



**FACULTAD DE POSTGRADO
TESIS DE POSTGRADO**

**PROPUESTA DE SISTEMA PARA RECICLAJE DE AGUAS
RESIDUALES**

SUSTENTADO POR:

ROMÁN VARGAS SALDÍVAR

ELDER JOSUÉ ALVARADO ESCOTO

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.**

TEGUCIGALPA, HONDURAS, C.A.

JULIO, 2020

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA

DESIREE CALVO TEJADA

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE

**PROPUESTA DE SISTEMA PARA RECICLAJE DE AGUAS
RESIDUALES**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

ASESOR

JOSÉ TRÁNCITO MEJÍA

MIEMBROS DE LA TERNA:

FRANCISCO MONDINO

JORGE CENTENO

KARLA UCLÉS

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2020
Román Vargas Saldívar
Elder Josué Alvarado Escoto.

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO
PROPUESTA DE SISTEMA PARA RECICLAJE DE AGUAS RESIDUALES.

NOMBRE DE MAESTRANTES:

ROMÁN VARGAS SALDÍVAR

ELDER JOSUÉ ALVARADO ESCOTO

Resumen

Este proyecto de tesis tuvo como propósito encontrar la manera de aprovechar mejor el agua usada diariamente en los templos de La Iglesia de Jesucristo de los SUD en Centro América y El Caribe. Los resultados de la investigación indicaron que se puede reutilizar más de la mitad del agua residual para el riego y que la gran mayoría de las personas está de acuerdo con eso. Se concluyó que un análisis costo-beneficio no evalúa el impacto positivo generado por este tipo de proyecto ya que no puede dar valor a beneficios tales como la reducción de la contaminación de los efluentes, preservación del manto acuífero, reducción de la demanda de agua potable para actividades industriales y aumento de la oferta para la población. Se recomendó la implementación de estos proyectos con el fin de cuidar y preservar mejor los recursos naturales de los que se dispone y mejorar así la calidad de vida de toda la población.

Palabras clave:

Aguas regeneradas, aguas residuales, contaminación de agua, EDAR, recursos acuíferos.



GRADUATE SCHOOL
PROPOSAL FOR A WASTEWATER RECYCLING SYSTEM.

ROMÁN VARGAS SALDÍVAR
ELDER JOSUÉ ALVARADO ESCOTO

Abstract

This thesis project had as its purpose to find a way to take profit of the water used daily in the temples of The Church of Jesus Christ of Latter-Day Saints located in Central America and the Caribbean. The results obtained in this investigation indicated that it is possible to reuse more than half of the wastewater for irrigation purposes and that most of the people have a positive reaction to this use. It is concluded that a cost-benefits analysis can't properly value the positive impact generated for this kind of project such as reducing water pollution, preservation of underground water, reducing pure water demand for industry use and increasing the amount of potable water for the population. It is recommended that recycling water project should be implemented so that natural resources can be better preserved and used, improving the life quality of population.

Key words:

Regenerated water, wastewater, water pollution, water resources, WWTP.

DEDICATORIA

En primer lugar a Nuestro Padre Celestial quien me permite vivir y me dio la fortaleza, el conocimiento y los medios para cumplir este objetivo.

A mis padres German y Gracila quienes inculcaron por su ejemplo la diligencia en mi vida.

A mis hermanos Tirsa, Helmut y Waleska quienes me han brindado su ayuda siempre que los he necesitado.

A mi amada esposa Celeste quien con su amor ha sido mi apoyo e inspiración constante durante todo el tiempo que hemos estado juntos.

A mis hijos Natalia, Valeria y Lehi los que con su amor me ayudan a ser mejor cada día.

Elder Josué Alvarado Escoto

A mi Padre Celestial quien me da la vida y me bendice constantemente y quien me ha dado la oportunidad de adquirir más conocimiento y fuerza para cumplir lograr esta meta.

A mis padres Roberto y Esmeralda quienes me enseñaron el valor del trabajo honesto y la importancia de Dios en mi vida.

A mi Cielo, mi amada esposa Milagros por darle sentido a mi vida.

A mis hijas Isabela y Ana quienes dan un significado adicional a mi vida y la llenan con mayor amor, luz y alegría.

A mis hermanos y hermanas Roberto, Liliana, Raquel, Ángela y Ronaldo.

Román Vargas Saldívar

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro Padre Celestial por darnos todo y permitirnos llegar al final de este camino.

A los administradores de los templos y casas de huéspedes de la IJSUD en Centro América y El Caribe por dar acceso a realizar la investigación.

A nuestro catedrático asesor, quien con mucha paciencia brindó guía y orientación con sus consejos durante el proceso de esta investigación.

A nuestros colegas y amigos quienes proporcionaron su ayuda con información en la elaboración de la investigación.

A nuestros amigos Luis, Emerson, Sabino y Miguel quienes ayudaron con su tiempo y aportes de conocimiento para culminar este trabajo.

A todos ellos gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	5
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.6 DECLARACIÓN DE VARIABLES (DIAGRAMA SAGITAL)	11
1.6.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	11
1.6.2 VARIABLES INDEPENDIENTES	11
1.6.3 DIAGRAMA SAGITAL.....	11
1.7 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 EXPERIENCIAS DE ÉXITO DE RECICLAJE DE AGUA RESIDUAL.....	13
2.1.1 SINGAPUR.....	13
2.1.2 MÉXICO.....	14
2.1.3 COLOMBIA	15
2.1.4 NICARAGUA.....	16
2.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	17
2.2.1 EL MACROENTORNO	18
2.2.2 EL MICROENTORNO	19
2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO	21
2.3.1 TEORÍA DE LOS RECURSOS Y LAS CAPACIDADES.....	21

2.3.2 TEORÍA DE LA DEPURACIÓN Y REGENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	24
2.3.3 TEORÍA DE LA SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS.....	34
2.4 CONCEPTUALIZACIÓN.....	39
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	42
3.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	43
3.3 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.5.1 POBLACIÓN.....	47
3.5.2 MARCO MUESTRAL	48
3.5.3 MUESTRA	49
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	52
4.1 RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE CAMPO	52
4.1.1 GENERALIDADES	52
4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	53
4.1.3 REQUERIMIENTOS DE CALIDAD	67
4.1.4 VOLUMEN DE AGUA QUE SERÁ REGENERADA	68
4.1.5 MÉTODOS DE RECICLAJE DISPONIBLES EN EL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL.....	71
4.1.6 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODO DISPONIBLE	79
4.1.7 SATISFACCIÓN DE PARTICIPANTES POR LA CALIDAD DEL AGUA TRATADA	83
4.1.7.1 NIVEL DE CONFIANZA	83
4.1.7.2 NIVEL DE SATISFACCIÓN.....	94
4.1.7.3 NIVEL DE CALIDAD	98
4.1.7.4 BENEFICIOS OBTENIDOS.....	105
4.1.8 DEMANDA DE AGUA	111
4.2 APLICABILIDAD.....	112
4.3 PLAN GENERAL DE TRABAJO	118

4.3.1 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DEL TRABAJO.....	118
4.3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	124
4.3.3 PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	127
4.3.4 VERIFICACIÓN DE LA CONCORDANCIA DEL DOCUMENTO CON EL PLAN DE ACCIÓN	129
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
5.1 CONCLUSIONES	130
5.2 RECOMENDACIONES.....	133
ANEXOS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Usos propuestos para las aguas residuales.....	4
Tabla 2. Ubicación de los templos y casas de huéspedes SUD junto con sus edificaciones principales	12
Tabla 3. Proyectos financiados por Minvivienda	16
Tabla 4. Análisis PESTEL.....	18
Tabla 5. Tipos de recursos.....	22
Tabla 6. Características de un desinfectante químico ideal	32
Tabla 7. Capacidades de filtración de los sistemas de membranas	34
Tabla 8. Combinación de la prestación del servicio y el sacrificio	35
Tabla 9. Conceptualización de variables.....	40
Tabla 10. Congruencia metodológica	42
Tabla 11. Operacionalización de las variables	43
Tabla 12. Bondades que presenta el enfoque mixto	46
Tabla 13. Población de estudio.....	48
Tabla 14. Tamaño de la muestra por cada templo.....	51
Tabla 15. Resultados generales comparados con valores máximos permitidos	53
Tabla 16. Resultados obtenidos en muestras de agua gris-negra	55
Tabla 17. Parámetros requeridos en el agua de riego.....	67
Tabla 18. Distribución típica de los consumos interiores en residencias	69
Tabla 19. Consumo de agua total considerando los usuarios.....	70
Tabla 20. Capacidades de plantas de tratamiento serie Fusion.....	76
Tabla 21. Análisis de Coste de Ciclo de Vida	80
Tabla 22. Análisis de costo-beneficio con servicio local.....	81
Tabla 23. Análisis de costo-beneficio con servicio de camiones cisterna.....	82
Tabla 24. Matriz de decisión	83
Tabla 25. Nivel de confianza para beberla	83
Tabla 26. Nivel de confianza para higiene personal.....	85
Tabla 27. Nivel de confianza para lavado de ropa	86
Tabla 28. Nivel de confianza para cocinar y lavado de utensilios de cocina.....	88
Tabla 29. Nivel de confianza para uso en sanitarios.....	89

Tabla 30. Nivel de confianza para riego del jardín.....	91
Tabla 31. Nivel de confianza para limpieza general del edificio.....	92
Tabla 32. Nivel de satisfacción en flujo de agua permanente (24 horas).....	94
Tabla 33. Nivel de satisfacción en presión de agua adecuada.....	95
Tabla 34. Nivel de satisfacción en que beneficios compensen el costo de metro cúbico producido... 	97
Tabla 35. Calidad. Agua cristalina.....	98
Tabla 36. Calidad. Agua inolora.....	100
Tabla 37. Calidad. Agua sin sabor.....	101
Tabla 38. Calidad. Agua libre de partículas de suciedad grandes.....	102
Tabla 39. Calidad. Agua libre de grasa.....	104
Tabla 40. Preservar los recursos de agua dulce.....	105
Tabla 41. Preservar las fuentes acuíferas subterráneas.....	107
Tabla 42. Minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes.....	108
Tabla 43. Reducción de la facturación del servicio público.....	110
Tabla 44. Consumo diario x usuario.....	112
Tabla 45. Formulario para registrar parámetros del agua residual.....	113
Tabla 46. Registro mensual de volumen de descargas de aguas residuales.....	114
Tabla 47. Análisis de coste de ciclo de vida.....	115
Tabla 48. Información general de sistemas de tratamiento de agua residual.....	115
Tabla 49. Matriz de decisión de sistema de tratamientos disponibles.....	116
Tabla 50. Análisis costo-beneficio.....	116
Tabla 51. Diccionario de la EDT (fase de diseño).....	120
Tabla 52. Diccionario de la EDT (fase de ejecución).....	122
Tabla 53. Diccionario de la EDT (fase de operación).....	124
Tabla 54. Presupuesto para implementación.....	127
Tabla 55. Programación financiera de Método seleccionado.....	128
Tabla 56. Tabla de concordancia del plan de acción.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Declaración de variables y diagrama sagital.....	11
Figura 2. Sistema de agua integrado en Singapur	14
Figura 3. Planta de tratamiento de agua residual en México	15
Figura 4. Fuerzas de Porter para reciclaje de agua en templos y casas de huéspedes SUD.....	20
Figura 5. Niveles de satisfacción de usuarios y participantes	36
Figura 6. Funcionamiento de biodigestor	71
Figura 7. Especificaciones técnicas.....	73
Figura 8. Parámetros luego de tratamiento.....	73
Figura 9. Planta de tratamiento serie Fusion	75
Figura 10. Datos del efluente del sistema Fusion	77
Figura 11. Diagrama de flujo de proceso de reciclaje de aguas residuales.....	78
Figura 12. Figura de aplicabilidad	117
Figura 13. EDT de instalación de una EDAR (nivel 2).....	118
Figura 14. EDT instalación de una EDAR (fase de diseño).....	119
Figura 15. EDT instalación de una EDAR (fase de ejecución).....	121
Figura 16. EDT instalación de una EDAR (fase de operación).....	123
Figura 17. Diagrama de Gantt del proyecto de instalación de un sistema de reciclaje de agua	125
Figura 18. Diagrama de Gantt resumido del proyecto de recicla de agua residual	125
Figura 19. Diagrama de Gantt de la fase de diseño del proyecto	126
Figura 20. Diagrama de Gantt de la fase de ejecución del proyecto	126
Figura 21. Diagrama de Gantt de la fase de operación	127
Figura 22. Programación financiera	128

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados generales en muestras de aguas residuales.....	54
Gráfico 2. Nivel de turbidez en aguas residuales	56
Gráfico 3. Sólidos en suspensión en aguas residuales	57
Gráfico 4. Contenido de grasas en aguas residuales	58
Gráfico 5. Presencia de cloruros en aguas residuales	59
Gráfico 6. Nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en aguas residuales.....	60
Gráfico 7. pH en aguas residuales	61
Gráfico 8. Alcalinidad en aguas residuales	62
Gráfico 9. Demanda química de oxígeno en aguas residuales	63
Gráfico 10. Demanda biológica de oxígeno.....	64
Gráfico 11. Coliformes totales en aguas residuales.....	65
Gráfico 12. Relación entre la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno de las aguas residuales.....	66
Gráfico 13. Promedio diario de agua gris y negra que puede ser regenerado.....	68
Gráfico 14. Calificación de nivel de confianza para beberla.....	84
Gráfico 15. Nivel de confianza para beberla	84
Gráfico 16. Calificación de nivel de confianza para higiene personal.....	85
Gráfico 17. Nivel de confianza para higiene personal	86
Gráfico 18. Calificación de nivel de confianza para lavado de ropa	87
Gráfico 19. Nivel de confianza para lavado de ropa	87
Gráfico 20. Calificación de nivel de confianza para cocinar y lavado de utensilios de cocina.....	88
Gráfico 21. Nivel de confianza para cocinar y lavado de utensilios de cocina.....	89
Gráfico 22. Calificación de nivel de confianza para uso en sanitarios	90
Gráfico 23. Nivel de confianza para uso en sanitarios	90
Gráfico 24. Calificación de nivel de confianza para riego de jardín	91
Gráfico 25. Nivel de confianza para para riego de jardín	92
Gráfico 26. Calificación de nivel de confianza para limpieza general del edificio	93
Gráfico 27. Nivel de confianza para limpieza general del edificio.....	93
Gráfico 28. Calificación de nivel de satisfacción en que el flujo de agua sea permanente	94
Gráfico 29. Nivel de satisfacción en que el flujo de agua sea permanente	95

Gráfico 30. Calificación de nivel de satisfacción en tener una presión de agua adecuada.....	96
Gráfico 31. Nivel de satisfacción en tener una presión de agua adecuada.....	96
Gráfico 32. Calificación de nivel de satisfacción en que los beneficios obtenidos compensen el costo del agua producida.....	97
Gráfico 33. Nivel de satisfacción en que los beneficios obtenidos compensen el costo del agua producida.....	98
Gráfico 34. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua cristalina.....	99
Gráfico 35. Nivel de calidad en agua tratada. Agua cristalina.....	99
Gráfico 36. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua inolora.....	100
Gráfico 37. Nivel de calidad en agua tratada. Agua inolora.....	100
Gráfico 38. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua sin sabor.....	101
Gráfico 39. Nivel de calidad en agua tratada. Agua sin sabor.....	102
Gráfico 40. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de partículas.....	103
Gráfico 41. Nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de partículas de suciedad.....	103
Gráfico 42. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de grasa.....	104
Gráfico 43. Nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de grasa.....	105
Gráfico 44. Calificación de preservar los recursos de agua dulce.....	106
Gráfico 45. Preservar los recursos de agua dulce.....	106
Gráfico 46. Calificación de preservar las fuentes acuíferas subterráneas.....	107
Gráfico 47. Preservar las fuentes acuíferas subterráneas.....	108
Gráfico 48. Calificación de minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes.....	109
Gráfico 49. Minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes.....	109
Gráfico 50. Calificación de reducción de facturación del servicio publico.....	110
Gráfico 51. Reducción de facturación del servicio publico.....	111
Gráfico 52. Programación financiera.....	128

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

EDAR	Estaciones depuradoras de aguas residuales.
FAD	Flotación por aire disuelto.
IJSUD	La Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días.
MF	Microfiltración.
NF	Nanofiltración.
OI	Ósmosis inversa.
PESTEL	Instrumento de planificación estratégica para definir el contexto de una campaña. Analiza factores externos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales que pueden influir en la campaña.
r-UV	Rayos ultravioleta.
SANAA	Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados
SPD	Departamento de Proyectos Especiales.
SUD	Santos de los Últimos Días.
SS	Sólidos en suspensión.
UF	Ultrafiltración.
UVC	Radiación ultravioleta de longitud de onda corta comprendida entre los 100 y los 280 nm, estas radiaciones son absorbidas en su totalidad por la capa de ozono.

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

Esta investigación tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la generación de aguas residuales en los templos y casas de huéspedes Santos de los Últimos Días en el área de Centro América y el Caribe con la finalidad de diseñar una propuesta para el reciclaje de aguas residuales y disminuir la demanda de agua potable.

Con la creciente demanda de los recursos hídricos a nivel mundial y las limitaciones que se originan por el aumento poblacional en las diferentes ciudades y sumado a los efectos que causan la contaminación en el ambiente, se genera la necesidad de encontrar nuevas fuentes de agua para uso de las personas, esto hizo que muchos países en el globo terráqueo hayan implementado el reciclaje de las aguas residuales que se producen en sus localidades como una solución y así sustentar las fuentes superficiales y subterráneas de agua.

A causa de la naturaleza de estos edificios y el servicio que prestan se convierten en generadores de efluentes que se vierten en el alcantarillado municipal, contribuyendo al deterioro del ambiente y sobretodo de los recursos hídricos cercanos, a raíz de esto, se consideró la siguiente investigación con el fin de pasar de ser generadores de contaminación a generadores de agua reciclada para uso propio.

Se investigó las características que debe tener el agua residual para que sea más fácil su tratamiento, se buscaron los parámetros estándar requeridos para el agua de riego a fin de utilizar el agua residual, se buscaron métodos de reciclaje en el mercado nacional e internacional capaces de manejar altos volúmenes de agua siendo que los proyectos de reciclaje en la actualidad no tienen como propósito comercializar el agua regenerada, se realizó un estudio costo-beneficio

comparando el costo del metro cúbico de agua brindado por la compañía de servicio local y el costo del metro cúbico tratado por los sistemas de tratamiento disponibles, al mismo tiempo considerando la opinión de los usuarios que visitan los templos y casas de huéspedes diariamente para así junto con ellos buscar disminuir la demanda de agua potable localmente y beneficiar los recursos hídricos de la comunidad.

Se sobreentiende que el producir agua a partir de agua residual es un proceso costoso, por lo que quizás la parte de mayor valor en esta investigación son aquellos beneficios que son incalculables por ser difíciles de medir tales como la preservación de los ríos, lagos y lagunas, reducir la sobreexplotación de las aguas subterráneas, la reducción en la demanda de agua potable para uso en actividades industriales y brindar así la oportunidad de que más personas puedan disfrutar del recurso agua que cada día se vuelve más escaso.

1.2 Antecedentes del problema

En muchos países de la región Latinoamericana y Caribeña el retraso en infraestructura de tratamiento de aguas residuales municipales es un punto que no se le ha brindado la atención debida por aquellos a quienes les compete los cuales lo han dejado en un plano alejado de las prioridades en sus planes de gobierno. “Si bien en años recientes la inversión en este rubro se ha incrementado, el atraso acumulado en varias décadas se mantiene” (Noyola, 2013, p.1).

América Latina y el Caribe es considerada la región más urbanizada del mundo. Se calcula que más de 30 km³ de agua residual por año son generadas por sus ciudades, lo que puede compararse a cuatro veces el caudal del Río Bravo en México. “Los recursos contenidos en estas aguas serían potencialmente suficientes para regar y fertilizar millones de hectáreas de cultivos y suministrar energía a millones de hogares. Sin embargo, la utilización planificada de aguas residuales tratadas es una excepción, no la regla” (Mateo-Sagasta, 2017, p.10).

Según la Ley General de Aguas de Honduras, las aguas residuales se definen como “las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y, en general, de cualquier otro uso” (Ley General de Aguas. Decreto 181-2009. Diario Oficial La Gaceta, Tegucigalpa, Honduras, 14 de diciembre del 2009).

Al momento de formular, planear, seleccionar y diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales se deben tomar en cuenta varios aspectos: los recursos económicos y técnicos disponibles, las características fisicoquímicas del agua residual que será tratada, el tipo y concentración de los diferentes contaminantes que podrían estar en el agua, las condiciones físicas establecidas para la descarga del efluente ya tratado hacia un cuerpo receptor (río o laguna) o bien para su eventual uso. Otro componente esencial que no se debe dejar de lado es el impacto social y económico que podría resultar de la instalación de una planta de tratamiento en una población o comunidad. *Ibíd.*

El propósito final de implementar un sistema de reciclaje de aguas residuales según Noyola (2013) es poder reutilizar el agua tratada en diversas actividades de tipo industrial o doméstico para las cuales no es necesario que el agua a ser utilizada requiera un alto grado de pureza o potabilidad.

Es muy importante mencionar y recalcar que una vez que esta agua ha sido tratada al ser utilizada ya no representa un riesgo para la salud y una vez que ha sido regenerada y reciclada adecuadamente puede representar una oportunidad para obtener múltiples beneficios en diversas formas para el beneficio mutuo de las empresas, comunidades y familias.

La tabla 1 presentada a continuación muestra las diferentes categorías de uso para el agua reciclada y el uso recomendado con mayor frecuencia para cada categoría.

