 litros), podemos calcular el ahorro económico considerando que en una pipa por \$1,400 consiguen 10,000 litros:

Ahorro económico = $(15,000 \text{ litros} / 10,000 \text{ litros/pipa}) * \$1,400/\text{pipa} = \$2,100$

Por lo tanto, el ahorro económico aproximado en 120 días de captación entraría en un rango de \$1,200 a \$2,100 MXN.

3.2.2 Eje sociocultural

Variables

1. Beneficios directos hacia las familias

a. Entrevistas

Los beneficiarios han optado por almacenar los litros captados de agua de lluvia, lo que demuestra una actitud positiva hacia el programa y su utilidad en la recolección y almacenamiento de agua. Sin embargo, es válido señalar que esta práctica no garantiza una captación total de toda el agua del temporal. De las 50 entrevistas realizadas, se observó que 7 beneficiarios tenían sus sistemas vacíos, 13 estaban utilizando el agua a medida que se llenaba el sistema y 30 lo tenían como un tanque de emergencia por si se agotaba el suministro de agua. Estas variaciones en el uso sugieren que existen diversas razones que explican esta situación, como limitaciones en la capacidad de almacenamiento o decisiones individuales de los usuarios.

Es importante destacar que esta investigación se enfoca específicamente en la evaluación de la primera etapa del programa. Sin embargo, es relevante mencionar los comentarios recibidos por parte de los beneficiarios de la segunda etapa. Uno de los puntos destacados por estos beneficiarios es la confianza unánime con la que adoptan el filtro de agua. Es importante señalar que, en esta etapa, los usuarios no tienen un control directo sobre la potabilidad del agua y dependen de la calidad con la que cuidan su agua captada, incluso llegando a utilizar agua proveniente de la red y beberla a través del mismo filtro. Estos comentarios proporcionan una perspectiva valiosa sobre la experiencia de los beneficiarios en la segunda etapa, aunque no se encuentren dentro del alcance de la presente evaluación.

Determinar comportamiento social antes y después de su instalación

b. Cuestionarios

Por medio de un cuestionario electrónico compartido a través de las páginas oficiales de vecinos en Facebook de cuatro grupos; Grupo de Vecinos Mesa Colorada Poniente, Vecinos Mesa Colorada Oriente, Vecinos Mesa de los ocotes y Villa de Guadalupe; se realiza una encuesta en línea utilizando la plataforma de *Google Forms*, aplicada por un lapso de dos meses, donde se logra recabar los siguientes datos.

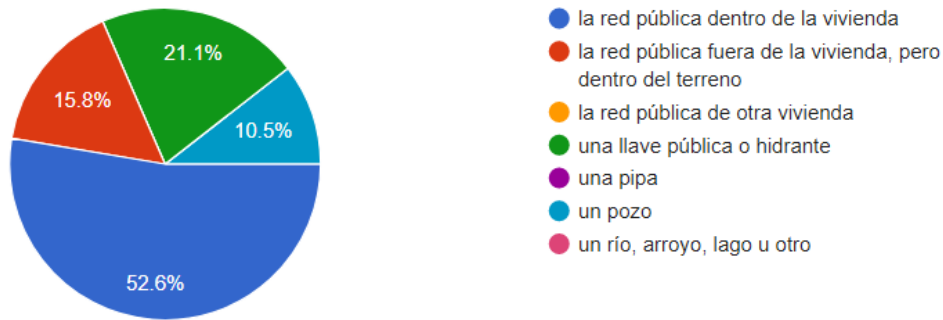


Figura 31 Cuestionario Impacto Nido de Lluvia 2022 (Elaboración Propia)

c. Observación directa

En las visitas de campo se realizó la pregunta a vecinos de las colonias beneficiadas; ¿cómo sobrevivió sin agua durante el tiempo de escasez?

La respuesta se interpretó como un comportamiento ante sequías, previo a la instalación de este sistema, diferente en varias partes de las colonias, empezando desde febrero 2021, varias personas no contaban con agua y continuaron así hasta finales de junio, dependiendo del uso de servicio de pipas gratuitas, privadas e incluso de una cubeta de agua por parte de los vecinos que si tenían cisterna, aljibe o cualquier método de almacenamiento de más de 1,000 litros.

El comportamiento ante sequías posterior a la instalación de los sistemas de captación pluvial brindó una tranquilidad sustancial a las personas, al tener la seguridad de una reserva hídrica en su hogar, sin embargo, por el antecedente de las intermitencias en el servicio de abastecimiento de agua por parte del SIAPA y lo impredecible de estas, remitió a los usuarios a experimentar una urgencia por acaparar agua debido a la experiencia vivida con la sequía del año 2021.

El comportamiento antes y después del sistema hace que permanezca la cultura de reutilización del agua hasta tres veces en la vivienda, lavando la ropa, trapeando la casa y por último descargando el inodoro. No se hace desperdicio del agua captada.

Según los datos recopilados de las 50 viviendas entrevistadas en el estudio, se identificó que más del 50% de ellas optaron por almacenar el agua captada por el "Nido de lluvia" por más de un año. Esta decisión se debió al temor que surgía durante la situación de sequía en 2021. Estos beneficiarios utilizaron el sistema como un aljibe de emergencia y aplicaron cloro al agua cada 15 días para mantener su potabilidad. Esta práctica se presenta en un número significativo de viviendas, aunque no es una práctica generalizada entre todos los beneficiarios.

3.2.3 Eje físico-territorial

Variables

1. Establecer los factores climatológicos que se consideraron para la instalación en viviendas

a. Observación directa

Los factores climatológicos al implementar el sistema de captación pluvial que fueron considerados son aquellos que refieren únicamente al promedio de precipitación anual de 943 mm (Instituto de Información Estadística y Geográfica, 2021), independientemente de cómo puedan afectar significativamente su desempeño y sostenibilidad. Ignorar los factores climatológicos puede resultar en un suministro de agua insuficiente o daños en el sistema de captación, lo que puede generar costos adicionales e impactos negativos en el medio ambiente y la comunidad.

Sin embargo, en este estudio de caso, se encuentra que el enfoque está principalmente en los factores socioeconómicos del hogar, como sus recursos financieros, hábitos de uso del agua y acceso al agua. Este enfoque puede ser problemático, al no tener en cuenta el clima local y las condiciones ambientales que pueden afectar la disponibilidad y calidad del agua. Por ejemplo, implementar un sistema de captación de agua en un área con poca lluvia o altas tasas de evaporación puede no ser efectivo o sostenible, y sobre todo si el hogar no cuenta con los recursos financieros para instalar el sistema.

2. Establecer los factores técnico-constructivos que se consideraron para la instalación en viviendas

a. Revisión documental

Los requisitos que solicitó el Estado para poder implementar el sistema en las viviendas que lo necesitaban para calificar podían ser desde láminas hasta losa de concreto o viguetas con bovedilla, una vez contando con estos, en planta baja se solicitó la adaptación o construcción de una superficie plana y nivelada en el sitio a instalarse el tinaco de 2,500 litros y que la azotea estuviera limpia y libre de escombros y cacharros.

3. Describir los factores considerados para la definición de un hogar objetivo

a. Revisión documental

Según la página oficial del programa los requisitos para poder contar con un sistema de captación pluvial son:

- Vivir dentro de los polígonos participantes
- Acudir a la junta comunitaria de la colonia con identificación oficial y recibo de SIAPA.
- Contar con 15 m² mínimos de área de captación
- Posterior a la visita técnica para determinar si su instalación es viable en planta baja se solicita la adaptación o construcción de una superficie plana y nivelada en el sitio a instalarse el tinaco y en la azotea que esté limpia y libre de escombros.

4. Localizar impactos/ beneficios a la ciudad

a. Revisión Documental

Remitiendo a tomar el dato anterior del 0.5% de alivio en la red este puede significar varios impactos y beneficios significativos para una ciudad, tales como:

- Conservación del agua: la implementación de sistemas de captación de agua puede ayudar a reducir la dependencia de la ciudad de fuentes externas de agua, como ríos o aguas subterráneas. Esto puede ayudar a conservar los recursos hídricos y reducir el riesgo de escasez de agua durante períodos de sequía o aumento de la demanda.
- Ahorro de costos: al confiar en el agua de lluvia recolectada u otras fuentes de agua recolectada, los hogares y las empresas pueden ahorrar dinero en sus facturas de agua, reduciendo la demanda general de suministros de agua municipales. Esto puede ayudar a aliviar la carga sobre la infraestructura de suministro y tratamiento de agua, reduciendo la necesidad de actualizaciones o expansiones costosas.
- Beneficios ambientales: recolectar y usar agua de lluvia puede ayudar a reducir la escorrentía de aguas pluviales, que puede transportar contaminantes y sedimentos a las vías fluviales cercanas. Esto puede ayudar a mejorar la calidad del agua en ríos, lagos y otros cuerpos de agua en la ciudad y sus alrededores, beneficiando el medio ambiente y la vida silvestre locales.

- Mayor resiliencia: Los sistemas de captación de agua pueden ayudar a aumentar la resiliencia del suministro de agua de la ciudad, particularmente durante períodos de sequía u otras interrupciones del suministro de agua. Al diversificar las fuentes de agua disponibles para la ciudad, el sistema puede ayudar a garantizar que la comunidad tenga acceso a un suministro de agua confiable y sostenible. (de Sá Silva, Perella, Bimbato, & Nogueira, 2021)

En general, incluso un pequeño porcentaje de la cobertura del sistema de captación de agua puede tener un impacto positivo en la ciudad, tanto en términos de su suministro de agua como del medio ambiente. Por lo tanto, es importante continuar promoviendo e implementando estos sistemas para beneficiar a las comunidades y al medio ambiente de manera sostenible.

5. Localizar áreas con riesgo de inundación e identificar su comportamiento *ex-ante* y *ex-post*

a. Revisión documental

En cuanto al tema de polígonos de riesgo e inundaciones recurrentes, el polígono noreste de Zapopan se ubica en una zona donde las microcuencas de su hidrología lo colocan como un polígono de alto riesgo, y la captación pluvial tendría que ser difundida y practicada por toda la colonia para lograr algún cambio significativo en los encharcamientos y avenidas de tormenta que se generan.

Con la revisión y estudio del Sistema de Información y Gestión Metropolitana del Área Metropolitana de Guadalajara se recabó la información de subsistemas de gestión de riesgo y resiliencia, donde uno de sus instrumentos refiere al Mapa Único de Inundaciones que cuenta con la capa de mapa de eventos históricos de inundaciones, y emergencias atendidas en temporal de lluvias.

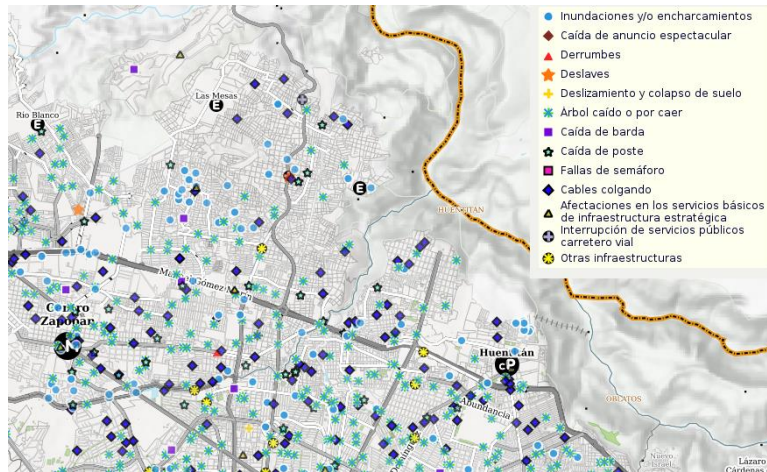


Figura 32 Emergencias atendidas en temporal de lluvias 2020-2021. (SIGMetro 2022)

Se identifica, por medio del plan parcial, la infraestructura distrital y sus polígonos de desarrollo, al igual que las divisiones naturales de las cuencas y microcuencas en la zona.

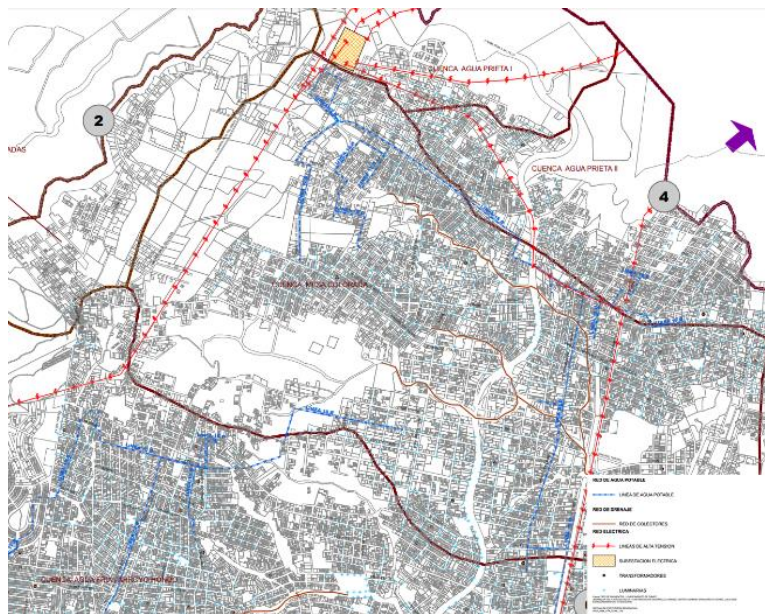


Figura 33 Infraestructura distrito arroyo hondo. (Plan Parcial Zapopan 2022)

Como punto de partida la infraestructura con la que cuenta Mesa Colorada Poniente y su correlación directa a considerarla dentro de los proyectos estratégicos del plan parcial como un polígono de desarrollo. Donde parte de esta consideración se identifica con base a sus redes de drenaje y colectores al igual que las líneas de agua potable.

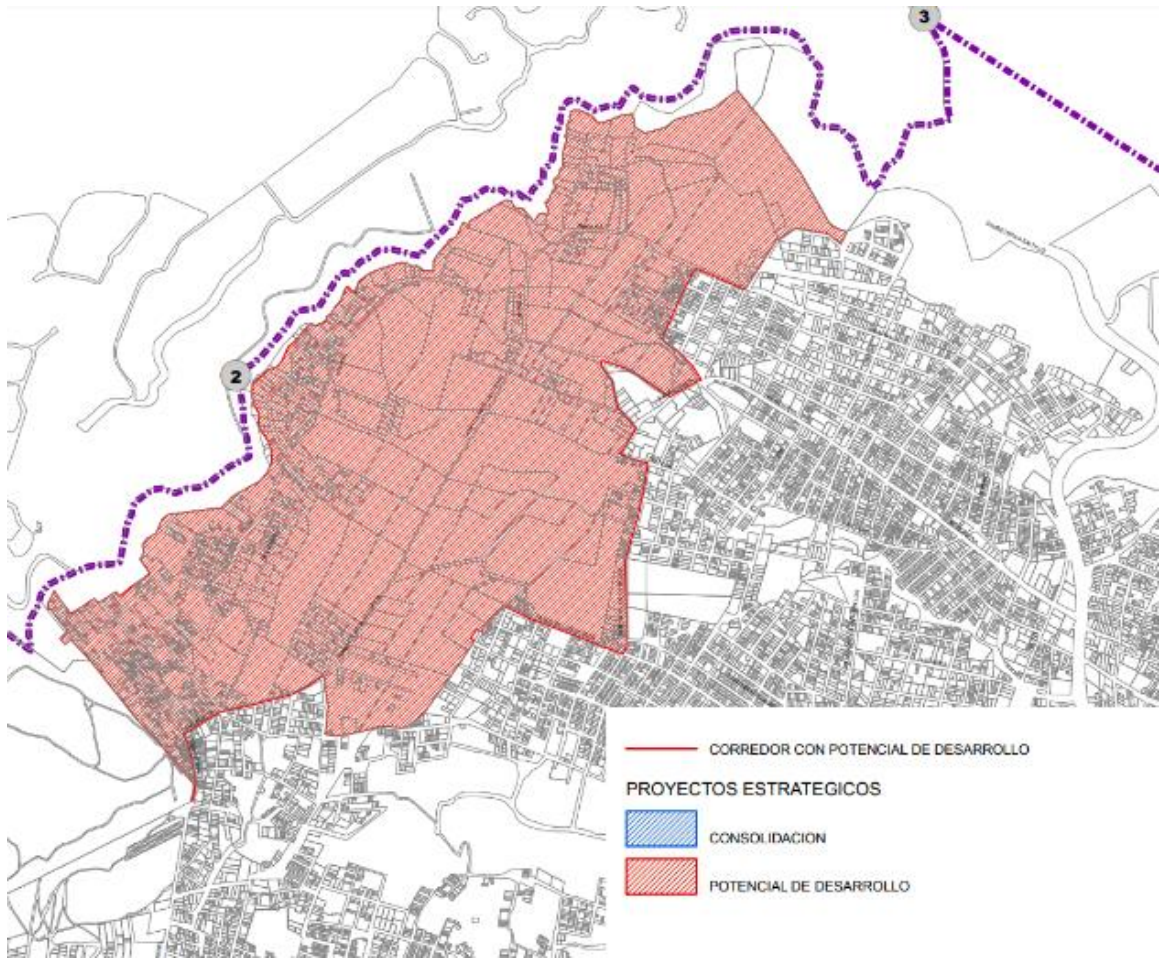


Figura 34 Poligonos con potencial de desarrollo. (Plan Parcial Zapopan 2022)

3.2.4 Eje jurídico normativo

Variables

1. Establecer marco normativo utilizado para su implementación a largo plazo

a. Revisión documental

Alineamiento con política pública en tres niveles de gobierno

Nivel Federal (Plan Nacional de Desarrollo)

La alineación de este programa dentro de las estrategias específicas del programa nacional de desarrollo:

- Desarrollo Alternativo. Crear, de la mano de las dependencias encargadas de la política económica y social, alternativas económicas sostenibles para los hogares y comunidades. (Presidencia de la República, 2019)

Nivel Estatal (Plan Estatal de Desarrollo)

A nivel estatal su coherencia con su plan de desarrollo lo colocaría como una intervención adecuada que garantice igualdad y facilidad en la obtención de este recurso: Incrementar y diversificar las fuentes de abastecimiento y captación de agua. (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022)

A través de las estrategias puntuales de:

- “Coadyuvar en el desarrollo territorial sustentable
- Fortalecer el desarrollo de capacidades locales para el manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.
- Impulsar sistemas de captación pluvial como estrategia de resiliencia” (Gobierno del Estado de Jalisco, 2022)

Nivel Municipal (Plan Municipal de Desarrollo)

Las funciones y servicios públicos que contempla el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza:

- Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.
- Aportaría a la mejora de abastecimiento de agua.

