

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**EVALUACIÓN DE DISPOSITIVOS AHORRADORES DE AGUA PARA
USO HABITACIONAL EN LA CD. DE CHIHUAHUA**

POR:

ING. CARLOS EVER CASTELLANOS DELGADO

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA EN HIDROLOGÍA**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HUMBERTO SILVA HIDALGO

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

NOVIEMBRE DE 2023



Evaluación de dispositivos ahorradores de agua para uso habitacional en la Cd. de Chihuahua. Tesis presentada por Carlos Ever Castellanos Delgado como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en ingeniería en hidrología superficial, ha sido aprobado y aceptado por:

M.I. Fabián Vinicio Hernández Martínez
Director de la Facultad de Ingeniería

Dr. Fernando Martínez Reyes
Secretario de Investigación y Posgrado

M.I. Miguel Ángel González Núñez
Coordinador(a) Académico

Dr. Humberto Silva Hidalgo
Director(a) de Tesis

Noviembre 2023

Fecha

COMITÉ

Dr. Humberto Silva Hidalgo

M.I. Raúl López Corzo

Dr. Adán Pinales Mungia

Dra. Socorro Espino Valdés



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

30 de noviembre de 2023.

ING. CARLOS EVER CASTELLANOS DELGADO
Presente. -

En atención a su solicitud relativa al trabajo de tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Hidrología, nos es grato transcribirle el tema aprobado por esta Dirección, propuesto y dirigido por el director **Dr. Humberto Silva Hidalgo** para que lo desarrolle como Tesis, con el título **“EVALUACIÓN DE DISPOSITIVOS AHORRADORES DE AGUA PARA USO HABITACIONAL EN LA CD. DE CHIHUAHUA”**.

Índice de Contenido

1 Introducción.

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Alcances y objetivos
 - 1.2.1 Objetivo general
 - 1.2.2 Objetivos específicos
- 1.3 Justificación
- 1.4 Metodología

2 Dispositivos ahorradores de agua a nivel intradomiciliario

- 2.1 Tipos de dispositivos ahorradores para instalaciones habitacionales
 - 2.1.1 Tipos de dispositivos descritos en manuales técnicos
 - 2.1.2. Tipos de dispositivos descritos en especificaciones de mercado
- 2.2 Equipos electrodomésticos y equipos de enfriamiento
- 2.3 Normatividad para dispositivos ahorradores de agua y equipos

3 Marco teórico

- 3.1 Conceptos básicos
- 3.2 Aplicación teórica y técnica de los conceptos básicos
- 3.3 Disponibilidad de agua



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

4 Prueba en laboratorio y en viviendas del uso de dispositivos ahorradores de agua

4.1 Diseño de la prueba de dispositivos ahorradores

4.1.1 En laboratorio

4.1.2 En viviendas

4.2 Prueba de dispositivos ahorradores en laboratorio y análisis de resultados

4.3 Prueba de dispositivos ahorradores en casas-habitación y análisis de resultados

5 Análisis y evaluación del efecto del uso de dispositivos ahorradores masivo en la ciudad de Chihuahua

5.1 Marco físico

5.1.1 Ubicación de la zona de estudio

5.1.2 Clima en la ciudad de Chihuahua

5.1.3 Disponibilidad de agua

5.1.3.1 Agua superficial

5.1.3.2 Agua subterránea

5.1.4 Zonificación de la ciudad de Chihuahua

5.2 Consumo teórico de agua potable en condición actual en la ciudad de Chihuahua

5.3 identificación del potencial del uso de dispositivos ahorradores en la ciudad de Chihuahua

5.4 Consumo de agua potable empleando dispositivos ahorradores en la ciudad de Chihuahua

5.5 Evaluación del efecto de dispositivos ahorradores en términos de disponibilidad de agua



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

5.6 Reflexión en cuanto al costo-beneficio de los dispositivos ahorradores a nivel
domiciliar

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

6.2 Recomendaciones

Bibliografía

ATENTAMENTE

"naturam subiecit aliis"

EL DIRECTOR

**M.I. FABIÁN VINICIO HERNÁNDEZ
MARTÍNEZ**

**FACULTAD DE
INGENIERÍA
U.A.CH.**



DIRECCIÓN

**SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO**

DR. FERNANDO MARTÍNEZ REYES

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada con gratitud a mi familia, amigos y compañeros, así como a todos los jóvenes con el sueño de realizar investigación. También, va dirigida al avance en la investigación y al progreso de nuevas técnicas que permitan optimizar el uso del recurso hídrico en todas las comunidades donde sea aplicable. El propósito es contribuir a una gobernanza del agua eficiente que logre distribuir su uso de manera equitativa, mejorando así la calidad de vida tanto de los usuarios actuales, como de los nuevos usuarios.

Agradecimientos

A Dios:

Gracias Dios por darme el regalo de la vida, la fuerza y la voluntad para cada día poder desempeñarme mejor como persona, incluso en los días más duros donde todo parecía incierto me acompañaste, fuiste paciente conmigo, por esto y por la gran vida que me ha otorgado te doy gracias.

A mis padres:

Agradezco a mi padre Ricardo Castellanos Iribarren y mi madre Victoria Delgado Campos por brindarme tanto amor, cuidado, guía y acompañamiento desde el principio de mi vida, reconozco y admiro que su esfuerzo hacia mí siempre ha estado presente en muchas formas y es así como gracias a ustedes he tenido los conocimientos, medios y consejos para conseguir todo por lo que he trabajado. Gracias por todo.

A mis hermanos:

Gracias, hermano Ricardo Castellanos Delgado y gracias hermana Victoria Anahí Castellanos Delgado por cuidarme desde siempre, velar por mi bienestar y siempre desearme lo mejor, gracias por sus consejos, por su acompañamiento y por apoyarme en lo que es importante para mí.

A mis maestros:

Agradezco y externo mi respeto a todos mis maestros que a lo largo de mi formación profesional han brindado su saber, experiencia e incluso amistad haciendo de mi un profesional mas integro. Comienzo con mi director de tesis el Dr. Humberto Silva Hidalgo donde le agradezco su acompañamiento en mi formación profesional desde hace ya algunos años tanto en licenciatura como en posgrado, siempre demostrando disponibilidad, empatía y mucha paciencia.

A mis asesores Dr. Adán Pinales Mungia, Dra. María Socorro Espino Valdés y M.I. Raúl López Corzo, les agradezco que aceptaran participar en esta investigación y me brindaran toda la disposición, consejo y acompañamiento con el cual pude encontrar conocimiento de alto valor que me permitió nutrir esta investigación tanto como mejorar aspectos profesionales en mí.

Agradezco al M.I. Adrián Isaac Orpinel Ureña por su incentivación en todos estos años en mi desarrollo profesional, gracias por animarme a vivir esta experiencia.

Gracias M.I. Heber Elías Chávez Chávez por brindarme acceso y guía a las instalaciones del laboratorio de hidráulica de la Facultad de ingeniería.

También agradezco al M.I. Miguel Ángel González Núñez por apoyarme a ingresar, mantenerme y terminar este programa de posgrado siempre con buena disposición y paciencia.

Agradezco a todos los maestros con lo que tuve la oportunidad de cursar alguna materia, gracias por compartir su conocimiento y pasión por la investigación me quedo con grandes enseñanzas de ustedes.

Por último, agradezco a la Brigada de Servicio Social Vinculo Comunitario por sumarse en esta investigación y hacer cumplir “Juntamos lo que hay nuestras tierras”.

A mi familia y amigos:

Gracias Familia Pérez por acompañarme siempre desde mis inicios hasta el día de hoy su cariño y acompañamiento ha sido impulso para mí.

A mi novia Gisela gracias por tanto apoyo y comprensión en esta etapa de vida, gracias por impulsarme siempre a sacar lo mejor de mí.

Mis queridos amigos. Josué, Xander, Efraín, Rene, Viridiana, Fierro y Francisco. Les agradezco su amistad la cual me brindo fuerza para seguir adelante en mis sueños y metas. Mi respeto y aprecio a todos ustedes.

Agradezco a Terra tech y su líder M.I. Heber Aaron Martínez Portillo por apoyarme en mi formación profesional.

Resumen

La zona estudio corresponde a la ciudad de Chihuahua, siendo la capital de esta entidad federativa. En el estado de Chihuahua, el volumen concesionado es de alrededor de los 5,300 hm³ y el uso público urbano tiene destinado de este volumen al menos 491.5 hm³, que representa el 9.27% del total concesionado

Aunque el uso para abastecimiento público no es el que ocupa mayor volumen concesionado no deja de ser un tema de importancia, dado que es un indicador de bienestar y además se relaciona con otros indicadores socio económicos relevantes. Adicionalmente, se ha observado en algunas regiones con escasez natural del líquido, presentan servicio de agua potable intermitente, conocido como tandeo.

La ciudad de Chihuahua se encuentra en situación de déficit en tema de disponibilidad de agua en ambas fuentes de suministro siendo agua superficial y agua subterránea, lo que nos lleva la necesidad de tomar medidas mitigadoras del estrés hídrico que vive la zona sin importar el grado de participación que tengan a nivel global.

El uso de dispositivos ahorradores es un tema con gran potencial de desarrollo como alternativa para hacer un buen uso del servicio de agua potable. Por lo cual, es importante evaluar a detalle su impacto en el ahorro de volumen de agua, así como reflexionar en relación costo-beneficio.

Abstract

The study area corresponds to the city of Chihuahua, which is the capital of this federal entity. In the state of Chihuahua, the granted volume is around 5,300 hm³, and urban public use is allocated at least 491.5 hm³ from this volume, representing 9.27% of the total granted.

While public water supply is not the largest allocated volume, it remains an important issue, as it is an indicator of well-being and is also related to other relevant socio-economic indicators. Additionally, in some regions with natural water scarcity, intermittent water supply, known as rationing, has been observed.

The city of Chihuahua is in a deficit situation regarding water availability in both surface water and groundwater sources, leading to the need for mitigating measures for the water stress in the area, regardless of its global participation level.

The use of water-saving devices is a topic with significant development potential as an alternative to ensure responsible use of the potable water service. Therefore, it is important to thoroughly assess their impact as water volume savings and comment in relation to cost and benefits.

Índice de Contenido

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Resumen.....	VI
Abstract.....	VII
1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Alcances y objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general:	2
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación	4
1.4 Metodología	5
2 Dispositivos ahorradores de agua a nivel intradomiciliario.....	8
2.1 Tipos de dispositivos ahorradores para instalaciones habitacionales	8
2.1.1 Tipos de dispositivos descritos en manuales técnicos	8
2.1.2. Tipos de dispositivos descritos en especificaciones de mercado.....	10
2.2 Equipos electrodomésticos y equipos de enfriamiento	11
Tabla 1 Resultados de comparación de lavadoras según Profeco 2013.....	12
Tabla 2 Continuación de Resultados de comparación de lavadoras según Profeco 2013.	13

2.3 Normatividad para dispositivos ahorradores de agua y equipos	14
Tabla 3 Normatividad para dispositivos ahorradores de agua y equipos electrodomésticos	15
3 Marco teórico.....	16
3.1 Conceptos básicos.....	16
3.2 Aplicación teórica y técnica de los conceptos básicos	17
3.3 Disponibilidad de agua.....	19
4 Prueba en laboratorio y en viviendas del uso de dispositivos ahorradores de agua	21
4.1 Diseño de la prueba de dispositivos ahorradores	21
4.1.1 En laboratorio	21
Figura 1 Recipiente graduado con capacidad de 5 L.	22
Figura 2 Aforo de instalación existente sin dispositivo para regadera.....	23
Figura 3 Dispositivo regadera ahorradora	23
Figura 4 Aforo de instalación existente sin dispositivo para grifo	24
Figura 5 Dispositivo grifo ahorrador	24
Figura 6 Dispositivo pistola de jardín ahorradora	25
Figura 7 Regadera convencional no ahorradora	25
4.1.2 En viviendas.....	26
4.2 Prueba de dispositivos ahorradores en laboratorio y análisis de resultados	28