Tabla 1. Usos propuestos para las aguas residuales

Categoría de uso	Uso recomendado
Ornato	Riego de áreas verdes (como ser calles, jardines, centros recreativos, parques, campos deportivos, fuentes de ornato, cementerios)
	Llenado de lagunas, estanques, arroyos artificiales en parques y jardines
Doméstico	Descarga de sanitarios y mingitorios
	Lavado de automóviles y pisos
Industrial	Carga de cisternas para control de incendios
	Sistemas de enfriamiento, calderas e intercambiadores de calor, cortinas de agua e industria de la construcción
Ambiental	Recarga de cuerpos de agua superficiales
	Inyección en mantos freáticos para prevenir hundimientos

Los templos y casas de huéspedes edificados por La Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días en todo el mundo debido a su uso cotidiano se convierten en edificios que descargan a los efluentes cantidades considerables de agua residual, la cual después de recibir un tratamiento adecuado podría perfectamente ser utilizada en sus propias instalaciones para llevar a cabo algunas de las actividades mencionadas en la tabla anterior.

Los edificios objeto de este estudio se encuentran construidos en las siguientes ciudades: Ciudad de Guatemala, Guatemala; Quetzaltenango, Guatemala; San Salvador, El Salvador; Tegucigalpa, Honduras; San José, Costa Rica; Ciudad de Panamá, Panamá; Santo Domingo, República Dominicana; y Puerto Príncipe, Haití. Ninguna de las ciudades antes mencionadas tiene a su disposición sistemas municipales de tratamiento de aguas residuales y en su mayoría estas aguas son llevadas mediante el sistema de alcantarillados para desembocar directamente en las fuentes superficiales que recorren o colindan con estas ciudades.

1.3 Definición del problema

La región de Latinoamérica y El Caribe dispone de una gran cantidad de fuentes de agua y con el paso del tiempo esta ha sido mal utilizada y corre un alto riesgo de ser contaminada, Mateo-Sagasta, González y Liebe (2017) afirman que:

Aunque América Latina y El Caribe es *una región* [cursiva agregada] rica en agua, muchos de los recursos hídricos están contaminados, particularmente las aguas aledañas a las ciudades. Estas aguas contaminadas son frecuentemente utilizadas en sistemas de producción agrícola, suponiendo un serio riesgo para la salud humana y de los ecosistemas. (p. 6)

Los edificios de gran tamaño y con mucha afluencia de personas representan una fuente importante de contaminación fecal de las aguas superficiales y en el caso de edificios con áreas importantes de jardín, los sistemas de riego por aspersión consumen altas cantidades de agua que no siempre es aprovechada completamente. Es necesario identificar la mejor manera de aprovechar las aguas residuales para lograr un mejor aprovechamiento de estas y al mismo tiempo reducir el impacto negativo en las fuentes naturales de agua.

1.3.1 Enunciado del problema

La Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días (IJSUD) construye templos alrededor del mundo con el fin proveer para su membresía lugares especialmente dedicados a la adoración religiosa y a meditación. Estos edificios generalmente se construyen en complejos compuestos de otros edificios de apoyo denominados Edificios Auxiliares y algunos tienen adicionalmente lugares de hospedaje llamados comúnmente Casas de Huéspedes. Dichos edificios son reconocidos en todo el mundo por los altos estándares de calidad con los que son construidos y mantenidos.

Los templos y casas de huéspedes SUD en Centro América y El Caribe desechan diariamente una gran cantidad de aguas residuales compuestas principalmente por las denominadas aguas grises (jabón, grasa de cocina, etc.) y aguas negras (heces fecales, orina, etc.) y aunque éstas aguas desechadas siempre cumplen las respectivas normas nacionales no dejan de representar una fuente importante de contaminación de las aguas superficiales.

Con el fin de lograr que los templos y casas de huéspedes se mantengan en el alto estándar de calidad con el que se caracterizan, el Departamento de Proyectos Especiales (SPD por sus siglas en inglés) de la Iglesia - quien es responsable del cuidado y mantenimiento de dichos edificios - ha elaborado una guía detallada de estándares de calidad mínimos que deben ser cumplidos para cada tipo de propiedad, estos estándares incluyen información y requisitos específicos de limpieza y mantenimiento para interiores, exteriores, áreas de baños, cocinas, cuartos mecánicos y de forma muy puntual para los jardines que adornan los edificios.

A fin de lograr que los edificios estén en completa armonía con el estándar definido, SPD invierte una gran cantidad de recursos económicos y naturales, siendo el principal de estos últimos el agua, la cual es utilizada para todas las actividades de limpieza, incluyendo pero no limitada al lavado exterior de edificios, lavado de grandes áreas de aceras y estacionamientos, limpieza de interiores, tareas de lavandería entre otros. Además, los sistemas de irrigación de sus amplios jardines consumen a diario considerables cantidades de agua, esto se suma a la gran cantidad de personas que los visitan diariamente lo que implica un alto consumo de agua para inodoros, cocinas y otros usos domésticos. Toda esta fuerte demanda de agua es suplida principalmente gracias a los servicios públicos de agua o mediante la perforación de pozos privados, contribuyendo de esa forma a la sobreexplotación de los mantos acuíferos subterráneos y a la escasez de agua.

1.3.2 Formulación del problema

El alto consumo de agua de los templos y la gran cantidad de aguas residuales que son desechadas sin aprovechar puede llevar eventualmente primero a la pérdida o sobreexplotación del manto acuífero del pozo y debido a que el suministro público local no provee la cantidad de agua que se requiere para la operación mínima de todo el complejo y mucho menos para que se puedan llevar a cabo todas las tareas de mantenimiento básico para conservar el estándar de calidad esperado, la calidad de las propiedades se deteriorará en cuestión de días, los jardines se secarán por falta de riego y en definitiva el edificio no podrá seguir operando con normalidad. En segundo lugar, además de continuar siendo una fuente importante de contaminación de aguas superficiales se perderá la oportunidad de obtener una gran cantidad de beneficios del tipo social, ambiental y también económico al no aprovechar la gran cantidad de agua residual para la operación de los edificios del complejo.

Con el fin anterior de aprovechar mejor el uso de las aguas residuales y para contrarrestar los efectos negativos de la falta de agua es necesario encontrar la forma de reutilizar el agua, Mateo-Sagasta, González y Thebo (2017) declaran que:

La reutilización de las aguas residuales...ofrece múltiples beneficios para la agricultura si se adoptan medidas de mitigación de riesgo para la salud y el medio ambiente. No sólo supone una fuente adicional de agua para irrigación, sino que incluye valiosos nutrientes que son aprovechados por las plantas y favorecen su desarrollo. (p. 14)

Dichos beneficios pueden también ser aprovechados en áreas de jardín, y “la utilización de estas aguas también incrementa la confiabilidad en el suministro..., ya que se trata de una fuente constante de agua todo el año, menos dependiente de la variabilidad climática” (Mateo-Sagasta et al. 2017, p. 14).

La instalación de sistemas de reciclaje de aguas residuales permite “la sustitución de agua dulce para riego por aguas residuales tratadas *generando* [cursiva agregada] de esa manera una mayor disponibilidad de agua potable para otros usos clave, como son el urbano y el industrial, favoreciendo que la agricultura no tenga que competir con otros sectores por los mismos recursos hídricos” (Mateo-Sagasta et al.).

En el caso de los templos, es necesario mencionar además que al trabajar con agua de pozo es necesario designar recursos económicos para el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua para que esta sea usada, al reusar agua previamente tratado esos costos se reducen considerablemente.

1.3.3 Preguntas de investigación

Con el fin de analizar sistemáticamente los aspectos más importantes de esta investigación, se han seleccionado las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las características de las aguas residuales de los templos y casas de huéspedes SUD?

¿Cuáles son los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada, en los países de Centro América y el Caribe?

¿Qué cantidad de agua residual será reciclada?

¿Cuáles son los mejores métodos de reciclaje de agua residual que pueden ser usados localmente?

¿Cuáles son los costos de los métodos de reciclaje de agua residual disponibles localmente?

¿Cómo describir la satisfacción de los participantes en cuanto a la calidad del agua reciclada?

¿Cómo se puede disminuir más el consumo de agua potable de los templos y casas de huéspedes SUD en Centro América y el Caribe?

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico de la generación de aguas residuales, en los templos y casas de huéspedes, mediante consideraciones de las características de las aguas residuales, los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada, el volumen de agua que será reciclada, los métodos de reciclaje disponibles en el mercado nacional e internacional, el costo-beneficio al implementar método disponible y la satisfacción de los participantes por la calidad de agua tratada, con la finalidad de diseñar una propuesta para el reciclaje de aguas residuales y disminuir la demanda de agua potable.

1.4.2 Objetivos específicos

Con el fin de lograr el cumplimiento del objetivo general de esta investigación, se han determinado los siguientes objetivos específicos:

- Describir las características de las aguas residuales.
- Indicar los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada.
- Determinar el volumen de agua que será reciclada.
- Identificar el mejor método de reciclaje de agua residual disponible localmente que permita usar el agua para aplicaciones domésticas e industriales.
- Analizar el costo-beneficio de implementación del método de reciclaje disponible.
- Describir la satisfacción de los usuarios en cuanto a la calidad del agua reciclada.
- Diseñar una propuesta para el reciclaje de aguas residuales.

1.5 Justificación de la investigación

El consumo de agua usada para riego de los templos y casas de huéspedes SUD ronda entre los 50 mil y los 80 mil galones diarios, sin incluir el agua que se usa para los sistemas de climatización y servicios cotidianos de uso personal.

“Los sistemas de tratamiento de aguas residuales tienen por objeto prevenir la contaminación del ambiente y preservar la salud humana, además de suministrar un recurso susceptible de ser aprovechado en diversos usos” (Noyola, 2013, p.85).

Hernández Sampieri (2010) menciona que toda investigación de tesis está inspirada en satisfacer los cinco criterios básicos, los cuales para este trabajo se dan a continuación:

- *Conveniencia*: Esta investigación permitirá definir y estandarizar el proceso de reciclaje de agua, y como resultado el mejor uso del recurso agua en Centro América y El Caribe.
- *Relevancia social*: Esta propuesta puede servir a otras entidades o instituciones, por ejemplo a municipalidades pequeñas, hoteles y otras empresas afines cuyo uso diario del agua sea elevado y quienes podrían reducir su consumo de agua y su desecho de contaminantes beneficiando así a una mayor cantidad de personas.
- *Implicaciones prácticas*: Contribuirá a no introducir de parte de la entidad aguas residuales a las fuentes superficiales de agua, evitando así su contaminación.
- *Valor teórico*: Este plan pretende incentivar a otras entidades de una manera viable económicamente su implementación, brindando el conocimiento de nuevas técnicas de uso del agua
- *Utilidad metodológica*: Con la información obtenida se pueden lograr establecer este tipo de propuestas en diferentes lugares de la región permitiendo realizar análisis de implementación en poblaciones mayores, como ciudades.

1.6 Declaración de variables (Diagrama Sagital)

1.6.1 Variable Dependiente

Propuesta de diseño de plan para el reciclaje de aguas residuales en templos SUD en Centro América y el Caribe

1.6.2 Variables independientes

- Características de las aguas residuales.
- Requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada.
- Volumen de agua que será reciclada.
- Métodos de reciclaje disponibles en el mercado nacional e internacional.
- Costo-beneficio de método implementado
- Satisfacción de participantes por la calidad del agua tratada.

1.6.3 Diagrama Sagital



Figura 1. Declaración de variables y diagrama sagital

1.7 Delimitación de la investigación

Esta investigación se llevó a cabo en los templos y casas de huéspedes de La Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días ubicados en el área de Centro América y el Caribe durante un periodo de tres meses, la lista de las propiedades estudiadas se presenta a continuación:

Tabla 2. Ubicación de los templos y casas de huéspedes SUD junto con sus edificaciones principales

Nombre de la Instalación	Ubicación	Complejos Dentro de la Propiedad
Templo 1	Ciudad de Guatemala, Guatemala	1 templo y 3 casas de huéspedes
Templo 2	Quetzaltenango, Guatemala	1 templo y 1 casa de huéspedes
Templo 3	Tegucigalpa, Honduras	1 templo, 1 centro de reuniones y 1 casa de huéspedes
Templo 4	San Salvador, El Salvador	1 templo, 1 centro de reuniones y 1 edificio de oficinas administrativas
Templo 5	San José, Costa Rica	1 templo y 1 centro de reuniones
Templo 6	Ciudad de Panamá, Panamá	1 templo, 1 centro de reuniones y 1 casa de huéspedes
Templo 7	Santo Domingo, República Dominicana	1 templo, 1 casa de huéspedes y 1 edificio de oficinas administrativas
Templo 8	Puerto Príncipe, Haití	1 templo, 1 residencia y un centro de reuniones

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Experiencias de éxito de reciclaje de agua residual

Los sistemas de reciclaje de agua vienen siendo utilizados con éxito por los países más desarrollados desde hace ya varios años, algunos de ellos de forma masiva y otros en menor grado, a continuación, se menciona algunas experiencias de algunos países donde se ha tenido éxito en el reciclaje de las aguas residuales.

2.1.1 Singapur

Singapur es un país insular ubicado en el continente asiático compuesto por sesenta y tres islas. Este es un país que se encuentra a la vanguardia a nivel mundial en el tratamiento de aguas residuales, con una visión estratégica y planes bien estructurados que le permitan llegar a reutilizar el agua residual al 100% en el futuro, Perero (2016) menciona que:

Un 30% del suministro de Agua proviene de la vecina Malasia bajo un contrato cuya duración está establecido hasta 2061, otro 30% de los 17 embalses que han construido, sin casi posibilidad de poder ampliar su número y su capacidad, un 10% del agua proveniente de la desalación y el resto, cerca del 30%, de aguas reutilizadas. (p. 1)

La filosofía dentro de la cual se enmarca su plan de reciclado de agua se puede resumir en tres estrategias:

- Recoger cada gota de agua
- Reutilizar el agua sin cesar
- Desalinizar el agua del mar

Durante muchos años el gobierno de Singapur ha estado trabajando de manera integrada, efectiva y rentable para “satisfacer las necesidades de agua del país con inversiones en investigación y tecnología para tratar, reciclar y suministrar agua” (Agency, 2019).

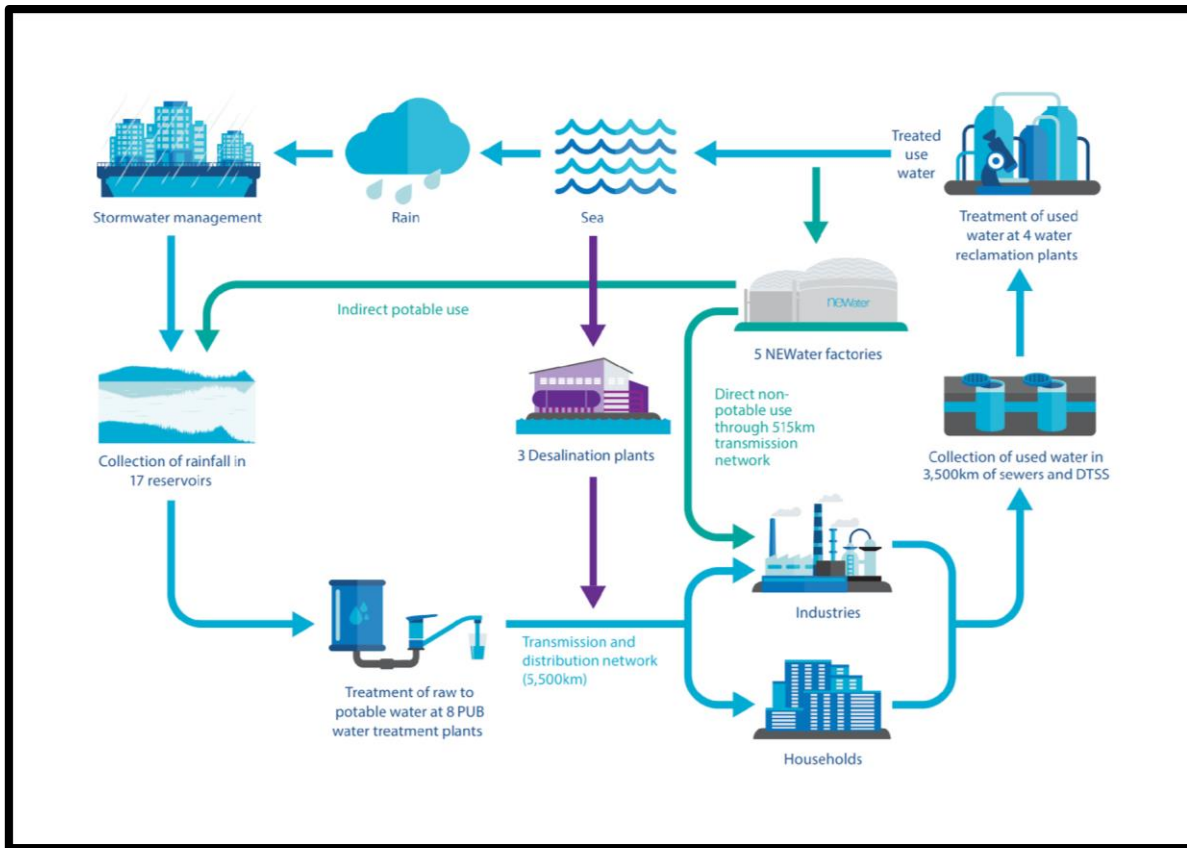


Figura 2. Sistema de agua integrado en Singapur

Fuente: (Agency, 2019).

2.1.2 México

En México hace más de 30 años varias compañías se han instituido como “empresas especializadas en servicios de ingeniería en proyectos de agua, tecnología, comunicaciones, medio ambiente, energía y desarrollos urbanos” (Domos Agua, 2019).

A pesar de ser uno de los países de América Latina que más consume agua potable, se estima que al menos el 47% de toda esa agua consumida es reciclada y reutilizada en labores una variedad de actividades industriales. Según la Comisión Nacional del Agua de México ya en 2011 había un total de 2,289 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales con una capacidad instalada total de 137,082 litros por segundo (conagua.gob.mx).



Figura 3. Planta de tratamiento de agua residual en México

Fuente: (Domos Agua, 2020).

2.1.3 Colombia

Colombia en América del Sur es otro país que tiene como objetivo elevar el porcentaje del agua residual tratada llevándolo del 37.5% (2015) hasta el 68.61% (2030), esto se espera hacer fortaleciendo técnica, administrativa y financieramente a los prestadores de servicios (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2018).

A continuación, se muestra una tabla que indica los proyectos que forman parte del Programa de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (SAVER) el cual fue presentado y formulado desde el año 2007 por iniciativa del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico de Colombia, dichos proyectos comenzaron su ejecución en el año 2018 y los cuales a la fecha operan de forma exitosa.

Tabla 3. Proyectos financiados por Minvivienda

Cuenca Programa SAVER	Ciudad o Municipio	Nombre del Proyecto
Bogotá	Bogotá	Construcción de la estación elevadora de aguas residuales canoas para el distrito capital de Bogotá
Ubate - Suarez	Chiquinquirá	Construcción Planta de Tratamiento de Agua Residual
Chicamocha	Tunja	Descontaminación río Chicamocha, Construcción de la PTAR de Tunja
	Sogamoso	Construcción de la PTAR - Primera etapa
Cauca	Tuluá	Construcción PTAR - Segunda etapa
	Santander de Quilichao	Construcción de la PTAR - Zona urbana
	Popayán	Construcción de la PTAR - Primera etapa
Quindío La Vieja	Armenia	Construcción de la PTAR - La Marina
Río de Oro	Girón	Ampliación y modernización de la PTAR - Río frío

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2018).

2.1.4 Nicaragua

En Nicaragua donde se encuentran los lagos más grandes de Centro América, a la orilla del Lago Managua se encuentra la ciudad capital de Managua, durante muchos años los desechos líquidos de los habitantes de la ciudad y decenas de empresas fueron a desembocar en el lago antes mencionado, lo cual obligó a las autoridades a construir la Planta de tratamiento de aguas

servidas Augusto Cesar Sandino, la cual fue comenzó su funcionamiento el 20 de febrero del 2009, ésta procesa toda el agua residual de la ciudad antes de ser vertida en el Lago Xolotlán o Managua. La capacidad de procesamiento es de hasta 180,000 m³ de agua por día. Este proyecto tuvo una duración de 3 años y es única en América Central. El tratamiento según Holcim (2020) comienza con:

El proceso separación de todos los objetos sólidos que llegan con las aguas negras, en la cual se incluye la separación de arenas y grasas. Un sedimentador primario, que utiliza un sistema llamado "lamelas",... funciona como filtro aireador biológico al hacer circular el agua por grandes placas de plástico. El agua que parcialmente está filtrada después llega al sedimentador secundario, otros tanques con lamelas donde se le aplica el mismo proceso, pero más refinado. Finalmente, el líquido se envía a una estación de bombeo, donde se impulsa el agua al lago... La planta también cuenta con un sistema de lodo que produce tierra fértil para ser usados en la agricultura. (p. 2)

2.2 Análisis de la situación actual

A nivel mundial el reciclaje de agua residual se ha convertido en un tema central de gobiernos y ciudades, por lo que “tener acceso al agua potable es tan importante para las actividades humanas que fue declarado como un derecho humano por las Naciones Unidas (ONU)” (Domos Agua, 2019, p.1). Se sabe por definición que:

Las aguas residuales son el tipo de agua que se encuentra contaminada, producto de la actividad humana en hogares, comercios, industrias y agricultura. Al estar contaminada debe ser desalojada y conducida mediante una red de alcantarillas hasta las plantas de tratamiento de aguas residuales (estaciones de depuración) donde es procesada para ser reutilizada o devuelta al medio natural en condiciones adecuadas. (Domos Agua, 2018, p.

1)

Debido a que la cantidad de aguas residuales que los templos y casas de huéspedes SUD vierten en las cuencas naturales por medio de la red de alcantarillado de las ciudades donde están ubicados es de significativa consideración, para evaluar la situación actual de estos edificios se realiza un análisis de Microentorno y Macroentorno que permita poner en manifiesto los factores externos e internos que afecten el plan de reciclaje estas aguas en mención.

2.2.1 El Macroentorno

Es muy importante identificar los temas críticos que afecten el plan de reciclaje de aguas residuales de los templos y casas de huéspedes SUD en Centro América y el Caribe, para ello se ha realizado un análisis PESTEL en el cual se consideran factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales. La tabla 4 que se muestra a continuación proporciona algunos factores que pueden afectar el plan de reciclaje de aguas residuales.