2. Localizar el origen del programa

a. Entrevistas

La Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio apoyando a la Secretaría de Gestión Integral del Agua y al Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, contacta a la Organización de Isla Urbana con la intención de garantizar la distribución de agua. Y es a través de esta organización donde se sensibiliza la cuestión de captación pluvial, y se presentan todas las condiciones para poder instalar estos sistemas en una zona donde realmente se necesitaba.

3. Localizar todo organismo involucrado con el proyecto

a. Entrevistas

- Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio
- Secretaría de Gestión Integral del Agua
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado
- Organización Isla Urbana

3.3 Evaluación de Hallazgos

Eje técnico-económico

Localizar la atención posterior con la que cuentan los usuarios

En conclusión, los usuarios de los sistemas de captación pluvial otorgados por el estado a colonias de escasos recursos cuentan con una atención posterior adecuada que incluye manuales detallados, una línea de atención telefónica y una visita única a prueba de fallas por parte de los técnicos instaladores. Esto sugiere que el estado se preocupa por garantizar que los usuarios tengan las herramientas necesarias para mantener y cuidar adecuadamente los sistemas de captación pluvial.

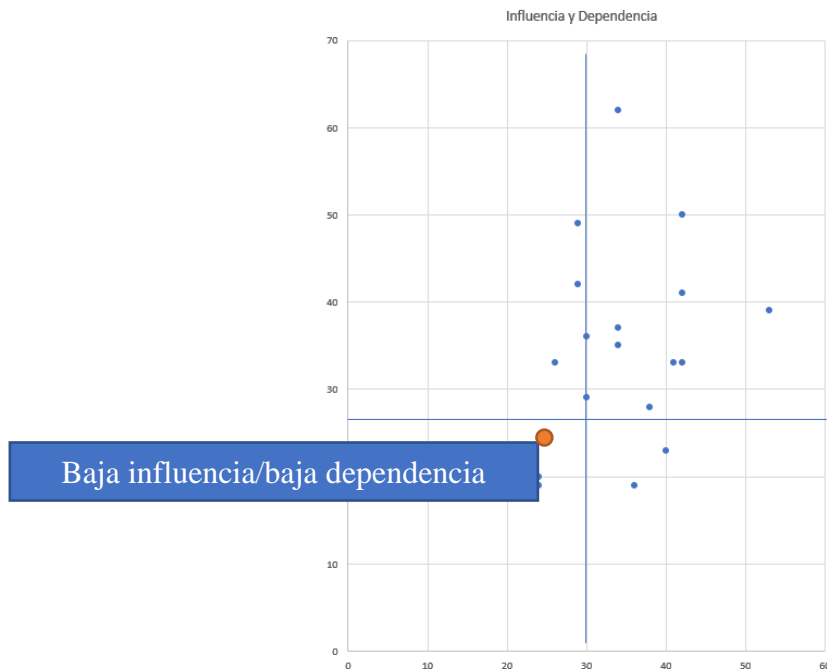


Figura 35 Análisis MIC MAC en variable de “localizar la atención posterior con la que cuentan los usuarios” (Elaboración propia)

El análisis del MIC-MAC (Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación) se basa en la identificación de la influencia y dependencia de las variables entre sí. Los resultados preliminares que indican una baja influencia y dependencia de los sistemas de captación de agua de lluvia en estas comunidades se obtuvieron a través de la matriz resultante del análisis MIC-MAC.

Estos resultados se respaldan con las entrevistas realizadas y los datos recopilados durante las visitas de campo. Durante las entrevistas, se obtuvo información directa de los usuarios sobre su experiencia y percepción de los sistemas, lo que permitió corroborar la falta de conocimiento para utilizarlos de manera efectiva. Las visitas de campo proporcionaron una visión más detallada de cómo los usuarios interactúan con los sistemas en la vida cotidiana y cómo se refleja su uso real. Los resultados preliminares del MIC-MAC sugieren una baja influencia y dependencia de los sistemas, y estos hallazgos se respaldan con información cualitativa obtenida a través de entrevistas y observaciones en las visitas de campo.



Figura 36 Manual de mantenimiento, colocado en tlaloque. Elaboración propia. 2022

Analizar la calidad del agua quién está analizando el agua de lluvia, salud de cuencas atmosféricas

Los datos presentados muestran que, en general, la calidad del agua en la estación de Atemajac es buena en cuanto a la presencia de ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. Sin embargo, después de revisar la información disponible sobre la calidad del agua y la salud de las cuencas atmosféricas en relación con los sistemas de captación de aguas pluviales, se puede afirmar que existe una relación directa entre ambas cuestiones.

En cuanto a la calidad del agua, se observa que los contaminantes criterio como el ozono y el dióxido de nitrógeno pueden afectar indirectamente la lluvia al alterar las condiciones atmosféricas que influyen en la precipitación. Por ejemplo, altos niveles de ozono pueden generar un clima más cálido y seco, lo que puede reducir la cantidad de lluvia en un área. Además, el dióxido de nitrógeno es uno de los componentes principales de la lluvia ácida, lo que puede afectar negativamente la calidad del agua captada.

En cuanto a los datos específicos de calidad del agua, se han realizado mediciones de ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en la estación de Atemajac. Estos datos respaldan la afirmación de que, en general, la calidad del agua en esta área es buena en relación con estos contaminantes. Sin embargo, se requiere un análisis más detallado de otros contaminantes y factores que puedan afectar la calidad del agua captada a través de los sistemas de captación de aguas pluviales. (Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, 2022)

Es importante considerar que los sistemas de captación de aguas pluviales pueden tener un impacto significativo en la calidad del agua y en la salud de las cuencas atmosféricas. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis detallado y crítico de los aspectos relacionados con la calidad del agua antes de implementar cualquier sistema de captación de aguas pluviales. Además, se deben considerar posibles soluciones o alternativas para minimizar el impacto negativo en el medio ambiente y en la salud pública. Se puede afirmar que la calidad del agua y la salud de las cuencas atmosféricas son temas cruciales para considerar al implementar sistemas de captación de aguas pluviales y se deben abordar cuidadosamente en cualquier investigación o proyecto relacionado con este tema.

Existe una relación directa entre la calidad del agua captada y la salud de las cuencas atmosféricas. Aunque los datos presentados muestran que la calidad del agua en la estación de Atemajac es buena en cuanto a la presencia de ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, se debe tener en cuenta que algunos contaminantes criterio como el ozono y el dióxido de nitrógeno pueden afectar indirectamente la lluvia al alterar las condiciones atmosféricas que influyen en la precipitación. Además, el dióxido de nitrógeno es un componente principal de la lluvia ácida, lo que puede afectar negativamente la calidad del agua captada. En conclusión, la calidad del agua y la salud de las cuencas atmosféricas son temas cruciales que deben abordarse cuidadosamente en cualquier proyecto relacionado con sistemas de captación de agua pluvial.

Identificar su esquema financiero

En relación con el esquema financiero de los sistemas de captación de aguas pluviales, es importante destacar que el programa Nido de Lluvia es financiado en su totalidad por el gobierno y, por lo tanto, no implica costos directos para los usuarios. Sin embargo, desde diferentes perspectivas, se pueden analizar aspectos clave relacionados con el financiamiento del programa.

Desde la perspectiva de los beneficiarios, se observa que los usuarios no tienen que aportar una cantidad económica para adquirir un sistema de captación de agua pluvial. Estos sistemas se otorgan de manera gratuita a los usuarios que cumplen con los requisitos establecidos. El único gasto económico que los beneficiarios deben considerar es la construcción de una superficie plana para la instalación del sistema y la presentación de documentos oficiales, como el recibo del Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado y la clave única de registro poblacional. Este enfoque busca fomentar la implementación de los sistemas de captación de agua pluvial en la población y reducir la dependencia del suministro de agua potable proveniente de fuentes externas.

Por otro lado, desde la perspectiva del organismo implementador, se ha calculado un costo aproximado de \$20,000 MXN por cada sistema de captación de agua pluvial, incluyendo la mano de obra. En la segunda etapa del programa, que incluye la instalación de un filtro de agua, se ha estimado un costo adicional de \$1,790 MXN por sistema, lo que da un total de \$21,790 MXN. Este análisis busca identificar el costo real del programa para el organismo implementador y asegurar que se asignen los recursos necesarios para su implementación y mantenimiento a lo largo del tiempo, esto es si fuera a continuar replicándose en el futuro. Aunque el gobierno es el único financiador del programa Nido de Lluvia y los beneficiarios no incurren en costos directos, se han analizado diferentes aspectos del esquema financiero desde las perspectivas de los usuarios y del organismo implementador para comprender mejor su dinámica y garantizar su viabilidad a largo plazo.

Determinar su nivel de captación, limpieza y utilización

La captación, la limpieza y la utilización del agua son aspectos clave a considerar en la implementación de sistemas de captación de aguas pluviales en viviendas. Es importante tener en cuenta el tamaño de la superficie de captación y contar con un sistema de almacenamiento y bombeo adecuado para garantizar la eficiencia del sistema. La limpieza periódica es crucial para mantener la calidad del agua captada. Por último, la reutilización del agua y la adopción de una cultura del uso del agua por etapas son estrategias importantes para aprovechar al máximo el recurso hídrico.

La captación eficiente de agua pluvial puede variar según las prácticas de los beneficiarios. Algunos usuarios aprovechan el agua captada diariamente para diversas necesidades, mientras que otros la almacenan para usarla en momentos específicos según sus requerimientos. No obstante, es crucial que los usuarios comprendan plenamente la cantidad de agua que necesitan y planifiquen su uso de manera consciente para evitar desperdicios y optimizar este recurso valioso.

Uno de los aprendizajes clave obtenidos es la necesidad de concientizar a los usuarios sobre la importancia de mantener limpios sus techos y áreas de captación. Durante la investigación, se observó que algunos beneficiarios no realizaban la limpieza adecuada, lo que los expone a riesgos sanitarios y afecta la calidad del agua almacenada. La sensibilización en este aspecto se convierte en un factor fundamental para garantizar la calidad y la reutilización del agua, desempeñando un papel esencial en el uso eficiente y sostenible del recurso hídrico.

La reflexión crítica sobre las limitaciones y desafíos identificados en la consulta, junto con la búsqueda de posibles soluciones y alternativas, fortalece aún más la conclusión previamente mencionada. Por ejemplo, uno de los aspectos señalados en la consulta es que la responsabilidad de la limpieza recae en los hijos o en el encargado del hogar, lo que podría resultar problemático si no se lleva a cabo de manera efectiva. Para abordar esta situación, se podría considerar la implementación de programas de capacitación dirigidos a los usuarios, enfocados en concienciar sobre los riesgos asociados a la utilización de agua con contaminantes en el hogar. Estos programas no solo promoverían una limpieza más adecuada, sino que también contribuirían a una gestión más eficiente del agua captada.

Describir el beneficio económico que brinda a los beneficiarios

Los beneficiarios del sistema de captación de aguas pluviales pueden experimentar un beneficio económico significativo. Anteriormente, cuando no recibían agua en sus hogares, debían pagar por el servicio de pipas de agua para abastecerse. Con el sistema de captación de aguas pluviales, pueden almacenar y utilizar el agua captada en tiempos de escasez, lo que reduce significativamente los costos del servicio de pipas. Además, el sistema les brinda una mayor seguridad en el suministro de agua en comparación con el servicio intermitente anterior, lo que les permite ahorrar dinero en alternativas de suministro de agua costosas. Por lo tanto, los sistemas de captación de aguas pluviales pueden proporcionar un beneficio económico significativo para los beneficiarios al reducir los costos y aumentar la resiliencia en tiempos de escasez de agua.

Gobierno de Jalisco reporta que en la implementación de 2021 se captaron 16 millones de litros de agua (de lluvia). A continuación, se realiza el cálculo que permite desglosar el promedio de área de captación de cada vivienda

Datos

16,000,000 litros de agua

600 viviendas

4 meses de temporada de lluvia (122 días)

943 mm (Instituto de Información Estadística y Geográfica, 2021)

Operaciones

$$\begin{aligned} \text{Litros captados por vivienda} &= \frac{16'000,000 \text{ litros captados}}{600} \\ &= 26,666.6666 \text{ litros captados por vivienda} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area promedio de captación por vivienda} &= \frac{26,666.6667 \text{ litros captados por vivienda}}{943 \text{ litros por metro cuadrado}} \\ &= 28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Operación con promedio anual de lluvias en Zapopan

Tomando el promedio anual reportado de 943 mm, se realiza el cálculo considerando los 122 días de temporal de lluvia y los 28 m², se obtienen los siguientes resultados:

$$\frac{943 \text{ mm}}{122 \text{ días de lluvia}} = 7.72 \text{ mm al día}$$

Captación diaria por área de captación promedio= (7.72mm al día) (28m²) =216.4262 litros

Para respaldar los datos reportados por el Estado y evaluar científicamente la efectividad de los sistemas de captación pluvial, se realizan cálculos adicionales. Con un total de 600 viviendas equipadas con sistemas de captación pluvial y una estimación de 216.4262 litros captados por vivienda diariamente durante la temporada de lluvias, considerando los 122 días de precipitación en el año, se obtiene un total de 26,404 litros captados por vivienda. Esto resulta en una cifra de 15'842,397.84 litros cosechados en 2021. Estos cálculos se basan en el promedio anual de precipitación de 943 mm en la región de Zapopan y se utilizan para respaldar y complementar los datos proporcionados por el Estado.

Es relevante destacar que, aunque se reportó una cifra de 16 millones de litros de agua captados durante la temporada de lluvias, nuestros cálculos arrojaron una cantidad ligeramente menor, que asciende a 15'842,397.84 litros. Esta discrepancia puede deberse a varios factores, como evaporación, filtración posibles pérdidas en el proceso de captación y almacenamiento mantenimiento deficiente o variaciones en la cantidad real de precipitación en la zona.

Considerando ambos cálculos, se plantea la pregunta ¿Cuánto ahorro se tuvo por parte de los beneficiarios al adoptar esta ecotecnia?

Teniendo el costo aproximado por pipa de agua de 10,000 litros, variando desde \$800 hasta \$1,400 MXN (Barajas, 2021), de parte de empresas privadas, y considerando la cifra oficial del Estado de 16 millones de litros captados, con cantidad de 26,666.6667 litros captados por vivienda supondría un **ahorro de \$3,733 MXN** (0.14 MXN x 26,666 litros captados por vivienda).

Posterior al cálculo la pregunta sería ¿en cuánto tiempo se pagaría el gasto del sistema?

20,000 MXN/\$3,733 MXN anuales= 5 años

Presa contra sistemas de captación pluvial

Para satisfacer el porcentaje faltante (2.7%) (Gobierno de Zapopan, 2022) que reporta el PMD, se necesitarían alrededor de 300,000 sistemas de captación, lo que representaría un costo de aproximadamente 6,000 millones de pesos, si el Estado subsidia el 100%. Sin embargo, si los usuarios estuvieran dispuestos a pagar el 50%, el costo para el Estado sería de 3,000 millones de pesos.

Comparando esto con el proyecto de la presa del Zapotillo, la cual contemplaba un costo total de 8,010'000,000 MXN (ocho mil diez millones de pesos), con una capacidad de almacenamiento de 911'000,000 de m³ y un trasvase de 120'000,000 m³ anuales. (IMDEC, 2009) Esta cantidad posterior a ser deflactada a 2021 equivale a \$13,653'324,113.43 MXN. Se destaca que el impacto municipal puede ser considerable, pero directamente relacionado con el gasto estatal.