Tabla 4 Resultados de laboratorio para uso de regadera	28
Tabla 5 Resultados de laboratorio para uso de tarja	29
Tabla 6 Resultados de laboratorio para uso de pistola aspersora de jardín.....	29
4.3 Prueba de dispositivos ahorradores en casas-habitación y análisis de resultados	30
Figura 8 Consumo por persona de casa-habitación de los participantes del proyecto	31
Figura 9 Consumo por persona de casa-habitación de los participantes del proyecto en las que se instalaron dispositivos ahorradores	32
5.1 marco físico.....	33
5.1.1 Ubicación de la zona de estudio	33
Figura 10 Ubicación del área de estudio	34
5.1.2 Clima en la ciudad de Chihuahua.....	34
5.1.3 Disponibilidad de agua	35
5.1.3.1 Agua superficial.....	35
5.1.3.2 Agua subterránea.....	36
5.1.4 Zonificación de la ciudad de Chihuahua.....	36
Figura 11 Carta Síntesis para PDU 2040, Fuente IMPLAN (2009)	38
Tabla 7 Clasificación y áreas de los diferentes usos de suelo para la Carta Síntesis del PDU 2040 (2009).....	40
Tabla 8 Porcentaje de ocupación habitacional según el PDU 2040 (2009).....	41

Figura 12 Distribución de densidad habitacional	42
Tabla 9 Ocupación con respecto a la totalidad de la mancha urbana	43
Tabla 10 Ocupación con respecto al uso habitacional	43
Figura 13 Distribución de densidad habitacional por nivel socioeconómico	44
Figura 14 Histograma de frecuencias respecto a densidad habitacional	45
5.2 Consumo teórico de agua potable en condición actual en la ciudad de Chihuahua.....	46
5.3 identificación del potencial del uso de dispositivos ahorradores en la ciudad de Chihuahua.....	46
5.4 Consumo de agua potable empleando dispositivos ahorradores en la ciudad de Chihuahua.....	47
5.5 Evaluación del efecto de dispositivos ahorradores en términos de disponibilidad de agua	48
5.6 Reflexión en cuanto al costo-beneficio de los dispositivos ahorradores a nivel domiciliar.....	50
6 Conclusiones y recomendaciones.....	51
6.1 Conclusiones.....	51
6.2 Recomendaciones	53
Bibliografía	54

1 Introducción

1.1 Antecedentes

En la República Mexicana se tienen 13 Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA), las cuales se integran por agrupaciones de cuencas hidrológicas: es en estas regiones y a través de los Organismos de Cuenca que tiene lugar la gestión de los recursos hídricos (CONAGUA, 2018).

Para el año 2018, según el documento publicado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), llamado “Estadísticas del Agua en México Edición 2018” se da a conocer que en México el agua que se usa proviene en un 61% de fuentes de agua superficial y en un 39% de agua subterránea. Asimismo, se documenta que a nivel país, los usos del agua son del orden de 76% para el uso agrícola, 4.7% para la producción de energía eléctrica (no consuntivo), 14.4% para el abastecimiento público y 4.9% para usos industriales (CONAGUA, 2018).

La zona en estudio corresponde a la ciudad de Chihuahua, ubicada en el estado del mismo nombre, siendo la capital de esta entidad federativa. En el estado de Chihuahua, el volumen concesionado es de alrededor de 5,300 hm³ y el uso público urbano tiene destinado de este volumen al menos 491.5 hm³, que representa el 9.27% del total concesionado; mientras que el uso agrícola utiliza el 89.12%; el uso de generación de energía e industrial utilizan el 0.51% y el 1.08%, respectivamente (CONAGUA, 2018).

Aunque el uso para abastecimiento público no ocupa mayor volumen concesionado, es un tema de gran importancia, dado que es un indicador de bienestar y además se relaciona con otros indicadores socioeconómicos relevantes. Adicionalmente, se

ha observado en algunas regiones con escasez natural del líquido, presentan servicio de agua potable intermitente, conocido como tandeo (Tanyimboh & Templeman, 2010).

En el caso específico de la ciudad de Chihuahua, se presenta el servicio intermitente en el uso de agua potable desde 1980, pues es cuando la población aparentemente creció en el orden del 50%, lo que llevo al déficit del cumplimiento de la demanda del servicio (Rubén Sánchez, David Sánchez, Carmen Navarro, Carlos Mendoza, Luis Carillo, Manuel Altes, 2021).

El uso de dispositivos ahorradores es un tema con gran potencial de desarrollo como alternativa para hacer un buen uso del servicio de agua potable. Por lo cual, es importante evaluar a detalle su impacto tanto en el ahorro de volumen de agua, así como en el análisis de costo-beneficio.

1.2 Alcances y objetivos.

Con la finalidad de guiar la investigación se identificó un objetivo general, así como los objetivos particulares que permitirán alcanzar el primero; a continuación, se presentan.

1.2.1 Objetivo general:

Analizar los patrones de la demanda de agua mensual a nivel domiciliar en condiciones convencionales (sin dispositivos), así como con dispositivos ahorradores de agua, para establecer el efecto en términos de disminución del consumo de agua potable y funcionalidad de estos últimos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Hacer una revisión teórica de los diferentes dispositivos ahorradores de agua que se pueden instalar a nivel residencial.
- Hacer una revisión de normas internacionales y nacionales, referente a la elaboración de estos dispositivos ahorradores.
- Evaluar el grado de satisfacción mediante encuestas a los usuarios con el uso de dispositivos ahorradores.
- Relacionar el consumo de agua potable con el número de habitantes por residencia e incluso por el número o tipo de muebles sanitarios.
- Caracterizar las condiciones iniciales de las casas-habitación que participaran en la investigación para establecer una línea de referencia, que permita comprender su demanda de agua potable.
- Efectuar los análisis estadísticos pertinentes que permita conocer el patrón de la demanda de agua con dispositivos ahorradores o en ausencia de ellos.
- Evaluar el ahorro de agua a nivel mensual que fue posible alcanzar mediante el uso de dispositivos ahorradores a nivel residencial en las viviendas del estudio.

1.3 Justificación

En los últimos años, se ha observado una disminución per cápita del agua disponible en el mundo, debido al crecimiento de la población y de sus necesidades relacionadas con el consumo de agua. Lo anterior se manifiesta con mayor intensidad en zonas áridas y semiáridas, como es el norte de México, donde se ubica el estado de Chihuahua, en donde la escasez del recurso hídrico es inherente al medio físico. Lo anterior es evidente si consideramos que antes del año 2014 se tenía una disponibilidad per cápita de agua en Chihuahua 3,242 m³/habitantes /año, lo que para el año 2017 disminuyó a 3,180 m³/habitante /año (CONAGUA, 2015 y 2018).

Aunque estas estadísticas son inquietantes, lo son aún más si consideramos que en el norte del país, específicamente en la RHA 6, el agua renovable per cápita que se estimaba en el año 2017 era de 1,019 m³/habitante /año (CONAGUA, 2019).

Esta situación se manifiesta también en el hecho de que 48 de los 61 acuíferos identificados por la CONAGUA en territorio Chihuahuense, de acuerdo con la publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF) con fecha de 17/09/2020, dictamina que se encuentran en déficit (sobreexplotados), siendo el 78.68% de los acuíferos que se encuentran en esta situación.

La ciudad de Chihuahua se abastece principalmente de agua subterránea, procedente de los acuíferos: (1) El Sauz Encinillas, (2) Chihuahua - Sacramento y (3) Tabalaopa - Aldama, los cuales se encuentran en estado de déficit. Lo antes expuesto evidencia la necesidad de que la sociedad tome conciencia y mejor aún,

acción en establecer medidas para la preservación del agua y del medio ambiente, por lo que se considera pertinente llevar a cabo la presente investigación.

1.4 Metodología

La metodología que se estableció para desarrollar el presente trabajo se describe a continuación:

- 1) Análisis y recopilación de información: Se revisó y analizó la información relevante y pertinente que demande esta investigación.
- 2) Revisión de la normatividad de dispositivos ahorradores de agua a nivel residencial: Se revisaron las normas internacionales y nacionales referentes a la producción y usos de los dispositivos ahorradores.
- 3) Análisis teórico del nivel de cumplimiento de los dispositivos ahorradores de agua disponibles en el mercado con respecto a la normatividad: Se revisó la normatividad existente y se comparó con casos prácticos, en los que se hacía uso de los dispositivos ahorradores asequibles en la zona de estudio.
- 4) Se evaluaron en laboratorio de los dispositivos ahorradores que se utilizaran en la prueba piloto.
- 5) Se evaluó en laboratorio, bajo diferentes condiciones hidráulicas de operación, un grupo de dispositivos ahorradores que se emplean en una prueba piloto.
- 6) Prueba piloto para evaluar el funcionamiento de dispositivos de ahorro de agua en nivel de uso residencial mediante prestadores de servicio social:

Formar un equipo de trabajo con los prestadores de servicio social inscritos en esta actividad, determinar alcances y objetivos con los prestadores como dinámica de trabajo y encargar tareas según lo demande el proyecto.

- a) Los prestadores del servicio social deben mandar evidencia diaria (fotografía) de la lectura del medidor de agua potable con el que cuentan en la vivienda que van a monitorear. La evidencia debe ser estrictamente diaria y cada 24 horas sin excepción.
 - b) Los prestadores de servicio social deberán hacer un inventario y descripción de los muebles hidro-sanitarios que se presenten en la vivienda correspondiente de cada uno.
 - c) Deberán entregar un historial de consumos en volumen de agua de al menos un año de antigüedad.
 - d) Deberán llenar encuestas de satisfacción los que sean asignados con dispositivos ahorradores.
 - e) Realizar una prueba de posibles fugas en todas las viviendas a monitorear.
- 7) Analizar los resultados obtenidos de la prueba piloto.
- a) Construir un modelo de evolución de consumos en una hoja electrónica, la cual mostrará el consumo diario de cada una de las viviendas y diferenciará las viviendas con dispositivos ahorradores.
 - b) Comparar los consumos mensuales actuales con sus respectivos meses de ciclos pasados.
 - c) Caracterizar las demandas diarias por persona.
 - d) Caracterizar el promedio de muebles hidro-sanitarios de cada vivienda.

- e) Analizar el promedio de grado de satisfacción de los asignados con dispositivos ahorradores.
- f) Promediar el impacto de las respuestas en la encuesta realizadas.
- g) Evaluar el impacto tanto de los dispositivos ahorradores como de la ausencia de su utilización.

2 Dispositivos ahorradores de agua a nivel intradomiciliario

2.1 Tipos de dispositivos ahorradores para instalaciones habitacionales

Al no encontrarse una clasificación nacional de los distintos tipos de dispositivos ahorradores que pueden presentarse en la vivienda, se toma como punto de partida una clasificación propuesta por normas técnicas del estado de Querétaro y otra clasificación al mercado, que está ampliamente presente en gran parte del país y con la capacidad de proveer información básica de los dispositivos.

2.1.1 Tipos de dispositivos descritos en manuales técnicos

En la actualidad, está disponible una amplia variedad de productos y aditamentos con certificaciones ecológicas, considerados como ahorradores, en el tema de ahorro de agua que representan aportaciones en cuestión ambiental. Basándose en el documento publicado por el gobierno del estado de Querétaro “Normas y Lineamientos Técnicos para las instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Alcantarillado Sanitario y Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro”, en el que se mencionan tanto muebles sanitarios o accesorios, ambos considerados con función ahorradora (Comisión Estatal de Aguas Querétaro, 2013).

La publicación mencionada anteriormente invita a indagar no solo en lo que se refiere a los muebles sanitarios de una vivienda, incluye hoteles y hasta industria. Considerando que en esta investigación se pretende analizar lo relacionado con el uso habitacional solamente, se descarta mueble sanitario denominado mingitorio

seco, ya que no es frecuente en viviendas. Sin embargo, su característica ahorradora es que no consume agua y por medio de un químico se eliminan las bacterias. Este mueble sanitario puede atender de los 1500 a 1700 usos por cada mantenimiento (Comisión Estatal de Aguas Querétaro, 2013).

Actualmente, en muchos modelos de inodoros, se implementa la tecnología de doble descarga, la cual permite utilizar solamente 3 L de agua para remover líquidos y hasta 6 L en el caso de los sólidos. De sus características más interesantes, dejando de lado de calidad operacional, cuenta con un ahorrado de hasta el 80 % al remover líquidos y en el caso de sólidos del orden de 37 %. No requiere mantenimiento preventivo y al no contar con el sellador denominado como “sapo” no es susceptible a fugas, como ocurre en un sanitario convencional (Comisión Estatal de Aguas Querétaro, 2013).