Tabla 4. Análisis PESTEL

PESTEL		
<p>Factor Político</p> <ul style="list-style-type: none"> - Iniciativas del gobierno para fomentar el reciclaje - Acuerdos internacionales que exijan un incremento en proyectos de reciclaje - Cambio de gobierno con una visión diferente sobre el reciclaje - Política fiscal diferencial aplicada a empresas que apliquen el reciclaje 	<p>Factor Económico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incremento en el precio del suministro de agua pública y privada - Aumento desmedido de la inflación - Pérdida de valor de la moneda local - Disponibilidad de fondos para ejecutar el proyecto 	<p>Factor Social</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambio en los hábitos de consumo de agua de la población - Conciencia de la población por la salud y la higiene - Cambios en la tasa de natalidad o mortalidad de la población - Incremento en el nivel de ingresos de la población que permitan mejorar la calidad de vida
<p>Factor Tecnológico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aparición de nuevas tecnologías de reciclaje de agua - Disponibilidad de materia prima para el proceso de reciclaje de agua - Acceso local a las tecnologías de reciclaje disponibles - Nuevas formas de producción o distribución de agua - Políticas organizacionales sobre inversión en tecnología 	<p>Factor Ecológico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escasez de agua potable - Preocupación por la contaminación y el cambio climático - Efectos del calentamiento global en el ciclo del agua - Regulaciones sobre el consumo de recursos naturales 	<p>Factor Legal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambios en los requisitos para obtener la licencia ambiental para la operación de los inmuebles - Cambios en las regulaciones sobre el uso del agua potable y/o reciclada - Leyes de salud y seguridad ocupacional - Leyes nacionales de protección ambiental

Después de analizar los diferentes factores del análisis PESTEL en la tabla 4 y aplicados al tipo de organización de este estudio se ha determinado que los factores que ejercerán una mayor fuerza de influencia en el plan de reciclaje son los del tipo ecológico ya que la disposición de recursos naturales y en particular del agua como líquido vital son esenciales para la operación de los edificios objeto de este estudio y debe hacerse todo el esfuerzo razonable para disponer de ese recurso no solo a corto sino también a mediano y a largo plazo.

2.2.2 El Microentorno

El análisis de las cinco fuerzas de Porter en el presente trabajo de reciclaje de agua residual de los Templos y Casas de Huéspedes SUD en Centro América y el Caribe, en este análisis se puede mencionar que los nuevos competidores son la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) municipal San Jose, el Hotel Intercontinental, Price Smart, Corporación Dinant y dos centros comerciales del grupo Roble, al ver la fuerza de rivalidad que estos ejercen, se puede decir que su rivalidad es mínima, pues los competidores solamente tratan el agua para ser vertida a los cuerpos de agua superficiales y alcantarillado de la ciudad para cumplir con los requerimientos que la ley establece, por lo que, comparando el propósito perseguido por este proyecto no habrá la necesidad de aumentar la inversión, incrementar la calidad del agua prevista o asociarse con uno de ellos para ser competitivos en el producto final, se puede concluir que los competidores son una fuerza tan pequeña que no afecta el proyecto. Si se incluye el poder de los usuarios ya que estos se ven afectados e influyen de alguna manera con el tipo de agua que se proporciona en estos lugares y además que son un recurso importante para poder lograr éxito en lo que se busca hacer, es decir, los usuarios son una fuerza a considerar, también se incluye como proveedores del servicio de agua locales en este caso el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) y otros compañías de agua privados, estos no representan una fuerza

tan importante pues los edificios en estudio poseen pozos y como productos sustitutos el agua tratada mediante los tratamientos de agua residual, así como el agua que los camiones cisterna proveen en las ciudades donde están ubicados estos edificios, estos últimos si son una fuerza a considerar pues al fallar el abastecimiento propio o local, el costo al cual ofrecen su producto es elevado. La Figura 4, muestra las fuerzas de Porter para este caso en particular:

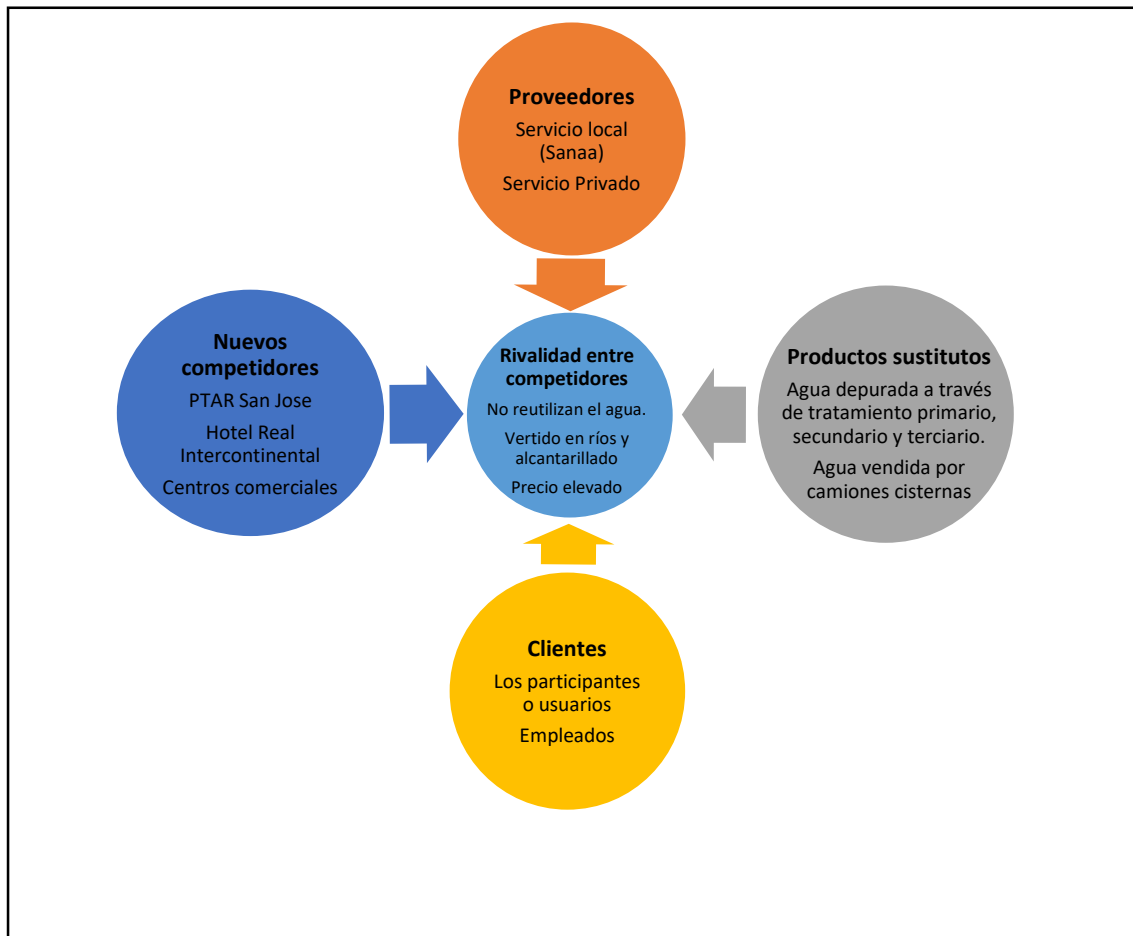


Figura 4. Fuerzas de Porter para reciclaje de agua en templos y casas de huéspedes SUD
Fuente: (Spena Group, 2020)

2.3 Teorías de sustento

2.3.1 Teoría de los recursos y las capacidades.

Es de mucha relevancia comprender por qué los recursos y capacidades de una empresa son esenciales para cumplir su plan estratégico y a su vez para medir el potencial y así obtener ventajas competitivas por encima de sus homólogas.

Con el fin de lograr esa comprensión es de vital importancia el poder entender adecuadamente los términos o definiciones básicos que ayudan a sustentar la teoría de los recursos y capacidades.

Según Thompson, Gamble, Peteraf, & III (2012, p. 94) “el análisis de recursos y capacidades ofrece a los administradores una herramienta poderosa para calibrar los activos competitivos de la empresa y determinar si pueden sentar las bases necesarias para el éxito competitivo en el mercado. Este proceso consta de dos pasos”.

Carrión Maroto (2004) menciona que “la teoría de recursos y capacidades es una herramienta que permite determinar las fortalezas y debilidades internas de la organización. Según esta teoría, el desarrollo de capacidades distintivas es la única forma de conseguir ventajas competitivas sostenibles”.

Para saber usar y aprovechar de mejor manera los recursos y las capacidades es necesario tener una comprensión clara y básica de estos términos y como entre ellos se relacionan, Thompson et al. (2012, p.95) definen:

Recurso: “es un insumo productivo o un activo competitivo que la empresa controla o posee”.

Capacidad: “es la habilidad de una empresa de desempeñar alguna actividad de manera muy eficiente”.

Por otro lado, el Centro Europeo de Postgrado (2020) define de la siguiente manera:

Recursos: “se pueden definir como aquellos inputs del proceso productivo o factores disponibles de la empresa, que son de su propiedad o recaen bajo su control”.

Capacidad: “forma de utilizar estos recursos de una forma eficiente. Serían las habilidades en el modo de organizarlos para poder desarrollar una determinada tarea, una combinación dinámica de recursos y de conductas coordinados para la realización eficaz de una determinada actividad”

A continuación, se muestra una tabla que ayuda a identificar los tipos de recursos que tiene una empresa:

Tabla 5. Tipos de recursos

Tangibles	Intangibles
Recursos físicos: Derechos de propiedad o acceso a recursos naturales (como depósitos minerales); plantas de manufactura, equipos o instalaciones de distribución muy avanzados; predios y terrenos; ubicaciones de tiendas, fábricas o centros de distribución.	Activos humanos y capital intelectual: Experiencia, aprendizaje acumulado y conocimientos tácitos de los empleados; educación, capital intelectual y conocimientos técnicos de equipos especializados y grupos de trabajo
Recursos financieros: Efectivo y equivalentes de efectivo; valores negociables; otros activos financieros, como la capacidad de endeudamiento de la empresa (como se indique en sus estados financieros y su calificación crediticia)	Marcas, imagen de la empresa y activos de reputación: Nombres de marca, marcas registradas, imagen del producto, lealtad y disposición del cliente; imagen de la empresa.
Activos tecnológicos: Patentes, derechos de autor y secretos comerciales; tecnología de producción, inventarios de otras tecnologías y procesos tecnológicos	Relaciones: Alianzas o sociedades en coinversión que den acceso a tecnologías, técnicas especializadas o mercados geográficos; asociaciones con proveedores que reduzcan costos y/o mejoren la calidad y desempeño del producto; redes de distribuidores; confianza establecida con socios diversos
Recursos organizacionales: Sistemas de tecnología de la información y comunicación (servidores, estaciones de trabajo, etc.); otros sistemas de planeación, coordinación y control.	Cultura y sistema de incentivos de la empresa: Normas de conducta, principios del negocio, apego del personal a los ideales de la compañía; sistema de compensaciones y grado de motivación del personal.

Fuente: (Thompson, Gamble, Peteraf, & III, 2012, p. 95-96)

Las capacidades organizacionales son más complejas que los recursos, Thompson et al. (2012, p.96) menciona que “las capacidades organizacionales se basan en conocimientos que residen en la gente y en el capital intelectual o en los procesos y sistemas organizacionales de la empresa, los cuales incorporan conocimiento tácito”.

En los templos y casas de huéspedes SUD se cuentan con recursos y capacidades el recurso agua puede categorizarse como convencional (agua superficial y subterránea) y no convencional (agua residual regenerada y el agua de mar desalinizada) donde Díaz Delgado (2003, p. 213) destaca como “los más importantes en volumen y disponibilidad, las aguas residuales regeneradas”. Esta regeneración de agua se ha desarrollado por decenios, sin embargo, como menciona Díaz Delgado (2003):

Para poder proceder a reutilizar este recurso se requieren las tecnologías adecuadas y unos estudios previos detallados. Se revisan las tecnologías correspondientes, así como la legislación respecto a la reutilización de aguas residuales. Si la evaluamos, la reutilización parece presentar unas ciertas ventajas para su uso como agua de riego, aunque se requieren cálculos y herramientas de toma de decisiones adaptadas a cada circunstancia. (p. 212)

Como el recurso agua residual se produce de manera continua, “por consideraciones sanitarias y socio-políticas, los gestores tienden a asegurar el suministro urbano con prioridad a cualquier otro y en ocasiones excepcionales incluso sin reparar en costes” (Díaz, 2003, p. 215).

Las tecnologías de tratamiento como capacidad “de regeneración para agua residual suelen preferirse aquellas que no emplean mucha energía. Esto se justifica por el hecho de que el agua residual suele emplearse para riegos u otros usos relativamente poco “nobles” (Díaz, 2003, p. 216), en los templos y casas de huéspedes SUD se busca la implementación de esta manera lo cual se busca potencializar el ahorro del agua usada en las instalaciones.

2.3.2 Teoría de la depuración y regeneración de aguas residuales

A lo largo de la historia y también en la actualidad, el consumo de agua siempre ha sido considerado de forma lineal, es decir, se plantea que el agua es utilizada solamente una vez y luego de eso esta se desecha hacia el ambiente de forma libre y solamente en aquellos casos en que las leyes de un país lo exijan es que se tiene el cuidado de hacerla pasar por algunos procesos de depuración antes de descargarla en los efluentes.

“El incremento de los impuestos y los tratamientos asociados al servicio de agua, así como la presión social y política han comenzado a cambiar la linealidad de uso, potenciando tanto el reciclado como la reutilización” (Porta, 2005, p. 15).

2.3.2.1 Reutilización y ciclo antrópico del agua

2.3.2.1.1 Depuración de aguas residuales.

El tratamiento o depuración de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes del agua a tratar. Una vez depurada, el efluente es devuelto al medio ambiente.

2.3.2.1.2 Regeneración de aguas residuales

En lo que se refiere a la definición de aguas regeneradas Trapote y Martínez (2012) afirman lo siguiente:

Se entiende como aguas regeneradas aquellas aguas residuales depuradas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan. El agua regenerada implica depuración, con el objetivo de volver a ser utilizada, mientras que el agua depurada, a diferencia de la regenerada, no siempre opta a ser reutilizada, sino que su destino es el de ser vertida al dominio público hidráulico o al marítimo terrestre, según convenga. (p. 1)

2.3.2.2 Etapas del tratamiento de aguas residuales

En nuestros días, las operaciones y procesos llevados a cabo para el tratamiento de las aguas residuales se agrupan entre sí de acuerdo con el tipo de proceso y el resultado esperado al final de este, Metcalf y Eddy (1995) indican que estos tratamientos reciben el nombre de primario, secundario y terciario.

2.3.2.2.1 Tratamiento primario

Se conocen como tratamientos primarios aquellos que son responsables de eliminar los sólidos en suspensión (SS) presentes en el agua residual, estos sólidos van desde botellas plásticas o cartón hasta otros elementos tales como heces fecales y grasas, “el tratamiento primario contempla el uso de operaciones físicas tales como la sedimentación y el desbaste para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual” (Metcalf y Eddy, 1995, p.3).

La sedimentación “es un proceso de separación por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador” (Acuatecnica, 2018, p. 1). El objetivo de la decantación es la reducción de los sólidos en suspensión bajo la exclusiva acción de la gravedad.

La flotación es un proceso físico que se basa en el mismo principio de la sedimentación, con la diferencia de que durante este proceso las partículas que poseen una densidad menor a la densidad del agua se suspenden hasta la superficie del fluido. Para el tratamiento de aguas residuales se utiliza una técnica llamada flotación por aire disuelto (FAD) la cual “consiste en la creación de micro burbujas de aire en el seno del agua residual, las cuales se unen a las partículas a eliminar formando agregados capaces de flotar por tener una densidad inferior a la del agua” (Wikilibros, 2014, p. 32).

La coagulación consiste en “desestabilizar los coloides (partículas muy finas disgregadas en un líquido que parecieran estar disueltas debido a su extrema pequeñez) mediante la neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un flóculo” (Wikilibros, 2014, p. 24). Esto se logra agregando al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante para lo cual se usan generalmente las sales de hierro (cloruro férrico) y aluminio (sulfato de aluminio).

“La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que puedan decantarse” (Wikilibros, 2014, p. 25), aumentando así su velocidad de sedimentación.

Coulson, Richardson y Backhurst (1981) definen la filtración como el:

Proceso unitario de separación de sólidos en una superficie a través de un medio mecánico poroso, también llamado tamiz, criba, cedazo o filtro. En una suspensión de un líquido mediante un medio poroso, retiene los sólidos mayores del tamaño de la porosidad y permite el paso del líquido y partículas de menor tamaño a la porosidad. (p. 413)

2.3.2.2.2 Tratamiento secundario

“El tratamiento secundario de aguas residuales constituye una serie de procesos de naturaleza biológica que tienen en común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable” (Acuatecnica, 2019, p. 1).

El objetivo prioritario en un tratamiento secundario, o también llamado tratamiento biológico, es la reducción de DBO5 y DQO. Gracias al desarrollo de ecosistemas de diferentes tipos de bacterias se alcanzan rendimientos en este ámbito de hasta el 95%.

El tratamiento secundario puede clasificarse en dos categorías: procesos aerobios o aeróbicos y procesos anaerobios o anaeróbicos.

2.3.2.2.1 Procesos aerobios

Metcalf & Eddy (1995, p. 430) definen los procesos aerobios como “los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno”. Wikilibros (2014) indica que los procesos aerobios se pueden definir como:

Aquellos realizados por determinado grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que, en presencia de Oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación. La unión de materia orgánica, bacterias y sustancias minerales forma los flóculos y el conjunto de flóculos es lo que todos conocemos como fango biológico. (p. 37)

La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante que se encuentra en el agua residual. Primero se incorpora el alimento - compuesto en este caso por materia orgánica y nutrientes - al interior de los microorganismos, una vez que estos microorganismos tienen suficiente alimento disponible se reproducen rápidamente. Se entiende que “los microorganismos al igual que nosotros, necesitan de energía para poder realizar sus funciones vitales (movimiento, reproducción, etc.), dicha energía la obtienen transformando la materia orgánica” (Wikilibros, 2014, p. 37). Esto da como resultado la disminución considerable de ésta, transformándose en nuevas células, gases y otros productos.

2.3.2.2.2 Procesos anaerobios

Los procesos anaerobios son aquellos procesos secundarios que “se realizan en ausencia de oxígeno. En este proceso ocurren reacciones fermentativas en las que la materia orgánica se transforme en energía, metano y dióxido de carbono” (Acuatecnica, 2019, p. 1), dependiendo del tipo de material que esté siendo degradado.

Metcalf & Eddy (1995) amplían este concepto definiéndolo de la siguiente forma:

La digestión anaerobia es uno de los procesos más antiguos empleados en la estabilización de fangos. En este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular. Sus principales aplicaciones han sido, y siguen siendo hoy en día, la estabilización de fangos concentrados producidos en el tratamiento del agua residual y de determinados residuos industriales. Sin embargo, recientemente se ha demostrado que los residuos orgánicos diluidos también se pueden tratar anaeróbicamente. (p. 480)

Con el fin de lograr mantener un sistema anaerobio que tenga la capacidad de estabilizar el residuo orgánico presente en el agua, debe haber un estado de equilibrio dinámico entre los microorganismos que forman los ácidos y el metano. “Para mantener dicho estado, el contenido del reactor (digestor) deberá carecer de oxígeno disuelto y estar libre de... metales pesados y sulfuros. Además, el medio acuoso deberá presentar valores de pH situados entre 6.6 y 7.6” (Metcalf & Eddy, 1995, p. 483).

2.3.2.2.3 Tratamiento terciario

El proceso o tratamiento que se requiere para que un agua depurada pueda ser reutilizada se denomina regeneración. Con el fin de poder obtener agua regenerada que sea apta para la reutilización se requiere de la aplicación de ciertos tratamientos adicionales ya que por lo general los tratamientos de depuración de las aguas residuales a pesar de reducir sustancialmente la carga de contaminantes en estas permitiendo de esa forma su vertido a cauces naturales sin riesgos para el ecosistema, generalmente no son adecuadas para un uso posterior como un recurso hídrico alternativo. Estos procesos adicionales se conocen como tratamientos terciarios y se llevan a cabo generalmente en lo que se conoce como estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) a continuación de los tratamientos secundarios.

Todos los procesos terciarios para la reutilización del agua se basan en diferentes combinaciones de las siguientes tecnologías:

- Tratamientos Físicoquímicos: Coagulación, Floculación, Sedimentación, Decantación.
- Filtración Profunda.
- Membranas de Filtración: Microfiltración, Ultra-Filtración, Nanofiltración, Ósmosis Inversa.
- Desinfección Física: Radiación Ultravioleta.
- Desinfección Química: Ozono, Cloro, Dióxido de Cloro.

La elección de los tratamientos terciarios depende fundamentalmente de dos factores: las líneas de tratamiento primario y secundario, y el uso requerido del agua regenerada.

Los principios básicos de estas tecnologías se presentan a continuación:

2.3.2.2.3.1 Tratamientos fisicoquímicos

Véase el numeral 2.3.2.2, párrafos 3, 4 y 5.

2.3.2.2.3.2 Tratamientos de filtración terciaria (Filtración profunda)

La turbidez y/o los sólidos en suspensión en las aguas regeneradas representan uno de los parámetros más conflictivos de un agua terciaria en cuanto a su reutilización, esto la convierte en un factor crítico limitante para la aplicación de otras tecnologías a las que será sometida el agua regenerada. Este hecho confiere a la tecnología de filtración una posición central y preeminente en la regeneración de aguas residuales.

2.3.2.2.3.2.1 Medios filtrantes

Para el tratamiento y filtración de agua “los tipos comunes de medios usados en filtros de lecho granular son la arena silíceo y el carbón de antracita” (Porta, 2015, p. 32). Estos medios filtrantes se pueden usar solos o combinados.

Hay algunas alternativas sintéticas que pueden usarse con un rendimiento superior, una de estas es el Turbidex™ el cual es un medio filtrante compuesto de silicato de aluminio que otorga una filtración por debajo de las 5 micras.

