



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
Y METALURGIA

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIAS POPULARES DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

Tesis

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presenta

**NUBIA FERNANDA MONTAÑO HERRERA
RUTH HAZELL MONTEVERDE CORRALES**

Hermosillo, Sonora

Mayo 2018

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

DEDICATORIA

A mis padres, por siempre creer en mí y enseñarme a luchar por lo que quiero y nunca darme por vencida. Son el mejor ejemplo a seguir que Dios me pudo haber regalado. Esto es por ustedes, para que se llenen de orgullo por lo que han logrado por que esta victoria también es de ustedes.

Los amo mucho.

Nubia

A mis padres quienes se merecen este trabajo y mucho más, su amor incondicional y el cuidado para mí. El permitirme salir adelante en cada aspecto de mi vida y siempre buscar la manera de verme feliz.

Por eso y más... Gracias.

Ruth

AGRADECIMIENTOS

A Universidad de Sonora especialmente al departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora, por brindarnos las herramientas necesarias para poder desarrollarnos y salir adelante en la vida profesional.

A los miembros del jurado por su disponibilidad, tiempo y apoyo en este trabajo de titulación. Muchas gracias maestros.

Nubia y Ruth

Antes que nada quiero darle gracias a Dios por bendecirme día a día de mil maneras diferentes, por no abandonarme en ningún momento, darme fuerza y ayudarme a levantar mi ánimo después de cada obstáculo que se me presenta en la vida, siempre con una sonrisa para los demás.

Le doy gracias a los 4 pilares de mi vida por siempre estar conmigo y nunca dejarme sola en el camino y siempre tener las palabras correctas para cada situación. Sin ustedes esto no hubiera podido ser posible.

A mis padres, por siempre apoyar mis decisiones y estar presentes en todas mis metas de una manera incondicional. Ustedes son el motor de mí día a día. Gracias por su esfuerzo y dedicación para darme una excelente vida. Pero sobre todo gracias por enseñarme a ser luchadora y que la humildad es lo más importante de la vida. Son los mejores.

A mis hermanos porque sin ustedes mi vida sería un vacío, gracias por el apoyo que me dan y por confiar en mí. Los amo.

Maestro Balcazar, mi tutor, sin usted mi tiempo en la universidad no hubiera sido lo mismo, gracias por siempre mostrarnos su apoyo en todo lo que necesitábamos, por su amistad, cariño y por ser un gran confidente.

Al ser que me muestra apoyo y amor, gracias por llegar a mi vida de una manera especial, por ser mi mejor amigo y compañero de mi vida, por los momentos de felicidad que me has brindado.

Y a todos mis amigos por tantas experiencias y alegrías que hemos vividos juntos en la vida.

Nubia

A Dios por siempre estar conmigo en los momentos que todo era difícil, su amor nunca dejo de ser.

Deuteronomio 31:8

A mis padres por su amor y apoyo, autores de lo que soy tanto en este ámbito como en la vida diaria, les dedico el presente trabajo en reconocimiento a todo el sacrificio por darme una educación digna. Los amo.

A mis hermanos por llenar mi vida de alegría al llegar a casa y poder ser un ejemplo en este ámbito para ustedes.

Diego, por ser mi acompañante durante toda esta etapa y siempre alentarme en que pudiera realizar todo lo propuesto, por tu amor y tiempo dedicado a mí, gracias.

A mi familia, abuelos, tíos y primos, siempre apoyarme, estar para mí en todos los momentos importantes y sobre todo su amor hacia mí.

Al maestro Manuel Balcázar por su apoyo a lo largo de esta etapa y confianza brindada, por a la gran persona que es y la dedicación a su querida universidad.

Por los desvelos y ratos de alegría y enojos. C.R

A mis amigos por los buenos ratos y no tan buenos, su tiempo dedicado para mí y su cariño.

Ruth

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pagina
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
ANTECEDENTES	3
CAPÍTULO 1. EL AGUA	5
1.1 Descripción	5
1.2 Obtención de agua dulce	6
1.3 Propiedades	7
CAPÍTULO 2. AGUA RESIDUAL	12
2.1 Clasificación	12
2.1.1 Aguas Residuales Domésticas	12
2.1.2 Aguas Residuales Industriales	13
2.2 Características	14
2.2.1 Características Físicas	14
2.2.2 Características Químicas	15
2.2.3 Características Biológicas	17
2.3 Composición	19
2.3.1 Composición de las aguas residuales urbanas	19
2.3.2 Composición de las aguas residuales industriales	19
2.3.3 Composición de las aguas residuales agrícolas	20

	Pagina
CAPÍTULO 3. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	22
3.1 Tratamiento Preliminar	22
3.2 Tratamiento Primario	23
3.3 Tratamiento Secundario	23
3.4 Tratamiento Terciario	24
CAPÍTULO 4. TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUAS RESIDUALES	25
4.1 Tratamientos químicos	25
4.1.1 Coagulación	25
4.1.2 Floculación	27
4.1.3 Coagulantes-Floculantes	30
4.1.3.1 Cloruro férrico	30
4.1.3.2 Cloruro ferroso	31
4.1.3.3 Sulfato de aluminio	31
4.1.4 Desinfección	32
4.2 Tratamientos físicos	33
4.2.1 Sedimentación	33
4.2.2 Flotación	34
CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	35
5.1. Propuesta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas	35
CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
6.1 Evaluación de la Problemática	39
6.2 Evaluación de Encuestas	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65

	Pagina
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	68
ANEXO A: Encuesta No.1: "Obtención de datos domésticos relacionados con el tratamiento de aguas residuales, no comerciales e industriales, en la ciudad de Hermosillo, Sonora."	68
ANEXO B: Encuesta No.2: Obtención de datos relacionados con el consumo de agua doméstica, en la ciudad de Hermosillo, Sonora.	73
ANEXO C: Constancias de participación en evento académico.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Esquema simplificado de tratamiento preliminar.	23
Figura 2. Transformación de sólidos disueltos a sólidos sedimentados.	25
Figura 29. Depósito de aguas residuales domésticas.	35
Figura 30. Porción de Sulfato de Aluminio.	36
Figura 31. Retiro de capa de deshecho superficial.	36
Figura 32. Traslado del agua pretratada.	36
Figura 33. Adición de Hipoclorito de Sodio.	37
Figura 34. Comparación del agua residual y el agua tratada.	37
Figura 35. Agua tratada.	38
Figura 36. Reactivos químicos utilizados en el tratamiento.	38
Figura 3. Mapa de zona sur-poniente de Hermosillo, indicando las colonias de estudio.	40
Figura 4. Mapa de la Colonia Tirocapes.	41
Figura 5. Mapa de la Colonia San José de las Minitas	42
Figura 6. Mapa de la Colonia Las Minitas.	43
Figura 7. Mapa de la Colonia El Apache.	44
Figura 8. Líneas de Servicio que abarcan las viviendas.	45
Figura 9. Porcentaje de fuente de suministro en las colonias.	46
Figura 10. Pago por fuente la fuente de suministro de agua.	47
Figura 11. Gráfica de pago al mes por suministro de agua por vivienda.	47
Figura 12. Gráfica mostrando la forma de saneamiento.	48
Figura 13. Asignación de tandeo.	49
Figura 14. Depósitos de almacenamiento de agua.	50
Figura 15. Métodos del ahorro de agua en las viviendas.	51
Figura 16. Parte del hogar que más gasta agua.	52

Figura 17. Disponibilidad de las viviendas a tratar el agua residual para uso en jardines.	53
Figura 18. Tiempo que duran en la ducha.	54
Figura 19. Aprovechamiento de agua pluvial para regar plantas del hogar.	55
Figura 20. Promedio del agua utilizada por colonia en el WC.	56
Figura 21. Promedio del agua utilizada por colonia en ducha y lavabo.	56
Figura 22. Promedio del agua utilizada por colonias en las plantas.	57
Figura 23. Promedio del agua utilizada por colonia en la cocina.	57
Figura 24. Promedio del agua utilizada por colonia en lavado de ropa.	58
Figura 25. Comparación del consumo del agua utilizada por servicio en las colonias	59
Figura 26. Promedio del agua total utilizada por colonia.	60
Figura. 27 Comparación del consumo del agua utilizada por servicio en las colonias por servicio.	62
Figura 28. Promedio del agua total utilizada por servicio.	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla I. Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.	16
Tabla II. Comparación de coagulantes.	32

RESUMEN

Palabras claves: Agua, Cloro Comercial, Comunidad, Domésticas, Reciclaje, Sulfato de Aluminio.

Debido a la escases de **agua** ocasionada por la ausencia de lluvias, abatimiento de acuíferos, secciones de red de distribución colapsadas, localización de viviendas con falta de tubería, se hace necesario buscar alternativas para fomentar el buen uso del **agua** que incluyan, entre otras acciones, el **reciclaje** de las aguas residuales domésticas producidas por los servicios en el lavado de utensilio de cocina, lavamanos, para baño corporal, lavadora o lavadero, excluyendo las aguas del servicio sanitario.

El presente trabajo fue desarrollado en la **comunidad** de las colonias "Tirocapes", "San José de las Minitas", "Las Minitas" y "El Apache" en Hermosillo, Sonora, está dirigido a familias de bajos ingresos económicos, para contribuir a paliar la ausencia del vital líquido mediante la aplicación de un método sencillo y económico en el tratamiento de las aguas provenientes de los servicios antes citados.

Metodología: Recolección de **aguas** residuales domésticas. Agregar 2.5 a 5 gr de **Sulfato de Aluminio** por cada 4 litros de **agua**, dependiendo de la turbidez. Agitar por 5 minutos y reposar el **agua** al menos 20 minutos. Se elimina lo que flota con un trozo plano de cualquier material sin provocar turbulencia. Pasar el **agua** con un vaso a otro recipiente sin tocar fondo. Se añaden por cada 2 o 3 litros, 5 mililitros de **Cloro Comercial**. Se agita por 5 minutos y se reposa por 20 minutos o más para efectuarse el **reciclaje** y utilizarla en diferentes servicios.

Como se menciona en la metodología, se utiliza un reactivo químico que es el **Sulfato de Aluminio** y **Cloro Comercial**, para darle un tratamiento de **reciclaje** a las aguas y poder reutilizarlas en los servicio antes citados, procurando al final

en cada uno de ellos dar un enjuague con el agua potable municipal, la que a su vez puede ser nuevamente tratada y reusada.

El tratamiento de las aguas domésticas debe formar parte de la cultura familiar en el reúso de la misma, debido a la mayor escasez que se considera en un futuro cercano.

Como ciudadanos de una zona desértica se debe de conocer que no se cuenta con una fuente grande e inagotable de **agua** en los alrededores, es por eso que se tiene que fomentar el buen uso y manejo del preciado líquido e informar de la problemática a las comunidades y así en conjunto, contribuir a disminuir la escasez del fluido vital.

Con la aplicación del método en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, se contribuye a tener asegurada en un futuro una cantidad suficiente de este recurso.

INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido vital para la vida, es fuente de recursos para uso doméstico, en la industria, agricultura, ganadería y más actividades donde es necesaria.

Se sabe que nuestro planeta es rico en este líquido abarcando en abundantes cantidades de éste. Sin embargo solo el 1% es agua dulce y no está disponible en todas las zonas por igual ya que en unas partes es más abundante que en otras y esto provoca escasez en ciertas partes del mundo.

Es por ello que es necesario tener una buena cultura del cuidado del agua y concientizar a las comunidades de la escasez de este vital líquido.

Por medio de un estudio, la región noroeste de México, donde se ubica Sonora, y su zona geográfica se encuentra con un clima seco y altas temperaturas, además de ausencias de lluvias en la mayor parte del año, se estima la carencia extrema de agua para el año 2030.

Está comprobado que el agua es una fuente de vida y todos los seres humanos necesitan de ella, a causa de la importancia del agua es necesario conocer las distintas maneras que existen para preservarla, pues la escasez del vital líquido cada día es más y se va incrementando. La comunidad necesita estar consciente que a pesar de la época en la que vivimos, con la tecnología avanzada, aún hay gente que no tiene acceso al agua potable y esto provoca múltiples problemas de salud y subsistencia.

Debido a esta problemática y a lo expuesto anteriormente, se decidió poner en marcha un trabajo de Servicio Social, que trata de promover el cuidado del agua, para sensibilizar a la gente en el buen manejo del recurso hídrico en todos los sentidos.

OBJETIVOS

- Aplicar un método para el tratamiento de aguas residuales domésticas en las colonias “Tirocapes”, “San José de las Minitas”, “Las Minitas” y “El Apache” en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.
- Realizar encuestas y conocer la situación económica y uso del agua potable por las familias de las colonias citadas.
- Desarrollar, de acuerdo a las circunstancias, un método sencillo y económico para reutilizar el agua residual doméstica.
- Promover entre las familias la aplicación del método, utilizando reactivos químicos en el tratamiento.
- Concientizar a las comunidades en la aplicación del método de reciclaje de agua y en el buen manejo de la misma.

ANTECEDENTES

El presente trabajo de investigación realizado en las colonias populares de Hermosillo, Sonora se desarrolló a consecuencia de la problemática que presentan estas viviendas con el abastecimiento de agua.

Se establecieron los siguientes puntos de discusión:

- Ausencia de agua potable: Se debe en gran parte a la falta de lluvias, carencia de cuerpo de agua en presas y represas, abatimiento del acuífero, entre otras.
- Ubicación de colonias: La mayor parte de las viviendas de la periferia se ubican en faldas de cerros, lo cual hace difícil el suministro de agua potable por la pendiente que hay que vencer. Además en algunos cerros no existen pilas que contengan agua para el abastecimiento, es decir algunas de ellas se encuentran vacías.
- Bajos ingresos económicos por familias: De acuerdo a encuestas desarrolladas en el servicio social, se encuentra que los ingresos oscilan entre uno a cuatro salarios mínimos, lo que ocasiona que parte de éste ingreso se destine a la compra de agua, sobre todo cuando es distribuida en pipas por particulares.
- Cultura adecuada en el uso del agua: Debido a que no se cuenta con una campaña de concientización adecuada dirigida al consumo del vital líquido sobre todo en los servicios elementales en las viviendas, hace que de alguna manera exista un desperdicio y además el agua no se deposita, en ocasiones en la red de drenaje y esta rueda por calles ocasionando deterioro de las mismas.
- Metodología propuesta para resolver parcialmente el problema: Se propone la utilización de reactivos químicos como sulfato de aluminio y cloro

comercial, con la finalidad de llevar a cabo la desinfección del agua tratada, retirar los sólidos disueltos y en suspensión.

- Tipos de contenedores para el proceso: Se pueden utilizar cubetas de 19 litros o recipientes (tambos) de 200 litros para realizar el tratamiento de agua residual doméstica.
- Tubería de la red de agua potable colapsada: Se considera que aproximadamente, y de acuerdo con el número de fugas de agua que existe en Hermosillo, tiene un 30% aproximado de daños en la red que provoca gran cantidad de agua desperdiciada aflorando en la superficie provocando corrientes y charcos y lo que es más peligroso, humedecimiento del subsuelo por agua que no brota en la superficie, lo cual ha provocado gran humedad en calles de intenso tráfico como el Blvd. Colosio, Quiroga, Quintero Arce, Paseo del Río, etc.
- Dificultad en el almacenamiento: La mayor parte de las familias de la periferia no cuentan con depósitos adecuados para el almacenamiento del agua potable que obtienen de pilas o interconexiones de mangueras depositándola en recipientes de 200 litros (tambos), que a veces por falta de cubierta existe proliferación de fauna nociva que provoca enfermedades.

CAPÍTULO 1

EL AGUA

1.1 Descripción

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O).

Existen diferentes fuentes de agua y todas estas son tratadas para poder ser aptas para el uso humano (aguas subterráneas, de mar, superficiales).

El agua es vital para la mayoría de los seres vivos, procesos químicos que suceden en la naturaleza, en laboratorios, en industrias, etc.

El agua existe en forma sólida (hielo), líquida y gaseosa (vapor), la podemos observar en la lluvia, ríos, océanos, nieve y otras formas de precipitación en frecuentes cambios de estado. Es el único compuesto que puede estar en los tres estados a temperaturas que se presentan en la tierra.

En la tierra el 97.5% del agua se encuentra en océanos y mares de aguas saladas y el 2.5% es agua dulce. La mayoría del agua dulce se encuentra en los polos y en las montañas más altas y se encuentra en un estado sólido, otra parte se encuentra en la humedad del suelo y en los acuíferos profundos. Solamente el 1% del agua dulce en todo el mundo, se encuentra en arroyos, ríos, lagos, lagunas y en otros cuerpos superficiales de agua.

En la superficie de la Tierra hay unos 5,398,263,000 km³ de agua que se distribuyen de la siguiente forma:

- 1,329,000,000 km³ (97%) son agua de mar
- 40,000,000 km³ (3%) son agua dulce:

- 25,000,000 km³ (1.8%) como hielo
- 13,000,000 km³ (0.96%) como agua subterránea
- 250,000 km³ (0.02%) en lagos y ríos
- 13,000 km³ (0.001%) como vapor de agua

1.2 Obtención de agua dulce

El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la Tierra. Mientras que una gran mayoría del agua de la Tierra proviene de los océanos que cubren casi el 70% de la superficie del planeta, y es demasiado salada para beber, todavía hay muchos lugares en los que se produce naturalmente el agua dulce.