Hablando de accesorios o aditamentos, se presentan los aireadores de cocina de doble ajuste con placa giratoria; estos se instalan en la mezcladora de la tarja o lavatrastos y cuenta con la capacidad de regular el caudal de forma óptima. Incluso es posible manipular la forma en que se expulsa el agua dando oportunidad a mejorar la experiencia del usuario, dando mayores alcances y un mejor control. Además, hay estos mismos dispositivos en condición fija para dar un gasto uniforme (Comisión Estatal de Aguas Querétaro, 2013).

Respecto a la cebolleta para regadera, es interesante mencionar que estas requieren un gasto mínimo del orden de los 4 hasta 6 L/min como máximo, aceptando presiones bajas, de incluso 0.2 kgf/cm² y hasta las presiones convencionales de un haz de lluvia normal. Su mayor beneficio es un ahorro de entre 60 % y 80 %, en comparación con una regadera convencional. Además de no

reducir presiones, no afecta la temperatura del agua o el confort que percibe el usuario; en algunos modelos previene la acumulación del sarro. Existen versiones que permiten cerrar el paso, de cabeza giratoria, además de ser de fácil instalación (Comisión Estatal de Aguas Querétaro, 2013).

2.1.2. Tipos de dispositivos descritos en especificaciones de mercado

Dentro de las viviendas es de esperarse encontrar muebles sanitarios, los cuales pueden variar según las necesidades, cultura o ubicación geográfica. En este apartado se mencionan algunos de los muebles sanitarios habituales, tanto regulares como en sus versiones ecológicas, e incluso, accesorios o aditamentos que les permitan desarrollar una función ahorradora de consumo de agua, al momento de ser operados por el usuario.

En la actualidad el mercado es una herramienta sumamente útil para conocer los diferentes productos existentes y para este tema no es una excepción, por medio de una tienda en línea que tiene presencia en gran parte del país y que a su vez facilita información técnica de sus productos, así como sus certificaciones, se determinaron los principales tipos de dispositivos comerciales.

La tienda en línea presenta una clasificación interesante de muebles sanitarios, comenzando con los sanitarios se encuentran los que se conforman de una sola pieza, los cuales se exhiben al menos siete marcas distintas, las cuales puede contar con descarga doble o sencilla, con capacidades de desalojar desde 600 a 1000 gr. El consumo de agua oscila entre los 3 a 6 L, en modelos con trampa expuesta u oculta. Para los sanitarios de dos piezas se ofrecen al menos 10 marcas distintas, estos pueden desalojar desde 350 gr a 1000 gr, siendo las características

relevantes que los distinguen del anterior. Por último, se presentan los de alta eficiencia, los cuales se ofrecen en al menos 6 marcas; pueden ser activados por botón o palanca, pueden desalojar hasta 800 o 1000 gr, también se desempeñan de forma ecológica o ahorradora, siendo estas las características diferentes al resto.

2.2 Equipos electrodomésticos y equipos de enfriamiento

Se le considera electrodoméstico a todo equipo que funcione a partir de electricidad y se encuentre dentro de una vivienda; la presencia de estos puede variar según las necesidades del usuario, la cultura del sitio o las posibilidades de adquisición de los compradores. Para esta investigación se indagó sobre los electrodomésticos que consuman agua potable y equipos de enfriamiento que también consuman agua.

Los electrodomésticos que utilizan agua y que se encuentran con mayor frecuencia a nivel domiciliar son las lavadoras, mientras que en zonas áridas secas todavía es frecuente el uso de aires evaporativos para el enfriamiento o climatización en verano. Ambos dispositivos pueden consumir agua en cantidades importantes, como se describe en los párrafos subsecuentes.

En la amplia diversidad de electrodomésticos que existen, estos se pueden dividir en dos grupos generales; siendo los de enseres menores, los aparatos como aspiradoras, batidoras, hornos eléctricos, ventiladores y otros. El segundo grupo se denomina enseres mayores, que en donde se incluyen los aparatos de la línea blanca como lavadoras, secadoras de ropa, lava vajillas, refrigeradores y entre otros (Gobierno de México, 2023).

En México, debido a la promulgación de la Ley Federal de protección al consumidor (LDPC), nace la Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco), la cual se encarga

en su mayoría de salvaguardar los derechos de los consumidores. Dentro de todas sus funciones, está la publicación de la revista para el consumidor, siendo un caso específico del estudio sobre lavadoras automáticas que realizaron en el año 2013.

En esta publicación se pueden denotar algunos puntos que se evalúan, como el periodo de análisis, el número de pruebas realizadas, marcas con diferentes modelos, se consideraron criterios de calidad (instructivos de uso, condición de acabados, seguridad eléctrica, capacidad volumétrica, consumo de energía en operación y la eficiencia de lavado) (Profeco, 2013).

Para presentar los resultados de la publicación mencionada anteriormente, se hizo un extracto de la misma con el fin de comprender de mejor manera el área de interés para esta investigación, donde lo que se buscó es comparar y exhibir los diferentes consumos de agua para los diversos tipos de lavadora. Ver Tabla 1 y Tabla 2 (carga superior, carga frontal y carga de barrera) (Profeco, 2013).

Tabla 1 Resultados de comparación de lavadoras según Profeco 2013.

<i>Marca</i>	Frigidaire	Maytag	LG	Whirlpool	Maytag	Samsung
<i>Modelo de origen</i>	FAFS4073 NW E.U.	7MMHW7000 Y México	WM2650HW A Corea	7MWF95HE Y México	7MMVWC31 0YW E.U.	WF431ABP/X AX Corea
<i>Capacidad de carga en Kilogramos</i>	17	16	17	17	17	17
<i>Tipo de carga</i>	Frontal	Frontal	Frontal	Frontal	Superior	Frontal
<i>Consumo de agua por ciclo completo en litros</i>	46	73.4	51.6	78.2	78.8	61,6

Tabla 2 Continuación de Resultados de comparación de lavadoras según Profeco 2013.

<i>Marca</i>	Mabe grado eco.	Whirlpool	Koblenz	Easy	Easy	Frigidaire
<i>Modelo de origen</i>	LHS17480PK BB México	7MWTW171 1YM E.U.	LAD1600D K México	LIE17385XB B0 México	LAE17500XB B México	FAHE4044M W México
<i>Capacidad de carga en Kilogramos</i>	17	17	16	17	17	17
<i>Tipo de carga</i>	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior	Superior
<i>Consumo de agua por ciclo completo en litros</i>	78.4	108.6	258.8	196.4	215.4	90.6

Para el análisis diferenciador de los equipos de aire evaporativo se pueden considerar dos grupos generales, los cuales se dividen en sistemas utilizados en procesos destinados al acondicionamiento del aire de locales, el segundo engloba a los sistemas de refrigeración. Para esta investigación se tomó en consideración el primer grupo por tener mayores aplicaciones en el uso residencial (González, 2012). Para este grupo, los equipos de aire evaporativo se pueden dividir en al menos 3 categorías, sistemas directos, sistemas indirectos y sistemas mixtos. El primero es un tipo de sistema que evapora directamente el agua en el momento de impulsión hacia el espacio a enfriar, lo cual logra debido al aumento de humedad en el bulbo seco, existen diferentes modelos como los que se conforman a base de panales evaporativos, medio rígido, rotativos o pulverización directa (González, 2012). Los sistemas indirectos trabajan por medio de una corriente alterna de aire que permite el intercambio de calor con la corriente de aire por medio de un intercambiador. Mientras que la corriente de aire principal es expuesta al

enfriamiento sin modificar su nivel de humedad a diferencia del sistema anterior. Se puede encontrar en un sistema tubular o de placas (González, 2012).

Por último, el sistema mixto tiene la posibilidad de mezclar ambos funcionamientos en la medida de la necesidad de operación, la cual puede depender de las condiciones o estándares del lugar en el cual se utilice; puede encontrarse cuando menos en tres esquemas distintivos: evaporativo indirecto convencional, regenerativo evaporativo indirecto y evaporativo recuperativo indirecto (González, 2012).

2.3 Normatividad para dispositivos ahorradores de agua y equipos

En la Tabla 3 se mencionan las normas nacionales que tienen relación tanto con el suministro de agua, como con los muebles sanitarios, con accesorios, así como las especificaciones técnicas de los mismos.

Tabla 3 Normatividad para dispositivos ahorradores de agua y equipos electrodomésticos

Norma	Nombre	Concepto
Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA- 2011	Sistemas de agua potable, toma domiciliaria alcantarillado sanitario- Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba.	Muestra de forma específica los puntos mínimos de eficiencia para las partes que conforman los sistemas de agua potable. Toma domiciliaria y alcantarillado sanitario. Esto a largo plazo.
Norma Oficial Mexicana NOM-002-CNA-1995	Toma Domiciliaria para Abastecimiento de Agua Potable- Especificaciones y métodos de Prueba.	Establece las consideraciones mínimas aceptables para la aprobación de una toma domiciliaria con el fin de preservar las características físicoquímicas del agua.
Norma Oficial Mexicana PROY-NOM- 002.CONAGUA-2015	Aparatos y accesorios de uso sanitario	Menciona las características mínimas que deben satisfacer los muebles sanitarios y accesorios al contar con ellos (evalúa conformidad y requisitos de información al público).
Norma Oficial Mexicana NOM-005-CONAGUA- 1996	fluxómetros - Especificaciones y métodos de prueba.	Determina las formas y métodos para evaluar el uso de los fluxómetros tanto en mingitorios e inodoros con el fin de asegurar ahorro de agua.
Norma Oficial Mexicana NOM-008-CNA-1998	Regaderas Empleadas en el Aseo Corporal- Especificaciones y métodos de Prueba.	Impone las características y métodos de prueba para medir la eficiencia de las regaderas con el fin de asegurar un ahorro de agua.
Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-1993	Sistema General de Unidades de Medida)	Establece los conceptos, simbología y técnica de escritura tanto del sistema internacional de medida o otros aceptados.
Norma Oficial Mexicana NOM-009-CONAGUA- 2001	Inodoros para uso sanitario- Especificaciones y métodos de prueba.	Impone las características y métodos de prueba para medir la eficiencia de los inodoros con el fin de asegurar un ahorro de agua.
Norma Oficial Mexicana NOM-030-SCFI-2006	información comercial-declaración de cantidad en la etiqueta- Especificaciones,	Impone la descripción y el formato de la etiqueta del producto conforme al sistema general de unidades de medida.
Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-1994	información comercial-Disposiciones generales para productos.	Comenta la información comercial con la que deben contar los productos tanto nacionales como extranjeros.

3 Marco teórico

Considerando que el uso de dispositivos ahorradores de agua incide directamente en la demanda de agua, el consumo, la dotación y otros parámetros hidráulicos que se relacionan con la cantidad de agua que se emplea en una localidad o ciudad, en este capítulo se presentan los conceptos básicos, así como la aplicación de los mismos, en un caso particular. Así mismo, se aborda el concepto de disponibilidad de agua en términos jurídico-administrativos a nivel cuenca o acuífero, ya que la demanda de agua potable es una de las componentes de dicho balance y en su caso la presente investigación podría incidir favorable en el mismo.

3.1 Conceptos básicos

Con el fin de comprender de manera efectiva los conceptos y elementos que intervienen dentro de esta investigación, es importante mencionar los conceptos básicos que se relacionan con la presente investigación, conforme lo define CONAGUA en su publicación “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento datos basicos para proyectos de agua potable y alcantarillado” (2019).

- *Consumo de Agua:* Es el total del volumen suministrado de agua desde la red y el cual se contabiliza al pasar por un medidor de toma de lecturas, el uso puede ser doméstico, comercial, industrial y público.
- *Demanda:* Cantidad de agua solicitada para satisfacer las actividades y servicios de los usuarios según sea el uso, como doméstico, comercial, industrial, recreativo, turístico y otros.

- *Dotación*: Cantidad de agua asignada para lograr cumplir con la demanda que la población solicita medido en un día medio anual donde se considera a todos los usuarios que intervienen.
- *Fuga*: Pérdida del volumen de agua dentro de cualquier parte del sistema de abastecimiento e incluso dentro las instalaciones del usuario por falla, deterioro o mal unión de los elementos que conforman el sistema hidráulico.
- *Gasto*: Cantidad de agua que pasa por un espacio en un determinado tiempo
- *Organismo operador*: Ente público encargado de administrar y operar el suministro de agua potable.
- *Gasto de Diseño*: Es la planificación y visualización con la que se espera que dicho gasto cumpla de manera eficiente por un tiempo delimitado.