2.3.2.2.3.2.2. Filtración rápida en lecho granular

“La filtración rápida en lecho granular, formalmente conocida como filtración rápida en arena, consiste en el paso de agua pretratada a través de un lecho granular a tasas de entre 5 a 25 m³/h” (Porta, 2015, p. 37). Esta filtración se logra mediante el flujo hacia abajo del agua a través del medio filtrante, durante la operación, los sólidos se remueven del agua y se quedan atrapados en la parte superior de la media filtrante. Eventualmente esto se traduce en una pérdida de carga lo que vuelve necesario que el filtro sea limpiado por medio de una técnica llamada retrolavado, la cual consiste en provocar el flujo de agua en sentido contrario para agitar la media filtrante, remover los sólidos y regenerar la capacidad de filtración.

2.3.2.2.3.2.3 Filtración multicapa

“La filtración multicapa consiste en la filtración del agua a través de varios estratos filtrantes superpuestos” (Porta, 2015, p. 38). Estos sistemas fueron desarrollados con el fin de reducir el porcentaje de sólidos suspendidos de mayor tamaño que en los sistemas de filtración convencional generalmente llegan hasta la media filtrante más fina, esto permite así prolongar notablemente la vida útil y la eficiencia de la media filtrante.

El procedimiento de filtración multicapa se lleva a cabo generalmente en tanques sellados debidamente presurizados que contienen en su interior varios lechos de media filtrante de mayor a menor poro (la media con poro más fino se deposita en el fondo) lo que permite que la duración del ciclo de filtración (tiempo transcurrido entre retrolavados) sea mucho mayor y que la pérdida de presión en el interior del filtro ocurra de forma más lenta.

2.3.2.2.3.3 Tratamientos de desinfección

La desinfección se define como “el proceso de destruir microorganismos patógenos mediante procesos físicos y químicos” (Wikilibros, 2014, p. 85). Siguiendo con lo anterior Porta (2015, p. 68) menciona que “los grupos principales de organismos responsables de las enfermedades de origen hídrico son: las bacterias, los virus y los parásitos (nematodos y protozoos)”.

La ley de Chick-Watson (1908) establece que cuanto mayor sea el tiempo de contacto entre el agua y el medio desinfectante mayor será el nivel de mortandad en los agentes infecciosos, pero también depende mucho del tipo de agente o desinfectante que se está utilizando.

La desinfección de las aguas residuales puede llevarse a cabo principalmente mediante el uso de dos tipos de tecnologías o procesos:

- a) Físico
- b) Químico

2.3.2.2.3.3.1 Desinfección de tipo físico

Ultravioleta

La desinfección con rayos ultravioleta (r-UV) se utiliza principalmente en aguas de suministro de alta calidad, su uso pretende eliminar “la fracción más resistente, adsorbida en, y protegida por, los sólidos en suspensión presentes en el agua que han conseguido pasar a través del tratamiento de filtración aplicado anteriormente” (Porta, 2015, p. 74).

Los r-UV que se usan en el proceso de desinfección del agua son los UVC los cuales tienen una longitud de onda entre los 100 y los 280 nm, “el espectro de absorción a la r-UV se sitúa, en la mayoría de los microorganismos, entre los 200 y 300 nm, con un máximo de absorción a 254 nm” (Porta, 2015, p. 74).

Estos rayos UV “...se generan mediante una descarga eléctrica en vapor metálico, siendo la lámpara de vapor de mercurio la más indicada para la generación de la radiación germicida (UVC), dado que la línea de resonancia del átomo de Hg a 254 nm es emitida con alta eficiencia” (Wikilibros, 2014, p. 92).

2.3.2.2.3.3.2 Desinfección de tipo químico

La tabla 6 muestra los requisitos que debe cumplir un desinfectante químico ideal para ser utilizado en el tratamiento de aguas residuales.

Tabla 6. Características de un desinfectante químico ideal

Características	Observaciones
Toxicidad a los microorganismos	Deberán poseer un amplio espectro de actividad de altas disoluciones.
Solubilidad	Debe ser soluble en agua o tejido celular.
Estabilidad	La pérdida de acción germicida al estar en reposo deberá ser pequeña.
No tóxico a formas superiores de vida	Deberá ser tóxico a los organismos y no tóxico al hombre y otros animales.
Homogeneidad	La solución debe tener una composición uniforme.
Interacción con materias extrañas	No deberá ser absorbido por la materia orgánica.
Toxicidad a temperatura ambiente	Deberá ser eficaz en el intervalo de temperatura ambiente.
Penetración	Deberá tener capacidad de penetrar a través de las superficies.
No corrosivo y que no manche	No deberá atacar los metales o manchar la ropa.
Aptitud desodorizante	Deberá desodorizar mientras desinfecta.
Capacidad detergente	Deberá proceder acción limpiadora para mejorar la efectividad del desinfectante.
Disponibilidad	Deberá estar disponible en grandes cantidades y a precios razonables.

Fuente: (Porta, A. (2005). Regeneración y reutilización de aguas residuales depuradas. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña).

Los principales químicos que se utilizan en Honduras para la desinfección del agua son el ozono y el cloro.

Ozono

En la industria de la purificación de agua es comúnmente usado el ozono “para la desinfección de agua ya que descompone agresivamente a los organismos vivos sin dejar residuos químicos que pueden afectar la salud o el sabor del agua, se ha empleado habitualmente en el tratamiento de aguas con el propósito de despartarlas y de descomponer la materia orgánica presente” (Porta, 2015, p. 79).

Tiene la capacidad de eliminar bacterias, virus, esporas, algas, protozoos y algunos pequeños organismos pluricelulares.

En algunos lugares se desaconseja su uso por suponerlo potencialmente tóxico.

Cloro

“De todos los desinfectantes químicos, el cloro es quizá el más utilizado en todo el mundo. Razón es que satisface la mayoría de los requisitos señalados en la tabla. Para aguas potables, el cloro (hipoclorito o gas) es el método clásico de desinfección” (Porta, 2015, p. 87).

“La utilización de derivados de cloro es la opción más empleada y entre ellos el más conocido es el hipoclorito de sodio. Suele ser valorado muy positivamente por su facilidad de manipulación y por su carácter residual (remanente del cloro del agua)” (Trapote y Martinez, 2012, p. 13).

2.3.2.2.3.4 Técnicas de membrana

Las tecnologías de membrana suelen ejercer al mismo tiempo una doble acción:

- Tratamiento terciario
- Desinfección

A fin de lograr el proceso de filtración, “el influente es conducido al sistema por baja presión, donde membranas especiales de alta resistencia no reciben para deliberar lo de materiales de alto peso molecular y sólidos suspendidos” (Porta, 2015, p. 124).

Una de las particularidades del sistema de membranas es que en estas los fluidos viajan sobre la superficie de las membranas de forma horizontal y no de forma directa a esto se le conoce como flujo tangencial o cruzado, eso disminuye el deterioro de la membrana y los costos de limpieza.

La tabla que se presenta a continuación detalla los diferentes niveles de porosidad de los tipos de membranas más comunes.

Tabla 7. Capacidades de filtración de los sistemas de membranas

Proceso	Tamaño del poro	Elimina totalmente	Otra información
Microfiltración (MF)	0.2 μm	Materiales coloidales, bacterias, huevos de nematodos, protozoos, algunos virus	Asegura la retención de toda partícula de origen mineral y orgánico
Ultrafiltración (UF)	0.01 μm	Materia coloidal y moléculas de gran tamaño (pesos moleculares arriba de 5000), bacterias, protozoos, huevos de nematodos, virus	Remueve por encima del 90% de los contaminantes
Nanofiltración (NF)	0.001 μm	Remueve totalmente bacterias, virus y protozoos	Permite una mayor cantidad de producto permeado
Ósmosis Inversa (OI)	0.0001 μm	Bacterias, virus, protozoos, sales, macromoléculas	Requiere pretratamiento previo del agua para eliminar los sólidos en suspensión de mayor tamaño

Fuente: (Porta, A. (2005). Regeneración y reutilización de aguas residuales depuradas. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña).

2.3.3 Teoría de la satisfacción de los usuarios

En los últimos años la satisfacción de los usuarios es un concepto que ha adquirido una considerable importancia tanto en el ámbito de los servicios como de las unidades de información (Martín, 2000).

Martín (2000, p. 141) señala “que la satisfacción del usuario con respecto al funcionamiento y a los atributos de un sistema de información está directamente relacionada con el uso del sistema”. El servicio prestado a los usuarios en los templos y casas de huéspedes SUD es brindar las comodidades que permitan que los usuarios tengan una experiencia agradable sin distracciones, la participación es voluntaria y opcional.

Se entiende que la satisfacción es un resultado que toda empresa de servicios “desea alcanzar, y busca que dependa tanto del servicio prestado, como de los valores y expectativas del propio usuario, además de contemplarse otros factores, tales como el tiempo invertido, el dinero, si fuera el caso, el esfuerzo o sacrificio” (Martín, 2000)

La combinación de la prestación del servicio y el sacrificio hacen que el usuario determine diferentes niveles de satisfacción, a continuación la tabla 8, brinda una explicación más clara de esta relación:

Tabla 8. Combinación de la prestación del servicio y el sacrificio

Combinación de Sacrificio y Servicio	Nivel de Satisfacción
<i>Sacrificio elevado/prestación de servicio modesta</i>	Estos factores provocan una insatisfacción máxima o nivel de satisfacción mínimo, el usuario efectúa, una valoración negativa del servicio que puede dar lugar a una reclamación, que se debe considerar como una actitud positiva hacia el centro y, si puede no repetirá la experiencia
<i>Sacrificio modesto/prestación modesta</i>	Provoca una insatisfacción moderada o nivel de satisfacción bajo, por ello el juicio del servicio quedará en suspenso y con incertidumbre acerca de la oportunidad de repetir la experiencia, tan solo las necesidades posteriores de información determinarán una nueva experiencia en el mismo centro
<i>Sacrificio elevado/prestación elevada</i>	Se genera una satisfacción contenida, por ello el juicio es moderadamente positivo. La incertidumbre acerca de repetir el servicio es menor, ya que le otorga otra oportunidad de usar el servicio

Continuación de tabla 8

Combinación de Sacrificio y Servicio	Nivel de Satisfacción
<i>Sacrificio modesto/prestación elevada</i>	Supone un máximo nivel de satisfacción, el juicio es netamente positivo por lo que se otorga una máxima confianza en la repetición del servicio. Por tanto, hemos conseguido un elemento que proporciona algo más que satisfacción, es decir, confianza

Fuente: (Martín, 2000, p. 141-142).

La figura 5 que se muestra a continuación permite ver estos niveles de forma más concreta:

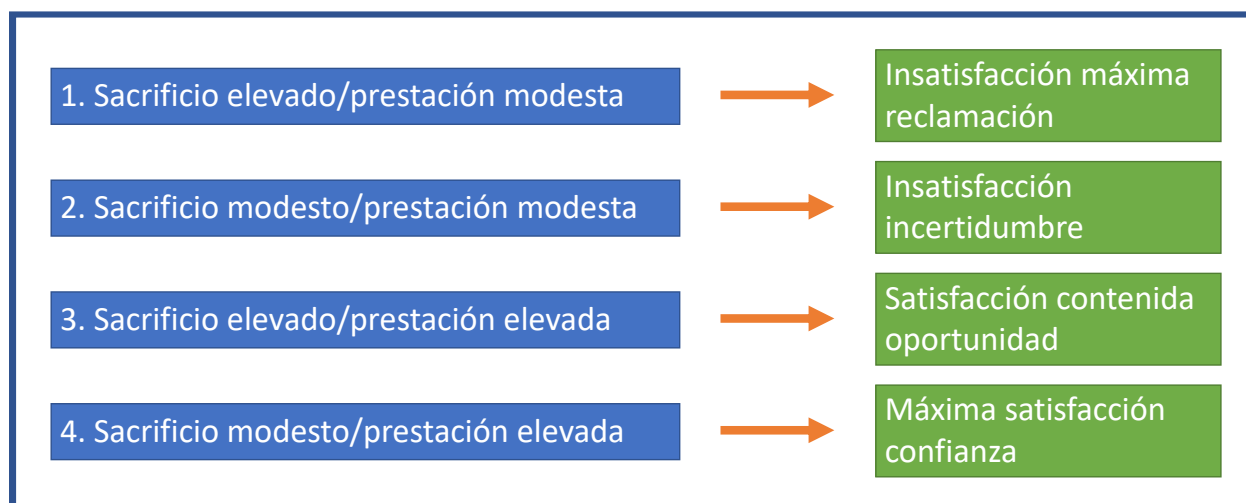


Figura 5. Niveles de satisfacción de usuarios y participantes

Fuente: (Martín, 2000, p.142).

Durante muchos años se han buscado diversas maneras “para tratar de medir la satisfacción de los usuarios, los cuales cubren diferentes enfoques disciplinarios, cabe resaltar que en la mayoría de los estudios se han utilizado métodos y/o técnicas de corte cuantitativo” (Hernández, 2011, p.354).

Seguidamente se mencionan algunos modelos teóricos que han sido elaborados con el fin de evaluar o describir la satisfacción de los usuarios:

Teoría de la no confirmación de expectativas: Es un modelo retomado de la mercadotecnia, sugiere que los clientes determinan su satisfacción, al comparar las expectativas que traían de un servicio o producto con su funcionamiento real, permite predecir su satisfacción o insatisfacción, ya que compara las expectativas de calidad de lo que va a consumir un sujeto con la experiencia real de consumo. Cuando la actuación del producto o servicio es mayor que las expectativas, resulta una no confirmación positiva o satisfacción; cuando es menor es una no confirmación negativa o insatisfacción. Para esta teoría la actuación del servicio está definida como la percepción subjetiva del cliente acerca de la calidad del producto o servicio después de ser consumido.

Descontento potencial: Empieza a utilizarse en la década de los setenta del siglo pasado, y considera que las quejas de los clientes son una serie de múltiples reacciones que emergen del descontento que sienten cuando esperan que cierto servicio sea de tal o cual forma. Este descontento puede ser de dos maneras: externo o que emerge, y potencial. En el externo el cliente presenta sus quejas ante las instancias que le puedan dar solución; en el potencial, el cliente no presenta públicamente su queja, sin embargo, está insatisfecho con el servicio

Análisis de disponibilidad: Se encarga básicamente de medir que los recursos estén disponibles físicamente cuando se necesitan

Medición de la calidad percibida. Según esta tendencia los clientes forman sus percepciones sobre la calidad de un servicio con base en una evaluación del desempeño en múltiples niveles, y al final combinan esas evaluaciones para llegar a la percepción global de la calidad del servicio. (Hernández, 2011, p. 355-356)

Martín (2000, pág. 143) define la satisfacción del usuario como “la percepción del usuario de haber utilizado correctamente su tiempo, habiendo recibido respecto a sus propias expectativas en un determinado contexto ambiental y la mejor prestación posible de servicio”.

“La estrategia de marketing de servicios se enfoca en entregar procesos, experiencias e intangibles a los clientes en lugar de bienes físicos y transacciones. Implica integrar un enfoque en el cliente en toda la empresa y en todas las funciones” (Zeithaml & Bitner, 2010, p. 208).

Proporcionar experiencias de éxito y construir relaciones con los clientes son tareas complicadas que involucran variadas estrategias y tácticas diferentes. Para las empresas es muy difícil resolver los problemas de servicio de manera organizada, el modelo de brechas tiene como objetivo al cliente o usuario del servicio y busca cerrar la brecha entre las expectativas esperadas y las percepciones de los clientes, para ello se centra en cerrar cuatro brechas en el lado del proveedor de servicios: la brecha de escucha, la brecha de diseño y estándares del servicio, la brecha de rendimiento y la brecha de comunicación (Zeithaml & Bitner, 2010), las cuales se explican a continuación:

La brecha de escucha, es la diferencia entre las expectativas de servicio del cliente y la comprensión de la compañía de esas expectativas...cerrar la brecha de escucha requiere que la gerencia o los empleados capacitados adquieran información precisa sobre las expectativas de los clientes.

La brecha de diseño y estándares, esta brecha tiene que ver con la traducción de las expectativas del cliente en diseños de servicio reales y el desarrollo de estándares para medir las operaciones de servicio frente a las expectativas del cliente.

La brecha de rendimiento del servicio, también debe cerrarse para asegurarse de que no haya discrepancias entre el diseño y las normas del servicio orientado al cliente y la entrega real del servicio. Incluso cuando existen pautas para realizar un buen servicio y tratar a los clientes correctamente, el desempeño del servicio de alta calidad no es una certeza.

La brecha de comunicación, esta brecha se centra en la diferencia entre la prestación de servicios y lo que se comunica externamente a los clientes a través de publicidad, precios y otras formas de comunicación. (p. 210-215)

La satisfacción de los usuarios en cuanto a su experiencia al visitar los templos y casas de huéspedes de La Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días alrededor del mundo, puede considerarse como un indicador de rendimiento y se debe ser considerada en la planificación de las actividades y servicios que en estos edificios se prestan, permitiendo así cubrir las necesidades y elevar al mismo tiempo la calidad del servicio. El adoptar los métodos teóricos ayudará a encontrar una actitud diferente respecto a la satisfacción de los usuarios sobre todo en la propuesta de reciclar las aguas residuales generadas por el uso y mantenimiento de los edificios para poder reutilizarlas en las actividades de jardinería y otras áreas según sea el caso, sin llegar a causar malestares e incomodidad.

2.4 Conceptualización

La conceptualización se refiere a “la representación de una idea abstracta en un concepto; surge de los conocimientos generales que se poseen sobre diversos temas” (Morales, 2019, p. 1). Partiendo de esta definición se puede decir que para lograr conceptualizar no es necesario ser expertos en un tema, sino que simplemente permite seleccionar la manera apropiada de organizar la información que se tiene o maneja de este y presentarla de forma ordenada para darle forma y sentido.

La tabla 9 presentada a continuación, representa un cuadro resumen de la conceptualización de las variables que se han seleccionado para diseñar el plan propuesto para el reciclaje de aguas residuales en los templos de Centro América y el Caribe.

Tabla 9. Conceptualización de variables

Declaración de Variable	Definición
Plan propuesto para el reciclaje de aguas residuales en templos SUD en Centro América y el Caribe.	“Las aguas residuales deben ser vistas como un recurso, que, de usarse de manera segura y sensata para evitar problemas de salud, pueden ser muy beneficiosas...” (Banco Mundial, 2019, p. 3). Estos beneficios pueden ser del tipo ambiental, social y económico. Toda industria u organización debe asumir una mayor responsabilidad sobre el uso que da al agua como bien universal y un nuevo enfoque debe darse para dejar ver el tema del agua como un proceso lineal y considerarlo en un proceso circular continuo.
Variable 1: Características de las aguas residuales.	El contenido de las aguas residuales determinará en gran manera el plan propuesto para reciclarlas, si las aguas residuales tienen alto contenido fecal el tratamiento será diferente al que necesitaría si tuviera químicos contaminantes. Es necesario entonces conocer las características del agua (aguas grises, aguas negras, aguas lluvias, etc.).
Variable 2: Requerimientos de calidad para reutilizar el agua reciclada.	¿Qué calidad de agua esperamos obtener al final del tratamiento? Así como es de vital importancia conocer el agua que se va a tratar, es necesario conocer la calidad del agua una vez que ésta ha sido reciclada, el agua para sistemas de riego o de uso industrial no requiere tanto proceso como el agua destinada para el consumo humano.
Variable 3: Volumen de agua que será reciclada.	Otra variable importante es el volumen de agua a reciclar, esto determinará el tamaño de la planta de tratamiento, así como el método más eficiente a ser utilizado. Los tamaños y capacidades varían, es necesario entonces determinar la cantidad de agua que se desea procesar o la demanda de agua que necesita ser cubierta.
Variable 4: Métodos de reciclaje disponibles en el mercado nacional e internacional	Una vez que se conocen las variables anteriores, es necesario conocer que métodos de reciclaje ofrece el mercado nacional e internacional, es vital hacer una selección adecuada para garantizar el suministro de todos aquellos insumos requeridos para la correcta operación de la planta, así como la disponibilidad de repuestos para tareas de mantenimiento, el uso de tecnologías de difícil acceso tendrá un impacto negativo en los costos de operación cuando las fallas comiencen a presentarse.

Continuación de tabla 9

Declaración de Variable	Definición
Variable 5: Costo de implementación de método disponible.	Una variable importante a tener en cuenta es el costo en el que se incurriría para implementar un sistema de reciclaje de agua. Mateo-Sagasta, Qadir, Drechsel y Hanjra (2017) mencionan que la perspectiva financiera rechaza en muchas ocasiones la implementación de sistemas de reciclaje de agua porque se limita a evaluar costo vs ahorro cuando el beneficio económico debe verse como un todo y tomar en cuenta otros beneficios tales como los beneficios a la salud, la protección de ecosistemas, mejoras en la seguridad alimentaria, etc.
Variable 6: Satisfacción de participantes por la calidad del agua tratada.	La satisfacción del usuario final representa una variable destacada debido a que en los templos y casas de huéspedes SUD se cuida con mucho esmero la experiencia de los participantes. Sin duda la experiencia general mejorará mucho al saber que los edificios que visitan, a pesar de su tamaño y de los servicios que ofrecen son íconos no solo por su belleza sino por el cuidado que dan al medio ambiente y a los recursos naturales cada vez más escasos.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Congruencia metodológica

La tabla a continuación permite visualizar la congruencia existente entre las variables determinadas y el problema principal en la investigación.