Demostrar el alivio en la red municipal por la cosecha de lluvia y su consecuencia directa en tiempos de sequía

Los sistemas de captación de agua de lluvia son una alternativa viable para mejorar el suministro de agua en regiones con escasez hídrica. La implementación del programa en Jalisco ha demostrado una capacidad de captación de agua significativa, con una recolección de 16 millones de litros en la primera etapa y 160 millones de litros en la segunda etapa de 2022.

El informe de actividades y resultados de SIAPA en 2020 indica que se suministraron 323'829,167 metros cúbicos de agua, lo que significa una cantidad considerable de agua que se podría haber ahorrado con la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia.

Aunque el programa ha demostrado ser efectivo en la recolección de agua de lluvia, hay algunos aspectos que podrían limitar su eficacia a largo plazo, como la necesidad de mantenimiento regular de los sistemas de recolección y la capacidad de almacenamiento limitada. Es importante considerar soluciones para estos problemas, como programas de capacitación y mantenimiento regular de los sistemas, ya que a causa de estos se podría ver afectado el alivio a la red intermunicipal.

Establecer sus componentes y necesidades de mantenimiento

Con base a la información recolectada a través de los cuestionarios y entrevistas realizadas, se puede concluir que el mantenimiento de los sistemas de captación de agua pluvial es una labor que recae principalmente en los usuarios del sistema. Los cuestionarios indican que la limpieza paulatina es una tarea que se delega a los hijos o, de ser posible, al señor de la casa. Sin embargo, la capacitación y sensibilización enfocada en el sistema, su limpieza, cuidados y beneficios, puede fomentar la participación de los usuarios en el mantenimiento del sistema.

Por otro lado, las entrevistas realizadas resaltan que, en algunas viviendas, la persona encargada del mantenimiento de la bomba es un hombre. Esto sugiere que una estrategia efectiva para fomentar la participación de los usuarios en el mantenimiento del sistema puede ser enfocar la capacitación y sensibilización en la figura que tenga mayor responsabilidad en dicha tarea, independientemente de su género. En cuanto al mantenimiento general de la casa, se observó que el estado de los techos es un factor que influye en el mantenimiento del sistema de captación de agua pluvial. Las viviendas beneficiadas que solicitan un sistema en buen estado para calificar en la obtención de éste promueven un buen mantenimiento general de la casa. Sin embargo, en algunas viviendas beneficiadas que cuentan con proyectos modulares de su vivienda, se trasladaron varios materiales y herramientas de construcción ubicadas en el techo, lo cual deterioró la imagen general de la colonia.

Evaluar la resiliencia que tienen los hogares beneficiados

Después de revisar la capacidad de almacenamiento de los hogares beneficiados a través de una revisión documental, cuestionarios y entrevistas, se puede concluir que la resiliencia de estos hogares en términos de suministro de agua ha mejorado significativamente. Se observó que muchos de los hogares ya contaban con sistemas de almacenamiento previo, como aljibes, cisternas o tanques de emergencia, lo que les permitió duplicar su capacidad de almacenamiento y almacenar agua durante períodos de sequía.

En cuanto a la captación de agua de lluvia, se reportó que en promedio se llenaba aproximadamente un tercio del tanque de almacenamiento durante dos días de lluvia. Aunque esto no es suficiente para abastecer todas las necesidades de agua de los hogares, se utilizó principalmente para limpieza general del hogar.

Se observó que, durante el período de sequía, los hogares beneficiados recurrían a cisternas comunitarias o solicitaban pipas de empresas privadas para proveer de agua a sus hogares. Aunque esto sigue siendo una solución costosa y a corto plazo, es un indicador de la resiliencia de estos hogares y su capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes.

En general, se puede concluir que los sistemas de captación de agua pluvial tienen el potencial de mejorar significativamente la resiliencia de los hogares en términos de suministro de agua, especialmente en comunidades periféricas donde el acceso al agua es limitado. Sin embargo, se deben abordar las limitaciones y desafíos, como la capacidad de almacenamiento de los hogares y el costo de las alternativas a largo plazo, para lograr una implementación más efectiva y sostenible.

Eje sociocultural

Variables

Desglosar beneficios directos hacia las familias

En la consulta realizada, se ha desglosado el beneficio directo hacia las familias que obtienen sistemas de captación de aguas pluviales a través de observaciones directas y entrevistas.

En la observación directa se ha encontrado que el requisito de tener techos en buen estado para calificar en la obtención de los sistemas promueve el mantenimiento general de la casa. Sin embargo, en algunos casos en los que se han tenido que trasladar materiales y herramientas de construcción ubicados en el techo a la fachada, se ha deteriorado la imagen general de la colonia. Esto sugiere que, aunque los sistemas de captación de agua de lluvia pueden tener beneficios para las familias, se deben considerar cuidadosamente los efectos secundarios potenciales y trabajar en soluciones adecuadas para minimizarlos.

Determinar comportamiento social antes y después de su instalación

En esta consulta se buscó determinar el comportamiento social de los habitantes de cuatro colonias antes y después de la instalación de los sistemas de captación pluvial. Para ello, se utilizó una encuesta en línea y observación directa posterior a la instalación de los sistemas.

Los resultados obtenidos a través de los cuestionarios indican que, en general, la instalación de los sistemas de captación de agua pluvial ha mejorado el acceso al agua de las familias. Sin embargo, la observación directa revela que el comportamiento de las personas ante sequías ha sido afectado por factores externos, como la falta de suministro del sistema intermunicipal. Esto pone de manifiesto la necesidad de que los sistemas de captación pluvial no sean la única fuente de agua potable en las zonas donde se instalan. Esto hace hincapié en que los habitantes de estas colonias no pueden depender únicamente de los sistemas de captación de agua de lluvia para proveer de agua potable a las zonas donde se instalan. Esta afirmación sugiere que existe una necesidad de reforzar las fuentes de suministro de agua municipal para asegurar que sean sostenibles y seguras a largo plazo.

Depender exclusivamente de los sistemas de captación de agua de lluvia puede ser riesgoso, ya que estos sistemas están sujetos a la variabilidad del clima y a la cantidad de precipitaciones. Además, en las zonas urbanas, estos sistemas pueden verse afectados por la contaminación del aire y la superficie de los techos donde se instalan.

En cuanto al comportamiento de reutilización del agua, se observa que este sigue siendo una práctica común tanto antes como después de la instalación de los sistemas de captación de agua pluvial. Los habitantes de estas comunidades continúan utilizando el agua captada hasta tres veces en la vivienda, lo que demuestra una cultura de uso responsable del recurso hídrico. Sin embargo, también se evidencia un problema de almacenamiento y conservación del agua captada en algunos hogares, lo que representa un riesgo para la salud pública. El comportamiento social antes y después de la instalación de los sistemas de captación de aguas pluviales permitió obtener información valiosa sobre el impacto de esta infraestructura en la cultura del uso y reutilización del agua en las comunidades donde se instalaron. Aunque se observaron algunas limitaciones en cuanto al almacenamiento y conservación del agua captada, en general se puede afirmar que la implementación de estos sistemas ha contribuido a mejorar la disponibilidad y el uso responsable del recurso hídrico en estas comunidades.

En general, se puede concluir que la instalación de sistemas de captación pluvial tiene un impacto positivo en el bienestar de las personas, especialmente en situaciones de sequía. Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones de este tipo de sistemas y considerar medidas adicionales para garantizar un acceso seguro y sostenible al agua potable. Esto podría incluir la implementación de sistemas de filtración y purificación del agua, la educación y capacitación sobre el uso y mantenimiento de los sistemas de captación pluvial y la exploración de otras fuentes de agua, como los acuíferos subterráneos.

Eje físico-territorial

Variables

Establecer los factores climatológicos que se consideraron para la instalación en viviendas

Es importante mencionar que en este estudio de caso se ha identificado una falta de consideración en los factores climatológicos, puesto que se ha centrado principalmente en aspectos socioeconómicos del hogar. Es decir, se han analizado factores como los recursos financieros y los hábitos de uso del agua, pero no se ha tomado en cuenta la posible variación en la cantidad de lluvia y su distribución durante el año en la zona donde se implementará el sistema.

Esta falta de consideración puede generar problemas como el suministro insuficiente de agua o daños en el sistema de captación, lo que puede generar costos adicionales y afectar negativamente al medio ambiente y la comunidad. Por lo tanto, es esencial que se tenga en cuenta la variabilidad climática en el proceso de implementación de sistemas de captación de agua pluvial.

En conclusión, la consulta sobre los factores climatológicos considerados para la instalación de sistemas de captación de agua pluvial destaca la importancia de considerar la precipitación anual promedio y las condiciones ambientales locales para garantizar la viabilidad y eficiencia del sistema. La falta de consideración en estos factores puede generar problemas que afectan tanto al medio ambiente como a la comunidad. Por lo tanto, es esencial que se analicen críticamente los factores climatológicos y se tomen medidas adecuadas para asegurar la sostenibilidad y el éxito del sistema de captación de agua pluvial.

Establecer los factores técnico-constructivos que se consideraron para la instalación en viviendas

La consulta sobre los factores técnico-constructivos que se consideran para la instalación de sistemas de captación de aguas pluviales destaca la importancia de considerar los requisitos constructivos de las viviendas para poder instalar el sistema. Este hallazgo es relevante porque, para garantizar la viabilidad del sistema, es necesario que se instale de manera adecuada y segura.

La revisión documental muestra que, en este caso, los requisitos constructivos para la instalación del sistema de captación de agua varían según el tipo de vivienda y pueden incluir desde láminas hasta losa de concreto o viguetas con bovedilla. Además, se requiere una superficie plana y nivelada en la planta baja para instalar el tinaco y una azotea limpia y libre de escombros para instalar el sistema de captación de agua.

En conclusión, la consulta sobre los factores técnico-constructivos que se consideran para la instalación de sistemas de captación de aguas pluviales es fundamental para garantizar la viabilidad y el correcto funcionamiento del sistema. Es importante considerar los requisitos constructivos de las viviendas y asegurarse de que se instale de manera adecuada y segura. Los hallazgos de esta consulta deben ser tomados en cuenta en futuros proyectos de instalación de sistemas de captación de agua pluvial para garantizar la sostenibilidad y eficacia de estos sistemas.

Describir los factores considerados para la definición de un hogar objetivo

Después de realizar una revisión documental, se encontró que los factores considerados para la definición de un hogar objetivo para la instalación de sistemas de captación pluvial son diversos. En primer lugar, es necesario que el hogar se encuentre dentro de los polígonos participantes, lo que indica que se trata de un programa que se está llevando a cabo en áreas específicas y no en toda la ciudad. Además, es necesario que los habitantes acudan a la junta comunitaria de la colonia con identificación oficial y recibo de SIAPA, lo que sugiere que se busca un compromiso y participación de la comunidad en el proceso.

Otro factor importante es que el hogar cuente con al menos 15 m² de área de captación, lo que implica que se busca un área mínima para que el sistema sea viable y efectivo. Además, es necesario que se realice una visita técnica para determinar si la instalación es viable, y posteriormente se solicita la adaptación o construcción de una superficie plana y nivelada en el sitio a instalarse el tinaco y en la azotea que esté limpia y libre de escombros.

Estos factores tienen una función fundamental en la definición de un hogar objetivo, ya que se busca seleccionar aquellos hogares que tengan una alta probabilidad de éxito en la instalación y uso efectivo del sistema de captación pluvial. Además, estos factores ayudan a asegurar que el sistema tenga un impacto positivo en la comunidad y en el medio ambiente.

En la implementación del programa en 2021 se instaló el sistema en todas las viviendas que lo solicitaron y contaban con los requisitos preestablecidos. Sin embargo, es importante destacar algunas limitaciones de estos factores, como, por ejemplo, que la exclusión de hogares que no cumplan con los requisitos puede ser una barrera para la participación de la comunidad y para la accesibilidad al programa. Es posible que algunas viviendas no cuenten con los 15 m² mínimos de área de captación y que, por lo tanto, no puedan participar en el programa, lo que limita el potencial impacto de los sistemas de captación pluvial en la reducción del uso de agua potable, esto crea una oportunidad para establecer áreas públicas para la instalación de techos o espacios para captar agua de lluvia cerca de las viviendas que no cumplen con estos requisitos

En conclusión, los factores considerados para la definición de un hogar objetivo para la instalación de sistemas de captación pluvial son importantes para asegurar la viabilidad y el éxito del programa, aunque es necesario considerar algunas limitaciones y problemas relacionados con estos factores y buscar posibles soluciones o alternativas que permitan una mayor accesibilidad y participación de la comunidad.

Localizar impactos/ beneficios a la ciudad

Se identifican varios impactos y beneficios significativos para una ciudad respecto a la implementación de sistemas de captación pluvial. En particular, se encontró que la implementación de sistemas de captación de agua puede ayudar a reducir la dependencia de la ciudad de fuentes externas de agua, como ríos o aguas subterráneas, lo que puede ayudar a conservar los recursos hídricos y reducir el riesgo de escasez de agua durante períodos de sequía o aumento de la demanda. Además, al confiar en el agua de lluvia recolectada u otras fuentes de agua recolectada, los hogares y las empresas pueden ahorrar dinero en sus facturas de agua, reduciendo la demanda general de suministros de agua municipales.

La recolección y uso de agua de lluvia también puede tener beneficios ambientales significativos. La recolección de agua de lluvia puede ayudar a reducir la escorrentía de aguas pluviales, que puede transportar contaminantes y sedimentos a las vías fluviales cercanas. Esto puede ayudar a mejorar la calidad del agua en ríos, lagos y otros cuerpos de agua en la ciudad y sus alrededores, beneficiando el medio ambiente y la vida silvestre locales. Además, la implementación de sistemas de captación de agua puede ayudar a aumentar la resiliencia del suministro de agua de la ciudad, particularmente durante períodos de sequía u otras interrupciones del suministro de agua. Al diversificar las fuentes de agua disponibles para la ciudad, el sistema puede ayudar a garantizar que la comunidad tenga acceso a un suministro de agua confiable y sostenible.

A pesar de los beneficios de los sistemas de captación de agua pluvial, también existen limitaciones y desafíos que deben ser abordados críticamente. Por ejemplo, es posible que no todos los hogares o empresas tengan acceso al espacio o los recursos necesarios para implementar un sistema de captación de agua pluvial. Además, algunos sistemas de captación de agua pueden ser costosos de instalar y mantener, lo que puede ser una barrera para su adopción generalizada. Sin embargo, a pesar de estos desafíos, la implementación de sistemas de captación de agua pluvial puede tener un impacto significativo en la ciudad, tanto en términos de su suministro de agua como del medio ambiente. En consecuencia, se recomienda que se continúe promoviendo e implementando estos sistemas para beneficiar a las comunidades y al medio ambiente de manera sostenible.

Con los datos calculados del alivio para la red, que constan de 0.0055% (ver página 87) con 600 nidos, esto representando un valor de 11,000,000 MXN por la implementación de 2021 se considera que, para satisfacer el porcentaje faltante -tomando este 2.7% en 2020 (ver tabla 2, página 11)- se requeriría de la siguiente cantidad de sistemas:

$$600 \text{ sistemas de captación pluvial} = 0.0055\%$$

$$1 \text{ sistema de captación pluvial} = 0.000009\%$$

$$300,000 \text{ sistemas de captación pluvial} = 2.7\%$$

Esto en cuanto al gasto económico -si es que continúa siendo subsidiado plenamente por el estado- representaría la siguiente cantidad:

$$1 \text{ sistema de captación pluvial} = \$20,000 \text{ MXN (veinte mil pesos)}$$

$$300,000 \text{ sistemas de captación pluvial} = \$6,000'000,000 \text{ MXN (seis mil millones de pesos)}$$

$$300,000 \text{ sistemas de captación pluvial} \times 26,666 \text{ litros de agua captados anualmente} = \\ 7,999'800,000 \text{ litros captados}$$

Por otro lado, si los usuarios estuvieran dispuestos a pagar 50% del sistema esto representaría 3,000'000,000 MXN (tres mil millones de pesos)

Con lo que se puede entonces comparar es con el proyecto de la presa del Zapotillo, la cual contemplaba un costo total de 8,010'000,000 MXN (ocho mil diez millones de pesos), con una capacidad de almacenamiento de 911'000,000 de m³ y un trasvase de 120'000,000 m³ anuales. (IMDEC, 2009) Esta cantidad posterior a ser deflactada a 2021 equivale a \$13,653'324,113.43 MXN.

Estos datos arrojan que el resultado hacia el impacto municipal que causa puede llegar a ser bastante alto, pero esto directamente proporcional al gasto que representa al estado.