Lluvia

Una importante fuente de agua dulce que se suele pasar por alto es el agua pluvial. Esta es el producto del agua de la Tierra que se ha evaporado en la atmósfera y se ha convertido en lluvia. Durante ese proceso, el agua se vuelve dulce y se almacena en muchos lugares de todo el mundo para ser utilizada como un suministro adecuado de agua potable y para regar los cultivos. La recolección de agua de lluvia es una tecnología que fue utilizada por las civilizaciones antiguas y todavía se utiliza ampliamente en muchas zonas rurales para sacar el máximo provecho de una fuente inagotable de agua dulce que se suele dar por sentada.

Aguas subterráneas

Debajo de la superficie de la Tierra se encuentra una gran fuente de agua dulce. El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce en el planeta y la segunda más grande fuente de agua, junto con la presente en los océanos. Al igual que el agua salada del mar, la mayor parte de ésta tampoco puede ser consumida por las personas o los animales. Sin embargo, un porcentaje de las

aguas subterráneas es dulce y puede ser desalinizada y refinada con el fin de proporcionar agua potable segura para la población.

Hielo

Un importante tema de debate en torno a los problemas del cambio climático de la Tierra es el derretimiento de los casquetes polares y la reducción de las barreras de hielo en todo el Ártico. Junto con el agua subterránea, el hielo constituye la segunda fuente más grande de agua dulce en el planeta, lo que representa poco menos del 2 por ciento del agua de la Tierra. Una parte del agua dulce conservada en hielo, especialmente en las capas de hielo de la Antártica, tiene miles de años de antigüedad. Así como con el agua subterránea y de mar, también es difícil de usar agua de los hielos como una fuente de agua potable para el consumo, pero es posible.

Ríos, lagos, arroyos y manantiales naturales

Los ríos, lagos, arroyos y manantiales naturales son considerados como fuentes de agua superficial y componen la última fracción de un porcentaje del agua dulce de la Tierra (0.0014%). A pesar de que hay millones de lagos de agua dulce y muchos kilómetros de ríos y arroyos en el planeta, estas fuentes de agua representan una cantidad casi insignificante de agua dulce. Sin embargo, siguen siendo de vital importancia ya que una gran cantidad de nuestra agua potable de consumo procede de ellos. El agua superficial sigue siendo una de nuestras fuentes más importantes de agua dulce del planeta.

1.3 Propiedades

Densidad

La densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión.

A la presión normal, es decir, 1 atmósfera, el agua líquida tiene una mínima densidad a los 100°C, donde tiene 0.958 kg/L. Mientras baja la temperatura, aumenta la densidad y ese aumento es constante hasta llegar a los 3.8°C donde alcanza una densidad de 1 kg/L. La temperatura de 3.8°C representa un punto de inflexión y es cuando alcanza su máxima densidad (a la presión mencionada). A partir de ese punto, al bajar la temperatura, la densidad comienza a disminuir, aunque muy lentamente, hasta que a las 0° disminuye hasta 0.9999 kg/L. Cuando pasa al estado sólido (0°C), ocurre una brusca disminución de la densidad pasando de 0.9999 kg/L a 0.917 kg/L.

Disolvente

Se dice que el agua es el solvente universal, porque disuelve muchos de los compuestos conocidos.

El agua es un disolvente polar, como tal, disuelve bien sustancias iónicas y polares, como la sal de mesa (cloruro de sodio), no disuelve apreciablemente sustancias fuertemente apolares y es inmisible con disolventes apolares. Por lo que esta propiedad es de gran importancia para la vida.

Esta propiedad se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que pueden presentar grupos polares, o con carga iónica, como alcoholes, azúcares con grupos R-OH, aminoácidos y proteínas con grupos que presentan cargas positivas y negativas, dando lugar a disoluciones moleculares. Además las moléculas de agua pueden disolver sustancias salinas que se disocian formando disoluciones iónicas.

En las disoluciones iónicas, los iones de las sales son atraídos por los dipolos del agua, se encuentran "atrapados" y recubiertos de moléculas de agua en forma de iones hidratados o solvatados.

Algunas sustancias, sin embargo, no se mezclan bien con el agua, incluyendo aceites y otras sustancias hidrofóbicas. Membranas celulares compuestas de

lípidos y proteínas, aprovechan estas propiedades para controlar las interacciones entre sus contenidos químicos y los externos. Esto se facilita en parte por la tensión superficial del agua.

Temperatura de evaporación y fusión

El agua presenta un punto de ebullición de 100°C a presión de 1 atmósfera, esta medida se considera como estándar para la presión de una atmósfera la presión promedio existente al nivel del mar. El calor latente de evaporación del agua a 100°C.

Tiene un punto de fusión de 0°C a presión de 1 atm. El calor latente de fusión del hielo a 0°C. Tiene un estado de sobre enfriado líquido a -25°C.

La temperatura crítica del agua, es decir, aquella a partir de la cual no puede estar en estado líquido independientemente de la presión a la que esté sometida, es de 374°C y se corresponde con una presión de 217.5 atmósferas.

Calor específico

Al igual que la disolución esta propiedad está en relación con los puentes de hidrógeno que se crean entre las moléculas de agua. El agua puede absorber grandes cantidades de calor que utiliza para romper los puentes de hidrógeno, por lo que la temperatura se eleva muy lentamente. El calor específico del agua es de 1 cal/°C·g.

Esta propiedad es fundamental para los seres vivos ya que gracias a esto, el agua reduce los cambios bruscos de temperatura, siendo un regulador térmico muy bueno. Ayuda a regular la temperatura de los animales y las células permitiendo que el citoplasma acuoso sirva de protección ante los cambios de temperatura, así se mantiene la temperatura constante. La capacidad calorífica del agua es mayor que la de otros líquidos.

Para evaporar el agua se necesita mucha energía. Primero hay que romper los puentes y posteriormente dotar a las moléculas de agua de la superficie energía

cinética para pasar de la fase líquida a la gaseosa. Para evaporar un gramo de agua se precisan 540 calorías, a una temperatura de 20°C.

Adhesión

El agua, por su gran potencial de polaridad, cuenta con la propiedad de la adhesión, es decir, el agua generalmente es atraída y se mantiene adherida a otras superficies. Esto es lo que se conoce comúnmente como “mojar”.

Esta fuerza está también en relación con los puentes de hidrógeno que se establecen entre las moléculas de agua y otras moléculas polares y es responsable, junto con la cohesión, del llamado fenómeno de la capilaridad.

Cohesión

La cohesión es la propiedad con la que las moléculas de agua se atraen a sí mismas, por lo que se forman cuerpos de agua adherida a sí misma, las gotas. Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. Al no poder comprimirse puede funcionar en algunos animales como un esqueleto hidrostático. Estos puentes se pueden romper fácilmente con la llegada de otra molécula con un polo negativo o positivo dependiendo de la molécula, o, con el calor.

La fuerza de cohesión permite que el agua se mantenga líquida a temperaturas extremas.

Polaridad

La molécula de agua es muy dipolar. Los núcleos de oxígeno son mucho más electronegativos que los de hidrógeno, lo que dota a los dos enlaces de una fuerte polaridad eléctrica, con un exceso de carga negativa del lado del oxígeno, y de carga positiva del lado de los hidrógenos. Los dos enlaces no están opuestos, sino que forman un ángulo de 104.45° debido a la hibridación sp^3 del átomo de oxígeno, sí que en conjunto los tres átomos forman un

triángulo, cargado negativamente en el vértice formado por el oxígeno, y positivamente en el lado opuesto, el de los hidrógenos. Este hecho tiene una importante consecuencia, y es que las moléculas de agua se atraen fuertemente, adhiriéndose por donde son opuestas las cargas.

El hecho de que las moléculas de agua se adhieran electrostáticamente, a su vez modifica muchas propiedades de ésta, como la viscosidad dinámica, que es muy grande, o las temperaturas de fusión y ebullición o los calores de fusión y vaporización, que se asemejan a los de sustancias de mayor masa molecular.

CAPÍTULO 2

AGUA RESIDUAL

Se entiende por agua residual el agua que se utilizó con cierto fin, terminando su uso con una sustancia que deteriora la calidad del agua disminuyendo uso original que tiene el agua.

Se considera una combinación de las siguientes fuentes:

Las domésticas (excremento, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas servidas de lavado y baño); agua de instituciones y comercios; industriales, aguas pluviales, entre otros.

Las aguas residuales están compuestas aproximadamente con un 99% de agua y 1% de sólidos en suspensión, coloidales y disueltos. La composición puede variar dependiendo de las diferentes fuentes, pero la composición del agua sigue siendo mayoritaria.

2.1 Clasificación

2.1.1 Aguas Residuales Domésticas

Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Son aguas de origen residencial y son recolectadas por sistema de alcantarillado y se junta con el agua residual de origen industrial. El agua residual doméstica contiene sólidos inferiores al 1%.

El agua residual doméstica está compuesta de constituyentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas, suspendidas o disueltas. La mayor parte de la materia orgánica consiste de residuos alimenticios, materia vegetal, sales minerales y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos.

La fracción orgánica corresponde al 70% de la cantidad de materia sólida existente; el 30% restante es inorgánico.

2.1.2 Aguas Residuales Industriales

Son aguas de origen industrial (procesos industriales). Estas aguas pueden contener materia orgánica biodegradable provenientes de la industria alimenticia y también materia inorgánico u orgánico no biodegradable como puede ser la industria metalurgia, minera, textil o química.

Las industrias se clasifican en cinco grupos según sus vertidos:

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos: papeleras, azucareras, mataderos, curtidos, conservos, lecherías y subproductos, fermentaciones, preparación de productos alimenticios, bebidas y lavanderías.
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos: refinerías y Petroquímicas, coquerías, químicas y textiles.
- Industrias con efluentes principalmente inorgánicos: Químicas, limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas.

- Industrias con efluentes con materias en suspensión: lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales, laminación en caliente y colada continua.
- Industrias con efluentes de refrigeración: centrales térmicas y centrales nucleares.

2.2 Características

2.2.1 Características físicas

Generalmente las aguas residuales presentan características importantes para los diferentes tipos de tratamientos que se le pudieran dar.

Temperatura

La temperatura en las aguas residuales es mayor que de las aguas no contaminadas debido a la energía liberada en las reacciones químicas presentadas en la degradación de la materia orgánica.

Color

Es un indicativo de la edad del agua residual. El agua al ser residual suele ser de color gris pero conforme pasa el tiempo los compuestos orgánicos se descomponen por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua se reduce y cambia a color negro, se dice que en esta condición el agua es séptica.

Olor

El olor se presenta debido a los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica. El agua residual tiene un olor peculiar desagradable pero más tolerable que el del agua séptica.

Turbidez

Es la medida de la propiedad de la transmisión de la luz en el agua, nos indica la calidad de los vertidos de aguas residuales con respecto a la materia suspendida.

Sólidos totales

Los sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y residuales. Sólidos totales es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o su suministro de varias maneras.

- **Sólidos suspendidos:** Partículas flotantes que se pueden distinguir a simple vista y se puede separar de líquidos por medios físicos sencillos. En esta clasificación se encuentran los sedimentables.
- **Sólidos filtrables:** La fracción filtrable de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal está compuesta por las partículas de materia de tamaños entre 0.001 y 1 micrómetro.

Densidad

Es una característica física importante ya que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad del agua residual doméstica que no contenga grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua a la misma temperatura.

2.2.2 Características químicas

Principalmente están dadas en función de los desechos que ingresan al agua servida y estas abordan en cuatro apartados:

Materia orgánica

Se compone 90% carbohidratos, proteínas y aceites, que proviene de excremento y orina de seres humanos y animal, restos de alimentos y detergentes. Estos contaminantes son biodegradables.

Medición de contenido orgánico

- **DQO:** Es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente los materiales orgánicos presentes en una muestra de agua. Esta oxidación degrada el material orgánico biodegradable y no biodegradable.
- **DBO:** Es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad de agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica.

Materia inorgánica

Estos sólidos son de origen principalmente de mineral como: minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables.

Tabla I: Relación entre algunos constituyentes inorgánicos y el agua residual.

Elemento	Relación con el agua residual
Hidrógeno (pH)	El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos. Por lo general, el pH óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentra entre 6.5 y 7.5.
Cloruros	Proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua, intrusión del agua salada (zonas costeras), agua residual doméstica, agrícola e industrial. Suministra información sobre el grado de concentración del agua residual.

Nitrógeno	Nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Básico para síntesis de proteínas.
Fósforo	Incrementa la tendencia de proliferación de algas en el receptor. Íntimamente ligado, igual que el nitrógeno, al problema de la eutrofización.
Azufre	Requerido en la síntesis de las proteínas y liberado en su degradación.

Gases

Las aguas residuales contienen diversos gases con diferente concentración.

- Oxígeno disuelto: es importante la presencia de este gas en el agua para evitar olores desagradables, estos son presentados debido al consumo de actividad química y biológica de los organismos en desarrollo.
- Sulfuro de hidrógeno: se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su presencia, la cual se manifiesta fundamentalmente por los olores que produce, es un indicativo de la evolución y estado de un agua residual.
- Metano: Se forma en la descomposición anaerobia de la materia orgánica por la reducción bacteriana de CO_2 .
- Otros gases: se producen además gases malolientes, como ácidos grasos volátiles y otros derivados del nitrógeno.

2.2.3 Características biológicas

Las aguas residuales dependiendo de la concentración y composición pueden llevar en ellas muchos organismos. Así mismo, influyen la presencia de la temperatura y el pH, puesto que específicos organismos requiere ciertos

valores determinados de los dos parámetros mencionados para su crecimiento en el agua.

Los principales grupos de organismos que se pueden encontrar:

- Bacterias: su fuente es de origen fecal o bacterias partícipes en procesos de biodegradación.

En las aguas residuales predominan los siguientes grupos de especies: Escherichia, Salmonella, estreptococos fecales, Proteus, Pseudomonas, Aeromonas, Serratia, Bifidobacterium, Clostridium, Zooglea, Flavohacterium, Nocardia, Achromobacter, Alcaligenes, Mycohacterium, Nitrosomonas, Nitrobacter, etc.

- Virus: resulta de la excreción, por parte de individuos infectados. adquieren la capacidad de adsorber.
- Sólidos fecales y otras materias, beneficiando su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales
- Algas: el desarrollo de algas está fomentado en las aguas residuales de las diferentes formas de fósforo y nitrógeno, como también carbono y elementos como hierro y cobalto, generando el proceso de eutrofización. Este fenómeno esta producido principalmente por algas de los géneros Anacystis, Anabaena, Gleocystis, Spirogyra, Cladophora, Enteromorpha, Stigeoclonium² Ulothrix, Chiorella, Euglena y Phormidium, etc.
- Protozoos: estos organismos interpretan un papel muy importante en los procesos de tratamientos biológicos, particularmente en filtros percoladores y fangos activados. Pueden excluir bacterias suspendidas en el agua debido que estos no sedimentan, impidiendo la producción de efluentes con turbidez.
- Hongos: Generalmente son aerobios estrictos, pueden tolerar valores de pH bajos, y tienen baja demanda de nitrógeno. Estas cualidades le permiten desempeñar una función significativa en el tratamiento de aguas residuales industriales. Los géneros que pueden encontrarse son:

Geotrichium, Mucor, Aureobasidium, Subbaromyces, Fusarium, Sepedonium y Sphaerotilus.

2.3 Composición

2.3.1 Composición de las Aguas Residuales Urbanas.

Más que hablar de la composición exacta de los químicos que pueden contener las aguas residuales urbanas, solo tres son las características más significativas que se deben acentuar, desde punto de vista sanitario y en relación con el tratamiento:

- Cantidad de sólidos presentes.
- Abundancia de sustancias biodegradables.
- La presencia de un gran número de microorganismos.

En las aguas residuales están incluidas sustancias que pueden usarse como alimento de microorganismos presentes, denominándose por esta razón, biodegradables.

2.3.2 Composición de las Aguas Residuales Industriales

Los efluentes industriales son diversos debido a los diferentes procesos de los que proceden y en función de esos, puede tener una composición constante. Los componentes de los vertidos se pueden clasificar según el tratamiento que requiera:

- Elementos insolubles separables físicamente
 - Materias grasas flotantes: grasas, hidrocarburos, alquitranes, aceites.
 - Materias sólidas en suspensión: arenas, óxidos, hidrocarburos, pigmentos, azufre coloidal, látex, fibras, etc.(necesitan coagulación-floculación para poder eliminarse)

- Elementos orgánicos separables por adsorción
 - Colorantes, detergentes, etc.
- Elementos separables por precipitación
 - Metales: hierro, cobre zinc, níquel, berilio, titanio, aluminio, plomo mercurio y cromo que precipiten en un rango determinado de pH. Pueden estar implicados en ciclos bioquímicos completos.
 - Sulfitos, fosfatos, sulfatos y fluoruros: pueden ser precipitados por adición de determinados cationes.
- Elementos que pueden precipitar en forma de sales insolubles de hierro o en forma de complejos: sulfuros, fosfatos, cianuros y sulfocianuros.
- Elementos separables por desgasificación: ácido sulfhídrico, amoníaco, alcohol, fenoles y sulfuros
- Elementos que necesitan una reacción de oxidación-reducción: cianuros, cromo, sulfuros, cloro y nitritos.
- Ácidos y bases:
 - ácidos clorhídrico, nítrico, sulfúrico y fluorhídrico
 - bases diversas
- Elementos que pueden concentrarse por intercambio iónico por osmosis inversa.
- Elementos que se eliminan mediante tratamiento biológico: azúcares, proteínas y fenoles.