Tabla 10. Congruencia metodológica

Título de Investigación	Objetivo General de la Investigación	Objetivos Específicos de la Investigación	Preguntas de Investigación
<p>Sistema para el Reciclaje de aguas residuales en los Templos y Casas de Huéspedes Santos de los Últimos Días de Centro América y el Caribe.</p>	<p>Diseñar un plan de reciclaje de las aguas residuales de los templos y casas de huéspedes, mediante consideraciones de las características de las aguas residuales, los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada, el volumen de agua que será reciclada, los métodos de reciclaje disponibles en el mercado nacional e internacional, el costo de implementación del método disponible contrastando su beneficio y la satisfacción de los participantes por la calidad de agua tratada, con la finalidad de disminuir la demanda de agua potable.</p>	O1. Describir las características de las aguas residuales.	P1. ¿Cuáles son las características de las aguas residuales de los templos y casas de huéspedes SUD?
		O2. Indicar los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada.	P2. ¿Cuáles son los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada, en los países de Centro América y el Caribe?
		O3. Determinar el volumen de agua que será reciclada.	P3. ¿Qué cantidad de agua residual será reciclada?
		O4. Identificar el mejor método de reciclaje de agua residual disponible localmente que permita usar el agua para aplicaciones domésticas e industriales.	P4. ¿Cuáles son los mejores métodos de reciclaje de agua residual que pueden ser usados localmente?
		O5. Analizar el costo-beneficio al implementar el método de reciclaje disponible.	P5. ¿Cuáles son los costos de los métodos de reciclaje de agua residual disponibles localmente?
		O6. Describir la satisfacción de los participantes en cuanto a la calidad del agua reciclada.	P6. ¿Cómo evaluar la satisfacción de los participantes en cuanto a la calidad del agua reciclada?
		O7. Calcular la disminución de la demanda de agua potable local.	P7. ¿Cómo se puede disminuir más el consumo de agua potable de los templos y casas de huéspedes SUD en Centro América y el Caribe?

3.2 Definición operacional de las variables

Tabla 11. Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Ítem
Características del agua residual	“Cualidad o rasgo distintivo que describe a una persona o algo en específico, ya sea un objeto, un lugar o una situación, y lo destaca sobre un conjunto similar” (Suárez, 2019).	Peculiaridades, físicas, químicas y biológicas distintivas del agua que sirven para su categorización	Físicas	Turbidez	Tabla 45
				Olor	
				Sólidos en suspensión	
			Químicas	Grasas	
				Cloruros	
				NTK	
				PH	
				Alcalinidad	
			Biológicas	DQO	
				DBO5	
Técnicas	Bacterias coliformes				
	DBO/DQO5				
Calidad de agua a ser reutilizada	“Cualidad de las cosas que son de excelente creación, fabricación o procedencia, describe lo que es bueno, por definición, todo lo que es de calidad supone un buen desempeño” (Suárez, 2019).	Condición final adecuada del agua para ser reutilizada en riego y climatización.	Calidad básica	pH	Tabla 45
				Sólidos disueltos	
			Calidad de agua para riego	Conductividad eléctrica	
				Absorción de sodio (RAS)	
				Alcalinidad Total	
Dureza total					
Volumen	“Magnitud métrica, euclidiana y de tipo escalar, que se puede definir como la extensión de un objeto en sus tres dimensiones, es decir, tomando en cuenta su longitud, ancho y altura” (Raffino, 2020).	Cantidad de agua residual desechada compuesta de aguas grises, negras y lluvias.	Aguas grises	Volumen (m3)	Tabla 46
			Aguas negras	Volumen (m3)	
			Aguas lluvias	Volumen (m3)	
Métodos	“Conjunto de estrategias y herramientas que se utilizan para llegar a un objetivo preciso, el método por lo general representa un medio instrumental por el cual se realizan las obras que cotidianamente se hacen” (Suárez, 2019).	Sistemas de tratamiento de agua disponibles localmente para depurar el agua residual y regenerarla para su uso	Costo total	Costo anual de operación	Tabla 49 y 50
			Eficiencia	Producción diaria	
			Vida útil	Garantía	
			Espacio	Área de instalaciones	
			Nivel de ruido	Contaminación por ruido (dB)	
			Nivel de olor	Emanación de olores	

Continuación de tabla 11.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Ítem
Costo-beneficio	“Herramienta financiera que compara el costo de un producto versus el beneficio que éste entrega para evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar en términos de compra” (significados, 2017).	Diferencia del recurso o valor en moneda invertido para reciclar el agua y la cantidad de agua reciclada obtenida	Inversión inicial	Costo en Dólares	Tabla 47 y 48
			Producción	Costo por m3 producido	
			Suministro	Costo por m3 actual	
Satisfacción	“Cuando las necesidades reales o percibidas son satisfechas o excedidas” (Cabezas Torrico, Loredo Mendoza, R., & X., 2015).	Grado de complacencia de los usuarios a causa de la calidad, confianza y beneficios del agua usada.	Expectativas	Calidad Confianza Beneficios	Anexo 1 Ítems A hasta Y

Con el fin de obtener la información requerida para desarrollar el objetivo general y los específicos de esta investigación fue necesario diseñar y utilizar varios instrumentos para la recolección de datos:

- Hoja de recolección de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de muestras de agua (Tabla 42),
- Hoja de registro de volumen de descarga diario de aguas residuales (Tabla 43),
- Matriz de decisión de sistemas de tratamiento disponibles (Tabla 46),
- Formulario para el análisis del costo-beneficio (Tabla 44 y 47),
- Encuesta de satisfacción de usuarios (Anexo 1).

Con relación al análisis de las variables económicas en proyectos de reciclaje de aguas residuales Mateo-Sagasta, Qadir, Drechsel y Hanjra (2017) mencionan que:

En la mayor parte de países de América Latina y el Caribe es poco frecuente realizar evaluaciones económicas exhaustivas antes de comenzar con un proyecto de tratamiento y reutilización de aguas residuales... Mientras que la factibilidad financiera consideraría sólo los costos privados y los flujos de caja de un proyecto de reutilización, el análisis económico considera también los costos y beneficios públicos desde la perspectiva de la sociedad como un todo. (p. 44-45)

3.3 Enfoque de la investigación

Con independencia del tipo de investigación que se esté llevando a cabo los enfoques usados por los equipos de investigación se desarrollan buscando encontrar la mejor manera de ayudar en la solución de los problemas, frente a este escenario los enfoques o métodos mixtos ganan cada vez un mayor número de adeptos porque:

Representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (Hernández, 2010, p. 546)

Tomando en consideración el problema y los objetivos general y específicos que se busca alcanzar, esta investigación se enfoca de forma mixta para los Templos y casas de huéspedes SUD en Centro América y el Caribe utilizando métodos cualitativos y cuantitativos, según Hernández Sampieri (2010) la tabla 12 da más entendimiento en cuanto a las bondades del enfoque mixto:

Tabla 12. Bondades que presenta el enfoque mixto

Bondades de enfoque Mixto
Logra una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno
Formula el planteamiento del problema con mayor claridad
Produce datos más “ricos” y variados mediante la multiplicidad de observaciones
Potencia la creatividad teórica por medio de suficientes procedimientos críticos de valoración
Efectúa indagaciones más dinámicas
Apoya con mayor solidez las inferencias científicas
Permite una mejor “exploración y explotación” de los datos
Posibilita tener mayor éxito al presentar resultados a una audiencia hostil
Da la oportunidad para desarrollar nuevas destrezas o competencias en materia de investigación

Fuente: (Hernández, 2010, p. 549-550)

3.4 Alcance de la investigación

Según Hernández Sampieri (2010) “los estudios descriptivos...únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas” (p. 80), también menciona que el estudio correlacional “tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular” (Hernández, 2010, p. 81).

Por lo anterior se dice que esta investigación tiene un alcance descriptivo-correlacional, ya que las variables a correlacionar son: características de las aguas residuales, los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada, el volumen de agua que será reciclada, los métodos de reciclaje disponibles en el mercado nacional e internacional, el costo de implementación de método disponible y la satisfacción de participantes por la calidad del agua tratada; las cuales están vinculadas entre ellas por su grado de asociación. La parte descriptiva se

logra al medir y recoger información característica y medible tanto volumétricamente como en costo.

El análisis de estas variables conduce al diseño de un plan de reciclaje de las aguas residuales de los templos y casas de huéspedes SUD de Centro América y el Caribe.

3.5 Diseño de la investigación

Hernández Sampieri (2010) define el termino diseño como “plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea” (p. 120).

La investigación experimental tiene tres requisitos importantes que cumplir y estos son: 1. la o las variables independientes deben poder manipularse intencionalmente, 2. se debe medir el efecto de la variable independiente sobre la dependiente y 3. Control o validez interna.

La investigación no experimental se define como: “la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables” (Hernández, 2010, p. 149), lo que normalmente se hace en este tipo de investigación es observar los fenómenos de manera natural, y luego analizarlos.

Esta investigación que se desarrolla es del segundo tipo (no experimental) porque las variables no se manipulan deliberadamente y las variables de investigación se desarrollarán en su entorno natural.

3.5.1 Población

La población base de esta investigación está dividida en dos partes, por un lado se analizará una población compuesta por los ocho edificios del área con el fin de analizar los parámetros o características de sus aguas residuales y por otro lado está compuesta por los encargados de la operación a quienes para efecto de esta investigación denominaremos “administradores” (compuestos por el Presidente, el Registrador, Gerente de Facilidades Físicas del templo y

encargado de casa de huéspedes para los que la tienen) y los usuarios de los Templos y Casas de Huéspedes SUD en Centro América y el Caribe con el fin de analizar la opinión de estos sobre el uso de un sistema de reciclaje en las instalaciones y su impacto en la experiencia misma del usuario. A fin de llevar a cabo un mejor análisis de las variables independientes es necesario considerar una división entre los edificios (variables 1-5) y los usuarios de estos (variable 6), esto permitirá tener un análisis mucho más amplio y resultados de mayor utilidad para la investigación.

Tabla 13. Población de estudio

Templo	Capacidad de Casa de Huéspedes	Administradores	Usuarios	Unidades que componen
Templo 1	100	4	11,951	41
Templo 2	42	4	5,827	24
Templo 3	78	4	12,498	56
Templo 4	0	3	6,548	22
Templo 5	0	3	2,797	13
Templo 6	61	4	3,227	15
Templo 7	166	4	9,475	39
Templo 8	0	4	1,365	10
Total	447	30	53,688	220

3.5.2 Marco muestral

Esta investigación cuenta con dos marcos muestrales los cuales corresponden a los dos tipos de población que se han analizado: los edificios y sus instalaciones (templos y otros edificios); y los administradores y usuarios (empleados, participantes, visitantes, etc.).

Malhotra (2008) indica que “la información sobre los parámetros de la población puede obtenerse mediante la realización de un censo o la obtención de una muestra” (p. 335), aplicando lo anterior se determina que ésta investigación se basa primero en la selección de uno de los complejos como muestra para el análisis de los parámetros de las aguas residuales y tomar esos

resultados como referencia para el resto de la población de estudio y por otro lado se basa en el estudio de la opinión de los participantes y/o usuarios los que constituyen un segundo marco muestral y para los que es necesario llevar a cabo el análisis de una muestra probabilística para conocer su nivel de satisfacción con la propuesta presentada.

3.5.3 Muestra

A causa de lo explicado anteriormente el análisis del tema de investigación se llevó a cabo de dos formas, para el análisis de las características de las aguas residuales de los edificios se llevó a cabo un muestreo no probabilístico seleccionando arbitrariamente una de las propiedades basando la selección en el nivel de utilización de las instalaciones así como en el consumo medido de agua para obtener una muestra representativa. Para analizar la variable relacionada con la satisfacción de los administradores y participantes o usuarios se llevó a cabo el cálculo de una muestra no probabilística por cuotas de la población total, los datos de la población de estudio se presentan en la tabla 12.

El tamaño de la muestra para la Variable 6 se calcula a partir de la fórmula:

Ecuación 1. Cálculo de la muestra

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

Dónde:

N = Tamaño de la población.

Z = Valor crítico correspondiente un coeficiente de confianza.

n = Tamaño de la muestra.

p = Proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio.

q = Proporción de individuos que no poseen esa característica.

E = Límite aceptable de error muestral.

La muestra para los administradores se detalla a continuación, el mismo cálculo se hizo para la muestra de usuarios:

$$n = \frac{(30) \times (1.96)^2 \times (0.5) \times (0.5)}{(0.05)^2 \times (30-1) + (1.96)^2 \times (0.5) \times (0.05)} = \frac{28.812}{1.033} = 28$$

La muestra para los usuarios se detalla a continuación, el mismo cálculo se hizo para la muestra de usuarios:

$$n = \frac{(53,688) \times (1.96)^2 \times (0.5) \times (0.5)}{(0.05)^2 \times (53,688-1) + (1.96)^2 \times (0.5) \times (0.05)} = \frac{51,561.96}{135.18} = 382$$

A partir de los datos de la Tabla 14 se observa que la población total de administradores es de 30 personas, considerando un nivel de confianza del 95% y un error muestral menor que 5% se obtiene que el tamaño de la muestra es de 28 personas y la población total de usuarios es de 53,688 personas, considerando un nivel de confianza del 95% y un error muestral menor que 5% se obtiene que el tamaño de la muestra es de 382 personas.

La Tabla 14 muestra la información detallada de la muestra para cada uno de los estratos (templos) que componen la población total:

Tabla 14. Tamaño de la muestra por cada templo

Templo	Administradores			Usuarios		
	Población (N)	%	Tamaño de la Muestra (n)	Población (N)	%	Tamaño de la Muestra (n)
Templo 2	4	13.3%	4	5,827	11%	41
Templo 1	4	13.3%	4	11,951	22%	85
Templo 3	4	13.3%	4	12,498	23%	89
Templo 6	4	13.3%	4	3,227	6%	23
Templo 4	3	10.3%	2	6,548	12%	47
Templo 5	3	10%	2	2,797	5%	20
Templo 7	4	10%	4	9,475	18%	67
Templo 8	4	13.3%	4	1,365	3%	10
Total	30	100%	28	53,688	100%	382

Para calcular el tamaño de la muestra para cada templo en ambas poblaciones (administradores y usuarios), se hizo la relación entre la población para cada templo y la población total y luego ese porcentaje se multiplica por la población y tenemos el tamaño de muestra para ese templo en específico, es decir para el templo 2 su población de usuarios (N) es 5,827 y la población total es de 53,688, al calcular esta relación arroja un 11%, si multiplicamos este porcentaje con la población del templo (N) tenemos que el tamaño de muestra para este templo es 41 usuarios.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Resultados de la encuesta de campo

Los sistemas de reciclaje de agua vienen siendo utilizados con éxito por los países más desarrollados desde hace ya varios años, a continuación, se mencionan algunas experiencias de otros países donde se ha tenido éxito en el reciclaje de las aguas residuales.

4.1.1 Generalidades

Se han considerado algunos factores en este estudio que ayudarán a desarrollar el objetivo principal, entre ellos:

- a) De los templos en estudio el templo que recibe mayor afluencia de personas es el templo de Tegucigalpa, por tanto, se consideró que los análisis de laboratorio de las muestras de agua tomadas en este templo fueran el punto base generalizado para la región de estudio.
- b) El tamaño de las muestras en las poblaciones de estudio sobre la satisfacción de los usuarios es de 28 administradores y 382 usuarios.
- c) En la variable de satisfacción se hizo una evaluación escalonada de las poblaciones, con valores del 0 al 10, siendo el 0 menos satisfactorio y 10 más satisfactorio, esto permitió dar un valor porcentual de aceptación en los parámetros considerados de 0% al 100%, donde para el estudio realizado se consideró que a partir de un 80% en adelante el parámetro sea satisfactorio, confiable y aceptable para los fines del estudio.
- d) En la variable de satisfacción se muestra el estudio para ambas poblaciones (Administradores y usuarios) lo que arroja datos importantes para la toma de decisión del sistema de reciclaje de aguas residuales que será recomendado.

4.1.2 Características de las aguas residuales

Las aguas residuales en este estudio se clasifican en dos categorías:

- a) Agua Gris, compuesta por una mezcla de las por las descargas de aguas grises (duchas, lavabos, fregaderos, etc.) y las aguas negras (servicios sanitarios) las cuales fluyen en la misma tubería de drenaje desde la propiedad hasta el sistema de alcantarillado público.
- b) Agua Lluvia, compuesta por todas las aguas de tipo superficial que son recogidas en las alcantarillas pluviales producto de la lluvia y de las diversas actividades de limpieza en exteriores, así como de los sumideros en las jardineras.

Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio para cada una de las categorías se presentan a continuación:

Tabla 15. Resultados generales comparados con valores máximos permitidos

Número de Parámetro	Parámetros	Unidad	Agua Gris	Agua Lluvia	Valor Máximo Admisible	Notas
P1	Turbidez	UNT	71.5	44.96		No tiene un valor máximo
P3	Sólidos en suspensión	mg/L	11	30.5	100	
P4	Grasas	mg/L	3.73	4.8	10	
P5	Cloruros	mg/L	10.1	17.97	50	
P6	NTK	mg/L N	3.46	4.61	30	
P7	pH	Unidades PH	7.83	8.3	9	Puede variar entre 6 y 9
P8	Alcalinidad	mg/L	41.2	88.6	100	
P9	DQO	mg/L O ₂	114.2	167.5	200	
P10	DBO5	mg/L DBO ₅	40	85	50	
P11	Bacterias coliformes	UFC/100 mL x 10 ³	7.1	2.5	5	
P12	DBO/DQO5	UNT	0.35	0.51	0.5	Se desea arriba de 0.50 pero no menor a 0.20

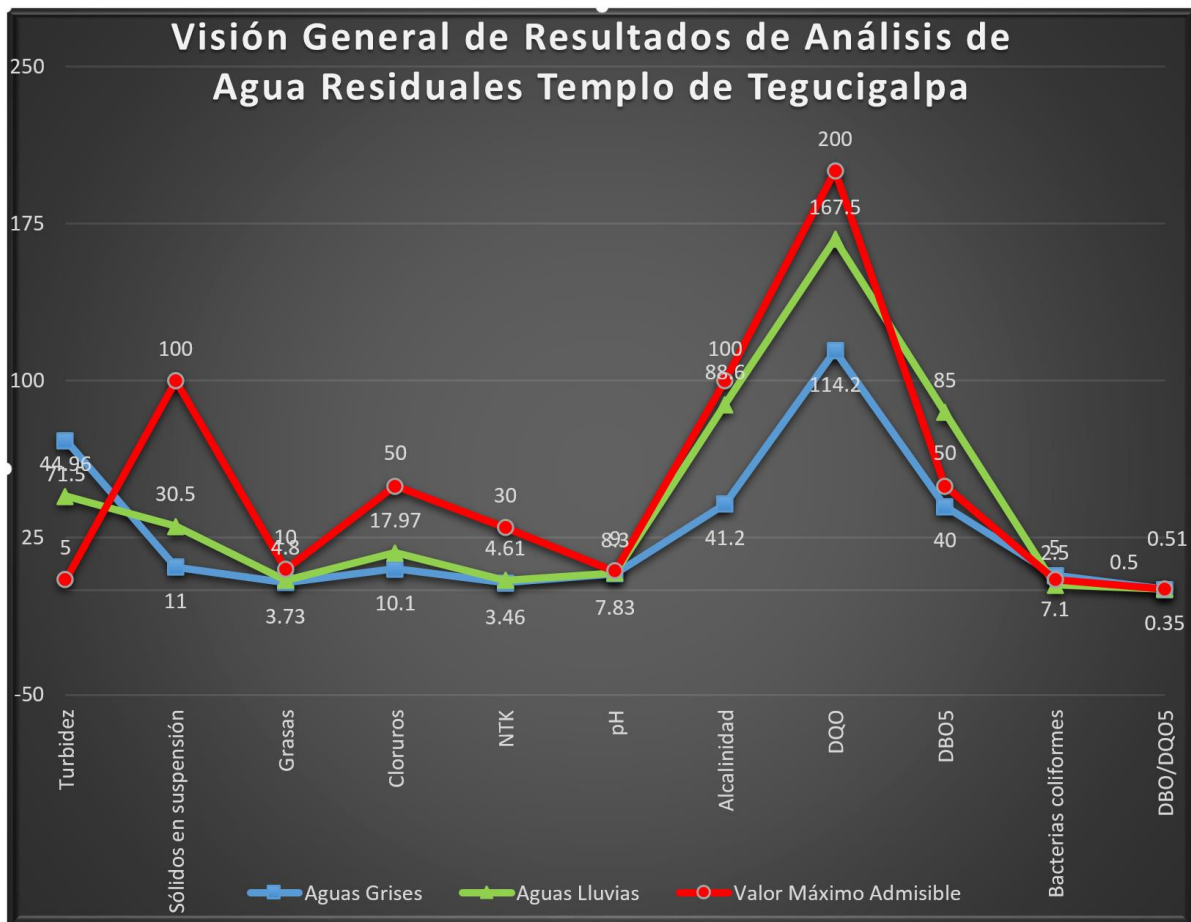


Gráfico 1. Resultados generales en muestras de aguas residuales

El gráfico 1 muestra que la mayoría de los parámetros analizados en la muestra del agua residual obtenida están por debajo del valor máximo admisible de acuerdo con la norma nacional vigente, lo cual es un indicador de que el agua residual descargada por los templos no es producto de grandes actividades industriales y que su nivel de contaminación es muy bajo sino que se asemeja mucho al agua residual del tipo doméstico, pero en mayor cantidad, el análisis detallado parámetro por parámetro presentado más adelante permite obtener más información respecto a la condición de cada tipo de agua y brinda algunas recomendaciones a tomar en cuenta en el diseño de una EDAR capaz de regenerar el agua residual y permitir su reutilización en las diversas actividades de mantenimiento del complejo.

Tabla 16. Resultados obtenidos en muestras de agua gris-negra

Número de Parámetro	Parámetros	Unidad	Aguas Grises	Valor Máximo Admisible	Notas
P1	Turbidez	(UNT)	71.5	--	No tiene valor máximo
P3	Sólidos en suspensión	(mg/L)	11	100	
P4	Grasas	(mg/L)	3.73	10	
P5	Cloruros	(mg/L)	10.1	50	
P6	NTK	(mg/L N)	3.46	30	
P7	pH	(Unidades PH)	7.83	9	
P8	Alcalinidad	(mg/L)	41.2	100	
P9	DQO	(mg/L O ₂)	114.2	200	
P10	DBO5	(mg/L DBO ₅)	40	50	
P11	Bacterias coliformes	(UFC/100 mL x 10 ³)	7.1	5	
P12	DBO/DQO	(UNT)	0.35	0.5	

La calidad de las aguas residuales varía dependiendo del tipo de uso que esta tuvo antes de ser desechada, por ejemplo, las aguas residuales descargadas por un hotel difieren notablemente de las aguas desechados por una droguería, sin embargo, para analizar los diferentes tipos de agua es posible analizar algunos parámetros comunes que permiten determinar la calidad del agua con un alto grado de confianza, a continuación se presenta un análisis detallado de los datos de las tablas 15 y 16:

4.1.2.1 Turbidez

Lenntech (2020) explica que la turbidez se refiere al grado de transparencia del agua e indica la presencia de sólidos suspendidos en el agua, cuanto mayor es la turbidez más sucia se percibe el agua. Su unidad es la UNT (unidad nefelométrica de turbidez).