Comparativa entre volúmenes suministrados en 2020 y 2021

En lo que respecta a los volúmenes suministrados en el año 2020 en comparativa con el año 2021 se obtienen los siguientes datos directamente del sistema intermunicipal de los servicios de agua potable y alcantarillado.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO	ENE	FEB	MARZO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen Acumulado 2020	Vol. Medio Acum. m ³ /s
	Metros Cúbicos													
Chapala	16,919,953	15,797,865	16,947,591	17,146,920	17,709,099	16,080,713	15,879,725	15,900,742	15,583,113	16,650,712	17,462,288	17,274,156	199,352,878	6.304
Manantiales	380,722	507,909	473,854	492,058	430,267	405,458	335,968	303,751	339,090	354,401	370,271	323,686	4,717,435	0.149
Presa Elías Glez. Ch.	3,241,380	3,201,601	3,501,042	3,444,545	3,766,022	3,857,043	3,847,868	3,701,241	3,509,875	3,594,620	2,607,003	2,593,303	40,865,543	1.292
Agua Subterránea	6,717,217	6,101,525	7,092,760	6,993,964	7,050,457	6,490,920	6,336,269	5,934,190	5,991,141	6,574,412	6,735,178	6,875,279	78,893,311	2.495
TOTAL	27,259,272	25,608,900	28,015,247	28,077,487	28,955,845	26,834,133	26,399,830	25,839,925	25,423,219	27,174,145	27,174,740	27,066,424	323,829,166	10.24

Tabla 10 Volumen suministrado por tipo de fuente acumulado enero-diciembre 2020 (SIAPA 2020)

Se aprecia un volumen medio acumulado de 10.24 m³ por segundo en 2020, es en 2021 cuando sucede esta crisis hídrica ocasionada principalmente por la falla de la presa de Calderón En los meses de abril a junio, que se observa en la figura siguiente.

FUENTES DE ABASTECIMIENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen Acumulado 2021	Vol. Medio Acumulado m ³ /s
	Metros Cúbicos													
Chapala	17,764,334	14,834,107	17,178,417	18,715,469	19,524,724	19,169,751	20,311,239	18,848,572	17,217,146	17,727,445	17,918,673	18,676,187	217,886,065	6.909
Manantiales	270,245	343,807	418,598	431,658	443,316	381,062	379,212	318,992	320,588	330,177	318,361	320,330	4,278,344	0.136
Presa Elías Glez. Ch.	2,711,445	2,105,553	457,774	0	0	0	0	1,484,676	1,479,218	1,948,295	1,957,765	2,030,360	14,175,085	0.449
Agua Subterránea	6,583,686	6,173,113	7,386,621	7,584,050	7,694,946	7,028,806	6,687,511	6,442,879	6,260,097	6,527,475	6,539,367	6,617,925	81,526,475	2.585
TOTAL	27,329,710	23,456,580	25,441,411	26,731,176	27,662,985	26,579,620	27,377,962	27,095,119	25,277,048	26,533,392	26,734,166	27,644,801	317,863,968	10.08

Tabla 11 Volumen suministrado por tipo de fuente acumulado enero-diciembre 2021 (SIAPA 2021)

En 2021 se aprecia un volumen medio acumulado de 10.08 m³ por segundo, lo cual permite tener un referente hacia lo que podría significar la vulnerabilidad hídrica en el área metropolitana.

Cobertura y provisión

En este apartado, se examina la cobertura del servicio de agua en viviendas particulares habitadas en Zapopan, considerando los datos proporcionados por (INEGI). 2020. Censo de Población y Vivienda 2020, la Encuesta Intercensal 2015 y los Servicios Básicos en Viviendas Particulares 2018 todos estos reportados en la Cobertura De Servicios En Viviendas del Plan Municipal de Desarrollo (PMD) de Zapopan (Gobierno de Zapopan, 2022).

Para llevar a cabo esta evaluación, se ha recurrido al Informe de Actividades y Resultados del Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), que registra el volumen suministrado de agua en estos mismos años.

Es relevante señalar que estos valores provienen de la planificación municipal de Zapopan y son representativos del municipio. Al analizar estos datos, se busca proporcionar una visión integral de la cobertura de servicios básicos en la región. Este enfoque multidimensional facilita una evaluación más completa de la vulnerabilidad y el acceso a servicios básicos en Zapopan. La información se respalda en datos confiables proporcionados por el SIAPA y se fundamenta en las proyecciones y objetivos establecidos en el PMD de Zapopan.

2015 = 98.3% = 9.454 m³/s 100% = 9.6174 m³/s 1.7% = .1634 m³/s

2018 = 98.3% = 10.011 m³/s 100% = 10.1841 m³/s 1.7% = .1731 m³/s

2020 = 97.3% = 10.24 m³/s 100% = 10.5241 m³/s 2.7% = .2841 m³/s

2021 = 10.08 m³/s

2022 = 10.23 m³/s

Usando interpolación lineal con los tres valores dados, podemos usar los siguientes pasos:

- Se identifican los dos valores más cercanos al valor que queremos estimar:

En este caso, 10,1841 en 2018 y 10,5241 en 2020.

- Se calcula la pendiente de la línea que conecta los dos valores conocidos más cercanos usando la fórmula: $Y = \left[\frac{(X - X_1)(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} \right] + Y_1$

○ Donde

- $X_1, Y_1 =$ Año (2018), 100% de m^3/s en 2018
 - $X_2, Y_2 =$ Año (2020), 100% de m^3/s en 2020
 - $X =$ Año (2021)
 - $Y =$ Resultado
- $Y = \left[\frac{(2021 - 2018)(10.5241 - 10.1841)}{(2020 - 2018)} \right] + 10.1841 = 10.6941 \frac{m^3}{s}$

En consecuencia, el valor estimado obtenido mediante interpolación lineal para cualquier cantidad representada por estos tres valores en 2021 es de 10,6941 m^3/s , lo cual aseguraría una cobertura total del 100%. Sin embargo, la provisión en 2020 de 10.24 m^3/s solo logró cubrir el 97.3% de la demanda, lo que indica que se requerirían aproximadamente 241,000 nidos instalados, cada uno con un tamaño mínimo de 28 m^2 , para cubrir el 2.7% restante y satisfacer por completo la demanda.

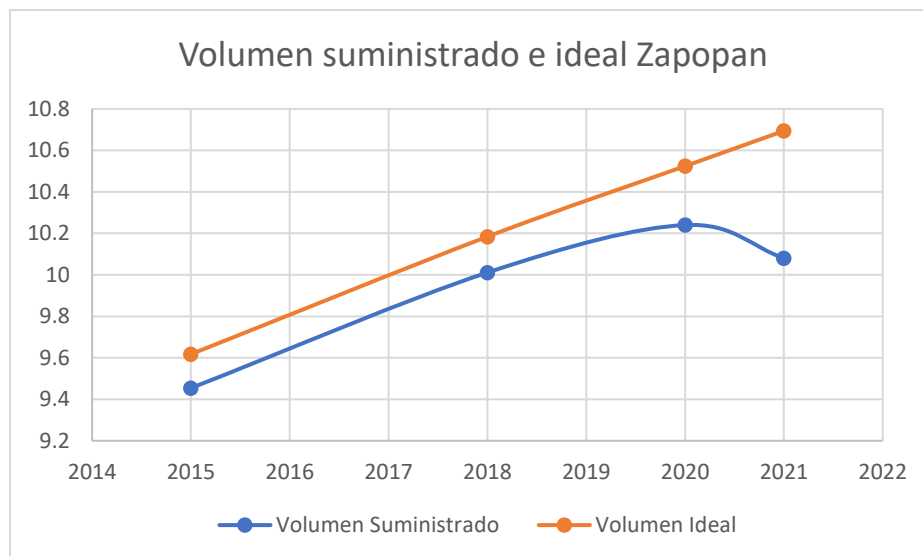


Figura 37 Volumen suministrado e ideal en Zapopan 2015-2021.

Localizar áreas con riesgo de inundación e identificar su comportamiento *ex-ante* y *ex-post*

La consulta sobre la localización de áreas con riesgo de inundación y su comportamiento *ex-ante* y *ex-post* ha sido abordada a través de una revisión documental. En esta revisión se ha identificado el polígono noreste de Zapopan como una zona de alto riesgo debido a su hidrología y la presencia de microcuencas. Para abordar esta problemática se ha propuesto la difusión y práctica de la captación pluvial en toda la colonia.

La revisión del Sistema de Información y Gestión Metropolitana del Área Metropolitana de Guadalajara ha proporcionado información valiosa sobre los subsistemas de gestión de riesgo y resiliencia, como el Mapa Único de Inundaciones que cuenta con la capa de mapa de eventos históricos de inundaciones y emergencias atendidas en temporal de lluvias. A través de la comparativa entre los puntos de inundaciones y/o encharcamientos y los afluentes naturales de los arroyos, se ha podido identificar la correlación entre estos y los encharcamientos que se presentan en la colonia.

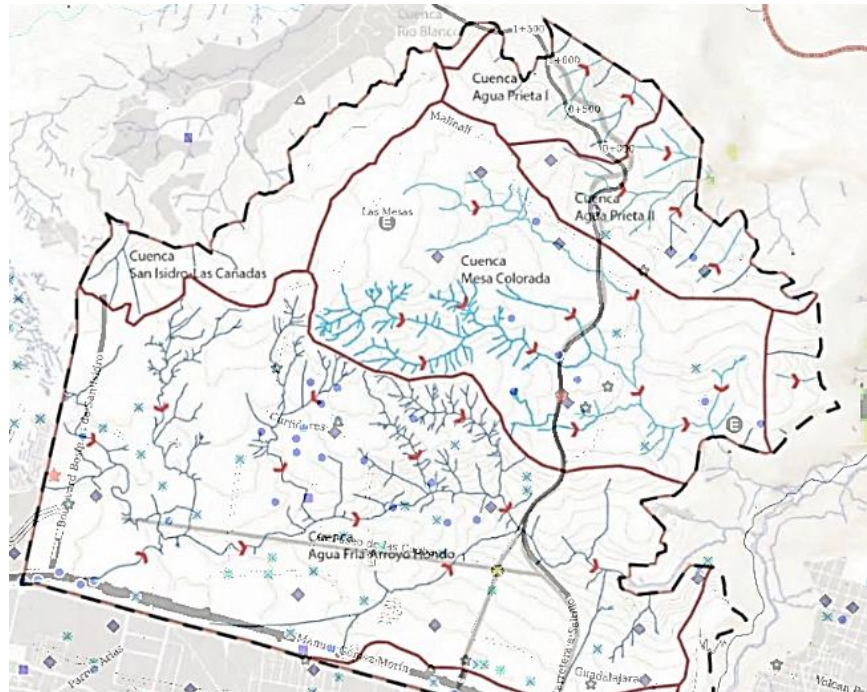


Figura 38 Correlación entre inundaciones y cauces de arroyos. (Elaboración propia con imágenes de SIGmetro y Estrategia Territorial Zapopan 2030)

Además, se ha realizado una identificación de la infraestructura distrital y sus polígonos de desarrollo, así como las divisiones naturales de las cuencas y microcuencas en la zona a través del plan parcial. Se ha propuesto la consideración de Mesa Colorada Poniente como un polígono de desarrollo estratégico debido a su infraestructura, que incluye redes de drenaje y colectores, así como líneas de agua potable.

En relación con las limitaciones y problemas relacionados con la tesis y las ideas de apoyo, se podría mencionar que la falta de recursos y de voluntad política podría limitar la implementación de la captación pluvial en toda la colonia, lo que podría obstaculizar la reducción de los riesgos de inundación. En cuanto a la identificación de polígonos de desarrollo estratégicos, se podría plantear la necesidad de realizar un análisis más detallado y exhaustivo de la infraestructura existente en cada zona, así como de los riesgos y necesidades específicas de la comunidad.

Esta revisión documental ha permitido identificar el polígono noreste de Zapopan como una zona de alto riesgo de inundación y proponer la captación pluvial como una medida para abordar esta problemática. Además, se ha utilizado el Mapa Único de Inundaciones para identificar los puntos de inundaciones y/o encharcamientos y se ha realizado una identificación de la infraestructura distrital y sus polígonos de desarrollo a través del plan parcial. No obstante, es importante considerar las limitaciones y problemas relacionados con la implementación de estas medidas y proponer soluciones o alternativas viables.

Potencial de Captación y Mitigación de Inundaciones en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG)

La gestión eficiente de los recursos hídricos y la mitigación de inundaciones son cuestiones críticas en muchas zonas urbanas, y el AMG no es la excepción. Este apartado busca analizar el potencial de captación de agua de lluvia como una estrategia viable para abordar estas preocupaciones en el contexto del AMG.

Según estimaciones del Dr. Arturo Gleason Espíndola, jefe del Laboratorio de Tecnologías para la Arquitectura y Urbanismo Sustentables de la Universidad de Guadalajara (UdeG), calcula que, durante la temporada de lluvias anual, el AMG recibe aproximadamente 887 millones de metros cúbicos de agua (UdeG, 2023). Esta cifra representa un recurso hídrico significativo que podría ser capturado y utilizado de manera eficiente para beneficio de la comunidad.

Si se continúa utilizando una estimación conservadora de 26,666.6667 litros de agua de lluvia captados por vivienda anualmente. Según los informes, se instalaron 600 sistemas en 2021 logrando captar 16 millones de litros de agua de lluvia. ($16'000,000 / 600 = 26,666$ litros captados por vivienda)

Para evaluar la magnitud de este recurso en relación con el potencial de captación, se comparan estas cifras con la estimación de precipitación anual en el AMG proporcionada por el Dr. Gleason. ($887,000'000,000$ litros / $26,666$ litros captados por vivienda = $33'263,331$ viviendas)

El resultado revela que una cantidad considerable de agua de lluvia sigue sin ser aprovechada. En específico, se determinó que se requerirían $33,263,331$ viviendas equipadas con sistemas de captación de agua de lluvia, bajo la misma eficiencia reportada por el estado, para aprovechar completamente la precipitación anual en el AMG.

No obstante, es crucial reconocer que estos cálculos están basados en datos proporcionados por el Dr. Gleason y en información reportada por el programa Nido de Lluvia. Estos cálculos son una aproximación inicial y simplificada del potencial de captación. No se han considerado otros factores que pueden influir en la viabilidad de implementar sistemas de captación en todas las viviendas del AMG, como la topografía, la densidad de población y la disponibilidad de espacio adecuado.

Además, se debe subrayar que, para abordar la problemática de las inundaciones en el AMG de manera integral, se requiere un análisis detallado y multidisciplinario. Esto debe contemplar no solo el potencial de captación de agua de lluvia sino también otros elementos, como la infraestructura de drenaje y las condiciones geográficas y urbanas específicas de la región.

En síntesis, estos cálculos proporcionan una estimación inicial del potencial de captación de agua de lluvia en el AMG. Sin embargo, para abordar efectivamente las preocupaciones relacionadas con la gestión del agua y las inundaciones en la región, se necesita un enfoque integral que involucre una colaboración interdisciplinaria, objeto de estudio para siguientes investigaciones.

Eje jurídico normativo

Variables

Establecer marco normativo utilizado para su implementación a largo plazo

Después de la revisión documental de los planes de desarrollo Nacional, Estatal, y Municipal políticas públicas a nivel federal, estatal y municipal, se puede concluir que existe un marco normativo adecuado para la implementación a largo plazo de sistemas de captación de aguas pluviales. A nivel federal, el programa de Desarrollo Alternativo busca crear alternativas económicas sostenibles para los hogares y comunidades, lo que se alinea con la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia. A nivel estatal, el plan de desarrollo de Jalisco tiene como objetivo incrementar y diversificar las fuentes de abastecimiento y captación de agua, lo que se puede lograr mediante la implementación de sistemas de captación de aguas pluviales. Además, las estrategias puntuales de coadyuvar en el desarrollo territorial sustentable, fortalecer el desarrollo de capacidades locales para el manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales e impulsar sistemas de captación pluvial como estrategia de resiliencia apoyan la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia. A nivel municipal, el Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza contempla el suministro de agua potable y la mejora del abastecimiento de agua, lo que puede lograrse mediante la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia.

A pesar de que existe un marco normativo adecuado, existen desafíos y limitaciones que deben abordarse para asegurar la viabilidad a largo plazo de los sistemas de captación de aguas pluviales. Uno de los desafíos es la falta de información y capacitación sobre la implementación y el mantenimiento de estos sistemas. Es necesario llevar a cabo campañas de concientización y capacitación para asegurar que la comunidad entienda cómo funcionan estos sistemas y cómo pueden mantenerlos para que sean efectivos. Otro desafío es la falta de financiamiento para la implementación y el mantenimiento de estos sistemas. Se deben buscar soluciones innovadoras para financiar estos proyectos, como la colaboración entre el sector público y privado o la implementación de incentivos fiscales. A pesar de estos desafíos, la implementación de sistemas de captación de aguas pluviales es una solución viable y sostenible para garantizar el acceso a agua limpia y segura a largo plazo.

Localizar el origen del programa

En conclusión, a través de la revisión documental y las entrevistas realizadas, se ha logrado ubicar el origen del programa de sistemas de captación de aguas pluviales en una colaboración entre la Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio, la Secretaría de Gestión Integral del Agua y el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. Fue a través de esta colaboración que se contactó con la organización Isla Urbana para garantizar la distribución de agua en una zona con alta necesidad. Es así como se sensibilizó la importancia de la captación de agua pluvial, lo que llevó a la implementación de estos sistemas.