3.2 Aplicación teórica y técnica de los conceptos básicos

Para determinar el consumo total que se presenta en una zona es necesario discretizarlos por uso para poderlos medir, comparar y analizar de forma individual. La discretización puede incluir: consumo promedio diario doméstico residencial (C_{dr}), en m^3 , consumo promedio diario doméstico clase media (C_{dm}), en m^3 , consumo promedio diario doméstico clase popular (C_{dp}), en m^3 , consumo promedio

diario comercial (C_c), en m^3 , consumo promedio diario industrial (C_i), en m^3 y consumo promedio diario público (C_p), en m^3 (CONAGUA, 2019).

Dando como total al consumo promedio diario total (C_T), en m^3 . La ecuación que describe este concepto es la siguiente (CONAGUA, 2019).

$$C_T = C_{dr} + C_{dm} + C_{dp} + C_c + C_i + C_p \quad \text{Ecuación (1)}$$

Para desarrollar el cálculo de la demanda es necesario realizar la suma del consumo total, pero esta vez agregando a la sumatoria el efecto de las pérdidas, la cuales pueden ser por fugas, características físicas de la instalación o cualquier otro (CONAGUA, 2019).

Es necesario proyectar esta demanda para diferentes tipos de uso, y para escenarios distintos donde se proyectan dichos usos, la población conforme a información histórica, y optimización en cuanto a pérdidas y fugas, en un intervalo de tiempo no menor a 5 años (CONAGUA, 2019).

El sistema de infraestructura se diseña con un concepto en el cual intervienen varios elementos, siendo el gasto de diseño, el cual se divide en dos según los diferentes elementos del sistema que se esté diseñando; uno es el diseño con gasto máximo diario que es con el que se diseñan las obras de captación, líneas de conducción antes del tanque de regulación y el tanque de regulación, mientras que el otro que lleva por nombre gasto máximo horario, se diseñan las líneas de alimentación a la red y la red de distribución (CONAGUA, 2019).

Estos caudales o gastos de diseño se determinan mediante las expresiones matemáticas (2) y (3):

$$Q_{Md} = CV_d Q_{med} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$Q_{Mh} = CV_h Q_{Md} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

Q_{Md} = Gasto máximo diario, en L/s.

Q_{Mh} = Gasto máximo horario, en L/s.

CV_d = Coeficiente de variación diaria.

CV_h = Coeficiente de variación horaria.

Q_{med} = Gasto Medio diario, en l/s.

3.3 Disponibilidad de agua

En cuanto a aspectos relacionados con la disponibilidad media anual de agua subterránea, se tiene como referencia la “Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015”, la cual establece el método para determinar la disponibilidad media anual del agua subterránea, la cual se expresa matemáticamente como (CONAGUA, 2020).

Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero

= Recarga total media anual

– Descarga natural comprometida

– Extracción de aguas subterráneas

Donde:

DMA = Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero.

R = Recarga total media anual.

DNC = Descarga natural comprometida.

VEAS = Volumen de extracción de aguas subterráneas.

Por lo que la recarga total media anual (*R*), se refiere a todos los volúmenes que se infiltran al acuífero de forma natural o inducida (CONAGUA, 2020).

La descarga natural comprometida (*DNC*) se refiere a la suma de todos los volúmenes de agua que están concesionados tanto de manantiales o caudales bases de los ríos que son alimentados por el acuífero (CONAGUA, 2020).

El Volumen de extracción de aguas subterráneas (*VEAS*) son la suma de todos los volúmenes de agua concesionados por la CONAGUA, mediante títulos otorgados (CONAGUA, 2020).

4 Prueba en laboratorio y en viviendas del uso de dispositivos ahorradores de agua

4.1 Diseño de la prueba de dispositivos ahorradores

El diseño de una prueba para los dispositivos ahorradores fue pertinente para determinar parámetros de control (condiciones iniciales), con el fin de estandarizar elementos de inicio para la prueba piloto, y tener una estimación del impacto de dichos dispositivos en las casas-habitación.

Los dispositivos ahorradores utilizados fueron producto de donación por parte de la Junta Central de Agua y Saneamiento.

4.1.1 En laboratorio

La prueba se realizó en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), donde las instalaciones cuentan la infraestructura que permita tener condiciones controladas para tener confiabilidad en las mediciones de cada una de las pruebas.

Las pruebas se realizaron en base en un aforo volumétrico, donde el volumen de recuperación fue el controlado y el tiempo fue cronometrado. Se utilizó un recipiente graduado con una capacidad de 5 L (Figura 1) para recuperar el volumen en cada una de las pruebas, se determinó el tiempo de recuperación y a partir de estos se determinó el caudal.

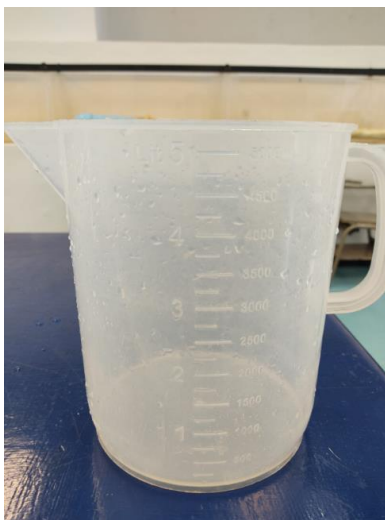


Figura 1 Recipiente graduado con capacidad de 5 L.

La primera prueba se realizó a una regadera ahorradora de agua, efectuándose tres mediciones en la toma existente, previamente a la instalación del dispositivo ahorrador (Figura 2). Una vez instalado el dispositivo se realizaron de nuevo tres aforos para determinar el caudal disminuido por efecto del ahorrador del flujo. Para ambos casos se controló el flujo abriendo en su totalidad la válvula reguladora, al igual que esperar a que el flujo se estabilizara antes de iniciar con las mediciones de volumen y tiempo (ver Figura 3).



Figura 2 Aforo de instalación existente sin dispositivo para regadera



Figura 3 Dispositivo regadera ahorradora

Análogamente, se realizó la prueba para el dispositivo ahorrador de agua utilizado en el grifo: primero se aforó tres veces antes de incorporar el dispositivo (Figura 4) y posteriormente se realizó de nuevo 3 aforos ya con el dispositivo ahorrador (Figura 5). Para ambos escenarios se controló el flujo abriendo en su totalidad la válvula

reguladora, al igual que esperar a que el flujo se estabilizara antes de iniciar con las mediciones.



Figura 4 Aforo de instalación existente sin dispositivo para grifo



Figura 5 Dispositivo grifo ahorrador

Para la prueba realizada al dispositivo ahorrador dispersor para riego de áreas verdes y jardines, se tomó en cuenta el mismo criterio, solo agregando la instalación de una manguera como su uso convencional lo recomienda. Al igual se realizaron

tres aforos sin dispositivo y una vez instalado el dispositivo de pistola dispersora de agua para riego de jardín, se aforó nuevamente en tres ocasiones (Figura 6).



Figura 6 Dispositivo pistola de jardín ahorradora

Por último, se realizó la misma prueba para un dispositivo de regadera convencional (no ahorradora) bajo las mismas condiciones de monitoreo.

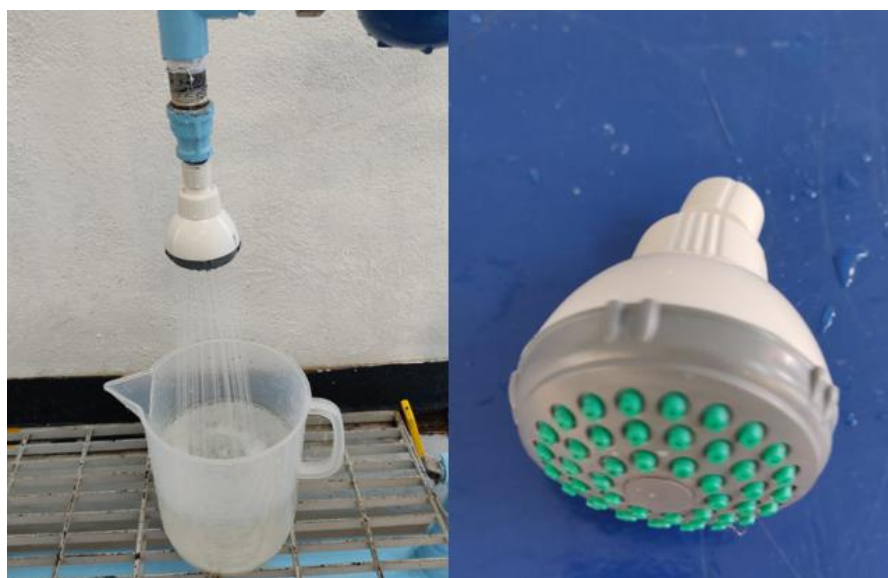


Figura 7 Regadera convencional no ahorradora

4.1.2 En viviendas

Para la ejecución de la prueba en viviendas se formó un equipo de trabajo conformado por alumnos prestadores de servicio social, los cuales se encontraban adscritos a las diferentes licenciaturas que ofrece la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

Fueron un total de 22 alumnos prestando su servicio social por medio de la brigada de servicio social “Vínculo Comunitario Chihuahua”, al igual se contó con el apoyo de la Secretaría de Investigación y Posgrado, junto con la dependencia local que donó los dispositivos ahorradores para realizar la investigación.

Debido a la situación que se presentó por la contingencia sanitaria por COVID, se consideró tomar medidas precautorias y sanitarias para salvaguardar la integridad de cada uno de los involucrados en el proyecto. Se realizaron pláticas vía internet en formato de videollamada, donde se explicó la dinámica de la prueba y los alcances de esta.

Se seleccionó 11 viviendas en las que se instalaron los dispositivos ahorradores, consistentes en un kit de regadera, grifo y pistola, todos de uso ahorrador, en el resto de las viviendas se monitorearon los consumos sin contar con dispositivos ahorradores para fines de poder contrastar los resultados. La entrega de dispositivos se realizó en las instalaciones de la UACH, con medidas de precaución obligatorias.

Se instruyó a los prestadores de servicio social instalar los dispositivos y adjuntar evidencia de dicha acción, a su vez se les orientó a realizar una prueba de detección de fugas la cual consiste en asegurarse de contar con presión de la red de distribución, tener los sistemas de almacenamiento en caso de contar con alguno y

de tener todos los muebles sanitarios o instalaciones que consumen agua cerrados, para así observar si su medidor sigue en operación, lo cual de verificarse podría ser indicativo de la presencia de una fuga o desperfectos en las instalaciones hidráulicas de la vivienda.

Tanto la instalación de los dispositivos como a la prueba para verificación de fugas y el mismo desarrollo de las pruebas se realizó en cada una de las viviendas de los prestadores de servicio social.

La prueba piloto comenzó el 20 de marzo de 2021 con la intención de corregir anomalías o problemas en el proceso y a partir del 01 de abril de 2021 hasta el 31 de diciembre de 2021. Cada uno de los 22 prestadores monitoreo de forma diaria y la misma hora. Para ello, debieron capturar de forma tanto fotográfica y manual el valor de consumo que cada uno observó en sus medidores de agua potable ubicados en la caja de banquetta frente a su vivienda.

Por siguiente, a lo largo del proyecto se les solicitó realizar dos veces una encuesta de satisfacción a los usuarios que contaban con kit de dispositivo ahorrador, donde tenían que compartir su grado de satisfacción con respecto a los mismos, con una escala de 5 valores yendo de 1 a 5, siendo 1 (muy malo), 2 (malo), 3 (regular), 4 (bueno) y 5 (muy bueno). Esto se solicitó al mes de operación y al final periodo de toma de lecturas. La encuesta fue tomada del informe técnico “Evaluación del impacto del uso de dispositivos ahorradores de agua a nivel intradomiciliar en la disminución del consumo en la Ciudad de Chihuahua 1a Etapa” (Silva-Hidalgo *et al.*, 2022).

4.2 Prueba de dispositivos ahorradores en laboratorio y análisis de

resultados

Después de realizar el procesamiento de los datos obtenidos mediante a las pruebas comentadas en los capítulos anteriores, se presentan los resultados de las pruebas realizadas en laboratorio. Comenzando por el accesorio para uso de regadera se comparte la tabla de medición de tiempo para una recuperación de 5 L de una regadera ahorradora del kit y una regadera de uso convencional (Tabla 4).