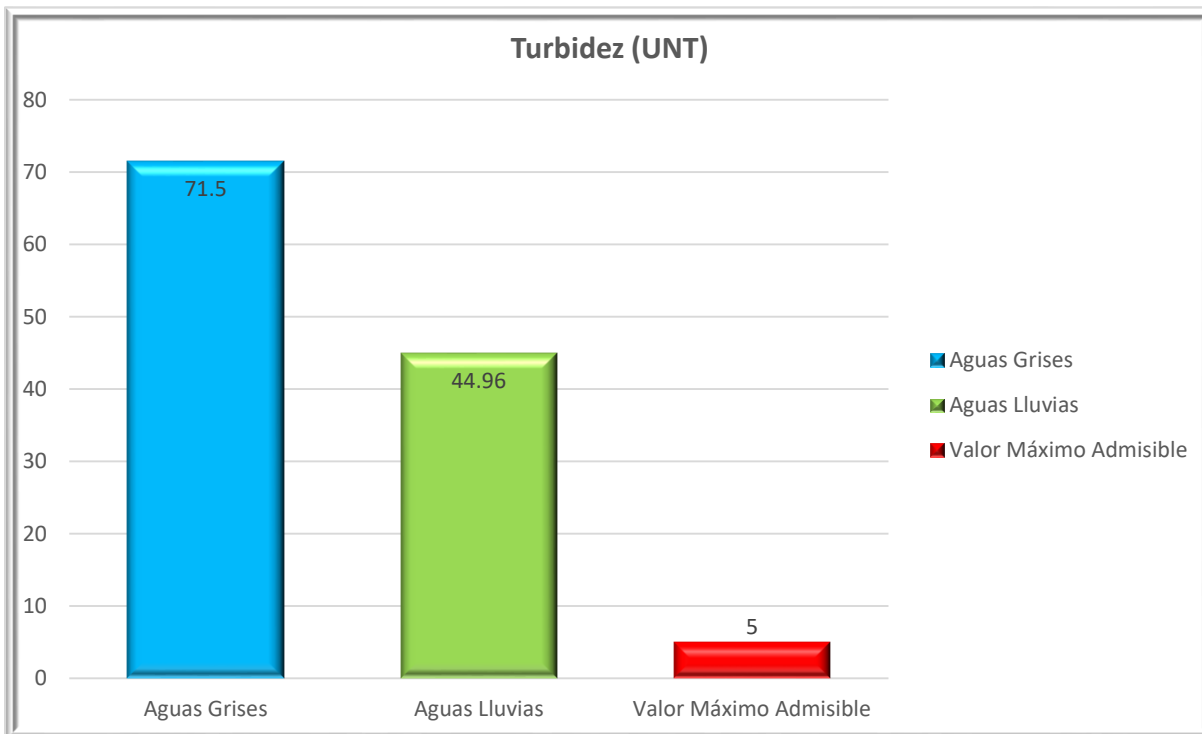


Gráfico 2. Nivel de turbidez en aguas residuales

En la región de Centro América y el Caribe no hay una norma específica en relación con el grado de turbidez requerido en las aguas residuales, para los efectos de este análisis se toma como referencia con fines comparativos el grado de turbidez requerido en el agua potable el cual es de 5 UNT. Los datos obtenidos reflejan que tanto como las aguas grises/negras como las aguas lluvias/drenajes tienen un alto grado de turbidez en comparación con el agua apta para el consumo humano.

4.1.2.2 Olor

Para los fines de esta investigación se entiende por olor la sensación que producen algunos agentes químicos en el sentido del olfato siendo algunos agradables, otros neutros y otros desagradables. El olor en el agua permite identificar sustancias que pueden ser tóxicas, así como presencia de bacterias o materia orgánica en descomposición. Para los efectos de este estudio se medirá en neutro, suave y fuerte.

4.1.2.3 Sólidos en suspensión

Se refieren a pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua. Se definen como “partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua” (Grundfos, 2020, p. 1). Su unidad de medida es el mg/l (miligramos sobre litro) o ppm (partes por millón).

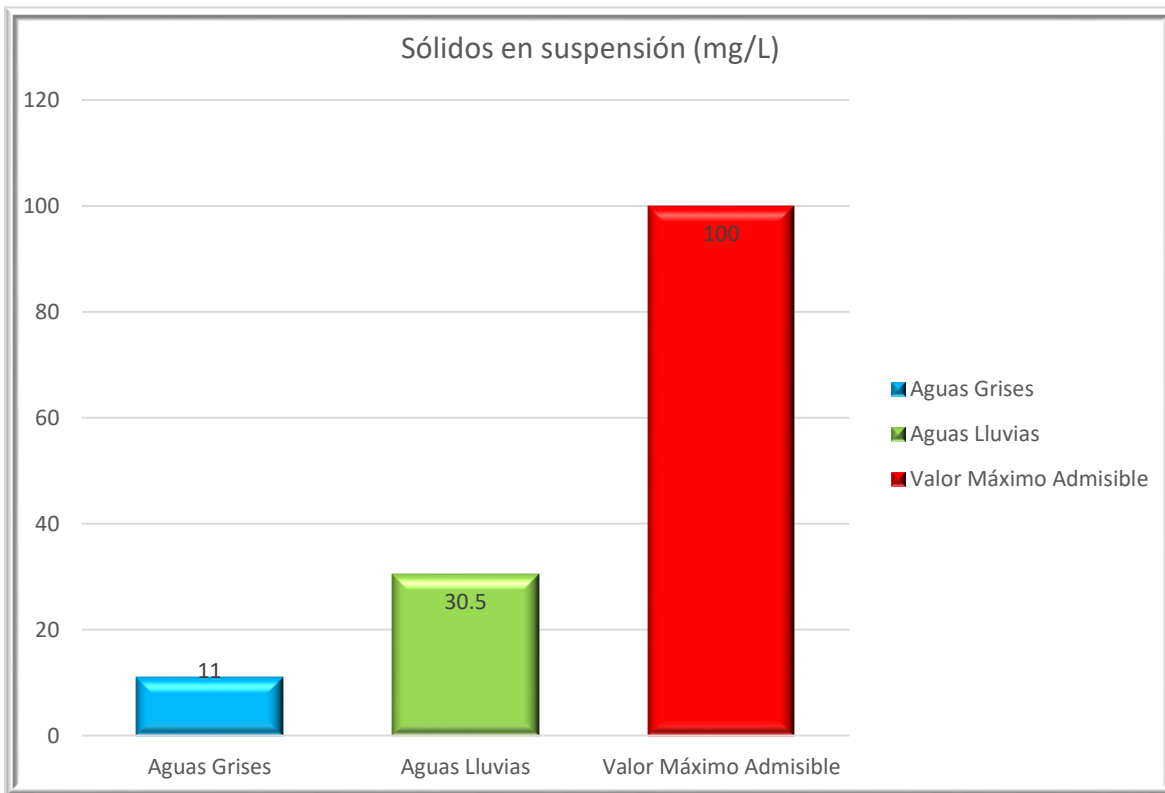


Gráfico 3. Sólidos en suspensión en aguas residuales

Como puede apreciarse en el gráfico 3, tanto las aguas grises como las aguas lluvias presentan una cantidad de sólidos en suspensión muy inferior al valor máximo admisible siendo el agua lluvia la que presenta un valor más alto producto de la tierra y otras partículas en las superficies duras y en el suelo que son arrastradas por las corrientes de agua y llevadas fuera de la propiedad mediante el sistema de drenaje.

4.1.2.4 Grasas

Las grasas y aceites se definen como “compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo” (Toapanta, p. 1) obtenidas a través de residuos de alimentos o como resultado de actividades en talleres, lavado de autos, etc. Se mide en mg/l o ppm’s.

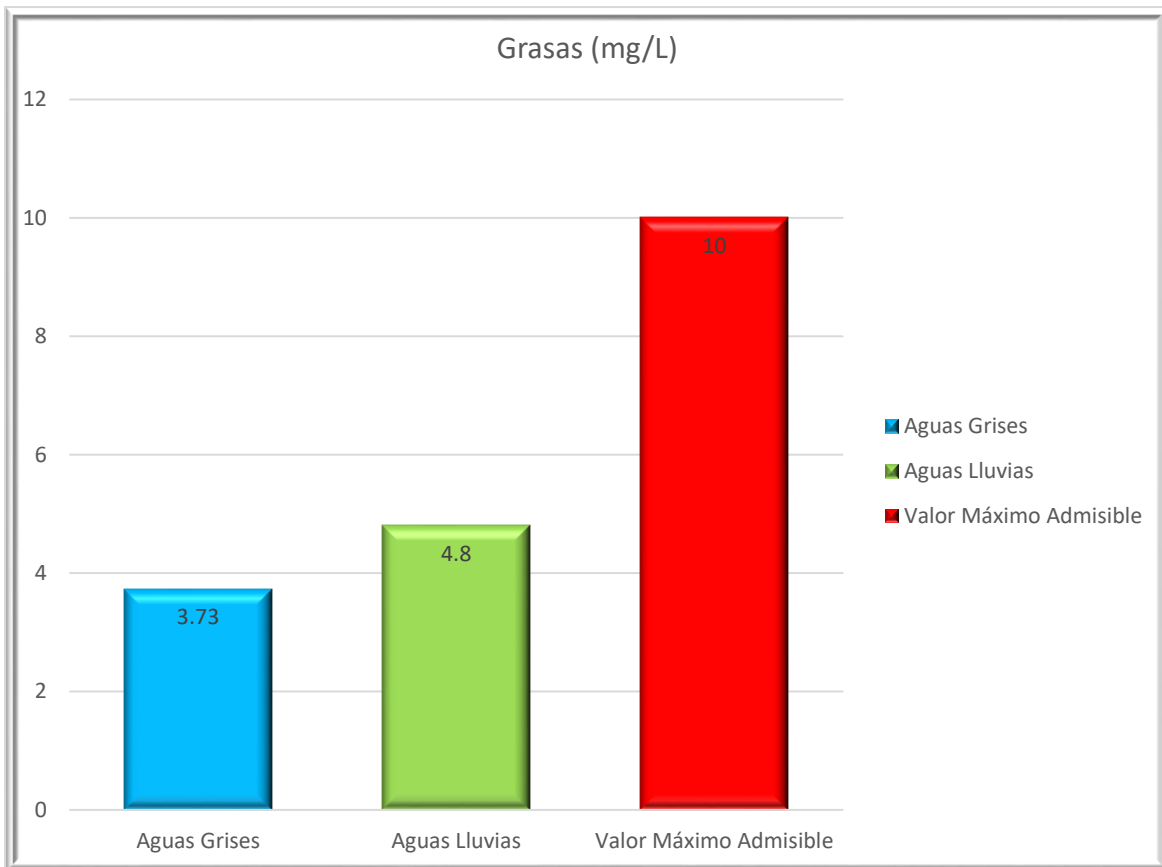


Gráfico 4. Contenido de grasas en aguas residuales

Los resultados de laboratorio mostrados en el gráfico 4 indican que el contenido de grasas de las aguas residuales está por debajo del valor máximo admisible, las aguas lluvias presentan un contenido mayor a las grises debido a las actividades de lavado de manchas de aceite en los estacionamientos lo que es una actividad de mantenimiento muy frecuente.

4.1.2.4 Cloruros

Moreno (2010) define los cloruros como iones inorgánicos que se encuentran en la mayoría de las aguas naturales o residuales, su presencia es necesaria en el agua potable. Su unidad de medida son los mg/l o las ppm's.

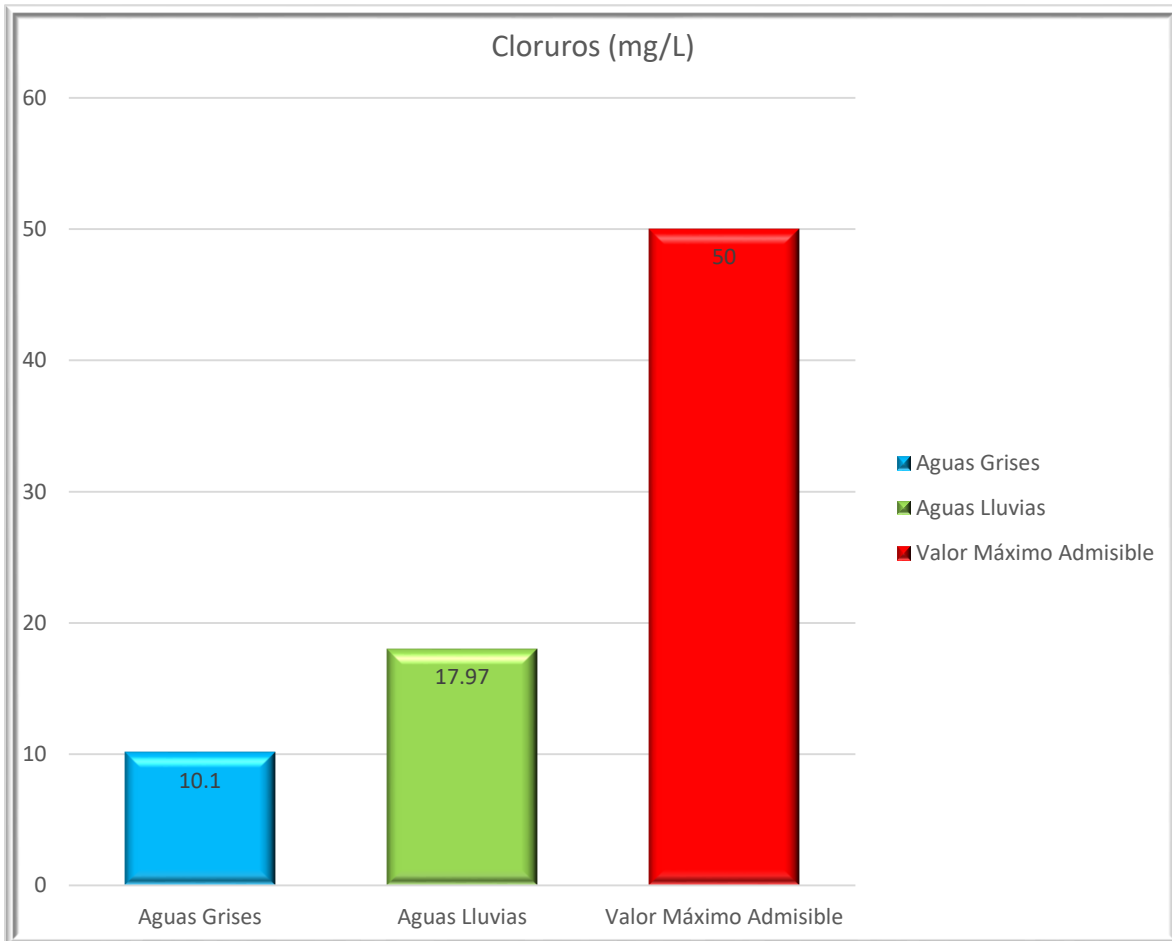


Gráfico 5. Presencia de cloruros en aguas residuales

El gráfico 5 muestra que el contenido de cloruros en las aguas residuales está muy por debajo del valor máximo admisible, un nivel más alto de estos en las aguas lluvias producto se debe al uso de productos químicos (cloro, detergentes, etc.) en diversas actividades de limpieza y mantenimiento en los exteriores de los edificios del complejo.

4.1.2.6 NTK (Nitrógeno Total Kjeldahl)

Determina la suma del nitrógeno orgánico y amonio presente en una muestra de agua, es utilizado además para determinar la cantidad de proteínas en alimentos. Es uno de los parámetros importantes en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) debido a que mide el nitrógeno del agua que puede ser llevado a un estado gaseoso. (Wikipedia, 2020, p. 1)

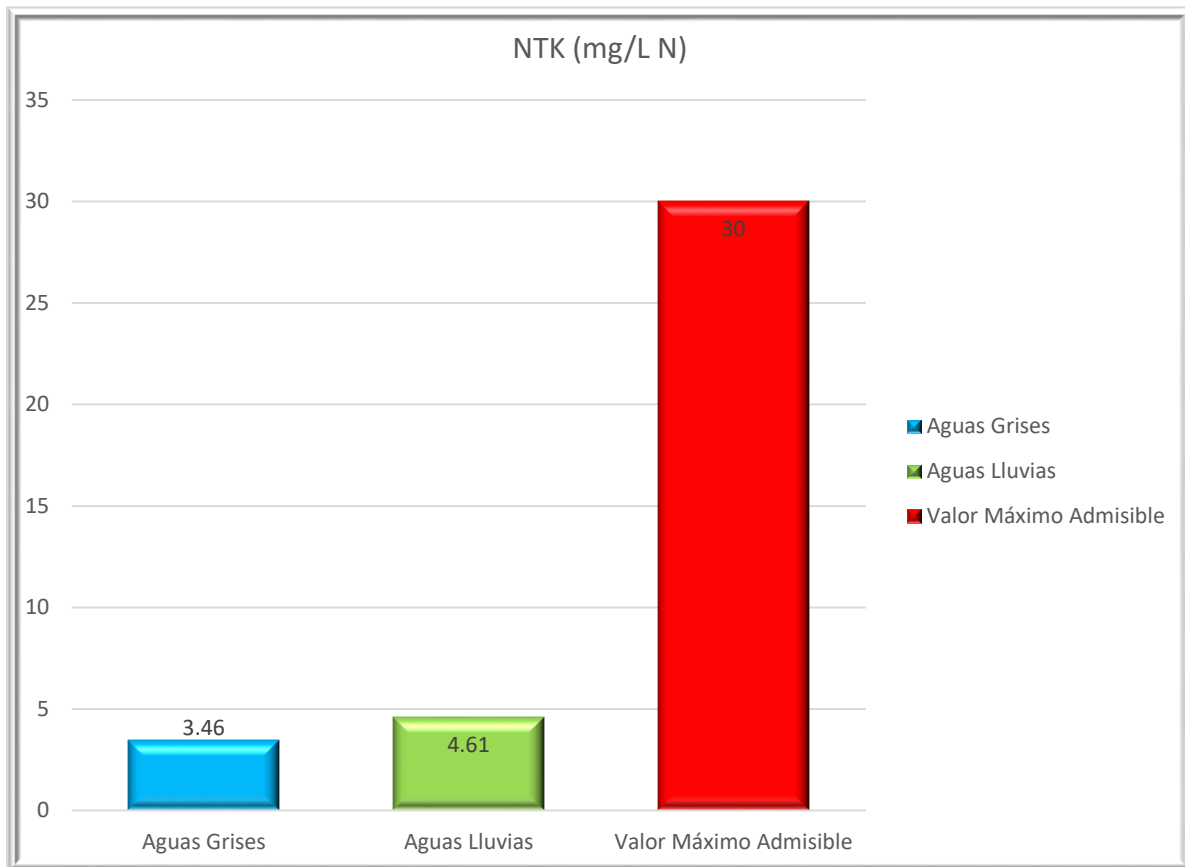


Gráfico 6. Nitrógeno total Kjeldahl (NTK) en aguas residuales

Los datos presentados en el gráfico 6 muestran que el contenido de nitrógeno de la muestra es sumamente bajo en comparación con el valor máximo admisible, esto es un indicador de que las aguas vertidas por los templos no son una fuente importante de contaminación de efluentes.

4.1.2.7 pH

Son las siglas para el Potencial de Hidrógeno y se utiliza para medir el nivel de acidez o alcalinidad de una solución, en este caso del agua. Se mide en una escala desde 0 a 14 donde el 0 indica una sustancia completamente ácida y 14 indica una sustancia totalmente básica o alcalina, 7 indica una solución neutral y es la medida común en el agua de consumo. Se espera que el pH de las aguas residuales se encuentre dentro de un rango de 6 y 9 unidades, el gráfico 7 muestra que el pH en los dos tipos de descarga se encuentra dentro de ese rango por lo que no se requiere de un tratamiento adicional para tratar los vertidos.

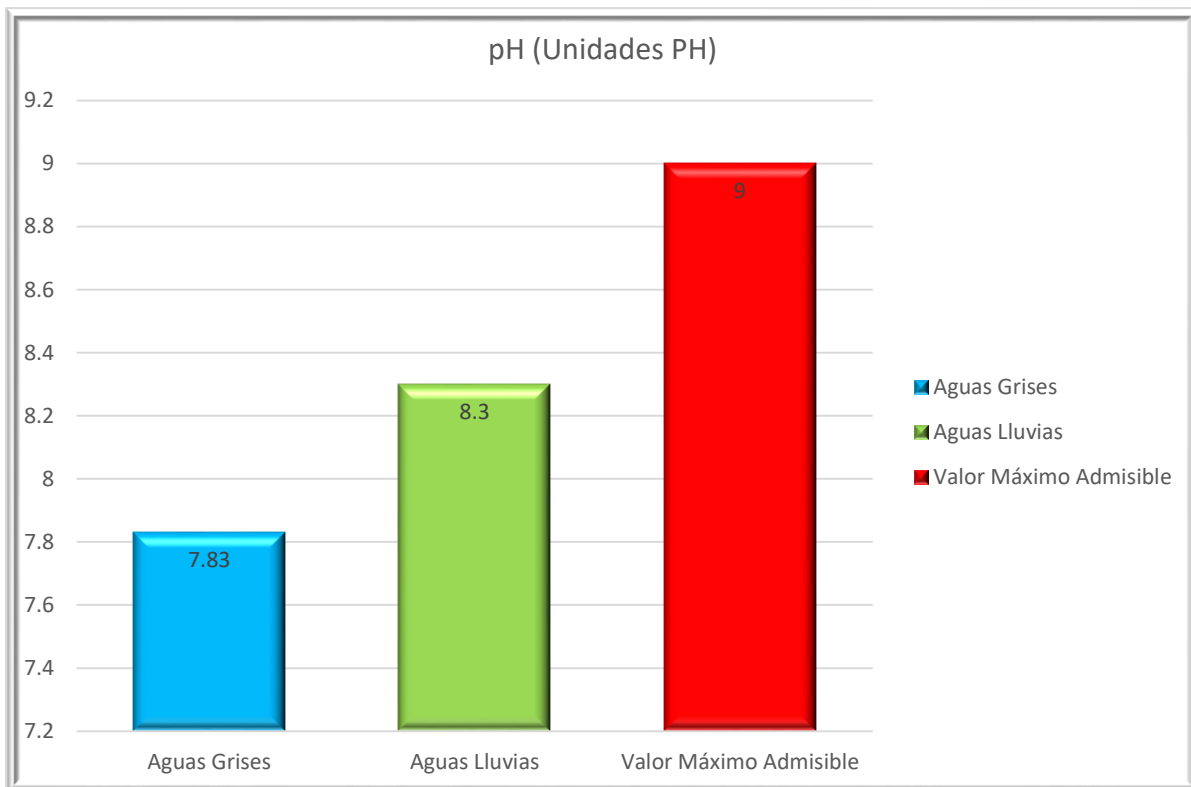


Gráfico 7. pH en aguas residuales

4.1.2.8 Alcalinidad

Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Su unidad de medida son los mg/l o ppm's.