2.3.3 Composición de las Aguas Residuales Agrícolas

Se forma de una mezcla de aguas domésticas de la población, riego de tierras y manejo de ganado.

En el caso de las tierras, para las siembras el uso de los fertilizantes tienen desventajas debido a que contienen: nitratos, fosfatos y compuestos de amonio que pueden contaminar ríos, lagos y mares alterando las especies acuáticas,

como también el uso de plaguicidas: herbicidas fungicidas y pesticidas, originando un efecto tóxico sobre el agua y todas las demás especies alrededor.

Las aguas van combinadas junto con las aguas residuales del ganado conteniendo gran cantidad de materia fecal.

CAPÍTULO 3

TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales consta de una seriación de procesos químicos, físicos y biológicos con el propósito de eliminar contaminantes en el agua efluente del uso humano.

El tratamiento de aguas residuales es el proceso de convertir las aguas de desecho, es decir, agua que ya no se necesita o no puede usarse más, en agua limpia que pueda regresar al ambiente.

En forma general, los sistemas de tratamiento de aguas residuales pueden dividirse en los siguientes grupos:

3.1 Tratamiento Preliminar

Remoción del material grueso mediante su cribado o desmenuzado, así como de arenas grasas o ambas. El objetivo de esta etapa es eliminar los sólidos de tamaño considerable, como piedras, papeles, plásticos, entre otros.

Consiste generalmente en una criba o rejas que separa los objetos que podrían dañar o tapar el equipo, seguido de un desarenador que consiste en un canal con velocidad adecuada a las aguas residuales; su objetivo es sedimentar la arena y otros sólidos evitando el desgaste del equipo por acumulación de material.



Figura 1. Esquema simplificado de tratamiento preliminar.

3.2 Tratamiento Primario

Esta etapa abarca operaciones de separación tanto físicas (sedimentación y flotación) así como químicas (coagulación y floculación).

El tratamiento incluye la remoción de sólidos suspendidos, utilizando químicos para hacer más eficiente la eliminación de las partículas pequeñas.

En esta etapa del tratamiento se remueven el 60% de los sólidos suspendidos en el efluente y cerca del 30 % de material orgánico.

3.3 Tratamiento Secundario

La etapa secundaria del tratamiento tiene como objetivo eliminar la materia orgánica disuelta en el agua residual. Así mismo, se conoce como proceso biológico debido a que la mayor parte de las impurezas tanto coloidales como disueltas, son transportadas por las aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales de origen orgánico. Entonces este proceso es el más eficiente, económico y apropiado en la restauración de la calidad o purificación del agua.

3.4 Tratamiento Terciario

La finalidad del tratamiento terciario es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos anteriores, por ejemplo, los nutrientes, fósforo y nitrógeno.

Estos procesos son de naturaleza biológica o físico-química, siendo el proceso unitario más empleado el tratamiento físico-químico. Este consta de una coagulación – floculación y una decantación.

El tratamiento terciario tiene la capacidad de remover hasta el 99% de las impurezas del agua de desecho. Este nivel produce agua que se acerca mucho a la calidad del agua potable. Desafortunadamente, tiende a ser un proceso muy caro que requiere equipo especializado y personal altamente capacitado, así como ciertos químicos y una buena provisión de energía eléctrica.

Métodos de tratamiento terciario:

1. Ósmosis Inversa
2. Electrodialisis
3. Destilación
4. Coagulación
5. Adsorción
6. Remoción por espuma
7. Filtración
8. Extracción por solvente
9. Intercambio iónico
10. Oxidación química
11. Precipitación
12. Nitrificación – Desnitrificación

CAPÍTULO 4

TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUAS RESIDUALES

4.1 Tratamientos químicos

4.1.1 Coagulación

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

Entendemos este término por la desestabilización de los coloides (causantes de color y turbiedad en el agua) para conseguir la sedimentación de las partículas disueltas, eliminación de las dobles capas que rodea a las partículas coloidales alterando las cargas eléctricas, lo cual quiere decir que se eliminan las propiedades que las hacían mantenerse en dispersión.

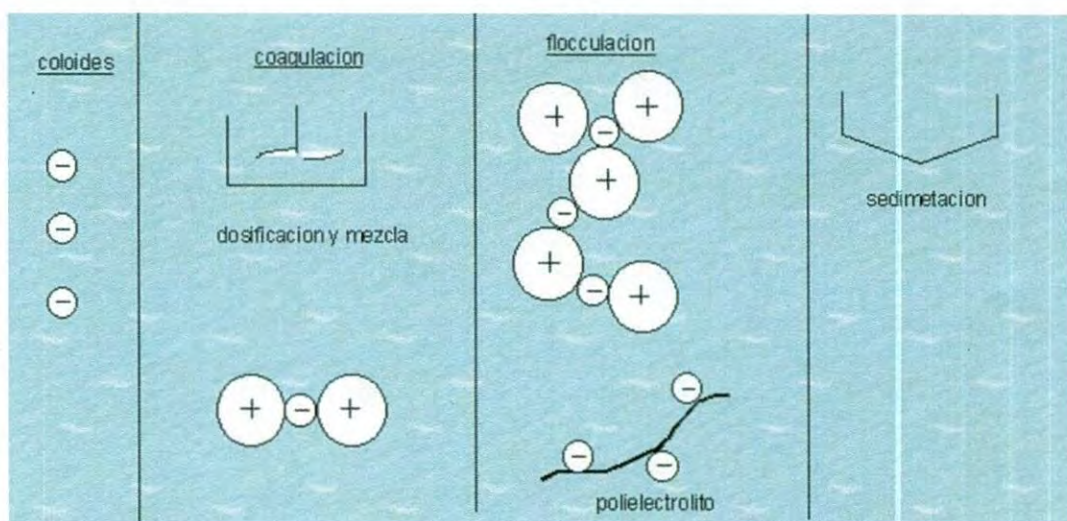


Figura 2. Transformación de sólidos disueltos a sólidos sedimentados.

Las partículas una vez desestabilizadas se pueden agrupar formando grupos llamados flóculos con un peso específico superior al del agua las cuales se remueven rápidamente por sedimentación.

El propósito de la coagulación es sedimentar las partículas, el agua cruda contiene una variedad de impurezas solubles e insolubles, como las partículas coloidales, microorganismos, etc., que son aquellos sólidos suspendidos en las aguas residuales que se depositan después de un cierto periodo de tiempo.

La carga eléctrica que poseen las partículas coloidales impide que las partículas se aproximen unas a otras lo que las impiden permanecer estables.

La coagulación se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de hierro y aluminio, dando resultado 2 procesos unitarios:

El químico consiste en reacciones del coagulante con el agua y la formación de partículas con cargas positivas, este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH al final de la mezcla

El físico consiste en el transporte de especies hidrolizadas para permitir el contacto con otras partículas.

El tamaño de la partícula debe tener el tamaño de diámetro menor a una micra. Las partículas de mayor tamaño (1-5 micras) servirán para ser núcleo de flóculo.

La temperatura en el agua cambia el tiempo de floculación de flóculo, entre menor temperatura, el tiempo de reacción es mayor y el tiempo de formación también es mayor.

Los coagulantes más utilizados son:

- Los basados en el aluminio, como el sulfato de aluminio, los policloruros de aluminio y el aluminato sódico.

- Los basados en el hierro, como los sulfatos férrico y ferroso y el cloruro férrico.
- Los coagulantes orgánicos de tipo polielectrolito.
- Mezclas y formulaciones de los anteriores, específicas para cada caso

Las sustancias químicas que son incorporadas al agua poseen propiedades coagulantes, dichas propiedades lo que hacen es transferir sus iones a los de la sustancia que se desea remover esto hace que la carga eléctrica se neutralize permitiendo que ellas se puedan agrupar, y que se sedimenten.

La cantidad de la sustancia química es importante debido a que dependiendo de la cantidad que se incorpore al agua será la efectividad del proceso.

La coagulación se realiza mediante una mezcla rápida, para que la sustancia química pueda incorporarse en el agua y el coagulante cumpla la función.

4.1.2 Floculación

Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando la decantación y posterior filtrando.

La floculación consiste en formar flóculos aglomerados mediante una agitación moderada del agua, agrupando las partículas desestabilizadas durante la coagulación para formar otras de mayor tamaño y peso específico.

Para que la floculación sea efectiva es necesario que existan una o varias cámaras de agitación lenta.

Los objetivos básicos de la floculación son reunir microflóculos para formar partículas con peso específico superior al del agua y compactar el flóculo disminuyendo su grado de hidratación para producir baja concentración volumétrica, lo cual produce una alta eficiencia en los procesos posteriores como sedimentación y filtración.

La diferencia básica entre coagulante y floculante reside en que el coagulante anula las fuerzas repulsivas entre las partículas coloidales, iniciando la formación de microfloculos y el floculante engloba estos microfloculos aumentando su tamaño y densidad de modo que se sedimenten más fácil y rápidamente.

En cuanto al mecanismo de floculación, los polímeros reaccionan con los coágulos a través de la neutralización de cargas y el mecanismo de creación de puentes.

La neutralización de cargas tiene lugar de la misma manera que la neutralización llevada a cabo por las sales metálicas. El polímero tiene una carga opuesta a la de las partículas coloidales, de tal forma que la carga de los coloides es neutralizada por la carga del polímero.

El mecanismo de creación de puentes requiere que la cadena del polímero sea adsorbida por una partícula y cuando otra partícula esté suficientemente cerca, como para que la cadena del polímero extendida pueda ser absorbida por ella se forma un puente físico entre las dos partículas. Este floculo elemental crece formando puentes con otras partículas hasta alcanzar el floculo un tamaño óptimo. Este mecanismo supone que el polímero sea adsorbido en dos o más coágulos lo que implica que se den las siguientes condiciones:

- 1) Es necesario que el polímero adsorbido alcance otras partículas y para esto es necesario que pueda extenderse suficientemente en el agua a pesar de sus fuerzas de repulsión eléctrica.
- 2) El polímero adsorbido debe dejar suficiente espacio libre para permitir la adsorción de los polímeros por otras partículas.

Conforme se va formando el floculo, las partículas deben de cargarse de energía para que puedan combinarse y formar floculos densos y compactos. Los floculos van incrementando con agitación fuerte, aunque los grandes

flóculos se rompen fácilmente. Esta situación de compromiso indica que la agitación debe ir disminuyendo a medida que el tamaño del flóculo aumenta.

La floculación está condicionada por una serie de factores que determinan su eficiencia en el proceso de separación de la fase sólido-líquido:

- Dosis óptima de polímero: es la cantidad máxima de polímero que puede ser adsorbido sobre el sólido para producir un sistema floculado, sin ninguna rotura de enlaces de la superficie después de la formación de los flóculos.
- Agitación: una adecuada agitación es necesario tanto en el momento de la dosificación del polímero como en el proceso de formación y engorde del flóculo. La dispersión del polímero en el agua, exige una rápida agitación para favorecer una floculación homogénea en todos los puntos y crear un tamaño de flóculo igualmente homogéneo. Esta rápida agitación favorece un mayor número de colisiones entre las partículas y las cadenas de polímeros, asegurando la floculación total de los coágulos. Una vez iniciada la floculación, conviene reducir la velocidad de agitación para evitar la rotura mecánica de los flóculos. Por lo que, es conveniente siempre un óptimo estado de agitación para lograr que las partículas formen puentes de enlace y se formen agregados.
- Peso molecular del polímero: propiedad que caracterizan a los polímeros y determina la eficacia de la floculación. Con un polímero de peso molecular elevado se consigue absorber un mayor número de moléculas, se optimiza la dosis de polímero y se incrementa la velocidad de decantación.
- Concentración de los sólidos: a mayor densidad de sólidos se favorece la estabilidad de los flóculos, debido al aumento de la probabilidad de unión de los fragmentos de flóculos rotos.

- Superficie de los sólidos: la dosis óptima de floculante es proporcional a la superficie específica del sólido; es decir, al aumentar el tamaño o superficie de la partícula se reduce la dosis de floculante.
- Efecto del pH: afecta a la cantidad y tipo de cargas presentes en la superficie de los sólidos y a la cantidad de carga libre que configura el polímero en disolución.
- Efecto de la temperatura: no siempre una elevada temperatura favorece la floculación, ya que a veces provoca una elevada velocidad de difusión del floculante y de colisión de partículas, que desfavorece la adsorción.

4.1.3 Coagulantes-Floculantes

4.1.3.1 Cloruro Férrico

Es un compuesto químico utilizado en escala industrial, utilizado para el tratamiento de aguas de efluentes cloacales o industriales y para la potabilización del agua proveniente de agua de río para consumo humano,

El cloruro férrico en solución al 40% se utiliza como coagulante para tratamiento de aguas y efluentes, se comercializa habitualmente a granel.

Las principales propiedades del cloruro férrico (FeCl_3) son:

- Densidad: 2,8 g/cm³.
- Masa molar: 162,20 g/mol.
- Punto de fusión: 260 °C.
- Punto de ebullición: 315 °C.

4.1.3.2 Cloruro Ferroso

El Sulfato Ferroso, también conocido como caparrosa verde o vitriolo, es un compuesto coagulante ácido granular de color verde, disponible en gránulos, cristales y bultos.

Se usa generalmente junto con la cal (CaO) o junto con el cloro para llevar a cabo una coagulación efectiva.

Las principales propiedades del cloruro ferroso (FeCl₂) son:

- Densidad: 3,16 g/cm³.
- Masa molar: 126,751 g/mol.
- Punto de fusión: 677 °C.
- Punto de ebullición: 1023 °C.

4.1.3.3 Sulfato de aluminio

Es una sal sólida y de color blanco de fórmula Al₂(SO₄)₃, utilizado como coagulante y floculante principalmente en el tratamiento de aguas residuales, se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación de igual manera ayuda a la disminuir la cantidad de bacterias en el agua y aclarar.

Es un coagulante inorgánico.

El Sulfato de Aluminio se obtiene al reaccionar un mineral aluminico (caolín, bauxita, hidrato de aluminio) con ácido sulfúrico a temperaturas elevadas.

Una de sus ventajas es su fácil aplicación, amplio rango de pH, produce pocos lodos.

Sus principales características son la buena formación de flóculo en tamaño y densidad específica.

- Propiedades Físico-Química del sulfato de aluminio:
 - Aspecto y color: Polvo cristalino blanco brillantes.
 - Olor: Inodoro.
 - Presión de vapor: No aplicable.
 - Densidad relativa (agua=1): 2.71
 - Solubilidad en agua: Elevada.
 - Peso molecular: 342.14

Tabla II. Comparación de coagulantes

	Sulfato Férrico, Ferroso	Cloruro Férrico Ferroso	Sulfato de Aluminio Libre de Hierro	Sulfato de Aluminio Ferroso
Coagulación	alta	alta	mediana	lenta
Floculación	alta	alta	mediana	lenta
Precio	alto	alto	bajo	bajo
Producción	baja	baja	muy alta (Industria minera)	alta (Industria minera)
Tiempo	alta eficiencia	eficiencia	moderado	moderado

4.1.4 Desinfección

La desinfección del agua tiene como propósito la destrucción de los organismos perjudiciales, patógenos o simplemente molestos. La desinfección no implica necesariamente la destrucción de todos los organismos vivos y no tiene como objetivo la obtención de un agua completamente estéril.

En el caso de aguas residuales industriales, el objetivo puede ser no sólo desactivar patógenos, sino cualquier otro organismo vivo, si lo que se pretende es reutilizar el agua.

Los principales procesos de desinfección son la ozonización y cloración.

La cloración del agua tratada representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria adecuada. El cloro tiene un gran poder germicida, interviene en la oxidación de sustancias inorgánicas y orgánicas que comunican olor o sabor al agua y ejerce un poder en la coagulación.

La ozonización es la acción bactericida del ozono se debe a que se transforma en oxígeno molecular en un átomo de oxígeno. El oxígeno atómico es el oxidante más energético que se conoce. Actúa sobre el protoplasma de las bacterias y las destruye.

4.2 Tratamientos físicos

Una vez coagulada y floculada, el problema consiste en separar los sólidos del líquido o sea las partículas floculantes del agua, donde están suspendidas.

Esto se puede conseguir por medio de:

1. Sedimentación.
2. Flotación.
3. Combinación de ambos procesos.

4.2.1 Sedimentación

Es un proceso físico de separación por gravedad, que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del recipiente. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos.

La sedimentación puede ser simple cuando las partículas que se asientan son discretas, o sea partículas que no cambian de forma, tamaño o densidad durante el descenso en el fluido.

La sedimentación se denomina Inducida cuando las partículas que se sedimentan son aglomerables, o sea, que durante la sedimentación se aglutinan entre sí cambiando de forma y tamaño aumentando de peso específico.

4.2.2 Flotación

Proceso físico fundamentado en la diferencia de densidades. La flotación permite separar la materia sólida o líquida de menor densidad que la del fluido, por ascenso de ésta hasta la superficie del fluido, ya que en este caso, las fuerzas que tiran hacia arriba (rozamiento y empuje del líquido) superan a la fuerza de la gravedad. Se generan pequeñas burbujas de gas (aire), que se asocian a las partículas presentes en el agua y se elevan hasta la superficie, donde son arrastradas y sacadas del sistema.

Las aplicaciones de la flotación, en el campo del tratamiento del agua son muchas entre ellas mencionaremos la separación de grasas y aceites, separación de materias floculadas en la clarificación.