Tabla 4 Resultados de laboratorio para uso de regadera

Regadera				
Con dispositivo		Regadera Común		Volumen
Dato	Unidad	Dato	Unidad	(L)
1:41	(min:seg)	38.6	segundos	5
1:43		38.4		5
1:42		38.41		5

Relacionando el tiempo de llenado de ambas regaderas contra el volumen de recuperación, queda claro que el mayor tiempo de llenado del depósito de 5 L con la regadera ahorradora, indica una retención del fluido, mientras que en el otro caso, un tiempo menor de llenado, expresa que al utilizarse en un mismo intervalo de tiempo, la regadera de agua consumiría más agua, con respecto a la ahorradora.

Partiendo del punto anterior, se cuenta con un caudal promedio de las tres mediciones, para el gasto de una regadera ahorradora de 0.0490 L/s. Para el caso de la regadora convencional, con un promedio de igual tres mediciones presenta un gasto del orden de 0.1299 L/s. Dando una eficiencia con respecto el ahorrador contra el convencional del 88.6%.

Para el caso de la cebolleta que se instala en el uso de la tarja, esta se comparó instalando el dispositivo ahorrador en la tarja y se compara contra la misma tarja sin el dispositivo como se suele emplear de forma común (Tabla 4).

Tabla 5 Resultados de laboratorio para uso de tarja

Tarja				
Con dispositivo		Sin dispositivo		Volumen
Dato	Unidad	Dato	Unidad	(L)
01:10	(min:seg)	43.4	segundos	5
01:12		46.3		5
01:10		44		5

El uso del dispositivo ahorrador sigue siendo ofreciendo mejores resultados en relación con su ausencia, incluyendo que el dispositivo ahorrador cuenta con diferentes manipulaciones del flujo, por lo cual se compararon ambos a chorro libre, dando un gasto de 0.0707 L/s para dispositivo ahorrador y un gasto de 0.1122 L/s para la tarja en ausencia de dispositivo ahorrador. El dispositivo ahorrador muestra una eficiencia del 37% sobre no usar dispositivo ahorrado en la llave de la tarja.

Por último, para el uso de la pistola aspersora ahorradora de agua para jardín, la cual se comparó con la ausencia de este por medio de una manguera de 10 metros de longitud de uso convencional para regar jardines, donde el dispositivo cuenta con diversas funciones de manipulación de gasto por lo que se eligió la modalidad que se asemeja al estado normal de la manguera. (Tabla 6).

Tabla 6 Resultados de laboratorio para uso de pistola aspersora de jardín

Pistola aspersora de jardín				
Con dispositivo		Sin dispositivo		Volumen
Dato	Unidad	Dato	Unidad	(L)
01:08	(min:seg)	4.38	segundos	5
01:06		4.42		5
01:08		4.40		5

Siendo el caso más positivo con el uso de dispositivo ahorrador, ya que además de regular de una forma muy favorable el gasto, también muestra una presión mayor que lo que ofrece la ausencia de este dispositivo. La pistola aspersora de agua para jardín cuenta con un gasto de 0.0742 L/s, mientras que la manguera por sí sola descarga 1.13 L/s. Dándole al dispositivo ahorrador una eficiencia del 93.5% sobre el consumo sin ningún dispositivo ahorrador.

4.3 Prueba de dispositivos ahorradores en casas-habitación y análisis de resultados

Al término de capturar toda la información en una macro tabla de información diaria, se realizó el análisis del consumo mensual de los usuarios y el per cápita de cada una de las viviendas del proyecto en estudio y así como de los datos de consumo históricos con que contaban en la vivienda.

Estos consumos se presentan en términos de consumo, es decir litros que consume en promedio cada habitante por día. Ese gráfico contiene los datos tanto de las casas-habitación en las que se instalaron dispositivos ahorradores, como de los que no se instalaron, la línea discontinua vertical muestra la fecha de instalación de los dispositivos (Figura 8).

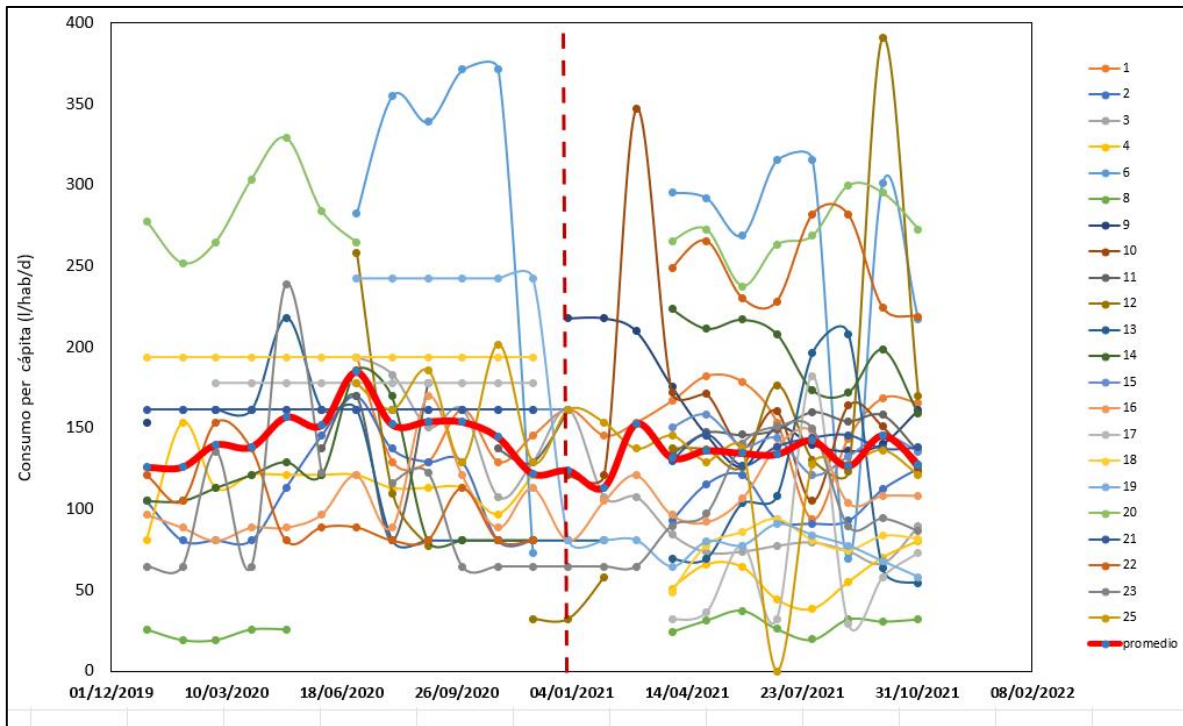


Figura 8 Consumo por persona de casa-habitación de los participantes del proyecto

En la Figura 9 se muestra la información sintetizada de los datos monitoreados en domicilios en los que se instalaron dispositivos ahorradores (derecha de la línea discontinua vertical) y que adicionalmente se contó con información de consumos previo al uso de estos (izquierda de la línea discontinua). Como se pueda observar en el gráfico, a partir de abril de 2021 los consumos disminuyeron por efecto del uso de los dispositivos ahorradores de agua.

El consumo promedio previo a la instalación de los dispositivos ahorradores en los domicilios mostrados en la Figura 9 era del orden de 151 L/hab/día y paso a 125.21 L/hab/día, que representa un promedio de ahorro del orden de 25 L por persona al día. Este ahorro equivale a 9.5 m³/hab/año y considerando un promedio de 4 personas por vivienda equivale a 38 m³/año, lo que en la muestra estudiada puede representar un ahorro de entre 2 y 4 meses de consumo por vivienda.

Sí el volumen se considera asequible en el 30% de la población de la ciudad de Chihuahua, 942,576 habitantes (INEGI, 2020), se podría ahorrar del orden de 2.7 hm³/año, equivalente al caudal del orden de 3 pozos profundo de los que en promedio abastecen de agua potable a la ciudad (considerando un Qm de 30 L/s).

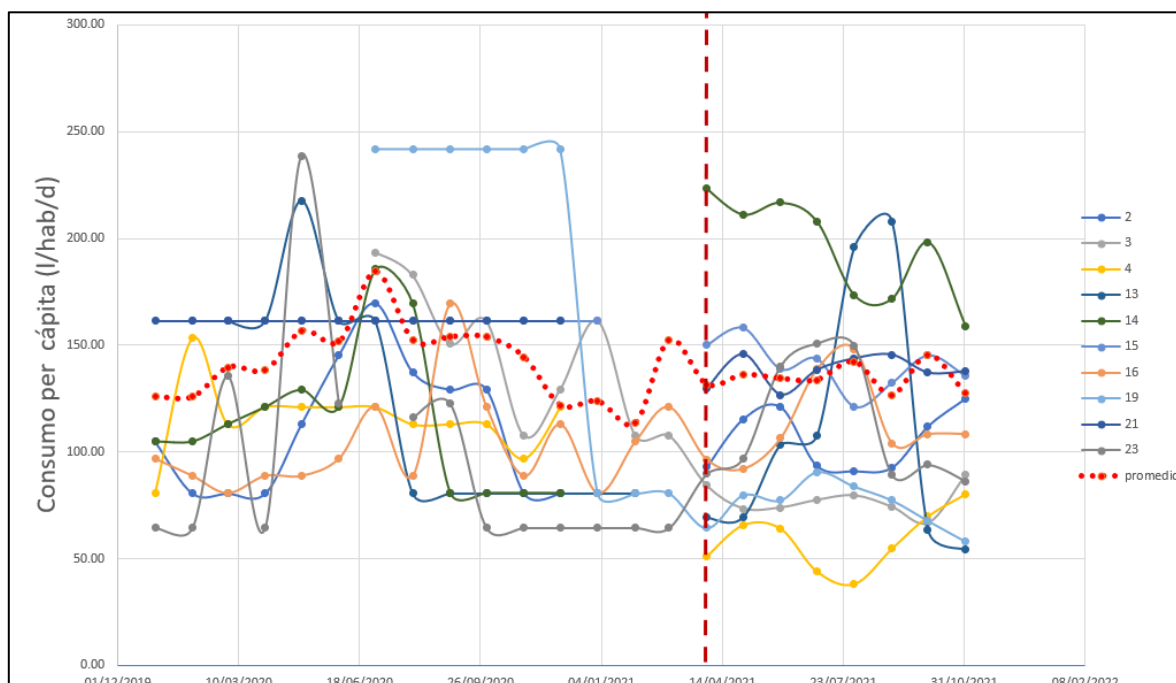


Figura 9 Consumo por persona de casa-habitación de los participantes del proyecto en las que se instalaron dispositivos ahorradores

Con relación al inventario de muebles sanitarios e instalaciones hidráulicas en las viviendas que fueron monitoreadas, se observa que la generalidad es que se cuenta con 2 baños completos (lavabo, sanitario y regadera), por lo que el área de oportunidad es aún mayor si se considera que solo se equipó una regadera por casa-habitación. Con relación a la percepción en el grado de satisfacción en el uso de los dispositivos ahorradores, de 11 entrevistas (casas con dispositivos ahorradores instalados), en 9 la experiencia fue “buena”, en 1 fue “regular” y en la última “muy buena”, por lo que considera que los resultados fueron favorables.

5 Análisis y evaluación del efecto del uso de dispositivos ahorradores masivo en la ciudad de Chihuahua

5.1 Marco físico

En este capítulo, se aborda la ubicación geográfica de la zona en estudio, la cual presenta importantes características climáticas y fisiográficas, típicas de zonas áridas y semiáridas. Lo que se realiza con el objetivo de correlacionar la importancia de la investigación con el medio físico del sitio en estudio.

5.1.1 Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio se ubica dentro de la franja de los grandes desiertos del mundo (Figura 10), lo que indica a entenderse como un clima árido y seco. El país México se conforma por una amplia variedad de biodiversidad tanto en ecosistemas, flora y fauna. El estado de Chihuahua no es la excepción tanto en riqueza natural, sin embargo, desde la porción central hacia el noreste presenta condiciones climáticas que constituyen retos para la vida diaria de quienes los habitan. La ciudad de Chihuahua siendo el punto de interés, es la capital del estado y la cabecera del municipio del mismo nombre.