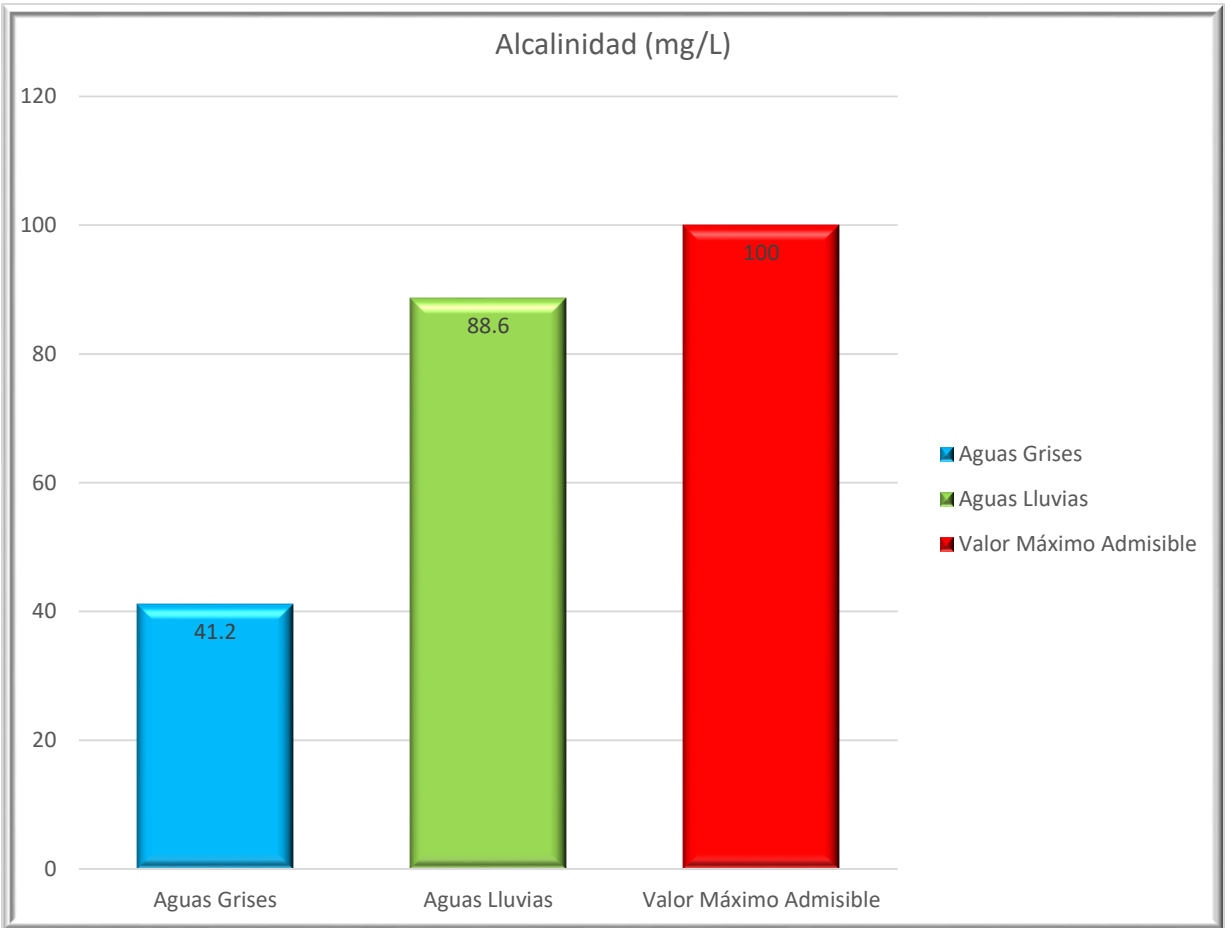


Gráfico 8. Alcalinidad en aguas residuales

El gráfico 8 muestra que la alcalinidad de las aguas descargadas está dentro del rango máximo permitido, sin embargo, es importante la diferencia existente entre la alcalinidad de las aguas grises y las aguas lluvias, teniendo estas últimas un valor arriba del doble que las primeras, nuevamente se puede inferir que esta diferencia se debe primordialmente a las labores de limpieza y mantenimiento que requieren el uso de detergentes y otros productos químicos desengrasantes usados con frecuencia.

4.1.2.9 DQO (Demanda Química de Oxígeno)

En un artículo publicado en 2017 por la compañía Nihon Kasetsu, se menciona la relevancia que tiene el análisis de la DQO junto con la DBO para el análisis de las aguas

residuales. La DQO es un parámetro que mide la cantidad de sustancias en una solución que pueden ser oxidadas por medios químicos. Es junto con la DBO uno de los parámetros más importantes de las aguas residuales ya que es utilizada para medir el grado de contaminación del agua, se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l).

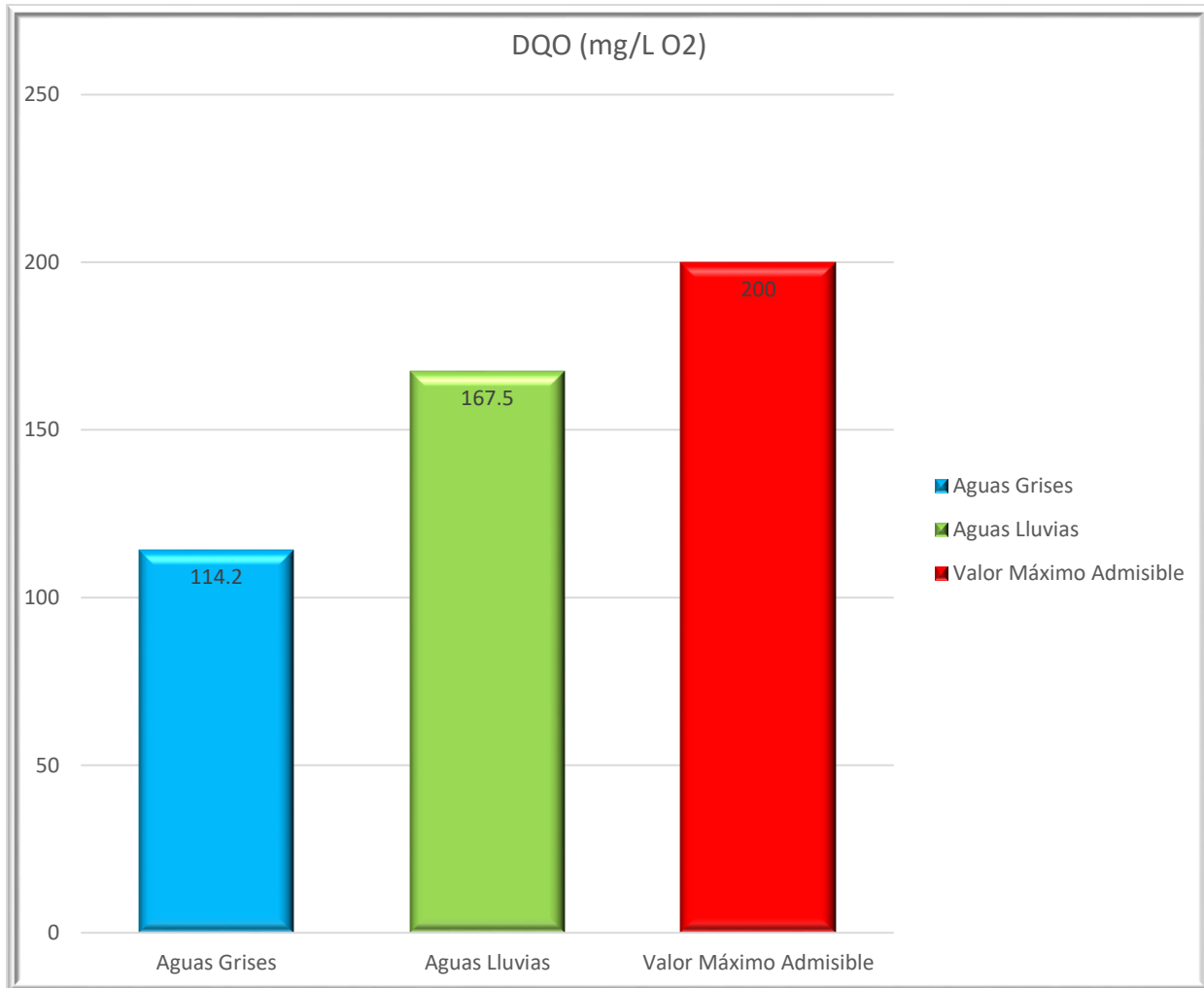


Gráfico 9. Demanda química de oxígeno en aguas residuales

La mejor forma de analizar al valor de la DBO en una muestra es mediante la relación de este parámetro y la DBO₅ lo que muestra más adelante en el gráfico 12, sin embargo, puede inferirse que ambas muestras de agua no superan el valor máximo admisible lo que indica que el tratamiento requerido para su regeneración no representa un desafío importante.

4.1.2.10 DBO5 (Demanda Biológica de Oxígeno)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, en especial las bacterias, consumen durante la degradación de sustancias orgánicas en una muestra. Al igual que la DQO es usada para medir el grado de contaminación del agua.

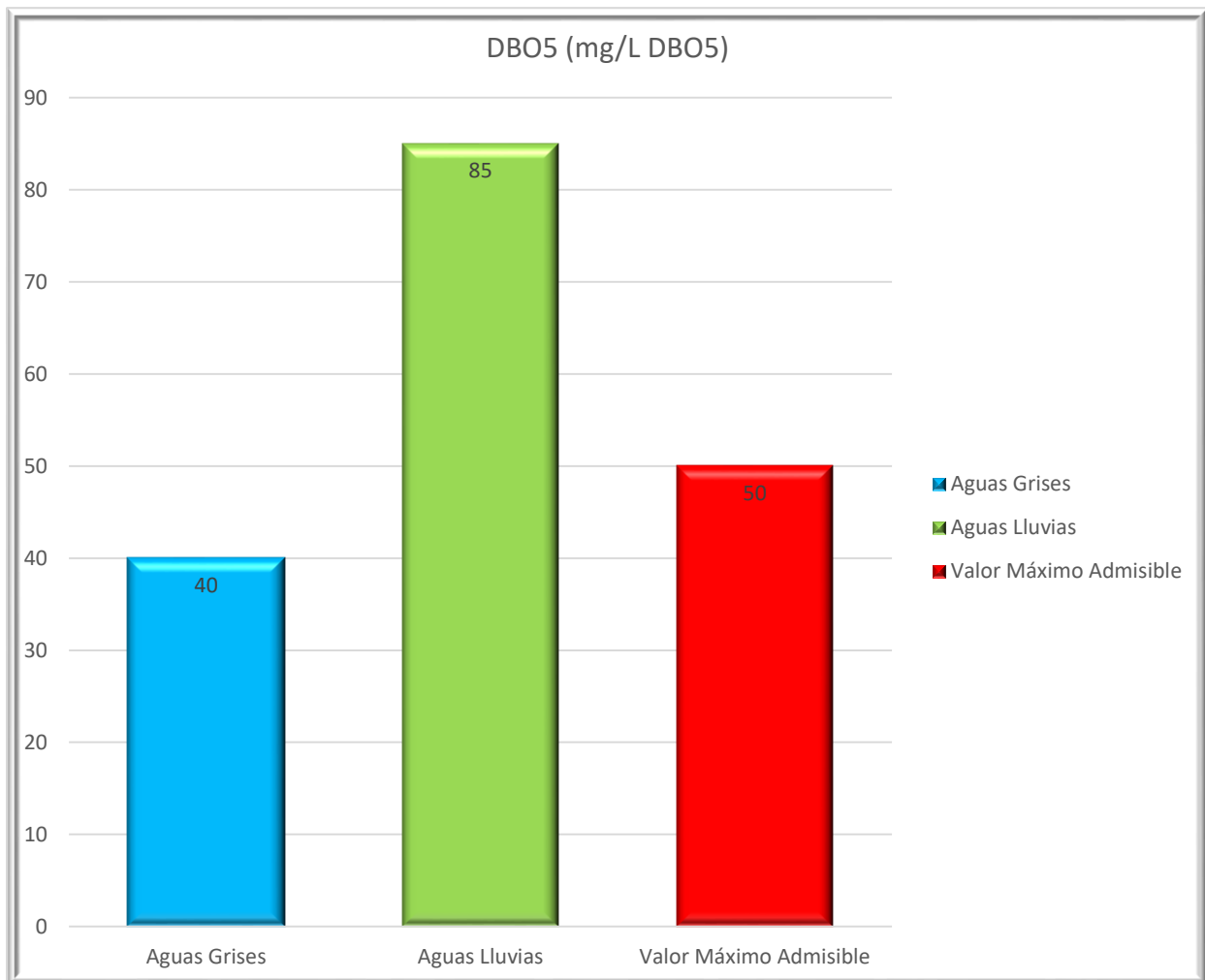


Gráfico 10. Demanda biológica de oxígeno

Como se indicó en el inciso anterior, la mejor manera de entender el valor de la DBO de una muestra es analizando su relación con la DQO de esta, sin embargo, el análisis por separado que se muestra en el gráfico 10 indica que la mezcla de este estudio denominada “agua lluvia” presenta un bajo nivel de contaminación y que debe ser tratada para su reutilización.

4.1.2.11 Bacterias coliformes

Se refiere a un grupo de bacterias, generalmente fecales, que comparten características bioquímicas en común y cuya presencia es un indicador del nivel de contaminación del agua.

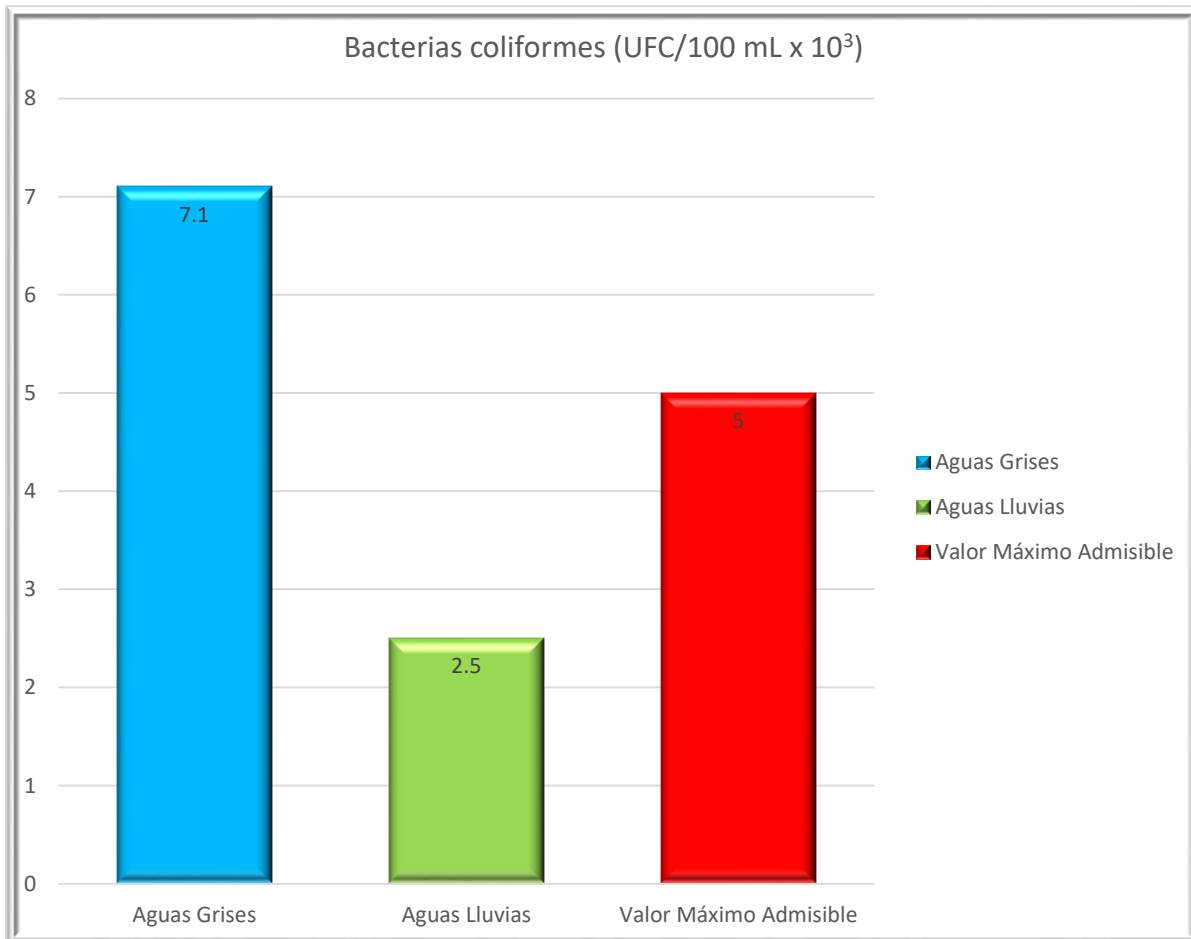


Gráfico 11. Coliformes totales en aguas residuales

Cómo es de esperarse, las muestras de laboratorio presentadas en el gráfico 11 indican que hay un alto contenido de coliformes - la mayoría fecales – en la mezcla de aguas grises, evidentemente producto de la descargas de eses fecales debido a la actividad humana normal, debe incluirse como parte del tratamiento del agua un método que elimine las bacterias del agua a niveles aceptables antes que esta pueda ser considerada como aceptable para su uso en las actividades cotidianas de mantenimiento.

4.1.2.12 DBO5/DQO (Relación entre DBO5 y DQO)

Por regla general el valor de la DQO siempre será mayor al valor de la DBO, y siendo que estos valores están íntimamente relacionados, el valor de del cociente DBO5/DQO permite determinar el grado de contaminación del agua y el tipo de tratamiento recomendado para su regeneración. Por regla general se acepta que un valor menor a 0.2 indica un vertido de naturaleza industrial poco biodegradable que requiere un tratamiento fisicoquímico, y un valor mayor a 0.5 indica vertidos más biodegradables que pueden ser tratados mediante tratamiento biológicos.

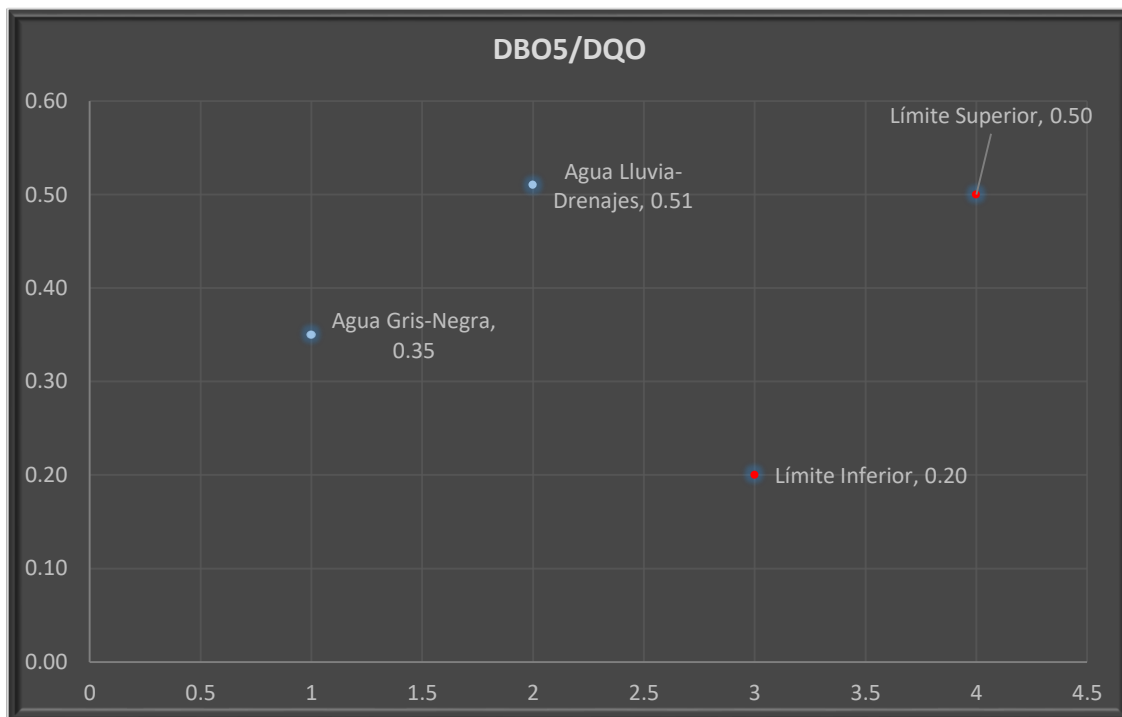


Gráfico 12. Relación entre la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno de las aguas residuales

La relación entre la DBO5 y la DQO es quizás el valor más importante para determinar el tratamiento que deben recibir las aguas residuales para su reutilización, cómo se indicó anteriormente se desea un valor no menor a 0.20 ya que esto indica que los contaminantes del agua no son biodegradables y que esta debe ser regenerada mediante procesos químicos y un

valor mayor a 0.50 lo que indica los contaminantes son completamente biodegradables por lo que su tratamiento es del tipo biológico.