CAPÍTULO 5

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

6.1 Propuesta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas

Con base en el análisis de los resultados de las encuestas aplicadas se les fue propuesto a los habitantes de las colonias antes citadas un método económico y sencillo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas con el objetivo de ser reutilizadas en servicios domésticos y para otras actividades como riego de árboles, lavados de automóviles riego de patios y banquetas entre otras.

La metodología a seguir es la siguiente:

1. Se recolectan las aguas provenientes de lavado de utensilios de cocina, lavamanos, regadera o aseo personal, lavadero o lavadora, proceder a agitar estas aguas para hacer una mezcla homogénea.



Figura 3. Depósito de aguas residuales domésticas.

2. A las aguas anteriormente descritas se le añaden dosis de Sulfato de Aluminio según el agua sea turbia o semi turbia. La dosis consiste en lo siguiente: si el agua es muy turbia se añaden 4.5 gr de sulfato de aluminio por cada 3 litros de agua a tratar; si esta es semi turbia añade la

misma dosis en 4 litros, y posteriormente agítese entre dos y cinco minutos.



Figura 4. Porción de Sulfato Aluminio.

3. Posteriormente el agua agitada se deja reposar, al menos, durante 20 minutos o más, formándose 2 capas de desechos una en la superficie del líquido y otra el fondo.
4. Se procede a retirar con alguna hoja metálica, plástica o de cartón la capa superior lentamente sin provocar turbulencias y posteriormente el agua pretratada se retira con un recipiente lentamente sin ni provocar remolinos hacia otro recipiente limpio.



Figura 5. Retiro de capa de deshecho superficial.



Figura 6. Traslado del agua pretratada.

- Al agua procesada se le añaden dosis de Hipoclorito de Sodio en la misma proporción que el Sulfato de Aluminio y se agita durante dos minutos dejándose reposar, al menos, 20 minutos o más.



Figura 7. Adición de Hipoclorito de Sodio.

- Después del reposo el agua puede ser reutilizada en los servicios anteriormente descritos con la advertencia de que debe de existir un enjuague con agua de la red municipal a cualquiera de los servicios que se haya utilizado de nueva cuenta, para evitar cualquier posibilidad de contaminación.
- El agua tratada no es apta para beber ni para cocinar y tomar muy en cuenta la última recomendación del punto anterior, es decir, el enjuague.



Figura 8. Comparación del agua residual y el agua tratada.

Con el servicio social "Manejo y tratamiento de aguas residuales domésticas y obtención de productos en ambiente controlado en las colonias "Las Minitas" y "El Apache". Proyecto continuo, Hermosillo Sonora", se extendió hacia las colonias "Tirocapes" y "San José de las Minitas" y se realizaron visitas a las viviendas y se les hizo la demostración para presentar el método anterior y dar conciencia de que el tratado del agua residual es importante tanto económica como socialmente, se mantuvo conversación con las familias de las viviendas y se les dejó material para poder volver a repetir el proceso se les solicitó que almacenaran juntando el agua que utilizan en la semana, y así poder ellos realizarlo. Al final de la demostración se preguntó su opinión acerca de qué tan práctico, eficaz y eficiente les pareció el método.

La aceptación de las familias ante el tratamiento al agua, fue buena y estuvieron dispuestas a utilizarlo siempre y cuando pudiera tener un subsidio de algunos materiales.



Figura 9. Agua tratada



Figura 10. Reactivos químicos utilizados en el tratamiento.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Evaluación de la Problemática

La capital de Sonora experimenta cada vez más la falta de agua, debida a la sobreexplotación de acuíferos, el crecimiento poblacional y a las altas temperaturas, aunada a la sequía que se ha prolongado por unos 20 años.

La posición geográfica de Hermosillo la ubica en una zona desértica, cálida y seca en donde las lluvias son escasas, también ha provocado que las fuentes tradicionales de abastecimiento de agua como el río San Miguel y el Sonora, se hayan reducido al mínimo. La recuperación del acuífero es insuficiente con respecto a la cantidad que demanda la población.

Las altas temperaturas que durante seis meses del año alcanzan los 40 grados centígrados en Hermosillo y llegan a rebasar los 48 grados en ocasiones, se conjunta con un abatimiento en el acuífero por lo que la han colocado, según la Comisión Nacional del Agua (Conagua), en situación crítica.

El crecimiento de Hermosillo, la frecuente y desmedida migración de la sierra y el campo a nuestra ciudad, las exigencias de un desarrollo y una sociedad que requiere de enormes cantidades de agua para su supervivencia, aunado a la falta de cultura sobre el uso y aprovechamiento de este vital líquido, han rebasado ya la capacidad natural de este recurso.

En los últimos veinte años debido a los serios problemas para el abastecimiento de agua potable ha sido necesario en épocas de veranos, limitar el suministro mediante tandeos. En algunas colonias el suministro es limitado o no existe.

Las colonias se seleccionaron considerando la problemática de abastecimiento de agua debido a diferentes factores, siendo el principal la ubicación, la cual tiene una gran pendiente, terreno escabroso, piedras, desniveles, grandes rocas, etc.

Es por ello que se decidió analizar la situación en la que se encuentran las familias que habitan la zona sur-poniente. Para un mejor estudio, fue necesario considerar 4 colonias específicas de ésta zona: Tirocapes, San José de las Minitas, Las Minitas y El Apache.

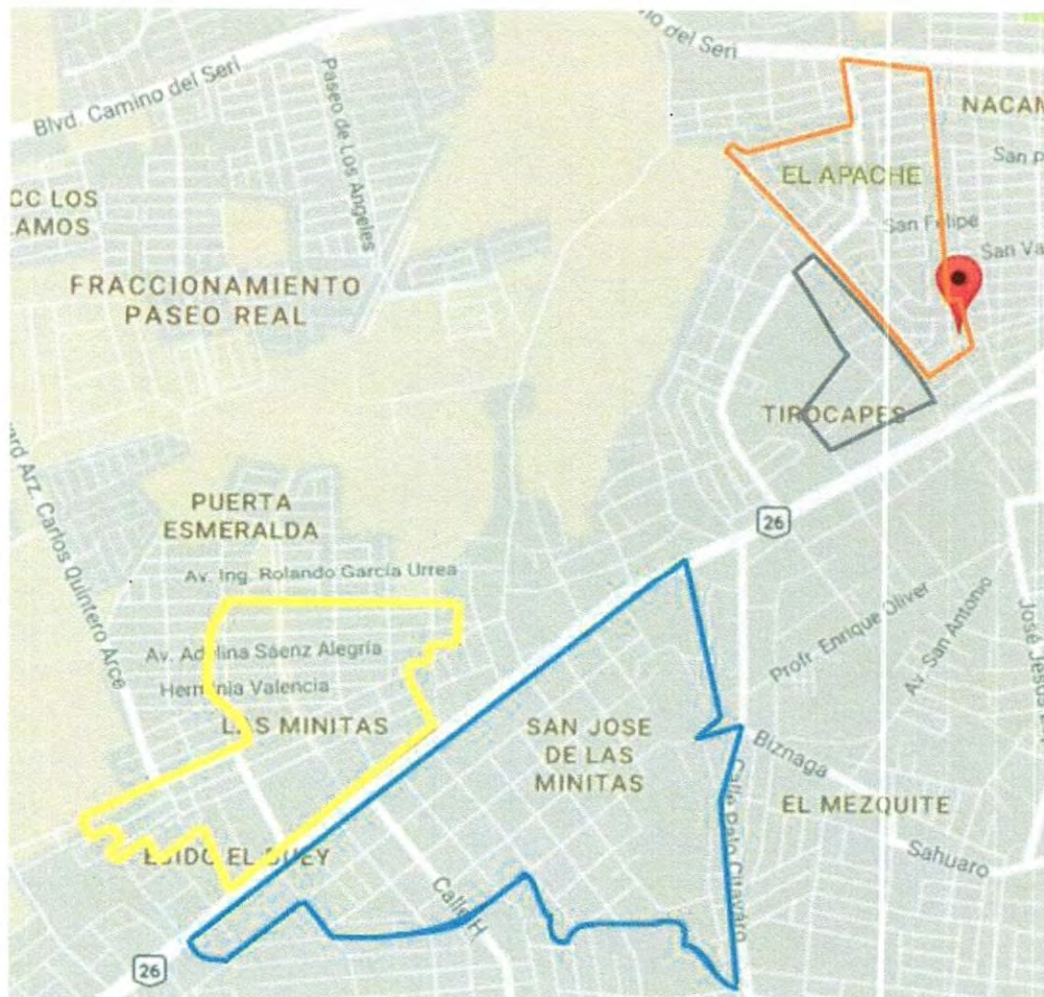


Figura 11. Mapa de zona sur-poniente de Hermosillo, indicando las colonias de estudio.



Figura 13. Mapa de la Colonia San José de las Minitas



Figura 14. Mapa de la Colonia Las Minitas.



Figura 15. Mapa de la Colonia El Apache.

6.2 Evaluación de encuestas

Primero se realizó una encuesta (ANEXO A) a dichas colonias para conocer información básica de las viviendas como el ámbito económico, abastecimiento del agua, saneamiento, tandeo y opiniones sobre el ahorro y reutilización del agua. Se seleccionaron 102 familias al azar pertenecientes a esta zona.

Los resultados obtenidos de las encuestas realizadas en las cuatro colonias fueron las siguientes:

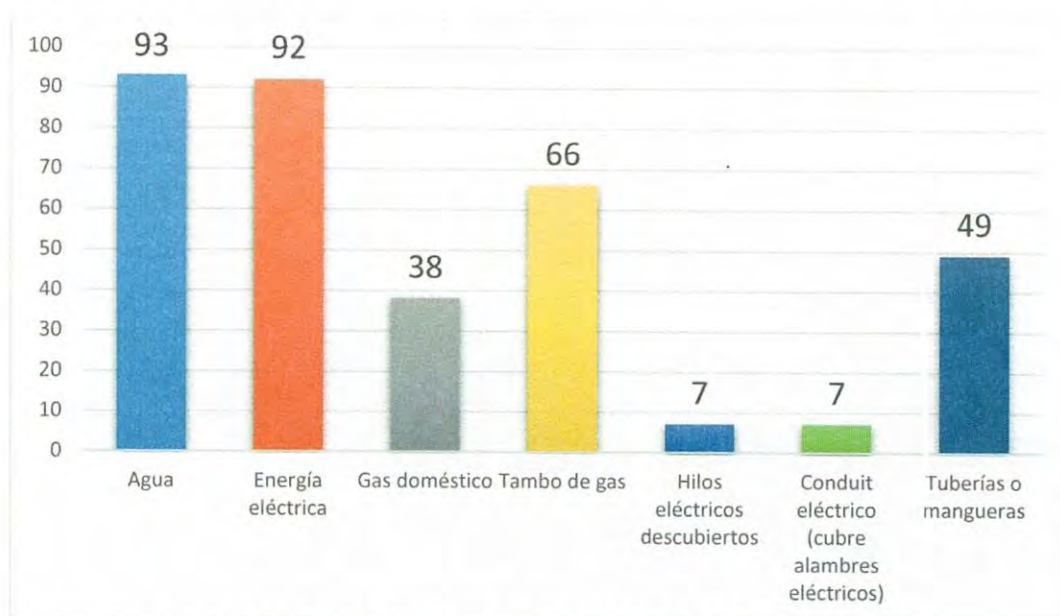


Figura 16. Líneas de Servicio que abarcan las viviendas.

En la Figura 8. se percibe que de las 102 viviendas entrevistadas 93 viviendas cuentan con la línea de servicio de agua, 92 viviendas con el servicio de energía eléctrica. Con respecto al suministro de gas, 66 familias tienen tambo de gas, y 38 gas doméstico, de las 102 viviendas hay algunas que no cuentan con ninguno de los dos servicios pero también hay viviendas que comparten el uso de los dos servicios.

En tuberías o mangueras, solo 49 viviendas de las 102 tienen esta distribución:

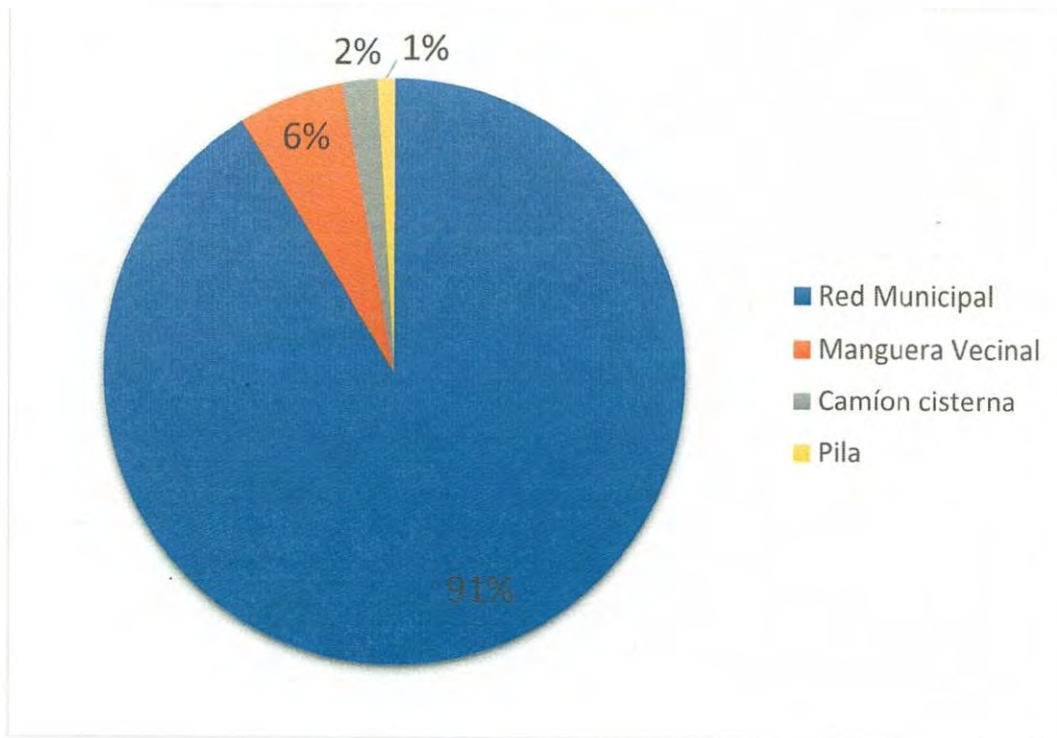


Figura 17. Porcentaje de fuente de suministro en las colonias.

De las cuatro colonias que se estudiaron, en la figura 9. se puede observar que el 91% de las viviendas entrevistadas si cuentan con red municipal como fuente de suministro, siendo esta fuente la más tradicional en el suministro de agua de la población del municipio de Hermosillo, el otro 9% está conformado por 6% de manguera vecinal, 2% de camión cisterna y 1% de pila, se puede observar que es muy poca la cantidad de habitantes que tienen acceso a suministro de agua de manera convencional.

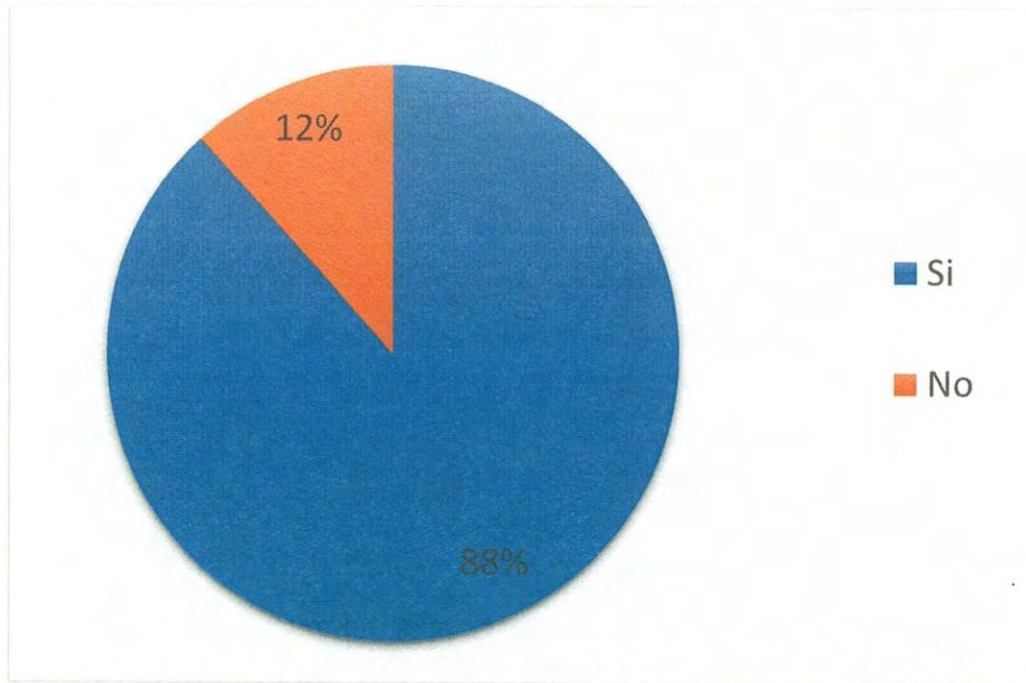


Figura 18. Pago por fuente la fuente de suministro de agua.