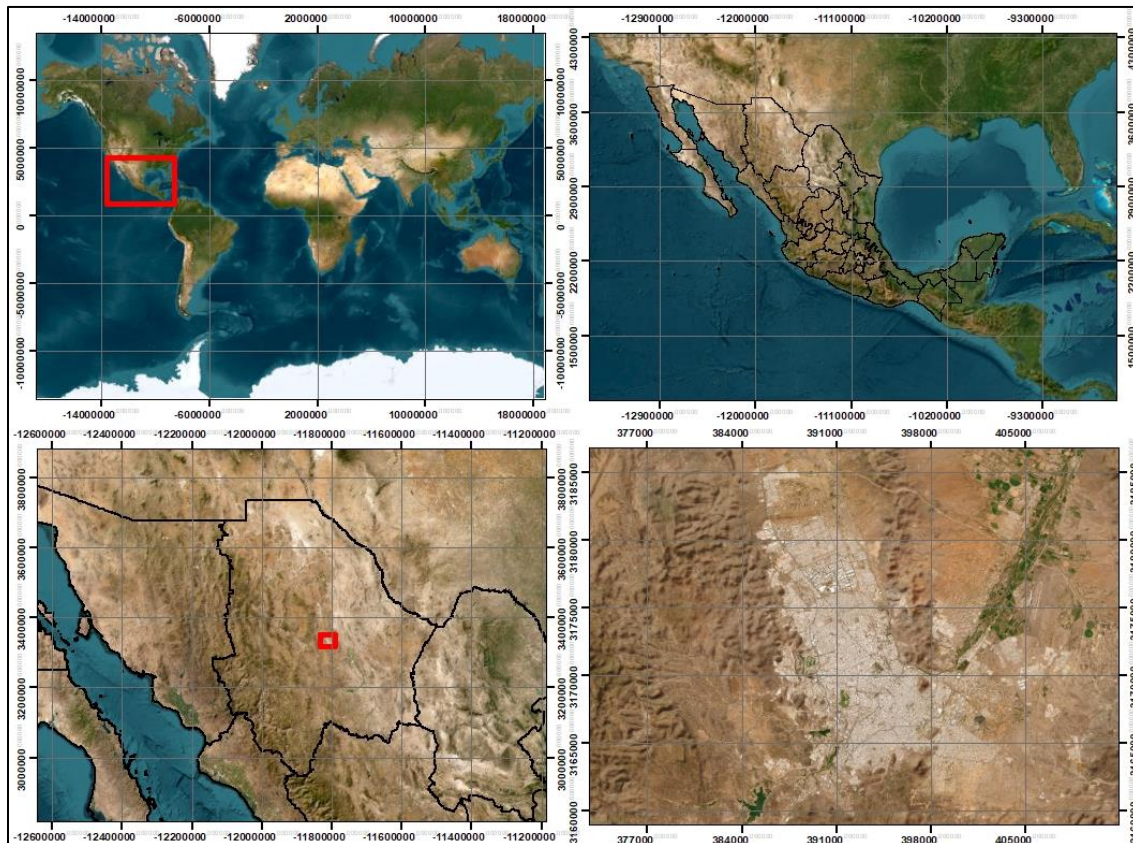


Figura 10 Ubicación del área de estudio

5.1.2 Clima en la ciudad de Chihuahua

Según la publicación oficial de CONAGUA “Actualización de la disponibilidad media anual en el acuífero CHIHUAHUA-SACRAMENTO (0830), Estado de Chihuahua” se tiene la presencia de tres climas: (1) semiseco templado con clave BS₁K”W, (2) árido el cual puede ser templado con clave BS₀kw y (3) semiárido que igual puede ser templado con clave BS₁kw.

5.1.3 Disponibilidad de agua

La ciudad de Chihuahua se encuentra dentro de la Región Hidrológica 24 y a su vez pertenece a la Región Hidrológico-Administrativa VI. En base con las publicaciones realizadas por el Diario Oficial de la Federación y CONAGUA, se establece que la Ciudad de Chihuahua se abastece tanto de agua superficial, como subterránea.

Ambas fuentes de suministro presentan grandes retos de aprovechamiento y aunando las características naturales de la ubicación geográfica como el tipo de clima, se tiene una situación alarmante que necesita ser examinada, con la finalidad de estar en condiciones de tomar medidas en tiempo y forma, en cuanto al manejo del recurso hídrico disponible.

5.1.3.1 Agua superficial

La ciudad de Chihuahua cuenta con tres cuerpos de agua, siendo solo uno destinado al uso de abastecimiento de agua potable, siendo que de él proviene un caudal mínimo que es variable, debido a lo errático del escurrimiento superficial en el municipio de Chihuahua. La cuenca en la que se ubican los embalses es la del río Chuvíscar, que corresponde a la del río Conchos. Desde el punto de vista de disponibilidad de agua la cuenca del río Chuvíscar, esta forma parte de la región de los seis tributarios de la región hidrológica 24, Bravo-Conchos, la cual presenta actualmente un déficit de agua superficial del orden de 265.9 hm³, conforme al estudio publicado por la CONAGUA (DOF, 2011-2020). Las fuentes de agua superficial, por el momento no se observan como una alternativa con viabilidad, distinta de los volúmenes de agua actualmente concesionados, cuando menos en el ámbito geográfico en el que se ubica la ciudad de Chihuahua.

5.1.3.2 Agua subterránea

La extracción de agua subterránea que se aprovecha en la ciudad de Chihuahua tiene lugar en tres acuíferos: el Chihuahua - Sacramento, El Sauz Encinillas y el Tabalaopa-Aldama.

El Acuífero Chihuahua – Sacramento, con clave 830, se extiende en una superficie de 1,889 km² y tiene colindancias con los otros acuíferos que abastecen a la ciudad, aportando 52.4 hm³/año para el uso público-urbano y presenta condición de déficit (sobreexplotado) del orden de 65,898,960 m³ anuales (CONAGUA, 2023).

El acuífero Tabalaopa – Aldama (835) cuenta con una extensión de 728 km², el cual aporta 34.4 hm³/año al uso público-urbano y presenta una condición de déficit (sobreexplotado), ya que no se presentan posibilidades de otorgar nuevas concesiones; el déficit es de 4,173,896 m³ anuales (CONAGUA, 2023).

El acuífero El Sauz Encinillas (807) tiene una superficie de 2,743 km², el cual aporta 18.7 hm³/año para uso público-urbano y presenta una situación de déficit del orden de los 58'140,680 m³, por lo que se encuentra sobreexplotado (CONAGUA,2023).

5.1.4 Zonificación de la ciudad de Chihuahua

Se hace uso de la proyección planteada por el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN) en la publicación Plan de Desarrollo Urbano 2040 (PDU 2040), con el fin de agrupar los usos de suelo para vivienda a los cuales se les clasificó por usos según su densidad de viviendas: (1) residencial (1 – 12 viv/ha), (2) media (13 – 35 viv/ha) y (3) popular (36 – 60 viv/ha) (IMPLAN, 2009).

El ordenar y categorizar esta zonificación es un punto importante que permite comprender mejor la distribución de la posible aplicación de la investigación en diferentes tipos de usuarios, según a los diferentes niveles socioeconómicos conforme a su densidad de ocupación habitacional.

En la Figura 12, obtenida del IMPLAN (2009), se muestra la distribución de los diferentes usos de suelo que se tienen en la ciudad de Chihuahua, conforme a la proyección PDU 2040.

Folleto anexo al periódico oficial de Gobierno del Estado No. 76 Chihuahua, Chih., Miércoles 21 de Septiembre de 2016



Para la proyección del PDU 2040 se cuentan con al menos treinta y seis usos diferentes para el uso suelo que van desde áreas verdes hasta zonas especiales de desarrollo controlado, entre otros los cuales acumulan un área total de 702.04 km², dando al uso habitacional una participación total de 128.97 km², siendo el 18.32% del uso de suelo total en esta propuesta de desarrollo (Tabla 7).

La densidad de uso habitacional definido por el número de vivienda por hectárea, se compone de siete clasificaciones, que va desde la densidad de 1 a 4 viv/ha hasta más de 60 viv/ha. En la Tabla 8 se presenta la distribución respecto a la propuesta completa de desarrollo y en la Figura 13 se muestra la discretización espacial (Tabla 8 y Figura 12).

Tabla 7 Clasificación y áreas de los diferentes usos de suelo para la Carta Síntesis del PDU 2040 (2009)

Descripción de uso	Área km ²	Área en porcentaje (%)
Área Natural de Valor Ambiental	206.90	29.47
Centro Distrital	0.84	0.12
Comercio y Servicios	14.45	2.06
Comercio y Servicios Generales	0.07	0.01
Corredor de Impacto Alto	0.29	0.04
Corredor de Impacto Medio	0.97	0.14
Corredor Patrimonial	0.25	0.04
Equipamiento Especial	1.48	0.21
Equipamiento General	28.35	4.04
Habitacional Campestre de 1 - 4 viv/ha	3.19	0.45
Habitacional de 13 - 25 viv/ha	7.36	1.05
Habitacional de 26 - 35 viv/ha	40.75	5.80
Habitacional de 36 - 45 viv/ha	58.05	8.27
Habitacional de 46 - 60 viv/ha	9.33	1.33
Habitacional de 5 - 12 viv/ha	2.99	0.43
Habitacional de más de 60 viv/ha	7.30	1.04
Industria Alto Impacto	1.88	0.27
Industria Bajo Impacto	25.84	3.68
Microindustria	1.81	0.26
Mixto Bajo	1.02	0.15
Mixto Intenso	8.82	1.26
Mixto Moderado	11.65	1.66
Mixto Suburbano	7.93	1.13
Mixto Suburbano II	8.42	1.20
Nodo Barrial	0.10	0.01
Nodo Emblemático	0.07	0.01
Nodo Urbano	0.12	0.02
Preservación Ecológica Primaria	158.89	22.63
Recreación y Deporte	61.16	8.71
Reserva en Área Estratégica	0.24	0.03
Vivienda de Densidad Alta	1.38	0.20
Vivienda de Densidad Baja	0.16	0.02
Vivienda y Servicios Profesionales	0.03	0.00
Vivienda, Servicios y Comercio	0.43	0.06
Zona de Amortiguamiento	1.35	0.19
Zona Especial de Desarrollo Controlado	28.18	4.01
Total de área	702.04	100.00

Tabla 8 Porcentaje de ocupación habitacional según el PDU 2040 (2009)

Descripción de uso	Área km ²	Área en porcentaje (%)
Habitacional Campestre de 1 - 4 viv/ha	3.19	2.48
Habitacional de 5 - 12 viv/ha	2.99	2.32
Habitacional de 13 - 25 viv/ha	7.36	5.70
Habitacional de 26 - 35 viv/ha	40.75	31.60
Habitacional de 36 - 45 viv/ha	58.05	45.01
Habitacional de 46 - 60 viv/ha	9.33	7.24
Habitacional de más de 60 viv/ha	7.30	5.66
Total de área	128.97	100