Este hallazgo es importante porque permite conocer los actores clave involucrados en el inicio del programa y cómo se generó la sensibilización sobre la importancia de la captación pluvial. Esto puede ser útil para la implementación futura de programas similares en otras zonas. Sin embargo, es importante mencionar que este origen específico puede no ser aplicable en todos los casos y es necesario evaluar cada situación de forma individual. Además, es necesario tomar en cuenta posibles limitaciones y problemas relacionados con la implementación de este programa, como el costo y la necesidad de mantenimiento regular de los sistemas de captación de agua pluvial. Se deben considerar posibles soluciones y alternativas para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estos sistemas y su capacidad para mejorar el acceso al agua en zonas donde existe escasez.

Localizar todo organismo involucrado con el proyecto

En conclusión, la entrevista realizada a la Secretaría de Gestión del Territorio permitió identificar los organismos involucrados en el proyecto de captación de aguas pluviales en la zona estudiada. Los entrevistados fueron la Coordinación General Estratégica de Gestión del Territorio, la Secretaría de Gestión Integral del Agua, el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, y la Organización Isla Urbana. La colaboración entre estos organismos fue clave para el éxito del proyecto, ya que permitió la sensibilización y la identificación de la necesidad de captación de aguas pluviales en la zona -por parte de Isla Urbana-, así como la implementación de soluciones efectivas -ejecutadas desde Gestión del Territorio-. Sin embargo, es importante destacar que la participación y colaboración de otros organismos y actores locales también es fundamental para lograr un impacto más amplio y sostenible en la gestión del agua en la zona. Por lo tanto, se recomienda continuar trabajando en la identificación y colaboración con otros actores relevantes en futuros proyectos de captación de aguas pluviales, como:

La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial: Siendo responsable de la promoción de tecnologías y prácticas sostenibles para la gestión del agua y la protección del medio ambiente. La secretaría puede proporcionar información sobre los beneficios ambientales de la captura de agua pluvial y fomentar su uso en proyectos de construcción y renovación.

Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas: Responsable de la supervisión de la construcción y el mantenimiento de infraestructuras de agua y saneamiento. La secretaría puede ayudar a garantizar que los sistemas de captura de agua pluvial se integren adecuadamente en la infraestructura existente y que se mantengan en buen estado de funcionamiento.

Secretaría de Salud: Tomando la responsabilidad de la promoción de prácticas sanitarias adecuadas, incluida la gestión del agua y el saneamiento. La secretaría puede informar sobre los riesgos para la salud asociados con la falta de acceso a agua limpia y alentar la implementación de sistemas de captura de agua pluvial como una forma de mejorar la calidad del agua potable.

Secretaría de Educación: Fungiendo como responsable de la promoción de la educación ambiental y la sensibilización pública sobre temas ambientales. La secretaría puede informar a la población sobre los beneficios de la captura de agua pluvial y educar sobre su correcta implementación y mantenimiento.

Matriz de variables/ Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación

El análisis MICMAC es una técnica que permite entender las relaciones entre las variables y su impacto en un sistema complejo. Es especialmente útil en un estudio de caso donde se tienen variables preestablecidas y se desea conocer su grado de interdependencia y la influencia que ejercen sobre el sistema.

La utilización de un análisis MICMAC en un estudio de caso con variables preestablecidas se justifica por las siguientes razones:

- **Identificación de las variables clave:** El análisis MICMAC permite identificar las variables más importantes y las interrelaciones entre ellas. Esto puede ayudar a los investigadores a enfocarse en las variables más relevantes y a profundizar en su comprensión.
- **Análisis de las relaciones entre las variables:** El análisis MICMAC permite analizar las relaciones entre las variables preestablecidas, lo que puede ayudar a entender mejor cómo interactúan entre sí. Esto puede ser especialmente útil en casos donde se necesita entender la dinámica del sistema.
- **Identificación de los factores críticos de éxito:** El análisis MICMAC puede ayudar a identificar los factores críticos de éxito en el sistema, es decir, aquellos elementos que son esenciales para el éxito del sistema. Esto puede ser útil para los investigadores que desean conocer los elementos más importantes a considerar al momento de diseñar intervenciones o estrategias de mejora.
- **Visualización de los resultados:** El análisis MICMAC puede representar los resultados de manera visual y fácilmente interpretable, lo que puede ser útil para comunicar los hallazgos a los interesados del estudio.

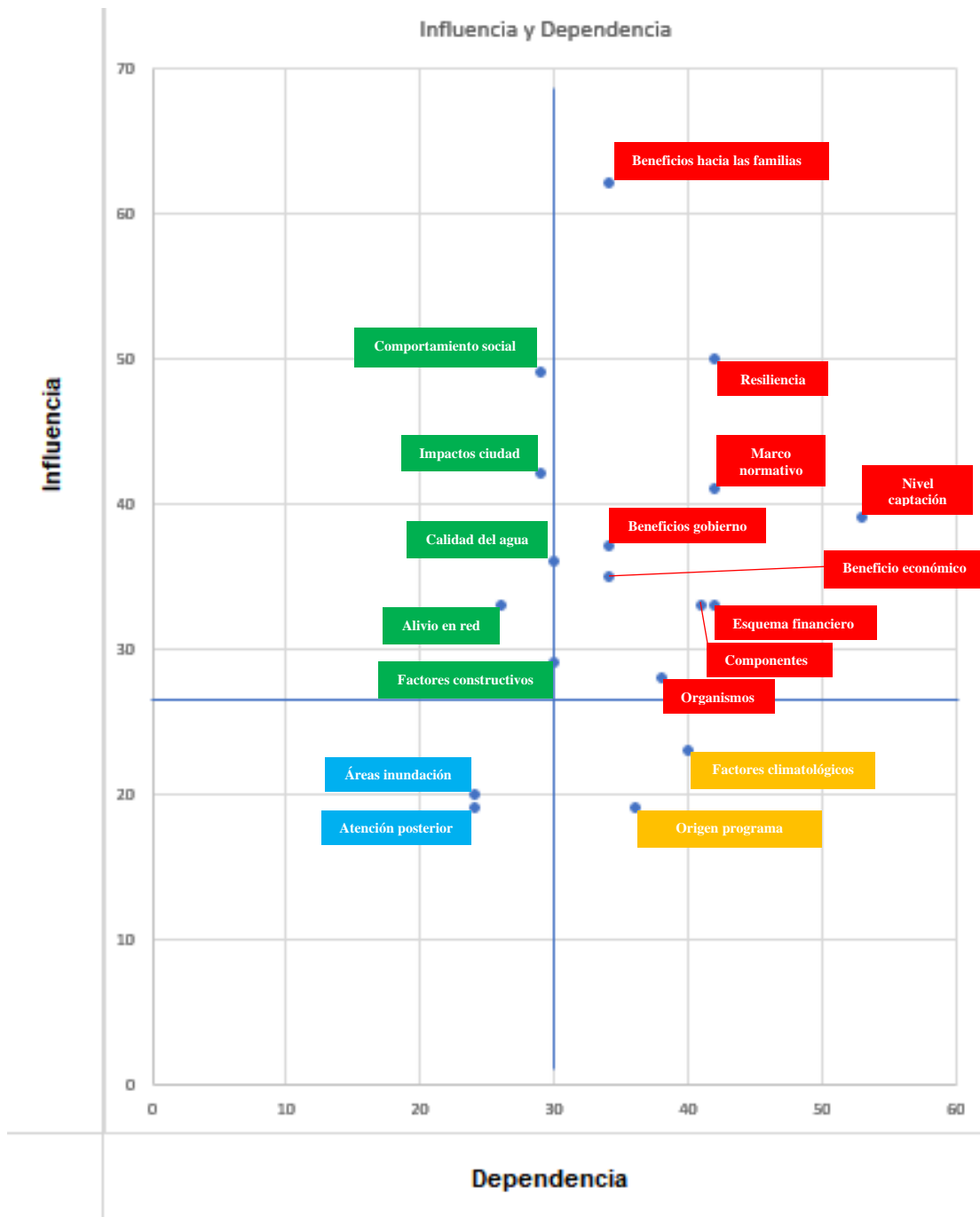


Figura 39 Tabla Análisis MIC MAC con variables propuestas (Elaboración propia 2023.)

Se utiliza el análisis MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación) para analizar la interdependencia entre las variables de un sistema y la forma en que se influyen entre sí. Se retoma la matriz de variables para establecer la relación entre cada componente en el sistema y se asignó una puntuación del 0 al 4. A continuación se describe la metodología para otorgar la puntuación de cada variable:

1. Se establece una lista de variables: La primera tarea es identificar las variables que están involucradas en el sistema. Estas variables pueden ser identificadas a través de entrevistas, cuestionarios, revisión documental y visitas de campo.
2. Se construye una matriz: Se construye una matriz cuadrada, donde las filas y las columnas representan cada una de las variables involucradas. En esta matriz se establecen las relaciones entre las variables.
3. Las puntuaciones, que van de 0 a 4 para cada variable, se determinaron mediante un enfoque de triangulación y coincidencia de múltiples métodos de recolección de datos utilizados a lo largo de la investigación. Estos métodos incluyeron entrevistas en semiestructuradas, visitas de campo, encuestas, observación directa y revisión documental.

La escala de puntuación se aplicó de la siguiente manera:

0: Sin influencia demostrada en otras variables.

1: Influencia mínima en otras variables.

2: Influencia moderada en otras variables.

3: Influencia significativa en otras variables.

4: Influencia muy notable en otras variables

4. Se completa la matriz: Se completa la matriz colocando las puntuaciones correspondientes a cada variable en la intersección de la fila y la columna correspondiente.
5. Se analiza la matriz: Se analiza la matriz para identificar patrones de interdependencia y determinar las variables clave que tienen la mayor influencia en el sistema.

Metodología de Asignación de Puntuaciones Basada en Consistencia de Datos de Múltiples Fuentes

Este estudio empleó una metodología científica y rigurosa para asignar puntuaciones a las variables, centrándose en la consistencia de datos obtenidos de diversas fuentes de investigación. Cada variable fue evaluada en función de su aparición en cuatro métodos de obtención de información diferentes: revisión documental, observación directa, entrevistas y encuestas. Cada uno de estos métodos se consideró un enfoque independiente pero complementario para recopilar datos sobre las variables en estudio.

El proceso de asignación de puntuaciones se llevó a cabo de la siguiente manera:

Revisión Documental: La revisión documental implicó un análisis exhaustivo de documentos, informes, estudios previos y literatura académica relacionada con las variables en cuestión. Si una variable estaba respaldada por datos o información en documentos confiables, se le asignaba una puntuación.

Observación Directa: Durante las visitas de campo y la observación directa en el entorno real, se registraron datos relevantes sobre las variables. Si una variable era evidente y verificable mediante observación directa, se le otorgaba una puntuación.

Entrevistas: Las entrevistas en profundidad con expertos y actores clave permitieron obtener información cualitativa sobre las variables. Si una variable era mencionada y discutida por los entrevistados como un elemento influyente en el sistema, se le asignaba una puntuación.

Encuestas: Las encuestas estructuradas se utilizaron para recopilar datos cuantitativos de una muestra representativa. Si los resultados de las encuestas indicaban la importancia de una variable según la percepción de los encuestados, se le confería una puntuación.

Cada variable fue evaluada por su presencia y respaldo en cada uno de estos métodos de obtención de información. La asignación de puntuaciones se realizó de manera sistemática y rigurosa, siguiendo los siguientes principios:

Si una variable aparecía en un solo método, se le otorgaba una puntuación base.

Si una variable era respaldada por dos métodos diferentes, se le asignaba una puntuación más alta, indicando una mayor fiabilidad.

Si una variable era respaldada por tres o más métodos diferentes, se le confería la puntuación más alta, señalando una influencia sólidamente respaldada en el sistema.

Este enfoque metodológico permitió una evaluación precisa y científica de la importancia de cada variable, al considerar su aparición en múltiples fuentes de información y garantizar la fiabilidad de las puntuaciones asignadas. La consistencia de datos a lo largo de diferentes métodos fortaleció la validez de los resultados del análisis MICMAC llevado a cabo en este estudio, contribuyendo a una comprensión más profunda de la interdependencia entre las variables en el sistema en estudio.

Sociocultural

Beneficios directos hacia las familias

Una alta influencia y baja dependencia en la variable de Beneficios directos hacia las familias respecto a un sistema de captación pluvial indica que esta variable tiene un efecto significativo sobre otras variables del sistema, pero no es influenciada por las demás variables en la misma medida. Esto implica que la variable de Beneficios directos hacia las familias es una variable autónoma en el sistema y que su impacto es mayor que su respuesta a otros cambios en el sistema.

Esto es que, una alta influencia y baja dependencia en la variable respecto a un sistema de captación pluvial indica que los beneficios directos hacia las familias es el factor clave para el éxito del sistema ya que esta es la principal a considerar, siendo que el objetivo principal del programa es buscar mejorar las condiciones de acceso al agua de los hogares de la zona, ya que estos sistemas pueden mejorar significativamente la calidad de vida, reducir los costos, preservar los recursos hídricos y reducir el impacto ambiental negativo.

Comportamiento social antes y después de su instalación

El comportamiento social mostrando ser una variable de alta influencia y baja dependencia es una variable autónoma en el sistema ya que su impacto es mayor que su respuesta a otros cambios en el sistema. Esto indica que, la instalación de un sistema de captación pluvial puede tener un impacto significativo en el comportamiento social de las personas, independientemente de los cambios en otras variables del sistema.

Técnico-económico

Atención posterior con la que cuentan los usuarios

La variable de atención posterior es una variable que no es crítica para el éxito del sistema y que cambios en esta variable no tendrán un impacto significativo en el sistema de captación pluvial. Sin embargo, esto no significa que la atención posterior no sea importante en sí misma, sino que su impacto no se extiende significativamente a otras variables en el sistema de captación pluvial.

Calidad del agua

Una alta influencia y media dependencia en la variable de calidad del agua de un sistema de captación pluvial sugiere que esta variable es influyente en el sistema. La calidad del agua es también influenciada por otras variables del sistema, lo que indica que cualquier cambio en otras variables puede afectar la calidad del agua del sistema de captación pluvial. Por ende, es importante prestar atención a la calidad del agua al tomar decisiones o realizar mejoras en el sistema de captación pluvial -como lo fue en el caso de la implementación del sistema de potabilización en la segunda etapa de 2022-. Además, cualquier cambio en otras variables del sistema debe ser monitoreado y evaluado en términos de su impacto en la calidad del agua del sistema de captación pluvial.

Esquema financiero

El esquema financiero en la implementación de un sistema de captación pluvial se refiere a la estructura de financiamiento utilizada para el diseño, construcción y mantenimiento del sistema. Esta variable al resultar en una alta influencia y dependencia del programa implica que el éxito y la viabilidad del sistema dependen en gran medida de la estructura de financiamiento utilizada. Es una variable crítica en la implementación de un sistema de captación pluvial. Si esta variable resulta en una alta influencia y dependencia del programa, se deben considerar cuidadosamente aspectos como la fuente de financiamiento, el costo total del programa, el sistema de recuperación de costos, la asignación de recursos y el monitoreo financiero. Estos factores pueden influir significativamente en la viabilidad y sostenibilidad financiera del programa.

Nivel de captación, limpieza y utilización

La capacidad del sistema para recolectar, filtrar y almacenar el agua de lluvia para su uso posterior es una variable de alta influencia y dependencia del programa, significando que el éxito y la viabilidad del sistema dependen en gran medida de su capacidad para capturar, limpiar y utilizar el agua de lluvia. Algunos aspectos importantes del nivel de captación, limpieza y utilización que pueden influir en el éxito del sistema de captación pluvial:

- **Diseño del sistema de captación:** el diseño del sistema de captación debe tener en cuenta factores como el tamaño de la superficie de captación, el tipo de superficie, la pendiente y la capacidad de almacenamiento. El diseño también debe considerar la calidad del agua capturada y la capacidad del sistema para filtrar y limpiar el agua.
- **Técnicas de filtración y limpieza:** el sistema de captación pluvial debe incluir técnicas adecuadas de filtración y limpieza para asegurar que el agua capturada sea segura para su uso posterior. Estas técnicas pueden incluir filtros de arena, filtros de carbón activado, o técnicas de tratamiento físico o químico.
- **Almacenamiento de agua:** la capacidad de almacenamiento del sistema es importante para garantizar un suministro constante de agua para su uso posterior. El sistema debe tener capacidad suficiente para almacenar agua durante los períodos de sequía.
- **Uso del agua:** el sistema debe estar diseñado para permitir un uso eficiente y efectivo del agua capturada. Las técnicas de riego y uso en el hogar deben ser consideradas para maximizar el beneficio del sistema.
- **Mantenimiento del sistema:** el mantenimiento adecuado del sistema es crítico para garantizar su capacidad de captura, limpieza y utilización del agua. El mantenimiento debe incluir la limpieza regular del sistema de captación, la revisión de los filtros y la reparación de cualquier daño o falla del sistema.