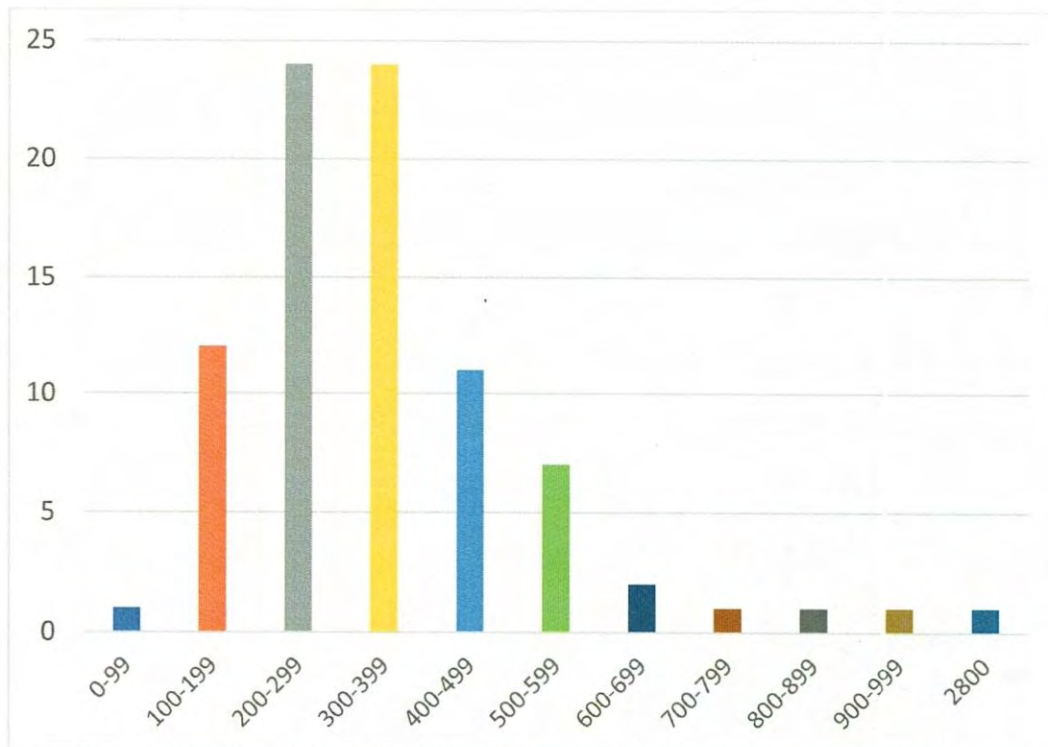


Figura 19. Gráfica de pago al mes por suministro de agua por vivienda

El 88% de los domicilios paga por la fuente de suministro de agua. En la figura 11. se puede observar que el pago al mes promedio por la fuente suministro de agua, de los que cuentan con red municipal, está en el rango de \$ 200-399.

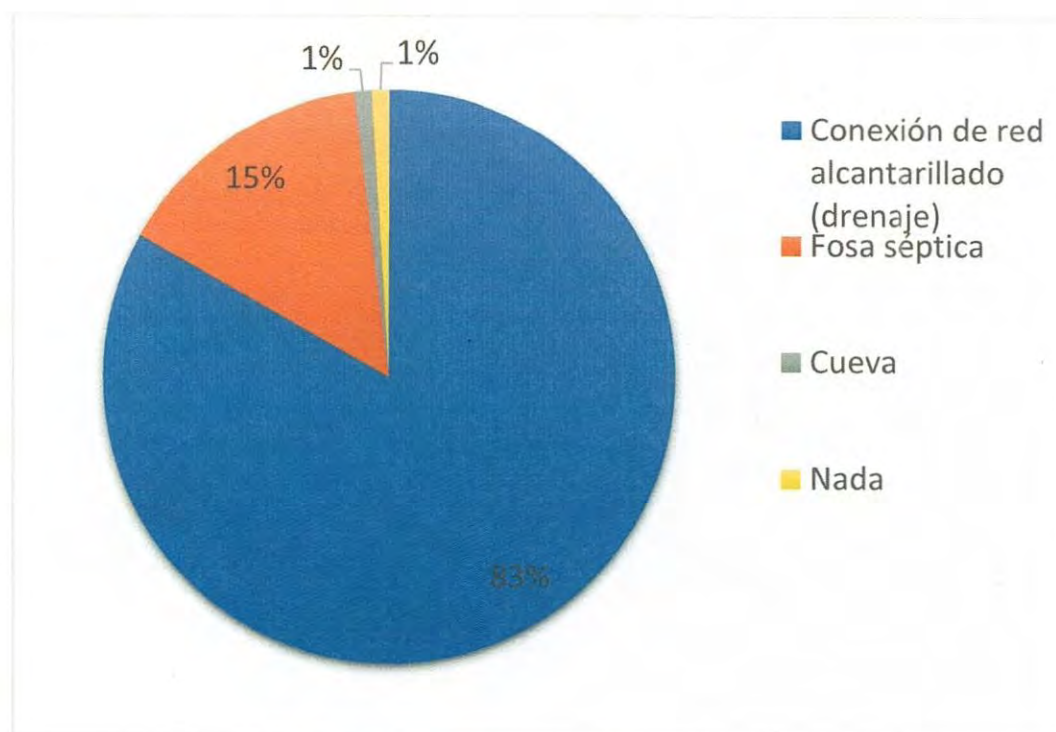


Figura 20. Gráfica mostrando la forma de saneamiento.

Se puede percibir en la figura 12. que las viviendas de esta zona cuentan en mayor proporción de conexión de red de alcantarillado (drenaje) comprendiendo de un 83%. Sin embargo, se puede observar que un 17% no goza de un desagüe de fluidos agradable; componiéndose de un 15% de fosa séptica que es poco inusual en el municipio de Hermosillo tanto como una cueva o no tener ninguna forma de desagüe en un hogar.

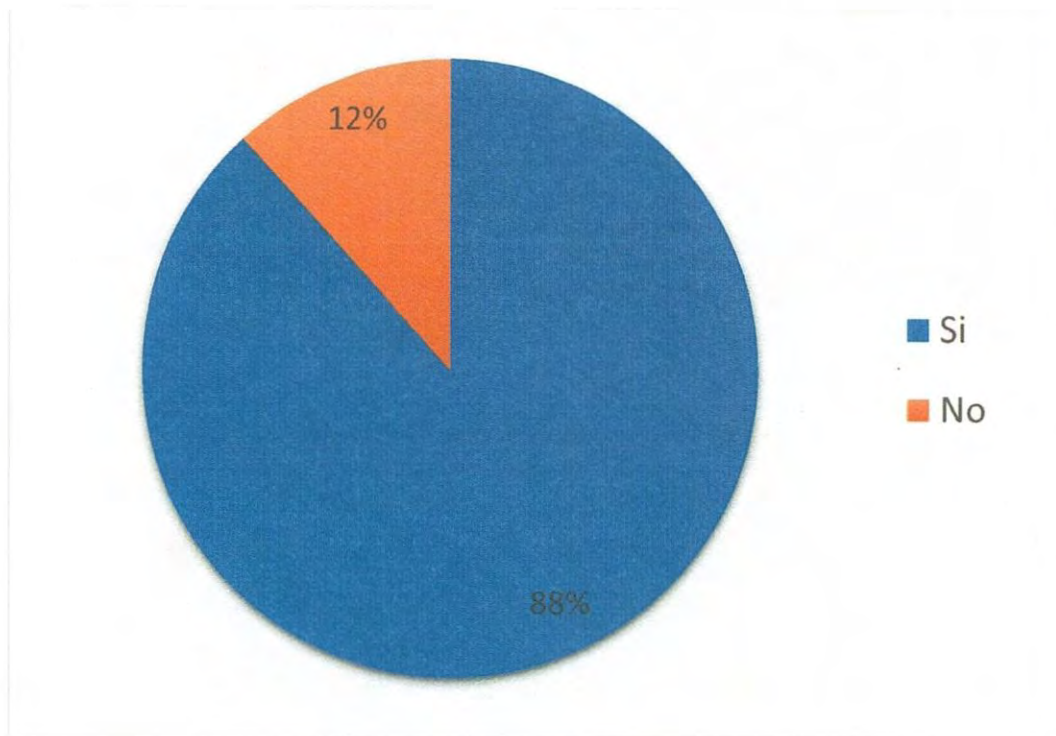


Figura 21. Asignación de tandeo

Se contempla en la figura 13. que de las 102 viviendas el 67% de ellas les asignaron tandeo, el tandeo es un programa que surte de agua a los sectores de la ciudad sólo cierto número de horas al día. El 33% de los domicilios no tiene ningún programa para abastecimiento del recurso mencionado.

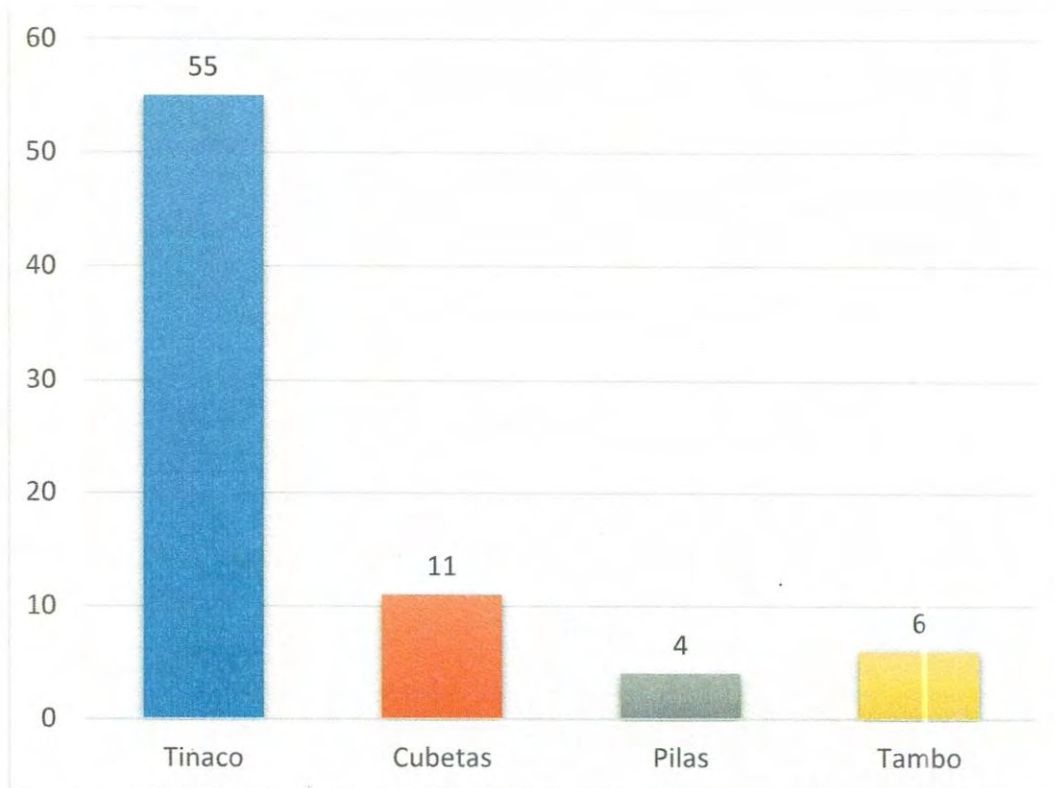


Figura 22. Depósitos de almacenamiento de agua

Los domicilios que cuentan con el programa de tandeo tienden a almacenar el agua en distintos depósitos. Se puede especular en la figura 14. que 55 viviendas almacenan su recurso en Tinacos y el resto en recipientes más accesibles.

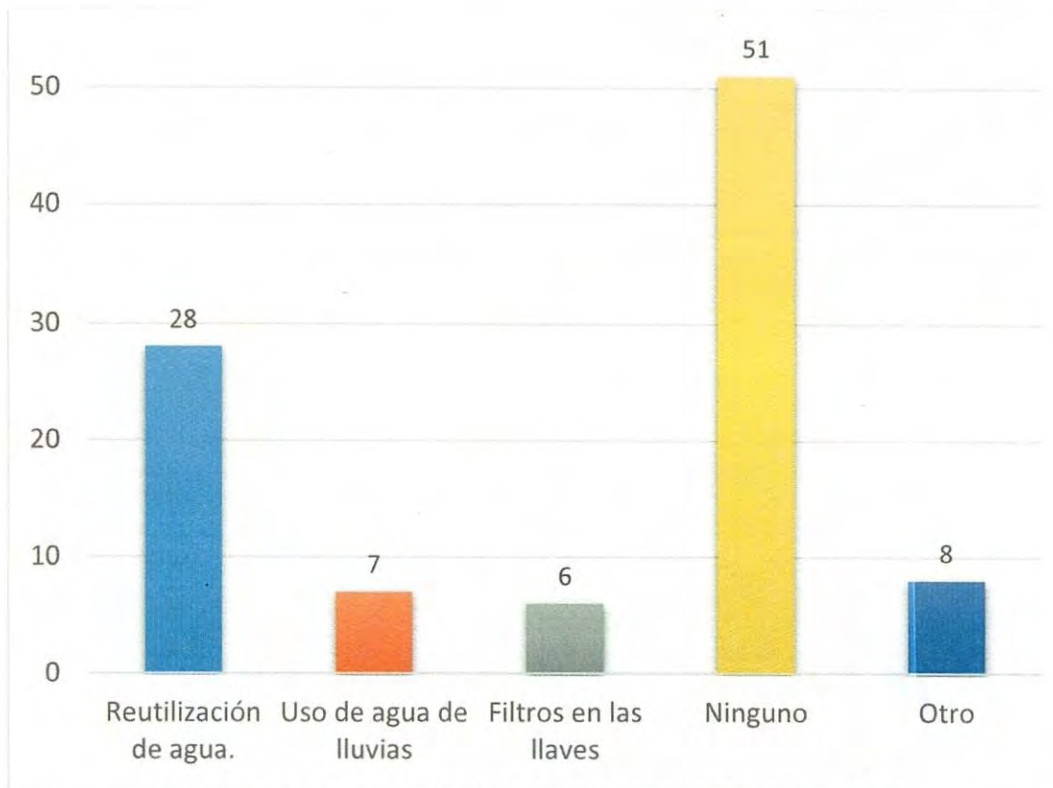


Figura 23. Métodos del ahorro de agua en las viviendas

En la buena cultura del agua puede llevarnos a enfrentarnos a problemas serios en un periodo no muy largo, es por eso que debemos llevar a cabo un método de ahorro del fluido, se puede observar en la figura 15. que 54% domicilios no cuentan con ningún método de ahorro en ellos. Sin embargo, los restantes tienen algún método de ahorro, como lo son el reutilizar el agua, almacenamiento de agua de lluvias, filtros en las llaves, entre otros.

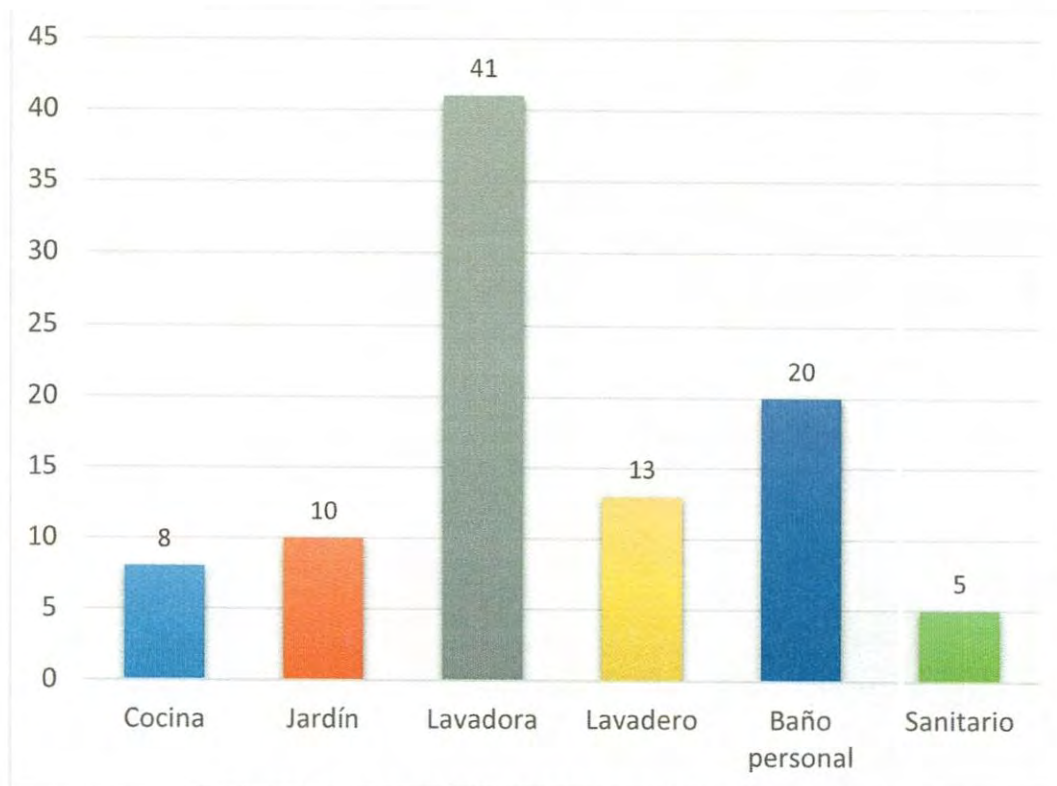


Figura 24. Parte del hogar que más gasta agua.

En la mayoría de los cuartos de los domicilios el líquido vital está presente, según la pregunta que se realizó para conocer donde las familias aseguran tener más gasto del recurso, se puede apreciar a simple vista en la figura 16. que el lugar que más gasta agua de las viviendas en esta zona es el uso de la lavadora. De las viviendas encuestadas, 6 viviendas no contestaron debido que su suministro de agua es por una pila, o no tienen suministro de agua.