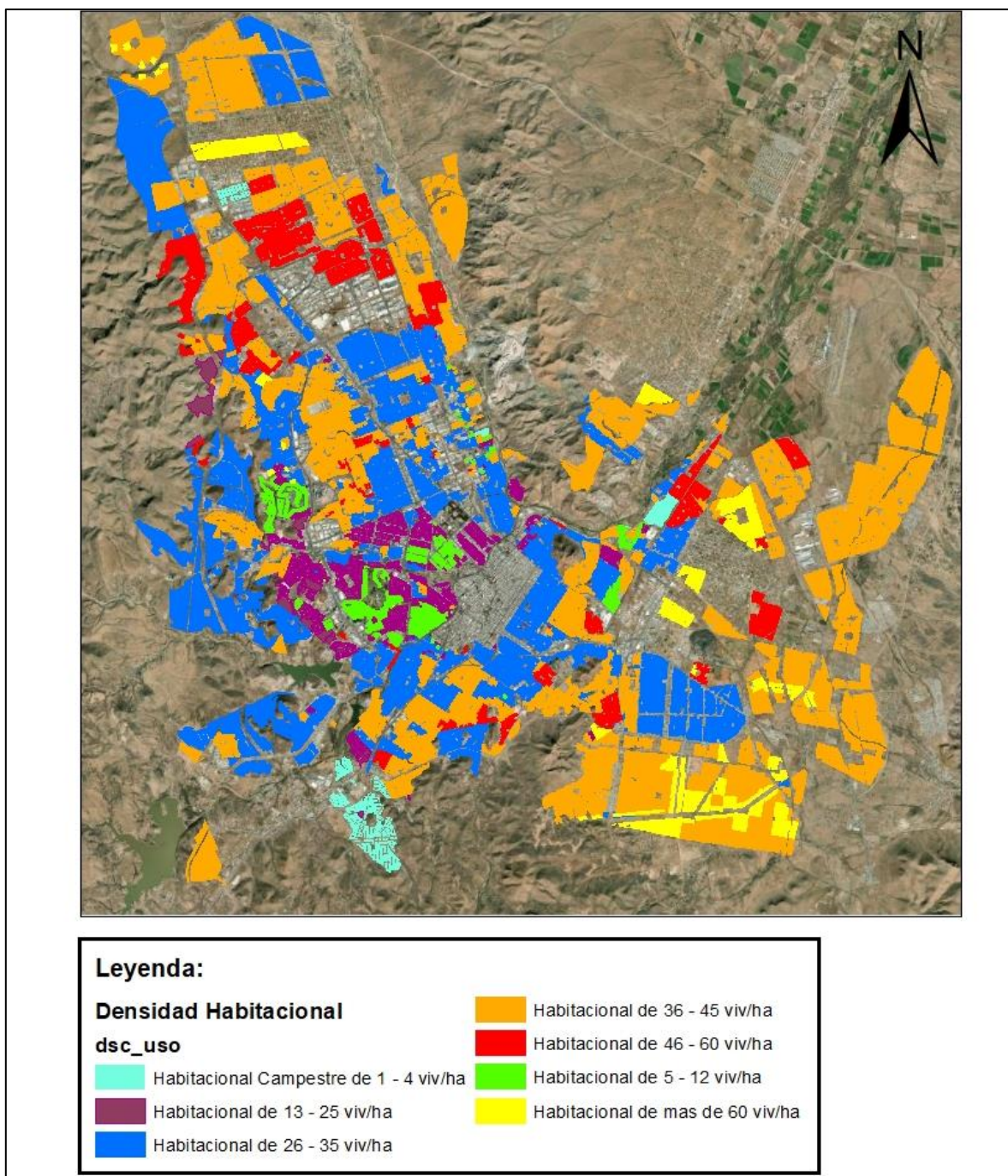


Figura 12 Distribución de densidad habitacional

Respecto a la ocupación que presentan las diferentes densidades habitacionales con relación a la clasificación propuesta en el inicio de este mismo apartado (Tabla 9), se observa que ocupan una extensión importante a pesar de no ser de los usos predominantes que se tienen en el PDU 2040.

Tabla 9 Ocupación con respecto a la totalidad de la mancha urbana

Porcentaje de ocupación por nivel socioeconómico (%)		
Residencial	Medio	Popular
0.88	6.85	10.63

Hablando del uso habitacional se puede apreciar como predomina el nivel popular por encima de los demás (Tabla 10). Esta observación tiene como finalidad ubicar y comprender la distribución del nivel socioeconómico de los usuarios porque bajo esta caracterización es posible determinar algunos puntos importantes para la aplicación de esta investigación, como lo es si el usuario cuenta o no con un sistema presurizado, hidroneumático, sistema de almacenamiento a gravedad, e incluso si este no cuenta con ningún tipo de sistema que le permita almacenar agua. De este último comentario valdría la pena agregar, si el usuario presenta en su ubicación tandeos de servicio de agua potable.

Tabla 10 Ocupación con respecto al uso habitacional

Porcentaje de ocupación por nivel socioeconómico (%)		
Residencial	Medio	Popular
4.79	37.3	57.9

En la Figura 14 se presenta de forma visual la distribución habitacional solo contemplando las tres categorías socioeconómicas mencionadas en los puntos anteriores, esto permite una mejor comprensión de la distribución de los usuarios potenciales a participar en la mejora de prácticas el momento de utilizar agua potable.

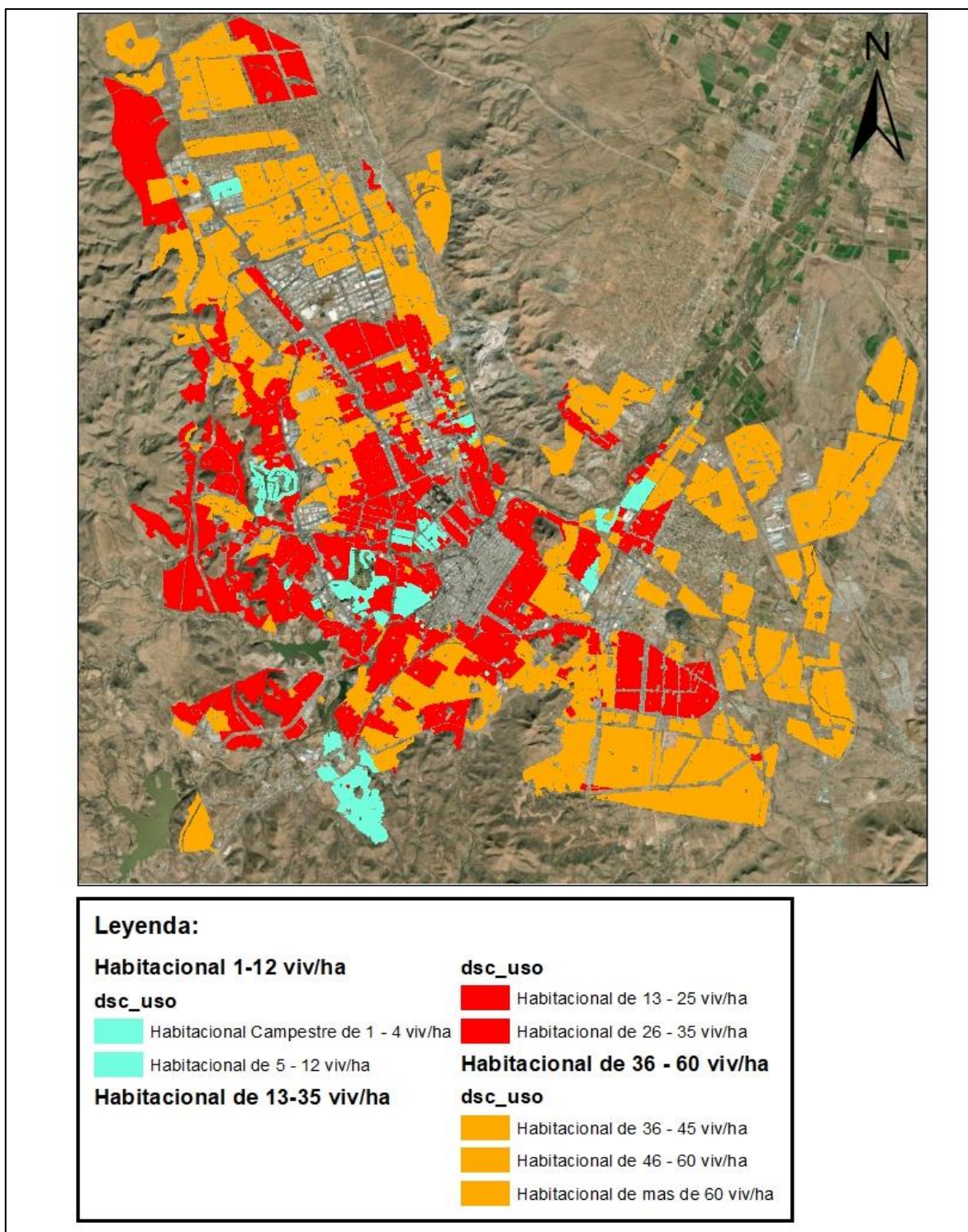


Figura 13 Distribución de densidad habitacional por nivel socioeconómico

Por último, en la Figura 15 se presenta un histograma de frecuencias, en el cual se muestra de forma gráfica, la participación de las diferentes densidades dando como resultado la predominancia del nivel popular con la densidad de 36 a 45 viv/ha y por siguiente al nivel medio con la densidad de 26 a 35 viv/ha.

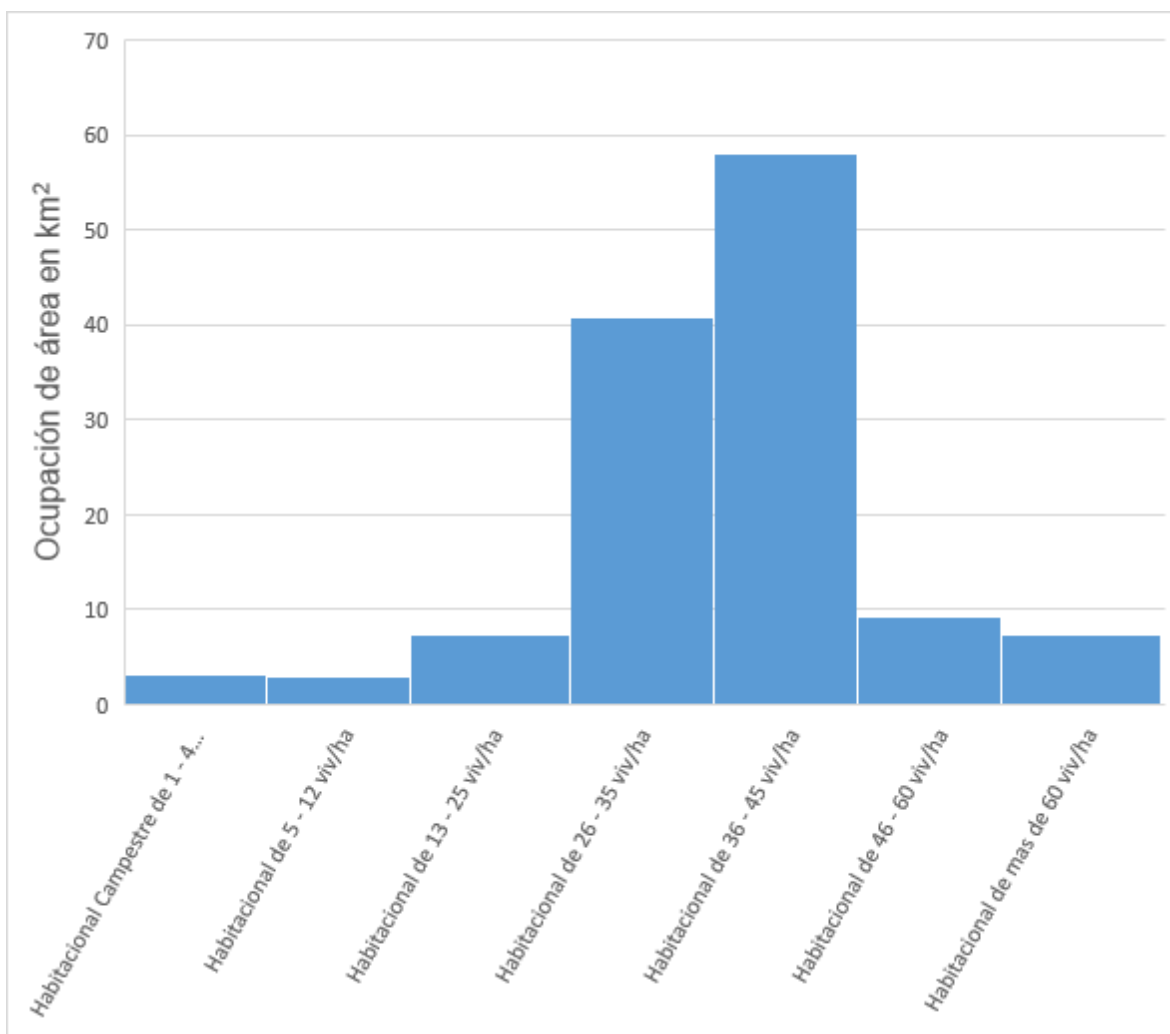


Figura 14 Histograma de frecuencias respecto a densidad habitacional

5.2 Consumo teórico de agua potable en condición actual en la ciudad de Chihuahua

En los Manuales de Agua Potable Alcantarillado Sanitario, la CONAGUA, propone un rango de consumos teóricos para el consumo humano en L/hab/día, según el tipo de clima que se presente en la zona. Considerando que el clima de la ciudad de Chihuahua se clasifica como del tipo seco, el manual propone un rango de consumo de entre 184 hasta de 202 L/hab/día, ofreciendo un valor medio representativo del orden de 190 L/hab/día (CONAGUA, 2019).