Beneficio económico que brinda a los usuarios

El beneficio económico que brinda a los usuarios en la implementación de un sistema de captación pluvial se refiere a la capacidad del sistema para generar ahorros económicos para los usuarios y las comunidades que lo utilizan. Si esta variable resulta en una media influencia y dependencia del programa, significa que el sistema de captación pluvial tiene una importancia relativa en términos de beneficios económicos, pero aun así es un factor importante en la implementación del programa. Los aspectos importantes del beneficio económico que brinda a los usuarios que pueden influir en la implementación exitosa del sistema de captación pluvial:

- Reducción en costos de agua: la implementación del sistema de captación pluvial puede ayudar a reducir los costos de agua para los usuarios y las comunidades. Al recolectar y almacenar agua de lluvia para su uso posterior, los usuarios pueden reducir su dependencia del agua suministrada por la red de distribución y reducir sus facturas de agua.
- Aumento de la eficiencia en el uso del agua: el sistema de captación pluvial también puede ayudar a aumentar la eficiencia en el uso del agua, lo que puede llevar a ahorros económicos adicionales. Al recolectar y almacenar agua de lluvia para su uso posterior, los usuarios pueden utilizar el agua para riego y otros usos no potables, lo que puede reducir aún más el costo del agua suministrada por la red de distribución.
- Valorización de propiedades: la implementación del sistema de captación pluvial también puede ayudar a aumentar el valor de las propiedades donde se instala. Al ofrecer una fuente alternativa de agua, los sistemas de captación pluvial pueden aumentar la atraktividad de las propiedades para los compradores y mejorar su valor de reventa.
- Reducción de costos ambientales: el uso del sistema de captación pluvial también puede ayudar a reducir los costos ambientales asociados con la extracción, tratamiento y distribución de agua potable. La implementación del sistema puede reducir la demanda de agua suministrada por la red de distribución, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental.

Alivio en la red municipal por la cosecha de lluvia

La variable de alivio en la red municipal por la cosecha de lluvia se refiere a la disminución de la carga en la red de drenaje municipal como resultado de la recolección y utilización de agua de lluvia por parte de los usuarios del sistema de captación pluvial. Si bien esta variable tiene una influencia media en el éxito del programa, es decir, puede contribuir a mejorar su eficacia, la dependencia es baja, lo que significa que el éxito del programa no depende críticamente de esta variable.

Una mayor recolección y uso de agua de lluvia por parte de los usuarios del sistema puede reducir el volumen de agua que fluye hacia la red de drenaje municipal, lo que puede reducir la carga en la infraestructura existente y prolongar su vida útil. Esto a su vez puede resultar en ahorros en costos de mantenimiento y reparación, así como en la mejora del funcionamiento de la red de drenaje municipal en su conjunto.

Sin embargo, la dependencia baja indica que, aunque esta variable es importante, otros factores también pueden influir significativamente en el éxito del programa, como la eficacia del diseño y la instalación del sistema de captación pluvial, la capacidad y disposición de los usuarios para utilizar el agua recolectada y la disponibilidad de recursos financieros y técnicos para la implementación del programa.

Componentes y necesidades de mantenimiento

La variable de componentes y necesidades de mantenimiento se refiere a los elementos clave del sistema de captación pluvial y a los requisitos necesarios para mantenerlo en buen estado de funcionamiento. Al tener una alta influencia y dependencia en el éxito del programa, significa que la calidad y durabilidad del sistema, así como la capacidad de los usuarios para realizar el mantenimiento, son factores críticos para el éxito del programa.

En el contexto del programa, los componentes del sistema incluyen las tuberías, los filtros, el tanque de almacenamiento, la bomba, y el tlaloque. Es crucial que estos componentes se elijan cuidadosamente y se instalen correctamente para garantizar que el sistema funcione de manera efectiva y eficiente.

Además, el mantenimiento regular del sistema es necesario para asegurar que siga funcionando de manera óptima. Los usuarios del sistema deben estar capacitados para llevar a cabo tareas de mantenimiento, como la limpieza del techo, de los filtros del captador de primeras lluvias y la inspección de las tuberías, para evitar la acumulación de sedimentos y otros materiales que pueden reducir la capacidad del sistema para recolectar y almacenar agua de lluvia.

Por lo tanto, si la variable de componentes y necesidades de mantenimiento tiene una alta influencia y dependencia en el éxito del programa, es importante que se preste atención a la calidad y durabilidad de los componentes del sistema y que se proporcione capacitación adecuada a los usuarios sobre cómo mantener el sistema en buenas condiciones. Si estos factores se manejan adecuadamente, en definitiva, el sistema de captación pluvial será efectivo a largo plazo y proporcionará beneficios sostenibles a los usuarios.

Resiliencia de los hogares beneficiados

La variable resiliencia de los hogares beneficiados se refiere a la capacidad de los hogares que utilizan el sistema de captación pluvial para recuperarse y adaptarse a situaciones de estrés, como sequías prolongadas o interrupciones en el suministro de agua. Mostrando una alta influencia y dependencia en el éxito del programa, significa que la resiliencia de los hogares es un factor crítico para el éxito del programa de captación de agua de lluvia.

En el contexto de un sistema de captación de agua de lluvia, la resiliencia de los hogares puede depender de varios factores, como la calidad y disponibilidad del agua recolectada, la capacidad de almacenamiento del sistema, la capacidad de los hogares para recolectar y almacenar agua de lluvia durante períodos de lluvia, y la capacidad de los hogares para adaptarse a las condiciones cambiantes del clima. Es importante considerar los factores que pueden afectar la capacidad de los hogares para ser resilientes. Es importante proporcionar mayor capacitación a los hogares sobre cómo recolectar y almacenar agua de lluvia de manera efectiva, y sobre cómo usar eficientemente el agua almacenada durante los períodos de sequía. Además, se pueden considerar otras medidas para aumentar la resiliencia de los hogares, como la implementación de prácticas de conservación del agua y la diversificación de las fuentes de agua disponibles. En general, si se maneja adecuadamente, esta variable puede ser un factor crítico para el éxito del programa de captación

de agua de lluvia, lo que puede llevar a una mayor seguridad y calidad de vida para las comunidades afectadas.

Físico-territorial

Factores climatológicos considerados para instalación en viviendas

Una alta dependencia y baja influencia en la implementación de un sistema de captación pluvial, significa que esta variable tiene un bajo impacto en el programa, pero es una variable importante para su correcta implementación y funcionamiento.

La consideración de los factores climatológicos es esencial en la implementación de un sistema de captación pluvial, ya que estos sistemas dependen de la lluvia para recolectar agua. Por lo tanto, es importante evaluar el clima de la zona donde se implementará el sistema, la cantidad de lluvia que se espera y la temporada de lluvias. Además, es necesario considerar otros factores climáticos como la intensidad de las lluvias, la frecuencia de las precipitaciones y la duración de las estaciones secas.

Aunque la variable de factores climatológicos no tenga una alta influencia en el programa, su baja dependencia puede ser peligrosa para su correcto funcionamiento, ya que, si no se consideran estos factores en la instalación, el sistema podría no recolectar suficiente agua, lo que afectaría su eficacia y beneficios para los usuarios.

Factores técnico-constructivos considerados para instalación en viviendas

Refiriéndose a las características técnicas y constructivas que se deben tener en cuenta al instalar un sistema de captación pluvial en las viviendas, tales como el tipo de tejado, la inclinación, el material de construcción, entre otros, esta variable en una media influencia y dependencia del programa, indica que los factores técnicos y constructivos son importantes para la instalación de un sistema de captación pluvial, pero no son determinantes en la adopción del programa por parte de los hogares beneficiados. Es decir, aunque estas características importan para el correcto funcionamiento del sistema, no son los factores clave que motivan a los hogares a implementar un sistema de captación pluvial en sus viviendas. Por lo tanto, es necesario considerar los factores técnico-constructivos al implementar un sistema de captación pluvial, pero no son suficientes para garantizar el éxito del programa, por lo que se deben abordar otras variables relevantes, como la

sensibilización de la población sobre la importancia del agua, la promoción de los beneficios del programa, la disponibilidad de recursos financieros, entre otros.

Impactos y beneficios a la ciudad

Esta variable interpreta los efectos positivos que la implementación de un sistema de captación pluvial puede tener en la ciudad en general, más allá de los hogares beneficiados directamente. Estos efectos pueden incluir una reducción en la carga de agua en la red de alcantarillado, una disminución en la escasez de agua y una mejora en la calidad del agua, entre otros.

Al resultar esta variable en una baja dependencia y alta influencia del programa, indica que los beneficios del sistema de captación pluvial a la ciudad son amplios y significativos, pero que la implementación del programa no depende en gran medida de ellos. Es decir, aunque estos impactos positivos son importantes y pueden ser una motivación adicional para la implementación del programa, la decisión de implementar un sistema de captación pluvial se basa más en las necesidades y beneficios directos para los hogares beneficiados.

Áreas con riesgo de inundación y comportamiento

La variable resultando en una baja dependencia e influencia del programa significa que no tiene un impacto significativo en la efectividad de la mitigación de inundaciones por parte del programa. La variable está relacionada con la ubicación de las áreas donde se implementará el sistema, pero no es un factor determinante en el éxito del programa.

Sin embargo, esta variable es importante para considerarla en la planificación y diseño del programa, ya que ayuda a identificar áreas prioritarias para la implementación del sistema y garantizar que se están tomando en cuenta las necesidades y preocupaciones de la comunidad. Además, monitorear el comportamiento de las personas en estas áreas durante y después de la implementación del sistema podría proporcionar información valiosa para futuros proyectos y mejoras en el programa.

Jurídico-normativo

Beneficios directos al gobierno

Esta variable, con una media dependencia e influencia, indica que el programa puede proporcionar ciertos beneficios tangibles al gobierno, pero estos no son críticos para el éxito del programa. Incluyen ahorros en costos operativos y de mantenimiento de la infraestructura de drenaje, así como mejoras en la calidad del agua y la reducción de la necesidad de construir nuevas infraestructuras costosas para el control de inundaciones.

Si bien estos beneficios son importantes, no son la razón principal por la que se implementa el programa de captación pluvial. Por lo tanto, el gobierno podría estar dispuesto a aceptar algunos compromisos en cuanto a los beneficios directos, siempre y cuando el programa cumpla con su objetivo principal de proporcionar una fuente de agua alternativa para las familias y comunidades que lo necesitan.

Marco normativo utilizado para su implementación a largo plazo

Se refiere a la regulación y las políticas públicas que guían y permiten la implementación y mantenimiento de sistemas de captación pluvial en un contexto de largo plazo. En un análisis Mic Mac, una alta influencia de esta variable sugiere que las políticas y regulaciones son importantes para el éxito del programa y que los resultados positivos están vinculados a un marco normativo bien diseñado y establecido. Una alta dependencia de esta variable sugiere que el éxito del programa está vinculado a la continuidad de las políticas y regulaciones a largo plazo y que cualquier cambio en el marco normativo puede afectar negativamente el programa. Por lo tanto, es importante asegurarse de que el marco normativo se mantenga estable a lo largo del tiempo para garantizar el éxito y la sostenibilidad del programa de captación pluvial.

Origen del programa

La fuente de financiamiento o la entidad responsable de su ejecución tiene una gran influencia en el éxito o fracaso del programa, pero no tiene un impacto significativo en la percepción o participación de los beneficiarios. En este caso, los beneficiarios pueden estar más preocupados por los beneficios que recibirán del programa y la calidad de este, en lugar de quién lo está implementando o financiando. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el origen del programa puede afectar la transparencia y la confianza de los beneficiarios en el mismo, lo que puede tener un impacto indirecto en la percepción y participación de estos.

Organismos involucrados con el programa

Al resultar esta variable en una alta dependencia y baja influencia del programa de captación pluvial, significa que los organismos que están involucrados en el programa tienen un gran impacto en su funcionamiento, pero el programa en sí mismo no tiene mucho impacto en la influencia de estos organismos. En otras palabras, el éxito o fracaso del programa puede depender en gran medida de la colaboración y participación de los diferentes organismos, como el gobierno local, ONGs, empresas y la comunidad en general, pero el programa en sí mismo no puede influir significativamente en estos organismos. Por lo tanto, es importante que el programa tenga una buena comunicación y colaboración con estos organismos para garantizar su éxito y sostenibilidad a largo plazo.

4. Conclusiones y recomendaciones

¿Qué impactos tuvo este programa piloto en los primeros 18 meses de su implementación?

Según los datos proporcionados, el programa piloto Nido de Lluvia ha tenido un impacto positivo en los usuarios durante los primeros 18 meses de aplicación. El programa proporciona a los usuarios herramientas necesarias para mantener y cuidar adecuadamente los sistemas de recogida de agua de lluvia, incluyendo manuales detallados, información clara sobre los posibles problemas y una línea telefónica directa para la comunicación con el organismo de ejecución, así como la visita de técnicos para garantizar la correcta instalación y la formación básica de los usuarios.

Sin embargo, se destaca la necesidad de realizar un análisis detallado y crítico de los aspectos relacionados con la calidad del agua antes de implementar cualquier sistema de captación de aguas pluviales, y también es importante considerar posibles soluciones o alternativas para minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud pública, por ejemplo:

Contaminación Bacteriana: A pesar de la capacitación proporcionada a los usuarios, existe el riesgo de que el agua captada por los sistemas de recolección de aguas pluviales pueda estar expuesta a la contaminación bacteriana. La falta de mantenimiento adecuado o la incorrecta limpieza de los techos y sistemas de recolección podrían conducir a la proliferación de bacterias dañinas en el agua almacenada.

Acumulación de Contaminantes Ambientales: Dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones ambientales, el agua de lluvia puede recoger contaminantes atmosféricos como polvo, residuos industriales o partículas químicas. Si no se filtra o trata adecuadamente, estos contaminantes pueden afectar negativamente la calidad del agua almacenada.

Almacenamiento Inadecuado: A pesar de la capacitación, algunos usuarios podrían no seguir las prácticas recomendadas de almacenamiento. Esto podría incluir la falta de limpieza regular de los tanques de almacenamiento o la utilización de recipientes inapropiados, lo que podría comprometer la calidad del agua almacenada.

El régimen financiero actual del programa Nido de Lluvia presenta un escenario en el que los usuarios no tienen que realizar contribuciones económicas para acceder a los sistemas de captación de agua pluvial. Estos sistemas se otorgan de forma gratuita siempre que los usuarios cumplan con los requisitos establecidos. Sin embargo, es importante analizar las implicaciones a largo plazo de este esquema financiero tanto para los usuarios como para el organismo implementador.

Por un lado, esta gratuidad fomenta la adopción del programa por parte de los beneficiarios y reduce la dependencia del suministro de agua potable de fuentes externas, lo que es un logro significativo en términos de seguridad hídrica y sostenibilidad. Permite que comunidades con recursos limitados tengan acceso a una fuente adicional de agua.

Por otro lado, el costo del programa para el organismo implementador es notable, ya que se estima que cada sistema de captación de aguas pluviales tiene un costo considerable. Esto plantea preguntas sobre la viabilidad financiera a largo plazo del programa y la asignación adecuada de recursos.

En este contexto, la observación sobre si se debe continuar con el programa o si se debe modificar el esquema financiero es fundamental. Es necesario considerar opciones que permitan mantener la sostenibilidad del programa a largo plazo sin crear una carga económica para el Estado. Esto podría implicar explorar modelos de financiamiento mixto, en los que los usuarios contribuyan de manera parcial o simbólica, o buscar fuentes alternativas de financiamiento que ayuden a cubrir los costos de implementación y mantenimiento.

En general, los sistemas de captación de agua pluvial proporcionados por el programa Nido de Lluvia tienen el potencial de ofrecer una solución sostenible y rentable a los problemas de escasez de agua, promoviendo el mantenimiento general de las casas, mejorando el acceso al agua y fomentando la cultura del uso responsable del recurso hídrico en las comunidades. Sin embargo, también se deben considerar cuidadosamente todos los aspectos relacionados con la calidad del agua, la salud de las cuencas atmosféricas y las implicaciones financieras de la implementación de estos sistemas.

Impactos a Través De Ejes Propuestos

En esta sección de conclusiones, se presentan de manera concisa y resumida los hallazgos clave que se han derivado del estudio detallado sobre el programa piloto Nido de Lluvia y sus efectos durante los primeros 18 meses de implementación. A pesar de que algunos de estos resultados puedan parecer repetitivos en relación con las secciones anteriores, es importante destacar que esta recapitulación tiene el propósito de resaltar de manera efectiva los puntos clave y subrayar la relevancia de estos en el contexto general de la investigación.

Eje técnico-económico

En conclusión, el programa piloto Nido de Lluvia ha tenido un impacto positivo en los usuarios durante los primeros 18 meses de aplicación. La atención prestada a los usuarios incluye manuales detallados para el uso y mantenimiento de los sistemas, información clara sobre los posibles problemas que puedan surgir, una línea telefónica directa para la comunicación con el organismo de ejecución y la visita de técnicos para garantizar la correcta instalación y la formación básica de los usuarios. Estos resultados sugieren que el Estado se ha comprometido a proporcionar a los usuarios las herramientas necesarias para mantener y cuidar adecuadamente los sistemas de recogida de agua de lluvia.