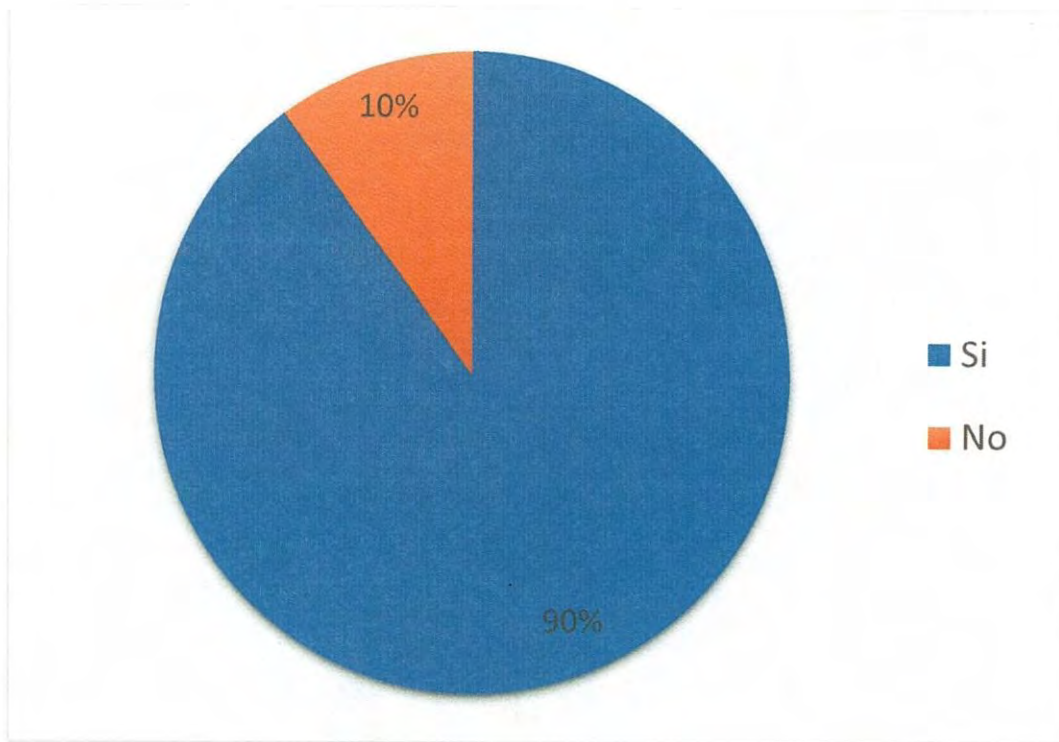


Figura 25. Disponibilidad de las viviendas a tratar el agua residual para uso en jardines.

El ahorro del vital líquido es un tema muy importante a largo plazo por eso mismo a las familias de las mencionadas colonias se les realizó una pregunta para conocer la disponibilidad de reutilizar dicho recurso, se puede observar en la figura 17. que la mayoría (90%) de las viviendas entrevistadas están dispuestas a utilizar el agua residual en mantenimiento de jardines, mientras el 10% de las personas entrevistadas no están dispuestos.

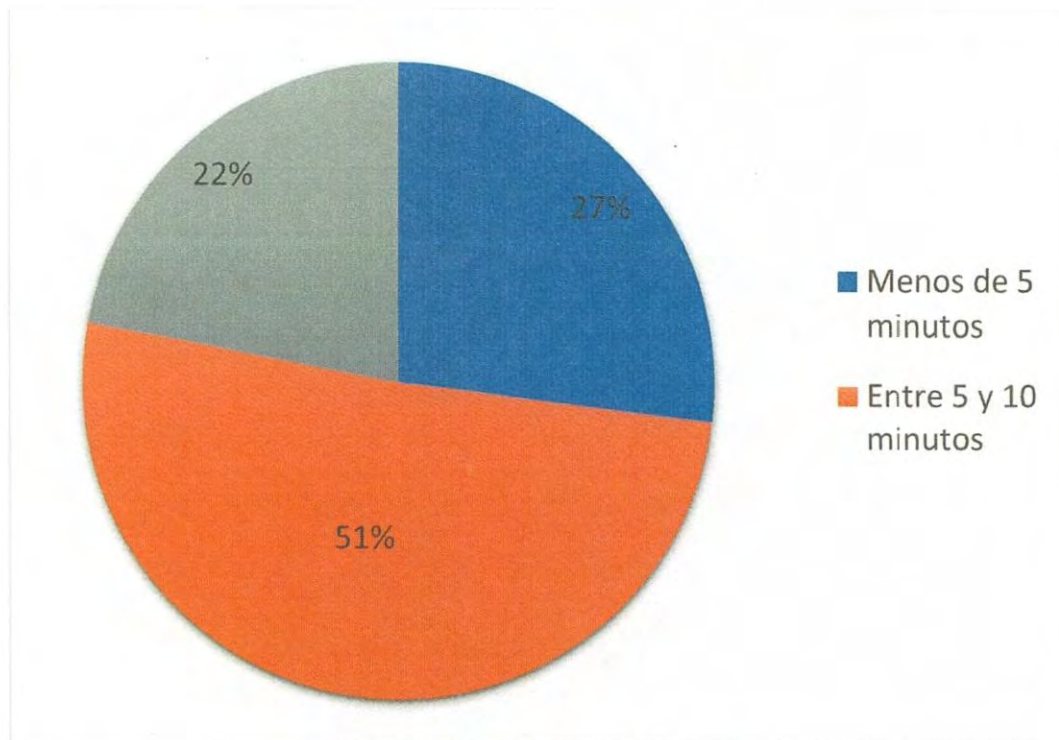


Figura 26. Tiempo que duran en la ducha

La ducha debería limitarse a 5 minutos para un uso sostenible de agua y energía, que no superará los 95 litros de agua de consumo medio diario. Podemos observar en la figura 18, que solo el 27% de las viviendas tienen un límite de 5 minutos como máximo bajo la ducha. El resto de las viviendas sobrepasa el tiempo límite diario considerable para la sustentabilidad del agua.

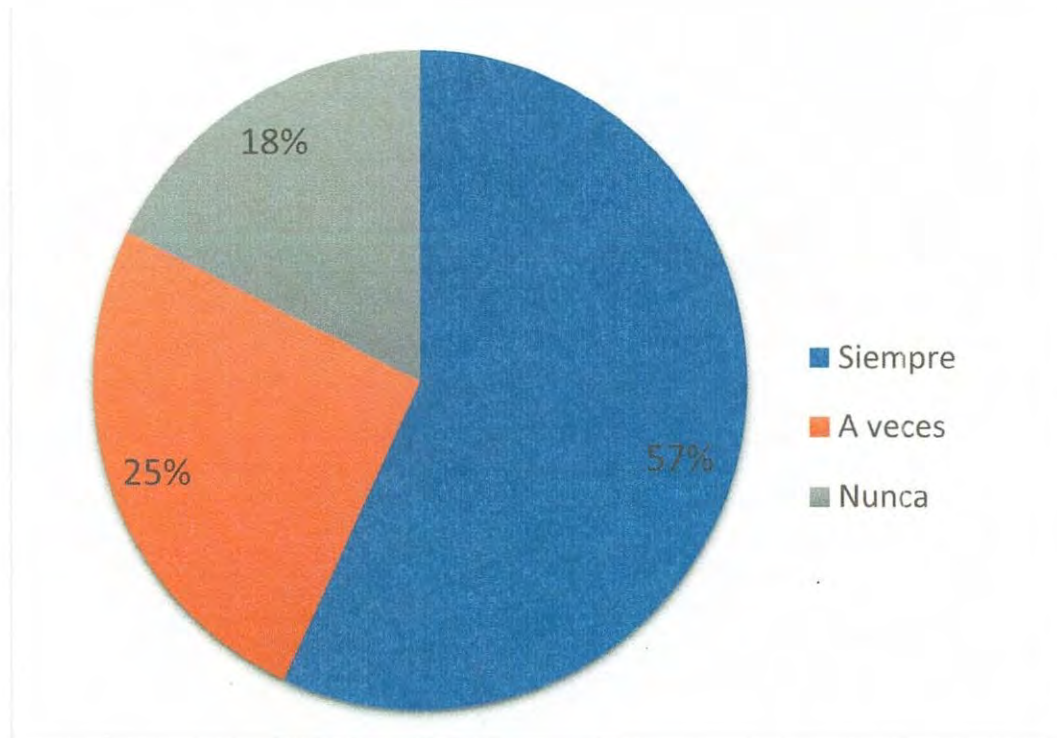


Figura 27. Aprovechamiento de agua pluvial para regar plantas del hogar.

Aprovechar el agua de la lluvia es un método eficaz para poder usarla en el riego de las plantas, en México solo una parte del agua de lluvia es utilizada. En la figura 19. se puede apreciar que más del 50% de los domicilios señalaron que siempre o a veces aprovechan el agua pluvial para el riego de sus plantas.

En seguida se realizó una segunda encuesta (ANEXO B) en la cual se cuestionaron aspectos sobre el uso de agua en los diferentes servicios utilizados en el área doméstica. De igual manera, se realizaron las entrevistas a los mismos domicilios visitados para la entrevista anterior. En las preguntas se consideraron las formas en las cuales hay gasto de agua dentro de la vivienda que van desde el uso de sanitario, ducha, cocina, lavado de ropa y jardín. Se preguntó acerca de un aproximado del uso de cada sitio y se calculó de

acuerdo a estudios la cantidad promedio de agua que se utiliza por consumo dependiendo el lugar de estudio.

Enseguida se muestran las conclusiones de cada área de las viviendas por colonia.



Figura 28. Promedio del agua utilizada por colonia en el sanitario.

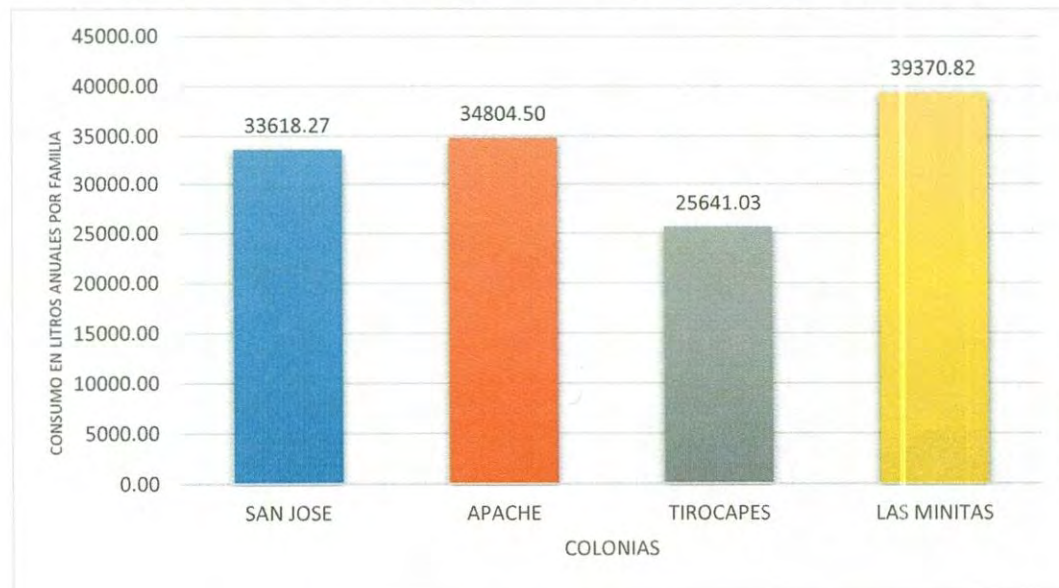


Figura 29. Promedio del agua utilizada por colonia en ducha y lavabo.

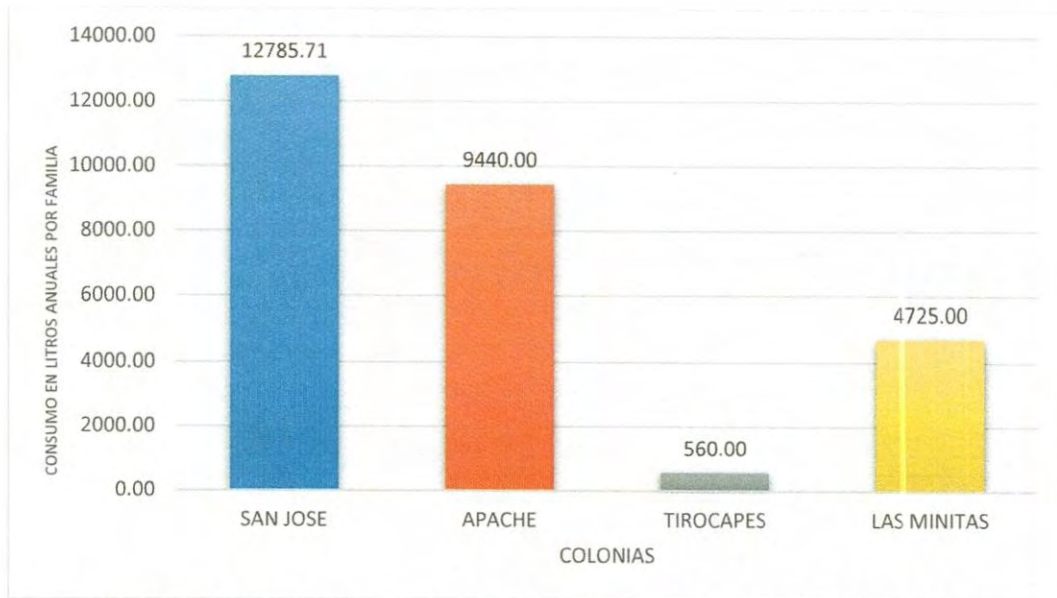


Figura 30. Promedio del agua utilizada por colonias en las plantas.

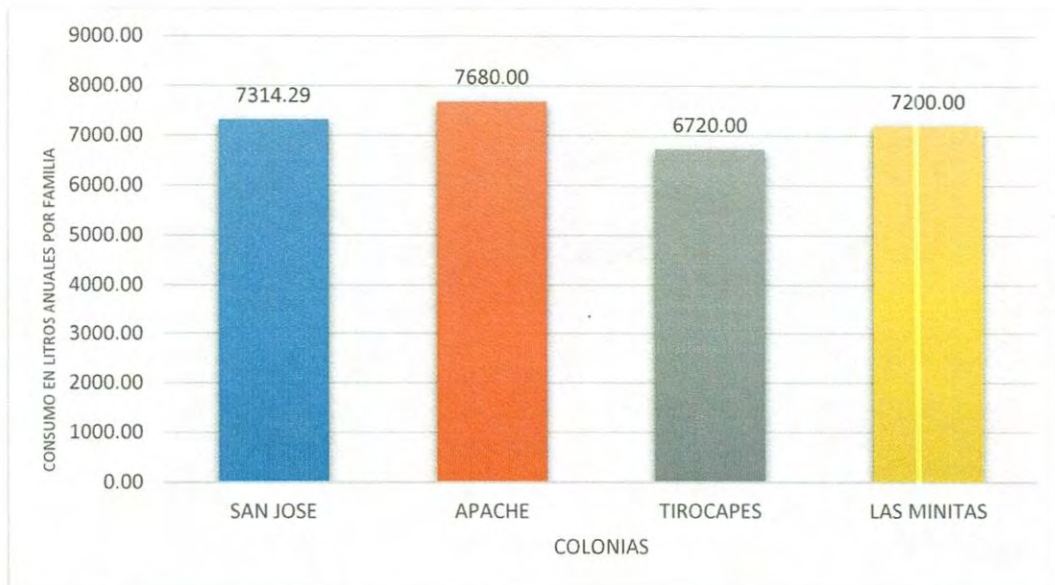


Figura 31. Promedio del agua utilizada por colonia en la cocina

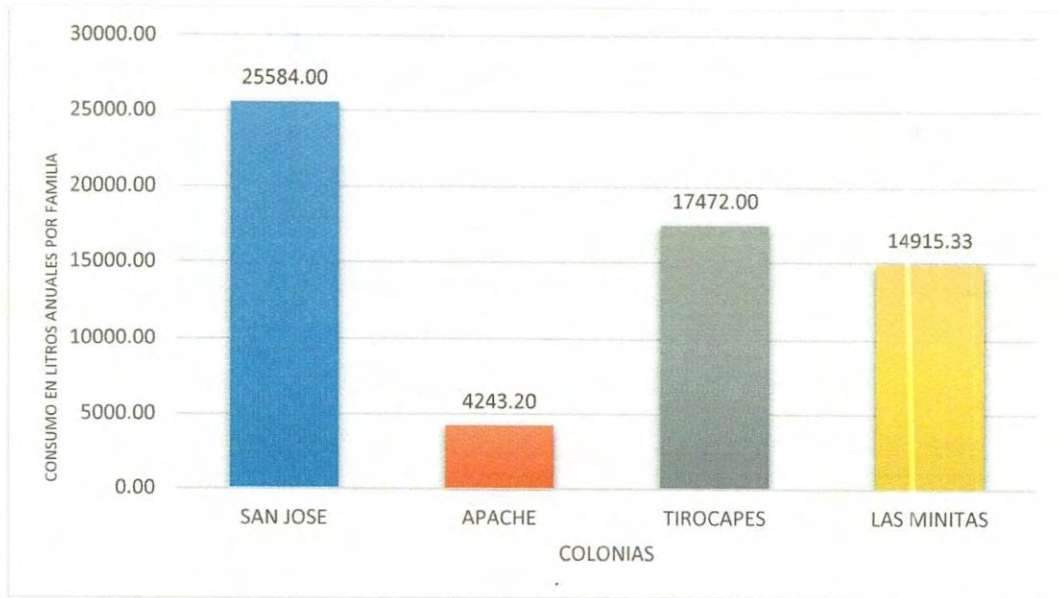


Figura 32. Promedio del agua utilizada por colonia en lavado de ropa.