Por otro lado, mediante los trabajos de campo realizados en la presente tesis, se caracterizó un rango de consumos mensuales en las viviendas que fueron monitoreadas a través de la brigada Vínculo Comunitario, absteniéndose como valor promedio con un consumo de 151 L/hab/día. El cual se acerca bastante al rango de valores propuestos por la dependencia, aunque denota al ser un poco más bajo podría evidenciar la escases de agua en la región, las limitaciones de suministro en la red (tandeos), así como una adaptación social a estas condiciones.

5.3 Identificación del potencial del uso de dispositivos ahorradores en la ciudad de Chihuahua.

Considerando la caracterización únicamente de uso de suelo habitacional por nivel socioeconómico mencionado en los puntos anteriores, siendo el nivel Residencial, Medio y Popular, sus porcentajes de distribución geográfica son 4.79%, 37.30% y 57.91%, respectivamente.

Según lo anterior, se propuso una estimación del potencial de los dispositivos ahorradores, cuál contemple una participación realista de los diferentes tipos

usuarios, aclarando nuevamente que solamente se contemplan usos habitacionales. Considerando que en Municipio de Chihuahua existen al menos 306,786 viviendas (INEGI, 2020) y proponiendo una densidad poblacional conservadora obtenida del censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), la cual es del orden de 3.2 hab/viv, y redondeando a su entero inmediato más cercano siendo de 3 hab/viv (INEGI, 2020).

Los indicadores anteriores dan como resultado una población estimada de al menos 920,358 habitantes para la ciudad de Chihuahua, comparando con el último censo del INEGI (2020), en la cual estimaron una población de 461,421 habitantes, la estimación se considera centro del rango esperado. Considerando que se espera que el 100% del uso Residencial se integre a las técnicas de ahorro de agua, para el nivel Medio se espera una participación máxima del 75% y por último para el uso Popular se espera una participación no mayor del 30% debido sobre todo a las limitantes que enfrentan los usuarios al carecer de sistemas presurizados en sus viviendas. En los apartados subsecuentes se analiza numéricamente el potencial este escenario potencial del uso de dispositivos ahorradores.

5.4 Consumo de agua potable empleando dispositivos ahorradores en la ciudad de Chihuahua

Ya que el proyecto de investigación contó con mediciones antes de instalar los dispositivos ahorradores y prosiguió con mediciones después de su instalación, es que fue posible obtener un consumo medio efectuando los dispositivos ahorradores que va del orden de los 125 L/hab/día. El ahorro en términos de consumo es a valores medios, en las casas-habitación que fueron monitoreadas, pero es un

indicador de lo que se podría lograr si se utilizan de manera generalizada en la ciudad.

5.5 Evaluación del efecto de dispositivos ahorradores en términos de disponibilidad de agua

Comparando el consumo previo a la instalación de los dispositivos ahorradores de agua en la ciudad de Chihuahua contra el mismo después de instalación, da como ahorro un consumo de al menos 25 L/hab/día, siendo un valor aceptable y positivo, sobre todo si se considera la situación actual de las fuentes de suministro y ubicación geográfica de la zona en estudio.

Utilizando la propuesta de participación de los usuarios por nivel socioeconómico en conjunto con el potencial de ahorro en consumo en L/hab/día, se podría plantear de la siguiente manera: al considerar el uso Residencial con una participación del 100% se contarían con 14,695 viviendas, para el uso Medio con una participación del 75% se contemplarían 85,823 viviendas y para el uso Popular con una participación del 30% se agregarían al menos 53,289 viviendas.

Si se considera un total de 153,807 viviendas, a las cuales se les aplica la densidad de poblacional proporcionada por el INEGI de 3 hab/viv, da como resultado una población participativa de al menos 461,421 usuarios de agua potable, quienes se integrarían en las prácticas de ahorro de agua potable por medio del buen uso de los dispositivos ahorradores.

De ser así, el solo ahorro de agua potable estimado es del orden de 11'535,537 L/día, siendo un ahorro anual para la ciudad de Chihuahua del orden de 4.2 hm³/año en términos de consumo. Si a esto se le atribuye la eficiencia que se presenta en el sistema de abastecimiento de la ciudad es del orden de 55% (JCAS, 2019), da por entendido que el organismo operador necesita suministrar en fuentes un volumen de al menos de 7.65 hm³ para cubrir este consumo.

El volumen de agua que es necesario incorporar a la red mencionada anteriormente equivale a un gasto de 242.75 L/s, lo que asumiendo que a un pozo ubicado en los acuíferos que abastecen la ciudad de Chihuahua se les pueden extraer un gasto medio del orden de 25 L/s, el ahorro representa casi 10 aprovechamientos nuevos. Con estas estimaciones, se podría decir que al emplear dispositivos ahorradores se tendría una reserva con las fuentes actuales para un horizonte de entre 3 y 5 años, dependiendo del crecimiento poblacional.

5.6 Reflexión en cuanto al costo-beneficio de los dispositivos ahorradores a nivel domiciliario

El rango de costo de los dispositivos ahorradores de agua en el mercado es muy variable y es función de las marcas, materiales y calidad del producto, sin embargo, es posible conseguir modelos económicos que bien podrían tener una tasa de retorno de inversión de entre 6 a 12 meses, dependiendo del costo de la elección del usuario. Resulta evidente que con el ahorro en el recibo de agua se puede recuperar la inversión en un plazo de tiempo razonable, pero el mayor beneficio es que los usuarios que decidan participar voluntariamente, estarían formando un bloque de personas que han cambiado su manera de pensar, para tomar responsabilidad en el cuidado del agua en los sistemas hidrológicos que abastecen de agua a la ciudad, mostrando su compromiso con el medioambiente, la sociedad y las generaciones futuras.

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Debido a que la ciudad de Chihuahua presenta una situación de déficit en la disponibilidad de agua superficial y subterránea, resulta imperativo que se pueda tomar la mayor cantidad de medidas, sin denostar la capacidad de contribución de cualquier alternativa, que permitan mitigar los efectos adversos tanto en la sociedad como en los sistemas hidrológicos que son fuentes de abastecimiento de agua potable a la ciudad.

Por medio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería y con el apoyo de la Junta Central de Agua y Saneamiento, se concretó un trabajo de laboratorio y campo, en donde participaron 22 alumnos prestadores de servicio social, para ser los usuarios y monitorear sus consumos de agua potable, previo y posterior a la instalación de dispositivos ahorradores de agua.

A los participantes se les realizaron encuestas respecto al grado de satisfacción en relación con el uso de dispositivos ahorradores de agua, obteniéndose como un dato alentador, que de forma general calificaron la experiencia con el uso de dispositivos ahorradores como “buena”.

Los dispositivos ahorradores demostraron cumplir con su principal finalidad, ya que tanto en laboratorio como en las viviendas de los participantes se observó un ahorro considerable. Sin embargo, se identificó otro punto importante, siendo que los participantes de la prueba, que no contaban con dispositivo ahorrador, también lograron ahorros graduales en sus consumos en la mayoría de los casos. Dando por entendido que al ser conscientes de la importancia del ahorro y al estar

participando en esta investigación, fueron más cuidadosos con el uso del agua en sus viviendas.

Para las siete densidades de uso habitacional presentadas en esta investigación se optó por agruparlas según su nivel socioeconómico, siendo residencial, medio y popular. Con esta clasificación es como se propuso una participación idealizada de los usuarios de agua potable, para el caso de que se implementara el uso masivo de dispositivos ahorradores. Es importante mencionar que la participación del nivel Popular se consideró con un valor conservador del 30%, ya que en la mayoría de los casos, estos usuarios no cuentan con sistemas presurizadores intradomiciliarios (hidroneumáticos), por lo que se espera que estén conectados directamente a la red y cuenten con un tinaco en la azotea (presiones bajas).

El consumo teórico propuesto por la bibliografía ronda en un orden de 190 L/hab/día, mientras que en el experimento antes de los dispositivos se muestra un consumo de 151 L/hab/día.

Con el uso de dispositivos ahorradores fue posible reducir hasta 125 L/hab/día dando un ahorro del orden de 25 L/hab/día. Lo que nos llevaría al ser implementado en la ciudad de Chihuahua, bajo la configuración propuesta en esta investigación, a un volumen ahorrable del orden de 4.21 hm³/año a nivel consumo y 7.65 hm³ como dotación al incorporar la una eficiencia de 55% del sistema hidráulico de la ciudad, dando como gasto medio anual 242.75 L/s.

Este caudal hipotético que se podría ahorrar con el uso de dispositivos ahorradores de agua empleados de forma masiva en la ciudad, equivale del orden de casi 10 pozos con caudal promedio de 25 L/s, con lo que tendría una reserva en las fuentes

de abastecimiento subterráneas de entre 3 y 5 años, sin la necesidad de perforar nuevas fuentes de abastecimiento.

6.2 Recomendaciones

Se hace la recomendación de que los organismos operadores en el estado de Chihuahua realicen más pruebas piloto generalizadas en fraccionamientos en ambientes más controlados, así mismo se gestione una invitación masiva a los usuarios de agua potable a sumarse a estas prácticas, ya que se demostró la eficiencia y potencial de estos.

Se recomienda que los programas de cultura de agua, den a conocer información relativa a lo que se puede conseguir en casas habitación con el uso de dispositivos ahorradores, tanto en términos de ahorro de agua, como tasas de retorno de la inversión por parte del usuario.

Dar a conocer de forma masiva a la sociedad, de la importancia de informarse previamente a la adquisición de muebles o equipos domiciliarios que utilizan agua, buscando siempre opciones más amigables con el medio ambiente y que efectivamente potencien el ahorro de agua potable.

Bibliografía

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Chihuahua-Sacramento (0830), Estado de Chihuahua*. Chihuahua, CDM, México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tabalaopa-Aldama (0835), Estado de Chihuahua*. Chihuahua, CDM, México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero El Sauz Encinillas (0807), Estado de Chihuahua*. Chihuahua, CDM, México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2018). *Estadísticas del Agua en México 2018*. CDM, México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. CDM, México.

Diario Oficial de la Federación (DOF), (2020), ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 Regiones Hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos, publicado el 21 de septiembre de 2020, edición matutina, sección única, pp 5-75, CDM, México.

Diario Oficial de la Federación (DOF), (2011), ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de la Región Hidrológica número 24Bravo-

Conchos, publicado el 02 de junio de 2011, edición matutina, sección única, pp 24-61, CDM, México.

Diario Oficial de la Federación (DOF), (2020), ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismo que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican, publicado el 17 de septiembre de 2020, edición matutina, sección única, pp 33-46, CDM, México.

Dr. Jesús Rubén Sánchez, D. D. (2021). *Gestión de presión en redes sectorizadas de agua potable, ¿Una alternativa para el suministro intermitente?* Chihuahua.

Gobierno de México. (12 de 01 de 2023). *Gobierno de México*. Obtenido de Profeco: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/grandes-electrodomesticos-lavadoras?state=published>

Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). (2009). Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Chihuahua: Visión 2040. Chihuahua, Chihuahua.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2020). Presentación de Resultados Chihuahua Censo 2020.

Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). (2011). *Estudio de calidad regaderas para aseo corporal. No la riegues*, CDM, México.

Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). (2013). *Estudio de caso Lavadoras Automaticas*, CDM, México.

Querétaro, C. E. (2013). *Normas y lineamientos técnicos para las instalaciones de agua potable, agua tratada, alcantarillado sanitario y pluvial de los*

fraccionamientos y condominios de las zonas urbanas del estado de Querétaro. Querétaro.

Junta Central de Aguas Y Saneamiento (JCAS), (2019), Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), Descargado de <https://www.jcas.gob.mx/pigoo/>

Silva-Hidalgo, H., Pinales-Mungía, A., Orpinel-Ureña, A. I., Espino-Valdés, M. S., Burillo-Montufar, J. C., Cordero- De Los Ríos, P. I., Acosta-Chávez, R. A., Rincón-Camacho, M. J., De La Garza-Aguilar, R., Méndez-Alvarado, M. A., González-Núñez, M. A. y Altes-Cárdenas, M. (2022), Evaluación del impacto del uso de dispositivos ahorradores de agua a nivel intradomiciliar en la disminución del consumo en la Ciudad de Chihuahua, Reporte Técnico de proyecto de investigación con financiamiento interno, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih., Mx.

T.T. Tanyimboh, A. B. (2010). *Seamless Pressure-Deficient Water Distribution System Model.*