Sin embargo, es crucial señalar que estos sistemas de captación pluvial pueden tener un impacto significativo en la calidad del agua y en la salud de las cuencas atmosféricas. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis detallado y crítico de los aspectos relacionados con la calidad del agua antes de implementar cualquier sistema de captación de aguas pluviales. También es importante considerar posibles soluciones o alternativas para minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud pública. La calidad del agua y la salud de las cuencas atmosféricas son aspectos cruciales a tener en cuenta a la hora de implantar sistemas de impacto ambiental y deben abordarse con detenimiento en cualquier investigación o proyecto relacionado con este tema.

En cuanto al régimen financiero del programa en la consulta se han identificado dos enfoques. El primer enfoque se centra en el proceso de concesión de los sistemas a los usuarios, y el segundo enfoque se centra en el coste del programa para el organismo de ejecución. En cuanto al primer enfoque, durante la primera y segunda fase de implantación del programa, el usuario no tiene que contribuir económicamente, ya que los sistemas se conceden gratuitamente siempre que cumpla los requisitos establecidos. Este enfoque busca incentivar la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en la población y reducir la dependencia del suministro de agua potable de fuentes externas.

En el segundo enfoque, el coste del programa para el organismo implementador es significativo y debe considerarse cuidadosamente. La implementación de estos sistemas requiere una inversión inicial considerable, que incluye la adquisición de materiales y equipos, mano de obra y costes administrativos. Sin embargo, a largo plazo, pueden ser una solución rentable, ya que reducen la dependencia de fuentes de agua externas y disminuyen las facturas de agua de los usuarios.

En general, los sistemas captación pluvial provistos por el programa nido de Lluvia tienen el potencial de ofrecer una solución sostenible y rentable a los problemas de escasez de agua. Aun así, es esencial tener en cuenta todos los aspectos relacionados con la calidad del agua, la salud de las cuencas atmosféricas y las implicaciones financieras de la implementación de estos sistemas.

Eje sociocultural

En conclusión, la consulta realizada sobre el programa piloto de sistemas de captación de aguas pluviales ha proporcionado información valiosa sobre sus beneficios y desafíos. La observación directa y las entrevistas realizadas indican que la instalación de estos sistemas promueve el mantenimiento general de las casas, mejora el acceso al agua y fomenta la cultura del uso responsable del recurso hídrico en las comunidades. Sin embargo, también se han identificado algunos efectos secundarios potenciales, como la deterioración de la imagen de la colonia debido al traslado de materiales y herramientas de construcción, así como la necesidad de educación y capacitación sobre el uso y mantenimiento de los sistemas de captación pluvial para garantizar su funcionamiento seguro y efectivo.

Por lo tanto, se recomienda una evaluación cuidadosa y un enfoque basado en soluciones para maximizar los beneficios y minimizar los efectos secundarios potenciales de los sistemas de captación de agua pluvial. También es importante considerar medidas adicionales, como la implementación de sistemas de filtración y purificación del agua, la educación y capacitación sobre el uso y mantenimiento de los sistemas de captación pluvial, y la exploración de otras fuentes de agua para garantizar un acceso seguro y sostenible al agua potable. Con una implementación y una gestión adecuadas, los sistemas de captación de agua pluvial pueden ser una solución valiosa para mejorar el acceso al agua y fomentar la cultura del uso responsable del recurso hídrico en las comunidades.

La participación ciudadana es un factor clave en la implementación exitosa de sistemas de captación de aguas pluviales y en la promoción de la cultura del uso responsable del agua. Es importante involucrar a la comunidad en todas las etapas del proceso, desde la planificación hasta la instalación y el mantenimiento de los sistemas.

Las secretarías del medio ambiente a nivel nacional también tienen un papel importante en la sensibilización social sobre el uso responsable del agua y la promoción de tecnologías sostenibles, como los sistemas de captación de aguas pluviales. Estas secretarías pueden colaborar con las comunidades para organizar campañas de educación y capacitación sobre la importancia del agua y cómo utilizarla de manera eficiente y sostenible. También pueden proporcionar asesoramiento y apoyo técnico para la implementación de proyectos de captación de agua pluvial, lo que puede ayudar a garantizar que se implementen de manera efectiva y sostenible.

En general, la participación ciudadana y el apoyo de las secretarías del medio ambiente son elementos clave para garantizar que los sistemas de captación de aguas pluviales sean implementados de manera efectiva y sostenible, y que se promueva una cultura del uso responsable del agua en las comunidades. La sensibilización social y la educación son esenciales para cambiar los hábitos de consumo y fomentar el uso responsable del agua, lo que puede ayudar a preservar este recurso vital para las generaciones futuras.

Por otro lado, en las entrevistas se encontró que los usuarios de la etapa 2022 adoptan con confianza el uso del filtro de agua. Sin embargo, no cuentan con un control de potabilidad real y dependen de la calidad con la que cuidan su agua captada. En algunos casos, incluso llegan a depositar agua de la red y beberla del filtro mismo, lo que sugiere la necesidad de una educación adecuada sobre el mantenimiento y cuidado de los sistemas de captación de agua de lluvia.

Eje físico-territorial

La consulta sobre los impactos del programa piloto de sistemas de captación de aguas pluviales en los primeros 18 meses de su implementación mostró que se han identificado algunas limitaciones, como la falta de consideración de factores climatológicos y la necesidad de considerar los requisitos constructivos de las viviendas. Es esencial analizar críticamente estos factores y tomar medidas adecuadas para asegurar la sostenibilidad y el éxito del sistema. Además, se encontró que los factores considerados para la definición de un hogar objetivo son diversos y buscan seleccionar aquellos hogares que tengan una alta probabilidad de éxito en la instalación y uso efectivo del sistema. Los hallazgos de esta consulta deben ser considerados en futuros proyectos de instalación de sistemas de captación de agua pluvial para garantizar la sostenibilidad y eficacia de estos sistemas.

Continuando con las limitaciones de los factores considerados para la definición de un hogar objetivo para la instalación de sistemas de captación pluvial, es necesario mencionar que la selección de hogares dentro de los polígonos participantes puede generar exclusiones injustas de hogares en áreas cercanas que también podrían beneficiarse del sistema de captación de agua pluvial.

Además, la necesidad de una visita técnica puede generar demoras en el proceso de instalación, lo que podría desalentar la participación de algunos hogares interesados en el sistema de captación de agua pluvial.

Por otro lado, la falta de consideración de algunos factores socioeconómicos, como la situación financiera de los hogares, podría limitar el acceso a los beneficios del sistema de captación de agua pluvial para aquellos hogares que no tienen los recursos para adaptar o construir una superficie plana y nivelada en el sitio de instalación del tinaco o que no pueden costear gastos posteriores como el reemplazo de la bomba hidroneumática.

Aunque los factores considerados para la definición de un hogar objetivo para la instalación de sistemas de captación pluvial son diversos y tienen una función importante en la selección de hogares con alta probabilidad de éxito en la instalación y uso efectivo del sistema, también es necesario considerar y abordar las limitaciones y posibles exclusiones injustas que pueden surgir de estos factores. Es importante seguir evaluando y mejorando los criterios de selección para garantizar que los beneficios del sistema de captación de agua pluvial sean accesibles y equitativos para toda la comunidad.

Los sistemas de captación pluvial pueden ser una herramienta útil para mitigar el impacto de las inundaciones, especialmente en zonas urbanas con una alta densidad de población y poco espacio disponible para la construcción de infraestructuras de gran escala.

Estos sistemas pueden incluir desde simples medidas como la instalación tinacos de recolección de agua de lluvia en los hogares, hasta sistemas más complejos de captación y almacenamiento de agua en grandes superficies, como parques o plazas públicas.

La clave para el éxito de estos sistemas es la capacidad de almacenamiento. Cuanto más grande sea el sistema, más agua se podrá recolectar y almacenar, lo que permitirá reducir el volumen de agua que llega a los sistemas de drenaje y alcantarillado y, por tanto, disminuir el riesgo de inundaciones.

Además, estos sistemas pueden ser una solución rentable y sostenible para la gestión del agua en las ciudades, ya que permiten el uso de agua de lluvia para tareas no potables, como el riego de jardines o la limpieza de calles, lo que reduce la demanda de agua potable y, por tanto, disminuye el impacto ambiental y el costo de los servicios públicos.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de estos sistemas requiere de un enfoque integral y coordinado, que involucre a diferentes actores, como los gobiernos locales, los residentes, las empresas y los grupos comunitarios, para garantizar la viabilidad técnica y financiera, así como la aceptación y la participación de la comunidad.

Eje jurídico normativo

En este estudio de caso se estudió la viabilidad y las lecciones aprendidas de la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia, y se exploró la cuestión de qué impactos tuvo el programa piloto en sus primeros 18 meses. A través de la revisión de documentos relevantes y políticas públicas a nivel federal, estatal y municipal, se concluyó que existe un marco regulatorio adecuado para la implementación a largo plazo de sistemas de captación de agua de lluvia. Sin embargo, aún existen retos y limitaciones que deben abordarse para asegurar su viabilidad a largo plazo, como la falta de información y de financiamiento para su implementación y mantenimiento.

A pesar de estos retos, la implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia es una solución viable y sostenible para garantizar el acceso a agua limpia y segura en zonas donde la escasez de agua es un problema. El estudio también identificó a los actores clave implicados en la aplicación del programa y cómo se generó la sensibilización sobre la importancia de la recolección de agua de lluvia. Este hallazgo es esencial porque puede ser útil para la implementación de programas similares en otras áreas. Sin embargo, es necesario evaluar cada situación individualmente, teniendo en cuenta las posibles limitaciones y problemas relacionados con la implementación del programa.

La colaboración entre las distintas organizaciones implicadas en el proyecto fue clave para su éxito, y se recomienda seguir trabajando en la identificación y colaboración con otros actores relevantes para lograr un impacto más significativo y sostenible en la gestión del agua en la zona. En general, los sistemas de recolección de agua de lluvia pueden desempeñar un papel esencial para garantizar el acceso al agua en zonas con escasez de agua, y es necesario trabajar para lograr su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

5. Referencias Consultadas

- Agua.org.mx. (25 de marzo de 2013). *Descartan segundo acueducto de Chapala a Guadalajara*. Obtenido de Agua.org.mx: <https://agua.org.mx/descartan-segundo-acueducto-de-chapala-a-guadalajara/>
- Anaya Garduño, M. (2011). *Captación del agua de lluvia. Solución caída del cielo*. México: Colegio de Postgraduados.
- Área Metropolitana De Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco. (12 de Julio de 2022). Obtenido de Gobierno del Estado de Jalisco: <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/guadalajara>
- Ausubel, D. (1976). *Psicología Educativa*. Mexico: Trillas.
- Barajas, D. (11 de marzo de 2021). No llegan las pipas de agua en Mesa de los Ocotes en Zapopan. *Política*.
- Capital Sustentable. (2017). *Calculadora para el aprovechamiento de lluvia*. Obtenido de Capital Sustentable: <https://capitalsustentable.shinyapps.io/calculadora/>
- Club de Roma. (1972). *Limites del crecimiento*. Nueva York: Potomac Associates.
- CONAGUA. (22 de marzo de 2015). *Cuidemos y valoremos el agua que mueve a México*. Obtenido de CONAGUA: https://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/carrera_agua_2015.pdf
- CONAGUA. (Abril de 2016). *Lineamientos técnicos*. Obtenido de Sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda: <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/CONAGUA-2016.-Lineamientos-t--cnicos-Sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-con-fines-de-abasto-de-agua-pitable-a-nivel-vivienda.-.pdf>
- CONAGUA. (31 de enero de 2017). *Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnias en Zonas Rurales*. Obtenido de Gobierno de Mexico: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-para-captacion-de-agua-de-lluvia-y-ecotecnias-en-zonas-rurales-procaptar>
- CONAGUA. (2019). *Estadísticas del Agua en México 2019*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (17 de Septiembre de 2020). *GeoVisor de Acuíferos*. Obtenido de Disponibilidad Media Anual Acuíferos: <https://sigaims.conagua.gob.mx/dma/acuíferos.html>
- CONAGUA. (s.f.). *Terminología*. Obtenido de CONAGUA: <https://app.conagua.gob.mx/spr/glosario.html>
- CONEVAL. (7 de febrero de 2017). *Terminos de Referencia de evaluaciones de Diseño, Consistencia y Resultados, y Procesos*. Obtenido de CONEVAL: https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/MDE/Documents/TDR_Disenio.pdf
- COPLADE. (2019). *Lineamientos Para La Evaluación Interna 2019 De Los Programas Sociales De La Ciudad De México*. Obtenido de Evalua CDMX: https://www.evalua.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Evaluacion/LAI_19.pdf
- De Leon Melendrez, I. (22 de marzo de 2022). *Abandonan cisternas comunitarias en Zapopan; esperan “no volver a usarlas”*. Obtenido de UDG TV: <https://udgtv.com/noticias/abandonan-cisternas-comunitarias-zapopan-esperan-no-volver-usarlas/>

- de Sá Silva, A., Perella, J., Bimbato, A., & Nogueira, M. (2021). *Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems*. São Paulo: Sustainable Cities and Society.
- Diario Oficial de La Federación. (30 de diciembre de 2020). *Programa Nacional Hídrico 2020-2024*. Obtenido de Diario Oficial de La Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0
- Espíndola, A. G. (5 de mayo de 2022). *Nidos de lluvia: Solicitan evaluación técnica a tanques previo al temporal*. Obtenido de El Informador: <https://www.informador.mx/jalisco/Nidos-de-lluvia-Solicitan-evaluacion-tecnica-a-tanques-previo-al-temporal-20220505-0129.html>
- Fondo Monetario Internacional. (29 de septiembre de 2016). *El FMI y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Fondo Monetario Internacional: <https://www.imf.org/es/About/Factsheets/Sheets/2023/IMF-Sustainable-development-goals-SDGs>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (abril de 2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Gobierno de Zapopan. (2018a). *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza*. Obtenido de Planeación y Desarrollo - Gobierno Municipal de Zapopan: <https://plan.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2022/09/mapa/pdf2018/120.pdf>
- Gobierno de Zapopan. (2018b). *Zapopan Estrategia Territorial para la Prosperidad Urbana 2030*. Zapopan: Gobierno de Jalisco.
- Gobierno de Zapopan*. (14 de junio de 2019). Obtenido de Gaceta Municipal: <https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2020/06/PMDG2018-2021.pdf>
- Gobierno de Zapopan. (12 de junio de 2020). Alista Zapopan obras y labores de prevención para la mitigación de inundaciones. *Noticias*.
- Gobierno de Zapopan. (13 de junio de 2022). *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza*. Obtenido de zapopan.gob: https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2022/06/Gaceta_Vol_XXIX_No_104_opt.pdf
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2018). *Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza*. Obtenido de Gobierno de Jalisco Planes Municipales: <https://plan.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2022/09/mapa/pdf2018/120.pdf>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2020a). *Area Metropolitana de Guadalajara*. Obtenido de Gobierno del Estado de Jalisco: <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/guadalajara>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2020b). *Nido De Lluvia, Una Nueva Forma De Abastecimiento De Agua En Jalisco*. Obtenido de Gobierno del Estado de Jalisco: <https://www.jalisco.gob.mx/es/gobierno/comunicados/nido-de-lluvia-una-nueva-forma-de-abastecimiento-de-agua-en-jalisco>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (13 de julio de 2021). *Arranca Nido de Lluvia, programa para abasto de agua en la Mesa Colorada con captación de agua pluvial*. Obtenido de Gobierno del Estado de Jalisco: <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/129134>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2021). *El Acuaférico Mejora De Forma Estratégica La Distribución Y Presión De Agua Para Las Colonias Del Poniente Y Norponiente Del Amg*. Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco.