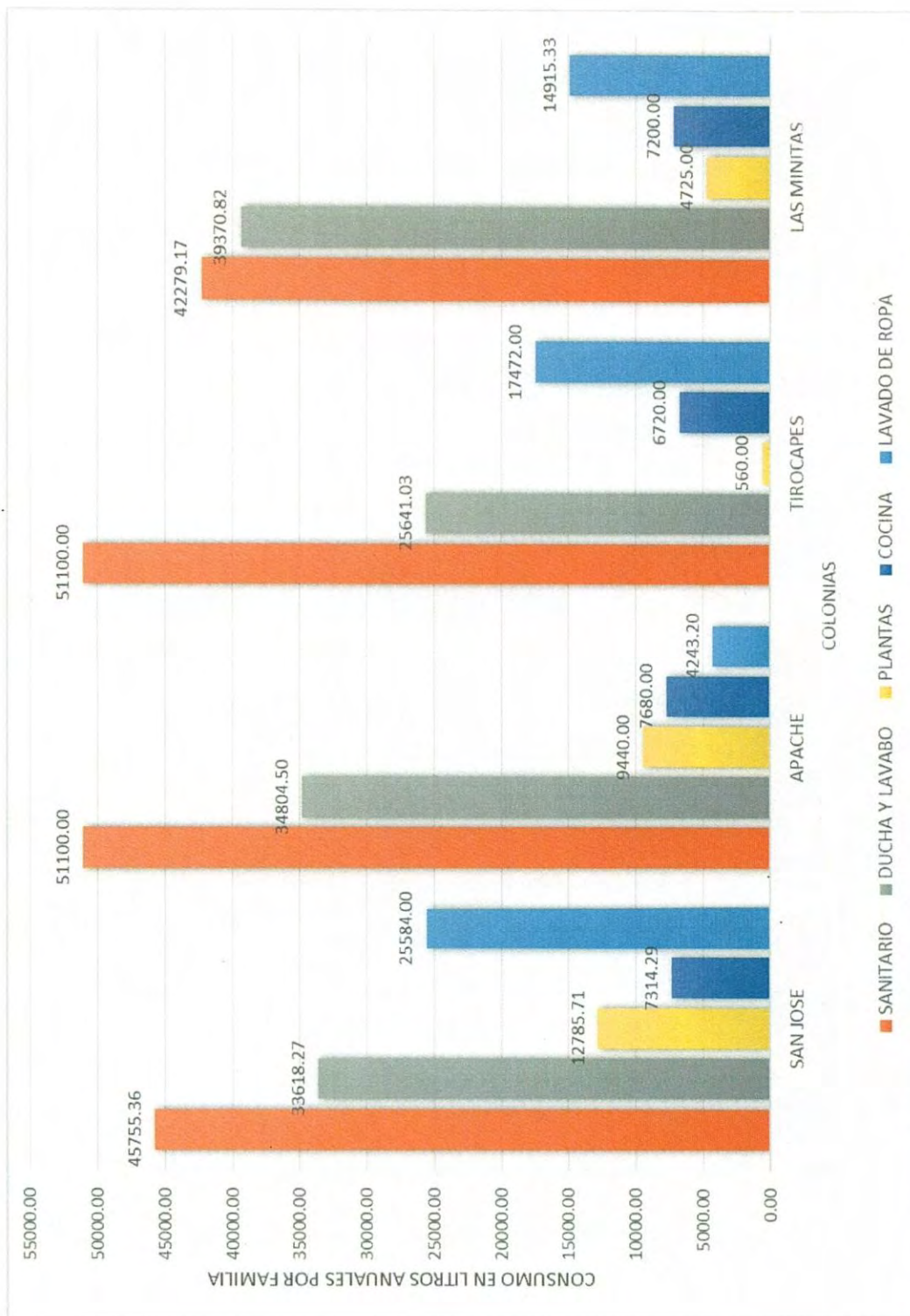


Figura 33. Comparación del consumo del agua utilizada por servicio en las colonias

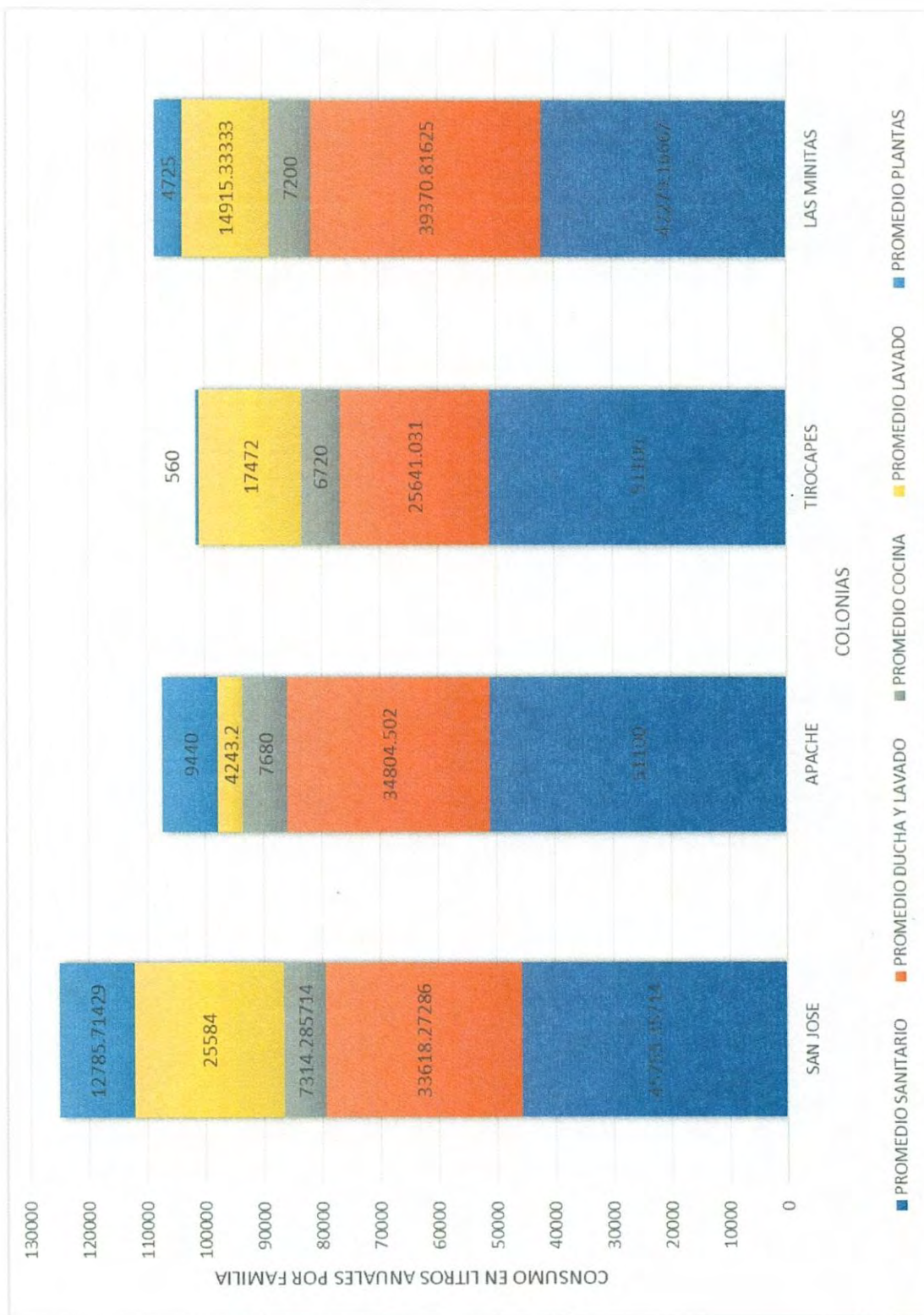


Figura 34. Promedio del agua total utilizada por colonia.

En base a la figura 26., se puede observar que el promedio del uso de agua por colonia de cada servicio es mayor en la colonia San José de las Minitas. Por otro lado, debido a que la colonia Tirocapes es una colonia donde los terrenos son grandes, existen baldíos y el número de casas es bajo, se puede observar una gran diferencia de la cantidad total promedio de agua en cada colonia.

El servicio más notorio es en el área de lavado de ropa, teniendo una diferencia significativa, debido a que en algunas colonias como el apache y las minitas no tienen acceso a una lavadora en su vivienda.

Se puede observar que el uso del recurso no es tan significativo del agua total consumida por colonia en el espacio de plantas en los jardines de sus domicilios, como en la colonia Tirocapes, apenas es considerable.

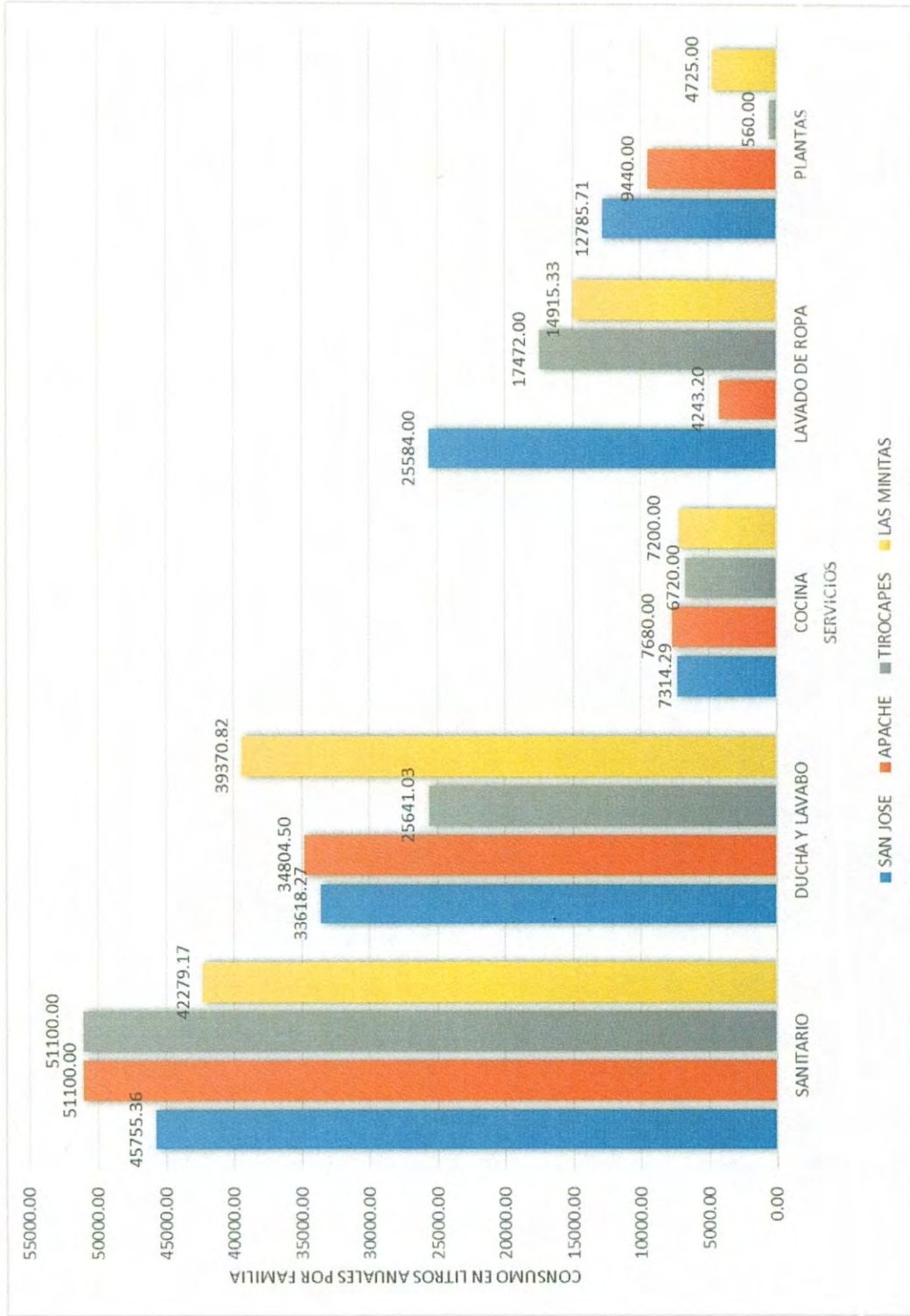


Fig. 35 Comparación del consumo del agua utilizada por servicio en las colonias por servicio.

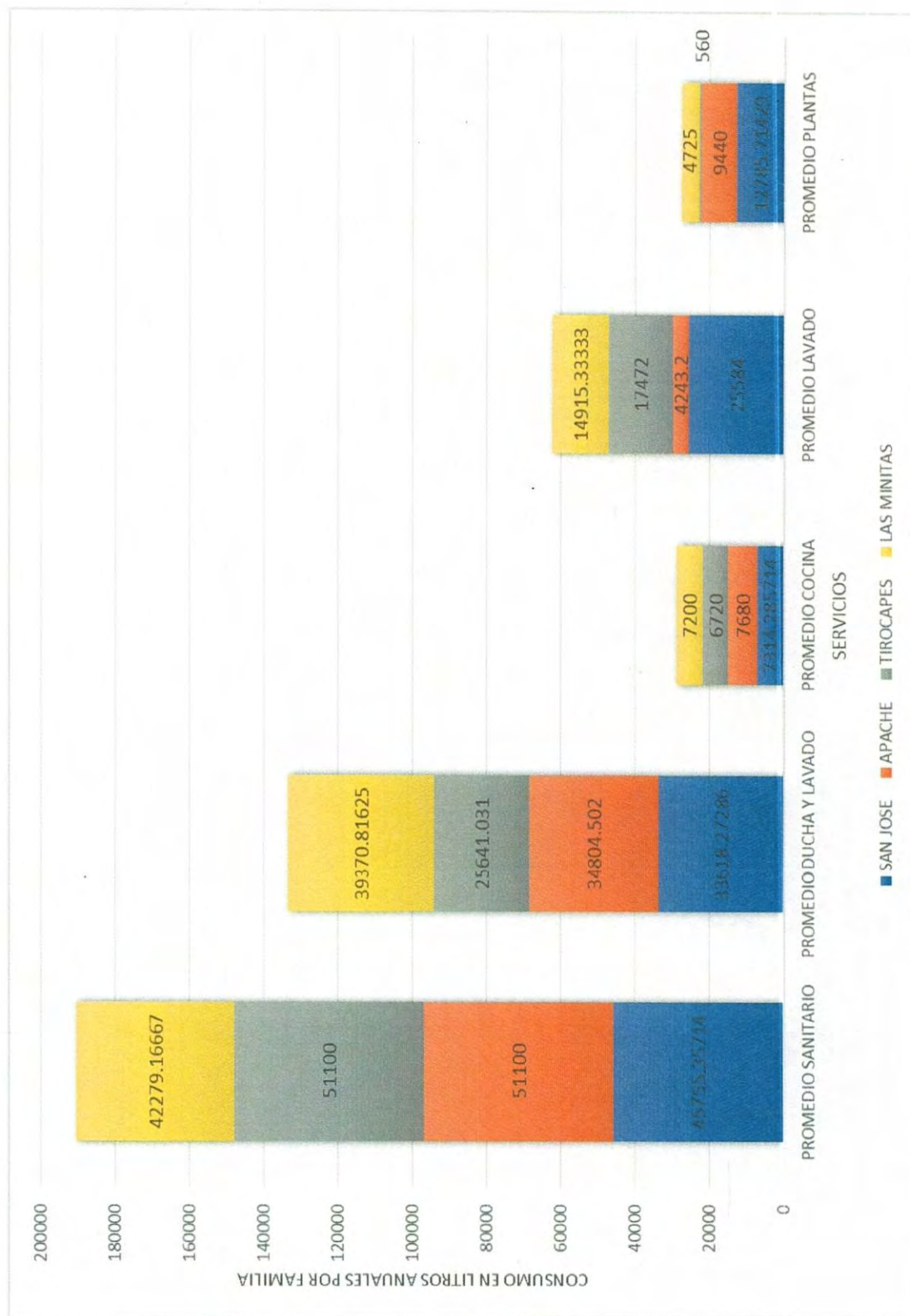


Figura 36. Promedio del agua total utilizada por servicio.

En el promedio del agua total utilizada por servicio se puede observar, en la figura 28., que el sanitario es el servicio en donde más se utiliza el recurso; es donde se desecha más agua debido al diseño del depósito, ya que este es más grande de lo necesario.

Se puede concluir de igual manera que el uso en la cocina, lavado de ropa y el patio es menor que las otras áreas, se puede decir que se utiliza más el agua en cuestiones de salud o higiene, que en los demás aspectos.

Nuestro estudio fue enfocado a estos servicios debido a que es en ellos donde se puede implementar un tratamiento para la reutilización de este recurso. En la mayoría de los servicios mencionados el agua puede ser tratada de una manera sencilla y económica de manera que cualquier miembro de la familia de las viviendas pueda realizarlo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a la escasez del recurso vital en la zona desértica que habitamos se observó que es necesario fomentar el buen uso y manejo del preciado líquido ya que a falta de una buena cultura no se ha cuidado este recurso y es por eso que no se tiene conciencia de la escasez y es importante informar de la problemática a las comunidades.