- Gobierno del Estado de Jalisco. (23 de Marzo de 2022). *Plan Estatal de Desarrollo de Jalisco*. Obtenido de Transparencia Jalisco: <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/transparencia/informacion-fundamental/9583>
- Gobierno del Estado de Jalisco. (22 de marzo de 2022). *Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo Jalisco 2018-2024 Visión 2030 Actualización*. Obtenido de Gobierno de Jalisco: <https://seplan.app.jalisco.gob.mx/biblioteca/archivo/verDocumento/1969>
- Hira Mandal, B. (septiembre de 2014). Construction and Evaluation of RainwaterHarvesting System for Domestic Use in a Remote andRural Area of Khulna, Bangladesh. Khulna, Jessore, Bangladesh.
- IMDEC. (2009). *Presa el Zapotillo*. Obtenido de Irregularidades y contradicciones de un proyecto,dignidad y resistencia de las comunidades.: <https://cepad.org.mx/wp-content/uploads/2020/03/2009-6-Presa-El-Zapotillo.pdf>
- IMEPLAN. (2023). <https://sigmetro.imeplan.mx/login>. Obtenido de SIG metro: <https://sigmetro.imeplan.mx/login>
- IMTA. (30 de Julio de 2017). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático: <https://www.gob.mx/imta/documentos/atlas-de-vulnerabilidad-hidrica-en-mexico-ante-el-cambio-climatico-167655>
- INEGI. (2016). *Clasificación mexicana de planes de estudio por campos de formación académica*. México: INEGI.
- INEGI. (2020a). *Indicadores*. Obtenido de INEGI: <https://en.www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=00#tabMCCollapse-Indicadores>
- INEGI. (2020b). *Información por entidad*. Obtenido de Superficie: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/jal/territorio/default.aspx?tema=me&e=14>
- INEGI. (2020c). *Información por entidad*. Obtenido de Viviendas: https://inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Vivienda_Vivienda_01_9407106d-3e99-48bc-b3c4-09d279b3fd43
- INEGI. (2020d). *Subsistema de Información Demográfica y Social*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#documentacion>
- Instituto de Astronomía y Meteorología. (noviembre de 2022). *PERSPECTIVA METEOROLÓGICA DE JALISCO PARA EL MES DE NOVIEMBRE2022*. Obtenido de CUCEI IAM: <http://iam.cucei.udg.mx/noticia/perspectiva-meteorologica-de-jalisco-para-el-mes-de-noviembre2022>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica. (14 de febrero de 2021). *Análisis de los principales resultados del censo 2020 de las áreas metropolitanas de Jalisco, 2010-2020*. Obtenido de IIEG: <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2021/02/AMG.pdf>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica. (agosto de 2021). *Zapopan Diagnostico Municipal*. Obtenido de IIEG: <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2021/10/Zapopan.pdf>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica. (23 de febrero de 2023). *Principales Resultados del Índice de Desarrollo Humano (IDH) 2010-2020*. Obtenido de IIEG: <https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2023/02/ÍndiceDesarrolloHumano2020.pdf>
- Isla Urbana. (2021). *Requerimientos*. Obtenido de Isla Urbana: <https://islaurbana.mx/requerimientos/>
- La Prospective. (s.f.). *Metodos de prospectiva*. Obtenido de La prospective: <http://es.lapropective.fr/Metodos-de-prospectiva/Los-programas/67-Micmac.html>

- MarketDataMexico. (s.f.). *Perfil sociodemográfico: Colonia La Mesa Colorada Poniente, Zapopan, en Jalisco*. Obtenido de Market Data Mexico: <https://www.marketdatamexico.com/es/article/Perfil-sociodemografico-Colonia-La-Mesa-Colorada-Poniente-Zapopan-Jalisco>
- Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (8 de abril de 2022). *Datos Históricos de la Calidad del Aire*. Obtenido de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial: <https://aire.jalisco.gob.mx/Dhistoricos>
- Milenio. (18 de marzo de 2021). Implementan plan de suministro de agua para Área Metropolitana de Guadalajara. *Milenio*.
- ONU. (28 de Julio de 2010). *El derecho Humano al agua y al saneamiento*. Obtenido de United Nations: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf
- ONU. (26 de enero de 2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico. (2021). *Boletín Hidrometeorológico*. Guadalajara: CONAGUA.
- Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico. (2022). *Boletín Hidrometeorológico*. Jalisco: CONAGUA.
- Perspectiva meteorologica Jalisco*. (Noviembre de 2022). Obtenido de IAM CUCEI: <http://iam.cucei.udg.mx/noticia/perspectiva-meteorologica-de-jalisco-para-el-mes-de-noviembre2022>
- Presidencia de la República. (30 de abril de 2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Obtenido de Lopez Obrador: <https://lopezobrador.org.mx/wp-content/uploads/2019/05/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2019-2024.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (marzo de 2014). *Índice de Desarrollo Humano Municipal en México*. Obtenido de UNDP: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/mx/UNDP-MX-PovRed-IDHmunicipalMexico-032014.pdf>
- Ramírez Lara, E. (2010). *Chemical composition of rainwater in northeastern México*. México: Atmósfera.
- Salinas López, J. C., Cavazos González, R. A., & Vera Herrera, J. A. (2016). *Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en la Zona Metropolitana de Monterrey*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2019a). *Evaluación Interna del Programa*. Obtenido de SEDEMA: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/scall-evaluacion-internavf.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2019b). *Evaluación Interna del Programa: Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas de la Ciudad de México*. Ciudad de México: SEDEMA.
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2020). *Evaluación Interna del Programa: Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas de la Ciudad de México*. Ciudad de México: SEDEMA.

- Serrano, S. (2021 de marzo de 2021). *Guadalajara: Extracción de agua, con inconsistencias*. Obtenido de Agua.org: <https://agua.org.mx/guadalajara-extraccion-de-agua-con-inconsistencias-ntr-guadalajara/>
- SIAPA. (6 de junio de 2020). *Noticias Jalisco*. Obtenido de Gobierno del Estado de Jalisco: <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/103252>
- SIAPA. (6 de abril de 2020). *Sala de Prensa*. Obtenido de SIAPA: <https://www.siapa.gob.mx/prensa/siapa-apoya-con-pipas-gratuitas-colonias-de-zapopan-como-parte-del-plan-jalisco-covid-19>
- SIAPA. (4 de junio de 2020). *Siapa Apoya Con Pipas Gratuitas A Colonias De Zapopan Como Parte Del Plan Jalisco Covid-19*. Obtenido de Gobierno del Estado de Jalisco: <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/103252>
- SIAPA. (2020a). *Informe de Actividades y Resultados*. Guadalajara: SIAPA.
- SIAPA. (2020b). *MATRIZ DE INDICADORES PARA RESULTADOS*. Guadalajara: SIAPA.
- SIAPA. (2020c). *Resolutivo tarifario*. Jalisco: SIAPA.
- SIAPA. (2021). *¿Qué está pasando con el agua en el AMG?* Obtenido de Plan de Suministro rotatorio de agua potable en el AMG: <https://siapa.gob.mx/suministro>
- UdeG. (16 de marzo de 2023). *Noticias UdeG*. Obtenido de Universidad de Guadalajara: <http://www.gaceta.udg.mx/desperdicia-amg-el-agua-de-lluvia-equivalente-a-227-veces-el-estadio-jalisco/#:~:text=Desperdicia%20AMG%20el%20agua%20de%20lluvia%20equivalente%20a%20227%20veces%20el%20Estadio%20Jalisco,-Acad%C3%A9mico%20del%20CUAAD&text=Sobre%20las%2>
- UN. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oslo: UN.
- UNESCO. (2000). *Clasificación Barros Sierra*. Mexico: UNESCO.
- UNICEF. (29 de agosto de 2016). *La búsqueda de agua es a menudo una pérdida de tiempo colosal para las mujeres y las niñas, dice UNICEF*. Obtenido de UNICEF: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/la-b%C3%BAsq-ueda-de-agua-es-menudo-una-p%C3%A9rdida-de-tiempo-colosal-para-las-mujeres-y>
- Weather Spark. (2021). *El clima y el tiempo promedio en todo el a\u00f1o en Zapopan M\u00e9xico*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/3832/Clima-promedio-en-Zapopan-M\u00e9xico-durante-todo-el-a\u00f1o>

6. Anexos

Entrevista Estructurada

Coordinación General Estratégica de Gestión Territorial Jalisco.

Funcionarios

Coord. Patricia Martínez

Mtro. Jacob Ramiro Reynoso Delgadillo

Presentación

¿Cómo se diseñó?

¿Desde dónde empezó la planeación?

¿Cómo empezó la planeación del programa?

¿Qué problemáticas busca resolver este proyecto? / ¿Cuál es el contexto de la problemática que busca atender?

¿Cuál es su uso en temporada de estiaje?

¿Por qué se optó por intervenir primero la colonia de Mesa Colorada Poniente?

¿Qué acciones se realizaron anteriormente por ese problema? (abastecimiento de agua en mesa colorada)

¿Cómo se eligió a Isla Urbana como instalador experto del sistema? (¿Hubo algún proceso de licitación? ¿Se co-diseño con isla urbana?)

¿Cómo se operó?

Cierre

Entrevistas semiestructuradas

Beneficiarios del programa en Colonias Mesa Colorada Oriente, Mesa Colorada Poniente, Mesa de los Ocotes, Villas de Guadalupe.

¿Cómo ha sido su utilización y funcionamiento posterior a la temporada de lluvias?

¿En qué año fue instalado su sistema de captación pluvial

¿Cuenta con filtro para potabilizar el agua?

¿Conecto el sistema de captación pluvial a su agua SIAPA?

¿Qué agua utiliza para su sistema de potabilización? (provisto en programa 2022)

¿Seleccionó usted la ubicación de su tinaco o se asignó directamente por los técnicos?

¿Se consideraron sus opciones de sitio para la instalación del tinaco?

¿Estuvo de acuerdo con el sitio de instalación?

¿Apoyo o brindo materiales para la instalación/ se les pidió alguna colaboración?

¿Se les capacito en cuanto a su mantenimiento?

¿Qué le parece las actividades paulatinas encomendadas a realizar posterior a la instalación?

¿Quién realiza las actividades paulatinas encomendadas a realizar posterior a la instalación?

¿Cómo se les capacito en cuanto al suceso imprevisto de una pieza rota o un malfuncionamiento del sistema?

¿Capacitación en cuanto al uso del filtro de agua potable (2022)?

¿Posterior a cuantas lluvias se llena el tinaco?

¿Cuál fue el proceso de selección para poder aplicar a este beneficio?

- ¿Qué documentación requirió para poder aplicar?
- ¿Con que sistema de almacenamiento contaba antes?
- ¿Contaba con servicio municipal de agua antes del beneficio?
- ¿Era errático este servicio municipal?
- ¿Prefiere agua de la red o de la lluvia?
- ¿Qué superficie está captando al agua de lluvia actualmente?
- ¿Estaría dispuesto a reubicar el tanque?
- ¿Se le entregó alguna carta de recepción, o entrega?
- ¿Sabe que puede y no puede hacer con el sistema?
- ¿Cuánto llena una lluvia el tinaco?
- ¿Cuánto tiempo le dura el tinaco lleno?
- ¿Cuánto consumían antes?
- ¿Lo que capta satisface su consumo actual?
- ¿Cómo usa su tloaque (captador de primeras lluvias)?
- ¿Se les explicó también como funcionaba el captador de primeras lluvias?
- ¿Capacitación sobre uso, duración y limpieza de filtros?
- ¿Aprovechamiento del desagüe del tinaco?
- ¿Aprovechamiento de la bomba hidroneumática?
- ¿Purga de bomba hidroneumática?
- ¿Utilización del agua captada?

¿Qué tan satisfecho está con su sistema?

¿Ventajas del sistema?

¿Cada cuánto recibe agua de SIAPA?

¿Actualmente utiliza su sistema de captación pluvial?

¿Calidad del agua de lluvia vs calidad del agua de SIAPA?

¿Metros cuadrados de superficie de captación?

¿Capacitación en cuanto a cloración?

¿Utilización en temporada no lluviosa?

¿Servicios de pipas privadas y gratuitas?

¿Capacitación en cuanto a tiempo de almacenamiento?

¿Limpieza del tinaco en sí?

¿Cómo extraen agua del tinaco?

¿Daños o averías que haya tenido en el sistema?

Cuestionarios electrónicos

I.- Impacto Nido de Lluvia

¿Es usted beneficiario del programa Nido de Lluvia?

¿Cómo se enteró de este programa?

¿Dentro de cuál colonia se encuentra su vivienda?

¿Cuántas personas viven en su vivienda?

¿Cuántas personas en la vivienda, viven en estado de vulnerabilidad (vejez, enfermedad, discapacidad u otro)?

¿De qué material es la mayor parte del techo de su vivienda?

¿Qué espacio de su vivienda le destinó al tinaco de su nido de lluvia?

En su vivienda consiguen agua de...

¿Cuántos días a la semana llega el agua a su vivienda?

¿Cómo usa el sistema cuando no es temporada de lluvias?

¿Qué tipo de capacitación se recibió para el mantenimiento del equipo? (especifique)

Quejas, sugerencias y mejoras para este programa

II.- Necesidades de agua en Colonias de las Mesas

¿En cuál colonia se encuentra su vivienda?

¿Dónde almacena el agua de su vivienda?

¿Requiere pipas de agua para su vivienda?

¿Qué tan seguido pide pipas de agua?

¿En su vivienda almacenan agua de lluvia?

¿En dónde almacenan agua? (de lluvia o de red)

III.- Propuestas, cambios y mejoras Programa Nido de Lluvia

¿Cuenta usted con un nido de lluvia?

¿Captaba lluvia antes de 2021?

¿Comparte o compartía agua con sus vecinos o alguien cercano en su colonia?

¿Cuenta con bomba hidroneumática en su hogar?

¿Utiliza la bomba hidroneumática de su nido?

¿Cómo saca el agua de su nido o tinaco?

¿Cómo aprovecha el agua de lluvia actualmente?

¿Qué le cambiaría a la instalación de nido de lluvia?

Sugerencias

Actividades De Retribución Social

Jalisco a **25 de julio de 2023**

En cumplimiento a los compromisos establecidos en el numeral 8 “*LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL BECARIO, DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA DE PROGRAMA DEL POSGRADO POSTULANTE Y DEL CONACYT, CON MOTIVO DE LA ASIGNACIÓN DE LA BECA.*” el becario **Jean Paul Orendain Luna** con número de CVU **984160** beneficiado con una beca para obtener el grado de **Maestro** en el programa **Maestría En Ciudad Y Espacio Público Sustentable** que se imparte en **Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Occidente AC** realizó las actividades de retribución social que se enlistan en el documento anexo.

Las actividades de retribución social se realizaron durante el periodo **de 24 meses**, tiempo que el becario fue alumno regular de esta Institución.

Entre las actividades de retribución social que se realizaron, se encuentran las siguientes:

Actividad 1. Seminario de Manejo Recursos Hídricos: Disponibilidad y Reúso en Latinoamérica.

Descripción de la actividad:

En la ponencia titulada "Cosecha de agua de lluvia en viviendas de Guadalajara," presentada por el Mtro. Francisco Álvarez Partida, tuve la oportunidad de desempeñar un papel destacado como investigador colaborador. Mi contribución se centró en proporcionar información relevante y valiosa para enriquecer el contenido de la ponencia. Durante el proceso de investigación, aporté datos, análisis y resultados obtenidos a partir de mis estudios y evaluaciones sobre la temática de captación pluvial en viviendas. Como investigador, mi labor consistió en recopilar y analizar datos sobre el comportamiento de sistemas de captación de agua de lluvia en diferentes viviendas de Guadalajara. Mediante la evaluación de distintos casos, pude brindar al Mtro. Francisco Álvarez Partida información sólida y fundamentada sobre la eficacia y viabilidad de estas tecnologías en el contexto específico de la ciudad. Además, mi investigación me permitió identificar ventajas y desafíos asociados con la implementación de sistemas de cosecha de agua de lluvia, ofreciendo un enfoque más completo y holístico para la ponencia.

Mi aportación como investigador en la ponencia del Mtro. Francisco Álvarez Partida consistió en brindar un sustento científico y técnico sólido mediante el análisis de datos, la presentación de resultados y la creación de material visual, con el fin de enriquecer el contenido y lograr una presentación coherente y fundamentada sobre la cosecha de agua de lluvia en viviendas de Guadalajara.

Fecha de inicio:

12 de septiembre, 2022

Fecha de término:

2 de octubre 2022

Institución en la que se realizó la actividad:

Deutscher Akademischer Austausch Dienst German Academic Exchange Service

Nombre del responsable de supervisar la actividad:

Mtro. Francisco Álvarez Partida

Datos de contacto del responsable de la actividad:

correo electrónico: falvarez@iteso.mx

Descripción del impacto social de la actividad:

Mi actividad como investigador en la ponencia contribuyó a generar un impacto social al aumentar la conciencia sobre el uso sostenible del agua, promover prácticas amigables con el medio ambiente, apoyar la formulación de políticas públicas y mejorar la calidad de vida de las comunidades al aprovechar de manera responsable un recurso vital como es el agua de lluvia.

ITESO

27 noviembre 2023

A quien corresponda:

Por la presente, constato que Jean Paul Orendain Luna colaboró en la ponencia que se presentó en el Seminario de expertos en Manejo de Recursos Hídricos: Disponibilidad y Reúso en Latinoamérica, titulada "Cosecha de agua de lluvia en viviendas de Guadalajara.", que se llevó a cabo en Guadalajara, Jalisco del 3 al 7 de octubre del 2022. Durante su participación, se desempeñó como investigador colaborador, aportando datos, análisis y resultados significativos obtenidos de estudios y evaluaciones sobre la captación pluvial en viviendas de Guadalajara.

La labor de Jean Paul consistió en recopilar y analizar datos sobre el comportamiento de sistemas de captación de agua de lluvia en diversas viviendas, proporcionando información sólida y fundamentada sobre la eficacia y viabilidad de estas tecnologías en el contexto específico de la ciudad. Su investigación también identificó ventajas y desafíos asociados con la implementación de sistemas de cosecha de agua de lluvia, ofreciendo así un enfoque integral para la ponencia.

La contribución de Jean Paul como investigador fue vital para enriquecer el contenido de la ponencia, brindando un sustento científico y técnico mediante el análisis de datos, la presentación de resultados y la creación de material visual.

Quedo a disposición para cualquier aclaración adicional que pueda requerirse.

Atentamente,



Mtro. Francisco Alvarez Partida