Con la aplicación del método en el tratamiento de las aguas residuales utilizadas por las familias, se contribuye a tener asegurada en un futuro una cantidad suficiente de este recurso, las colonias ahorrarán miles de litros de agua al año y esto podría representar una solución para reducir sus costos anuales. Incluso con la restricción de aguas o tandeos las colonias dispondrán de agua para sus actividades.

Gracias a este proceso se puede reducir la necesidad de sistemas grandes de tratamiento de aguas residuales, si se utiliza una porción significativa de las aguas residuales reusadas o recicladas.

Durante la realización de este proyecto se observó distintos puntos de discusión y gracias a estos se pueden dar las siguientes recomendaciones:

- Es necesario que el Municipio promueva el cuidado y buen uso del líquido vital.
- La comunidad debe solicitar al Municipio el apoyo para obtener el químico relacionado con el método del tratamiento de agua residual doméstica presentado.
- El agua tratada dependiendo de la calidad en función de la dosis, agitación y tiempo de asentamiento podrá ser utilizada ya sea para usarse en servicios en el interior de la casa habitación o como uso externo en jardinería, lavado de autos, regar espacios, limpieza, etc.

- Las familias deben de tener el compromiso de interactuar entre ellas para hacer más eficiente el conocimiento del reciclaje.
- Promover entre niños la buena cultura del uso de agua.
- Desarrollar campañas orales y escritas por los diferentes medios de comunicación para sensibilizar a la comunidad a realizar el reciclaje del agua.

BIBLIOGRAFIA

- Metcalf & Eddy Incorporated. (1996). *Ingeniería De Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido Y Reutilización*. México: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy Incorporated. (1996). *Ingeniería De Aguas Residuales: Redes de alcantarillado y bombeo*. México: McGraw-Hill.
- Nalco Chemical Company, Kemmer, F. and McCallion, J. (1996). *Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. México: McGraw-Hill.
- Ramalho R.S. (1996). *Tratamiento de Aguas Residuales*. España: Editorial Reventé S.A.
- Rigola Peña, Miguel (1999). *Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Procesos y Residuales*. México: Santa Fe de Bogotá: Alfaomega.
- M. I Aguilar. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación–floculación*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Mackenzie L. Davis. (2005). *Ingeniería Y Ciencias Ambientales*. México: McGraw-Hill.
- Gómez Araiza, María Analí. (2008). *Propuesta de planta tratadora de aguas residuales*. México: Tesis, Universidad de Sonora.
- Gutiérrez Porchas, María Jesús. (2013). *Procesos para el aprovechamiento de agua hipersalada procedente de la desalación de agua de mar*. México: Tesis, Universidad de Sonora.
- Martínez Biebrich, Anel Lilián, Picos Enríquez, Martha Isabel. (2013). *Determinación de variables para el diseño de un prototipo en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. México: Tesis, Universidad de Sonora.

ANEXOS

ANEXO A:

Encuesta No.1: "Obtención de datos domésticos relacionados con el tratamiento de aguas residuales, no comerciales e industriales, en la ciudad de Hermosillo, Sonora."



Obtención de datos domésticos relacionados con el tratamiento de aguas residuales, no comerciales e industriales, en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

A los habitantes de las colonias "Las Minitas", "El Apache", "San José" y "Tirocapes", se les comunica que la presente encuesta es sumamente **CONFIDENCIAL** y es aplicada por estudiantes que desarrollan servicio social en el Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de Universidad de Sonora, pidiéndoles la colaboración de que permita un programa eficiente para el manejo y tratamiento de las aguas residuales domésticas.

INFORMACIÓN BÁSICA DE LA VIVIENDA

Colonia	<input type="radio"/> Las Minitas <input type="radio"/> El Apache <input type="radio"/> San José <input type="radio"/> Tirocapes
Calle y número de la vivienda	_____

INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

¿Cuántas personas habitan en la vivienda?		
¿Cuántas mujeres?		
¿Cuántos hombres?		
¿Cuántos niños?		
Anote por edades las hijos	Años	
	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 5
	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 6
	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 7
	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 8
INGRESO TOTAL FAMILIAR \$	\$ _____	

VIVENDA	
Material	<input type="radio"/> Ladrillo <input type="radio"/> Adobe <input type="radio"/> Cartón <input type="radio"/> Madera <input type="radio"/> Bloques <input type="radio"/> Otro: _____
Líneas de servicio	<input type="radio"/> Agua <input type="radio"/> Energía eléctrica <input type="radio"/> Gas doméstico <input type="radio"/> Tambo de gas <input type="radio"/> Hilos eléctricos descubiertos <input type="radio"/> Conduit eléctrico (cubre alambres eléctricos) <input type="radio"/> Tuberías o mangueras
Pisos	<input type="radio"/> Concreto <input type="radio"/> Tierra <input type="radio"/> Otro: _____
Techos	<input type="radio"/> Concreto <input type="radio"/> Vigas <input type="radio"/> Cartón <input type="radio"/> Madera <input type="radio"/> Otro: _____
Partes principales de la vivienda	No. de puertas _____ No. de ventanas _____
Patio	Dimensiones <input type="radio"/> 8 mts. x 3 mts. <input type="radio"/> 10 mts. x 3 mts. <input type="radio"/> 5 mts. x 5 mts. <input type="radio"/> 4 mts. x 5 mts. <input type="radio"/> 8 mts. x 8 mts. <input type="radio"/> Otra: _____
Jardín	<input type="radio"/> Plantas de ornato (frente) <input type="radio"/> Césped (frente) <input type="radio"/> Posterior (Patio interior) <input type="radio"/> Árboles de sombra <input type="radio"/> No. de Árboles frutales _____ <input type="radio"/> No. de Árboles combinados totales _____

INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA	
¿Cuál es la fuente suministro de agua?	<input type="radio"/> Red Municipal <input type="radio"/> Camión cisterna <input type="radio"/> Baldes <input type="radio"/> Pozo <input type="radio"/> Otra: _____
¿Paga por usar el agua de esta fuente?	<input type="radio"/> Si

¿O de suministro?	<input type="radio"/> No
Si su respuesta es sí, ¿cuánto paga aproximadamente?	
¿Por?	<input type="radio"/> Año <input type="radio"/> Mes <input type="radio"/> Semana
¿Qué formas de pago realiza para obtener agua potable?	<input type="radio"/> Efectivo <input type="radio"/> Subsidio (le ayuda en el municipio)
Si paga en efectivo, es por:	<input type="radio"/> Cuota <input type="radio"/> Medidor (lectura) <input type="radio"/> Compra eventual (pipas, carro-tanques)
Si es por subsidio	<input type="radio"/> Gobierno municipal <input type="radio"/> Asociación <input type="radio"/> Nadie

INFORMACIÓN SOBRE SANEAMIENTO	
Su vivienda cuenta con	<input type="radio"/> Fosa séptica <input type="radio"/> Cueva <input type="radio"/> Conexión de red alcantarillado (drenaje) <input type="radio"/> Nada <input type="radio"/> Otro: _____
Si cuenta con fosa séptica, ¿Cuánto paga al año por la limpieza de la fosa? o ¿Usted lo hace?	\$ _____
¿Considera usted que el agua siempre deba existir en la red u otra forma de abastecimiento?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
¿Qué propone usted para tener un ahorro de agua que utiliza?	

TANDEO	
¿Sabe en qué consiste el programa de tandeo en Hermosillo?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
¿Le asignaron tandeo?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
Y si le asignaron, ¿Cuál es el horario que le asignaron?	_____ : _____ a _____ : _____
¿En qué almacena agua?	<input type="radio"/> Cubetas <input type="radio"/> Tinaco <input type="radio"/> Otro: _____
¿Cómo califica el programa?	<input type="radio"/> Bueno <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Malo
¿Ha tenido problemas con este programa?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No

Si ha tenido problemas, ¿Cuáles son?	<input type="radio"/> Horarios no respetados <input type="radio"/> Presión de agua <input type="radio"/> Agua contaminada <input type="radio"/> Otro:

AHORRO DE AGUA	
¿Utiliza algún método para el ahorro de agua en su hogar?	<input type="radio"/> Reutilización de agua. ¿Cómo? _____ <input type="radio"/> Uso de agua de lluvias <input type="radio"/> Filtros en las llaves <input type="radio"/> Ninguno <input type="radio"/> Otro: _____
¿Conoce qué parte de su hogar gasta más agua?	<input type="radio"/> Lavadora <input type="radio"/> Cocina <input type="radio"/> Baño personal <input type="radio"/> Jardín <input type="radio"/> Lavadero <input type="radio"/> Sanitario <input type="radio"/> Patio <input type="radio"/> Otro: _____
¿Mantiene la llave cerrada mientras se cepilla los dientes, se enjabona o se afeita?	<input type="radio"/> Siempre <input type="radio"/> A veces <input type="radio"/> Nunca
¿Considera usted que el agua residual habitacional debe emplearse para los jardines?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Cuando sobra
¿Considera usted que el agua tratada deba ser usada para regar jardines públicos y privados?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
¿Está usted dispuesto a tratar el agua residual para utilizarse en jardines?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
Cuando una llave gotea por avería ¿es reparado rápidamente? (el goteo de una llave gasta 30 litros al día y 10.000 litros al año)	<input type="radio"/> Siempre <input type="radio"/> A veces <input type="radio"/> Nunca <input type="radio"/> Otro: _____
¿Pone en marcha el lavavajillas (si lo tiene) o la lavadora únicamente cuando están con carga llena?	<input type="radio"/> Siempre <input type="radio"/> A veces <input type="radio"/> Nunca
¿Por cuánto tiempo se baña?	<input type="radio"/> Menos de 5 minutos <input type="radio"/> Entre 5 y 10 minutos <input type="radio"/> Más de 10 minutos <input type="radio"/> Otro: _____
En su hogar, ¿se aprovecha el agua de lluvia para regar las plantas?	<input type="radio"/> Siempre <input type="radio"/> A veces <input type="radio"/> Nunca

¿Qué beneficios encontraría en el ahorro de agua en su hogar?	<input type="radio"/> Aprender a ahorrar recursos limitados <input type="radio"/> Disminuir la contaminación del agua <input type="radio"/> Otro: _____
¿Sabía que muchos países del mundo (más de 80) sufren graves problemas de escasez de agua?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Indiferente
¿Conoce cuál es el consumo medio de agua por persona en México?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Indiferente
¿Cree usted que en Hermosillo el agua sobra?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Indiferente
¿Cuáles considera usted que sean las ventajas de tener agua suficiente o en abundancia?	<hr/> <hr/>
¿Qué considera que pasara en un momento que no llegáramos a tener agua en la ciudad de Hermosillo?	<hr/> <hr/>

**GRACIAS POR LA COLABORACIÓN.
LA UNIVERSIDAD DE SONORA ES DE USTEDES.**

ANEXO B:

Encuesta No.2: Obtención de datos relacionados con el consumo de agua doméstica, en la ciudad de Hermosillo, Sonora.



Obtención de datos relacionados con el consumo de agua doméstica, en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

A los habitantes de las colonias "Las Minitas", "El Apache", "San José" y "Tirocapes", se les comunica que la presente encuesta es sumamente **CONFIDENCIAL** y es aplicada por estudiantes que desarrollan servicio social en el Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de Universidad de Sonora, pidiéndoles la colaboración de que permita un programa eficiente para el manejo y tratamiento de las aguas residuales domésticas.

INFORMACIÓN BÁSICA DE LA VIVIENDA

Colonia	<input type="radio"/> Las Minitas <input type="radio"/> El Apache <input type="radio"/> San José <input type="radio"/> Tirocapes
Calle y número de la vivienda	
¿Cuántas persona habitan en la vivienda?	

Baño (WC)

¿Cuántas veces diarias baja la llave del inodoro?	
¿Tiene instalado algún sistema de ahorro en el WC?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No

Ducha y Lavado

¿Cuántas duchas toma a la semana?	
¿Cuántos minutos pasa bajo la ducha?	
¿Tiene instalado algún sistema economizador de agua en grifos y ducha (temporizador, aireador, etc.)?	<input type="radio"/> No, no tengo ningún sistema <input type="radio"/> Si, si tengo algún sistema

¿Cuántas veces se lava los dientes al día?	
¿Cuántas veces se lava las manos o la cara diariamente?	
¿Cómo maneja la llave del lavamanos?	<input type="radio"/> Cierro el grifo siempre que puedo <input type="radio"/> Abro al empezar y no lo cierro hasta acabar

Cocina	
¿Cómo lava las vajillas y platos?	<input type="radio"/> A mano con la llave a chorro <input type="radio"/> A mano con un fregadero económico

Lavado de ropa	
Usted, ¿Cómo lava la ropa?	<input type="radio"/> A mano <input type="radio"/> A mano en un lavadero <input type="radio"/> En Lavadora
¿Cuántas veces a la semana se lava la ropa en casa?	
En caso de tener lavadora, ¿Cómo es su lavadora?	<input type="radio"/> Es un modelo de 10 años <input type="radio"/> Es un modelo moderno convencional <input type="radio"/> Es un modelo con economizador de agua
¿Llena por completo su lavadora?	<input type="radio"/> Siempre <input type="radio"/> A veces <input type="radio"/> Nunca

Plantas y zonas verdes	
En su casa tiene:	<input type="radio"/> Unas cuantas macetas <input type="radio"/> No tengo ninguna
Si tiene terraza o jardín, indique los metros cuadrados destinados a plantas que se riegan (poner 0 en caso de no tener)	
¿Usted cómo riega las plantas?	<input type="radio"/> A plena luz del sol <input type="radio"/> De madrugada o por la noche
¿Cuenta con sistema de riego economizador?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

ANEXO C:

Constancias de participación en evento académico



La Comisión Interuniversitaria de Servicio Social
a través de la Universidad de Sonora y el Instituto Tecnológico de Sonora

otorgan la presente

Constancia

a: **Nubia Fernanda Montaño Herrera**

Por su participación como

PONENTE

Ponencia: Tratamiento de aguas residuales domésticas en las colonias "las minitas" y "el apache" en Hermosillo, Sonora.

En el XXXIII Congreso Nacional y VII Internacional de Servicio Social y Voluntariado Universitario 2016,
"Procesos de aprendizaje para un Servicio Social y Voluntariado Universitario, solidario en la sustentabilidad",
realizado del 16 al 18 de noviembre del 2016, en la ciudad de Guaymas y San Carlos, Sonora, México.

ATENTAMENTE

Dr. Victor Hugo Aguilar Gaxiola

PRÉSIDENTE DE LA COMISIÓN INTERUNIVERSITARIA DE SERVICIO SOCIAL
(CISS) COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Mtro. Daniel Seferino Apodaca Larrinaga

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE VINCULACIÓN INSTITUCIONAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

Dr. Jesús Manuel Barrón Hoyos

DIRECTOR DE SERVICIOS ESTUDIANTILES
UNIVERSIDAD DE SONORA





La Comisión Interuniversitaria de Servicio Social
a través de la Universidad de Sonora y el Instituto Tecnológico de Sonora

otorgan la presente

Constancia

a: Ruth Hazell Monteverde Corrales

Por su participación como

PONENTE

Cartel: Tratamiento de aguas residuales domésticas en las colonias "Las Minitas" y "El Apache", en Hermosillo, Sonora

En el XXXIII Congreso Nacional y VII Internacional de Servicio Social y Voluntariado Universitario 2016,
"Procesos de aprendizaje para un Servicio Social y Voluntariado Universitario, solidario en la sustentabilidad",
realizado del 16 al 18 de noviembre del 2016, en la ciudad de Guaymas y San Carlos, Sonora, México.

ATENTAMENTE

Dr. Victor Hugo Aguilar Gaxiola
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN INTERUNIVERSITARIA DE SERVICIO SOCIAL
(CIS) COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Mtro. Daniel Seferino Apodaca Larrinaga
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE VINCULACIÓN INSTITUCIONAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

Dr. Jesús Manuel Barrón Hoyos
DIRECTOR DE SERVICIOS ESTUDIANTILES
UNIVERSIDAD DE SONORA



Congreso XXXIII NACIONAL
DE VII INTERNACIONAL
DE SERVICIO SOCIAL
& VOLUNTARIADO UNIVERSITARIO

La Comisión Interuniversitaria de Servicio Social
a través de la Universidad de Sonora y el Instituto Tecnológico de Sonora

otorgan el presente



Reconocimiento

a:

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS
EN LAS COLONIAS "LAS MINITAS" Y EL "APACHE" EN
HERMOSILLO, SONORA.

Adria Barceló Singh, Daniela Córdova Montoya, Ruth Hazell Monteverde Corrales
Por haber obtenido el **TERCER** lugar en el concurso de carteles

En el XXXIII Congreso Nacional y VII Internacional de Servicio Social y Voluntariado Universitario 2016,
"Procesos de aprendizaje para un Servicio Social y Voluntariado Universitario, solidario en la sustentabilidad",
realizado del 16 al 18 de noviembre del 2016, en la ciudad de Guaymas y San Carlos, Sonora, México.

ATENTAMENTE

Dr. Victor Hugo Aguilar Gaxiola

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN INTERUNIVERSITARIA DE SERVICIO SOCIAL
(CIS) COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Mtro. Daniel Seferino Apodaca Larrinaga

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE VINCULACIÓN INSTITUCIONAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA.

Dr. Jesús Manuel Barrón Hoyos

DIRECTOR DE SERVICIOS ESTUDIANTILES
UNIVERSIDAD DE SONORA