El análisis de laboratorio presentado en el gráfico 12 muestra que el agua lluvia a pesar de estar ligeramente contaminada (véase gráfico 10) es completamente biodegradable por lo que su tratamiento será biológico, sin embargo, el agua gris sin ser totalmente no biodegradable debido al contenido de jabones, requiere un tratamiento químico previo antes de mezclarse con las aguas lluvias para ser tratada biológicamente para su reutilización.

4.1.3 Requerimientos de calidad

Los requerimientos de calidad del agua reciclada varían en relación al tipo de uso que desea dársele, para los efectos de este estudio se considera como uso principal del agua reciclada el riego de los jardines de los complejos lo que se asemeja mucho al tipo de riego agrícola. No se considera como parte del tratamiento del agua la adición de fertilizantes u otros nutrientes ya que esto se hace de forma focalizada y forma parte del mantenimiento rutinario. La tabla 17 muestra los parámetros más comunes usados en el agua de un sistema de riego tradicional.

Tabla 17. Parámetros requeridos en el agua de riego

Tipo de Agua	Número de Parámetro	Parámetros	Valor Requerido	Notas
Agua regenerada	P13	pH	7 +	También se debe regular el nivel de pH del suelo
	P14	Sólidos disueltos	0 - 2000 mg/l	
	P15	Conductividad eléctrica	0 - 3 dS/m	
	P16	Absorción de sodio (RAS)	< 3	
	P17	Alcalinidad Total	75 - 150	
	P18	Dureza Total	0 - 15 mg/l CaCO ₃	

4.1.4 Volumen de agua que será regenerada

El volumen de agua que puede ser regenerado en cada templo depende principalmente de ciertos factores, como ser la cantidad de personas que pueden ser alojadas en la casa de huéspedes y las que visitan el templo en horarios varios, el área de construcción del templo, el área de los jardines y estacionamientos, la relación es directamente proporcional, para una afluencia considerable de personas y área mayor, el consumo de agua es mayor y por consiguiente el potencial de agua a ser reciclado se incrementa. El gráfico 13 presentado a continuación muestra los consumos promedios máximos diarios de agua que usan los participantes que se puede considerar como agua gris y negra, la cual es el agua a ser regenerada.

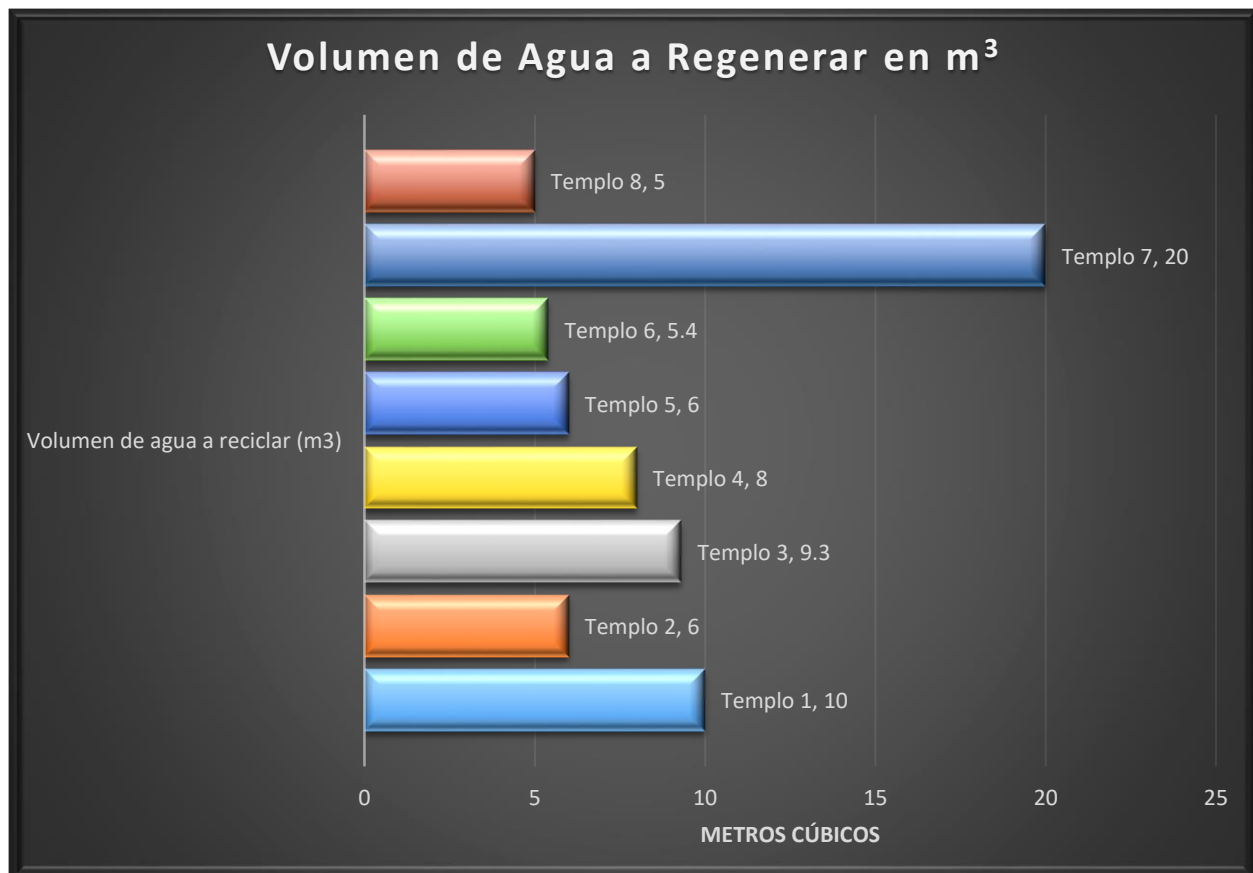


Gráfico 13. Promedio diario de agua gris y negra que puede ser regenerado

En este estudio el consumo de litros diarios por persona, se deben tener en cuenta algunos aspectos como: los usuarios al realizar una visita a los edificios en mención, en la mayoría del tiempo están realizando actividades que no requiere el uso continuo de agua potable y considerando según la norma establecida por el SANAA de consumo de 120 litros por persona al día (SANAA, 2014, p. 15). La siguiente tabla ayuda a explicar mejor el consumo en la propuesta para reciclaje de aguas residuales:

Tabla 18. Distribución típica de los consumos interiores en residencias

Distribución típica de los consumos interiores en residencias		
Uso	Porcentaje total	Uso común en este estudio
Bañeras	8.9	N/A
Lavavajillas	3.1	N/A
Grifos	11.7	11.7
Duchas	21.2	21.2
Retretes	28.4	28.4
Perdidas en Retretes	5.5	N/A
Lavadoras	21.2	N/A
Total	100	

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995, p. 20)

Se sabe que existen dos tipos de usuarios los que pernoctan, estos según la distribución típica de los consumos interiores en residencias usan únicamente los grifos (11.7%), duchas (21.2%) y retretes (28.4%) sumando un 61.3% del total del consumo de 120 litros por día es decir 73.56 litros y los que su visita dura un máximo de 6 horas al día usan únicamente los grifos (11.7%), y retretes (28.4%) sumando un 40.1% del total del consumo es decir 48.12 litros, esta información es importante para calcular el consumo de agua en las instalaciones de los templos y casas de huéspedes, según los tipos de usuarios que se mencionaron anteriormente, la siguiente tabla aporta más datos para este fin:

Tabla 19. Consumo de agua total considerando los usuarios

Consumo de agua total considerando los usuarios		
Día	Promedio de usuarios alojadas x día	Promedio de usuarios que llegan por un máximo de 6 horas al día
Martes	77	80
Miércoles	77	80
Jueves	77	80
Viernes	77	80
Sábado	77	360
Total	385	680
Promedio de usuarios	77	136
Consumo en litros de agua	73.56	48.12
Consumo litros x día	12,208	
Consumo m³ x día	12.2	

La tabla 19 muestra los promedios diarios de usuarios que llegan a pernoctar siendo este 77 personas por día y los que su vista no dura mas de 6 horas siendo este 136, al realizar un producto de estas cantidades y los consumos de litros de agua calculados en la tabla 18 respectivamente, tenemos un total de 12.2 m³ diarios de agua residual a tratar, es importante mencionar que en días festivos la cantidad de personas que visitan las instalaciones en un máximo de 6 horas por día incrementa hasta 600, por esta razón se considera un sobredimensionamiento de las PTAR's.

Es necesario mencionar que el agua que requiere tratamiento para ser reutilizada es solamente el agua gris y negra, las aguas lluvias no requieren tratamiento adicional de descontaminación por lo que solamente requieren ser almacenadas y bombeadas nuevamente para su uso en el sistema de riego.

4.1.5 Métodos de reciclaje disponibles en el mercado nacional e internacional

Se consideraron dos sistemas de tratamiento de agua residual los cuales están disponibles en el mercado local

4.1.5.1 Biodigestor

El biodigestor autolimpiable, es más eficiente que los sistemas comúnmente conocidos (fosas sépticas) los que, al agrietarse y saturarse en sus paredes, se transforman en focos de contaminación.

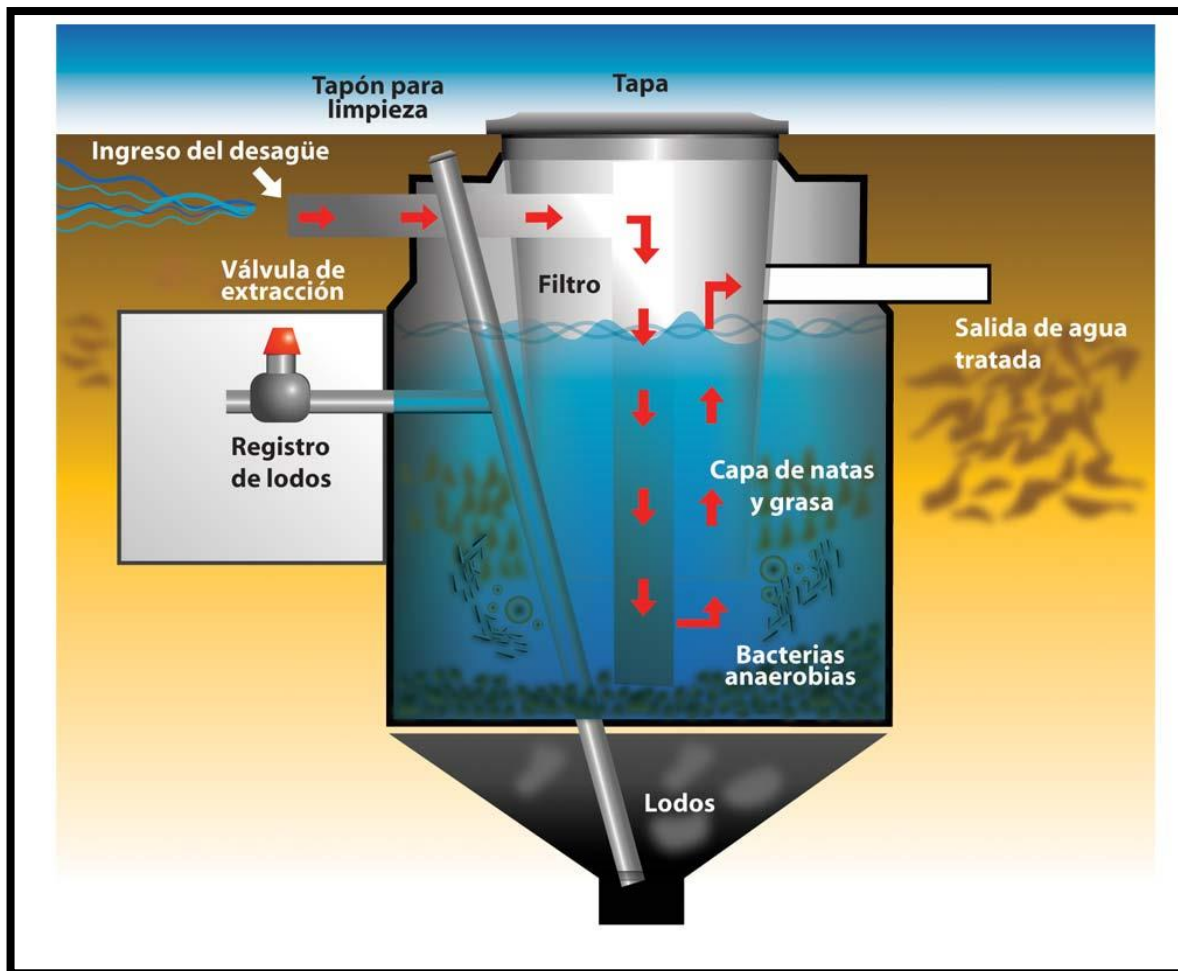


Figura 6. Funcionamiento de biodigestor

Fuente: (Rotoplas, 2016)

Este sistema es un sistema anaeróbico (la materia orgánica se descompone en ausencia del aire), y su funcionamiento se explica según figura 6, el agua residual antes de entrar al biodigestor debe estar libre de sólidos (papel, toallas sanitarias y otros) éstos son retenidos por una caja de registro colocada previamente y así evitar la obstrucción del mismo. El agua libre de estos sólidos entra por el tubo de ingreso del desagüe, llegando hasta la cámara de lodos adentro las bacterias inician el proceso de descomposición, el agua sube y una parte pasa por el material filtrante o aros de plástico (Filtro), donde se alojan los microorganismos o bacterias, en este lugar la materia orgánica se adhiere reteniendo otra parte de la contaminación, al final el agua ya tratada sale por el tubo de salida. Las grasas salen a la superficie (caja de registro de lodos), donde las bacterias las descomponen transformándolas en gas, líquido o lodo pesado que cae al fondo del biodigestor. Las aguas tratadas deben ser usadas únicamente para riego subterráneo, ya sea por medio de zanjas de infiltración o pozo de absorción.

Con el fin de utilizar este sistema de tratamiento de aguas residuales es necesario considerar los siguientes aspectos:

- El biodigestor es un tanque sellado herméticamente que funciona por rebalse, la cantidad que entra es la misma que sale.
- No debe hacerse descargas en cuerpos receptores directamente.
- No se debe depositar basura en los inodoros.
- Se debe evitar enviar al biodigestor sustancias como cloro, ácidos, pinturas, aceites, amoníaco, ya que estos reducen la efectividad del mismo.
- No deben descargarse los lodos en fuentes de agua (ríos, lagunas, lagos, etc.)
- La válvula de lodos debe permanecer cerrada y esta debe abrirse únicamente entre los 10 y 30 meses, según su uso.

La elección del biodigestor adecuado viene determinada por sus especificaciones y el volumen de agua residual a tratar, así que la mejor opción son dos biodigestores de 7,000 litros lo que es igual a 14 metros cúbicos:

Modelo de Biodigestor	RP-600	RP-1300	RP-3000	RP-7000
Capacidad	600 L	1 300 L	3 000 L	7 000 L
Altura máxima con tapa	1.60 m	1.95 m	2.15 m	2.65 m
Diámetro máximo	0.86 m	1.15 m	2 m	2.4 m
Número de usuarios (zona rural, aportación diaria 130 litros / usuario)	5	10	25	60
Número de usuarios (zona urbana, aportación diaria 260 litros / usuario)	2	5	10	23
Número de usuarios (oficina, aportación diaria 30 litros / usuario)	20	43	100	233

Figura 7. Especificaciones técnicas

Fuente: (Rotoplas, 2016)

Es importante mencionar que en el caso de los templos también se debe instalar una trampa para grasas y sólidos previa a los biodigestores, y el espacio requerido es poco considerando que es un equipo que es subterráneo, lo cual se puede ver en la Figura 7. También se debe instalar una tubería de infiltración considerando la topografía del terreno, la tasa de infiltración del terreno realizando un análisis cualitativo de la capacidad de absorción del suelo.

La figura siguiente muestra la eficiencia de la remoción del biodigestor luego del tratamiento del agua:

PARÁMETRO	REMOCIÓN	PARÁMETROS LUEGO DEL TRATAMIENTO
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	94 %	15-80 mg/l
DQO (demanda química de oxígeno)	88 %	80-190 mg/l
Grasas y aceites	93 %	30-45 mg/l
SS (sólidos sedimentables)	98 %	0,05-0,3 ml/l
Ph	Estabilizado	7,5-8,5 UpH

Figura 8. Parámetros luego de tratamiento

Fuente: (Rotoplas, 2016)

4.1.5.2 Sistema Serie Fusion

En el mercado de sistemas de tratamiento de agua en Honduras se puede encontrar un sistema alternativo a los biodigestores para dar tratamiento a las aguas residuales y permitir su reutilización de forma segura y confiable, este sistema lleva el nombre de Fusion y combina los procesos aeróbicos y anaeróbicos para dar un mejor tratamiento a las aguas residuales, proporcionando “un entorno estable para garantizar que las colonias de bacterias no pierdan su fuerza incluso después de eventos de flujo elevado que pudieran impedir el rendimiento de una fosa séptica normal” (Clarus, 2020, p. 2).

El Fusion es un sistema compacto todo-en-uno diseñado de forma hermética para evitar la emanación de olores y el cual requiere muy poco mantenimiento para su operación ayudando a amortizar de esa manera el costo de la inversión inicial.

Según Clarus (2020) el sistema puede funcionar con durante varios meses con un flujo bajo o sin flujo, debido a que:

La cámara anaeróbica utiliza medios fijos para mejorar la eficiencia de tratamiento primario tradicional. La cámara aeróbica emplea medios suspendidos para mejorar el tratamiento. La zona superior proporciona un entorno estable para que las bacterias benéficas formen colonias. Los medios compactados inferiores sirven como un mecanismo de filtración, mientras que el proceso de retorno de lodos permite la reducción eficiente de los sólidos suspendidos en el efluente. Además, la rutina de retrolavado automático mezcla los medios con aire dos veces al día para fragmentar totalmente los sólidos acumulados. Posteriormente, estos sólidos regresan a la cámara de sedimentación. La desnitrificación se logra al regresar el agua nitrificada a un ambiente anóxico rico en carbono en la parte inicial del sistema. (p. 2)

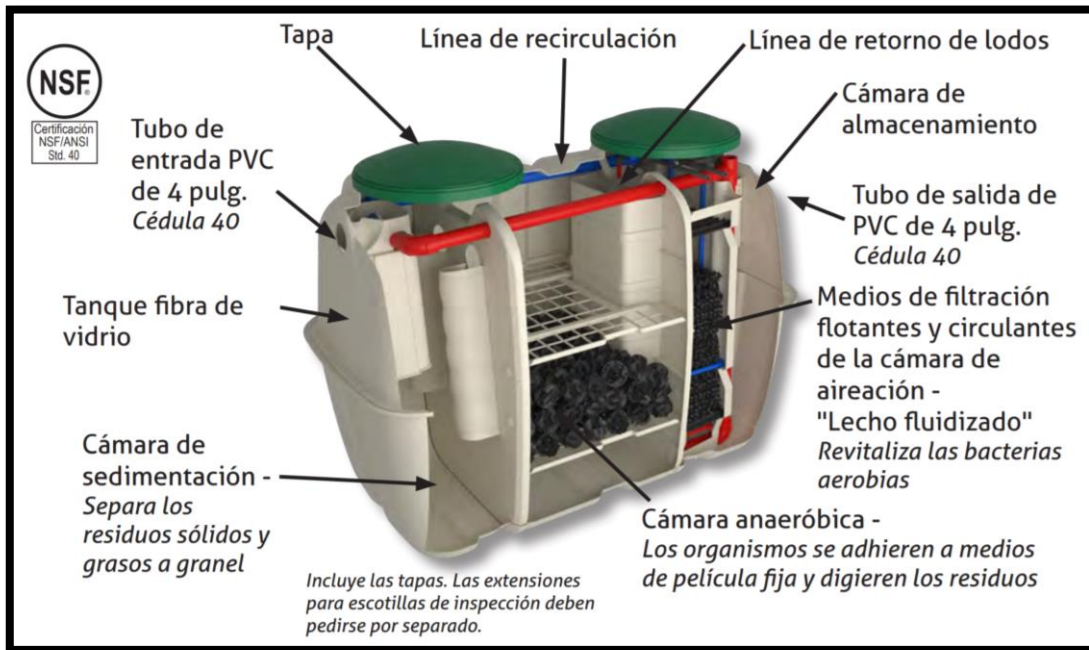


Figura 9. Planta de tratamiento serie Fusion

Fuente: (Clarus, 2020, p. 3)

El agua a tratar ingresa a la cámara de sedimentación por el tubo de entrada, esta cámara está diseñada de tal forma que los sólidos (lodos), grasas y aceites se separen de los materiales flotantes o nata. Luego a través del rebalse el agua pasa a la cámara anaeróbica la cual contiene medios de filtración quienes a su vez permiten el tratamiento anaeróbico (crecimiento y desarrollo de bacterias anaeróbicas) ininterrumpidamente mientras los sólidos son retenidos en los medios formando una biomasa alimentándose de los residuos que ingresan, en esta cámara los microorganismos se convierten en gas (nitrógeno) el cual más adelante escapa a la atmosfera. De aquí el agua ingresa a la cámara aeróbica, la cual tiene medios de filtración flotantes, esta cámara está dividida en dos secciones una es la sección superior de aireación y la sección inferior donde se alojan los medios de filtración. Clarus (2020) explica que a causa de que el proceso de aireación es constante “El tratamiento biológico ocurre con la ayuda de la película fija que se forma en la superficie de los medios de filtración. Los sólidos residuales suspendidos se acumulan en los medios de filtración que circulan dentro de esta sección” (p. 3). Un sistema de

retrolavado diseñado y colocado en la parte inferior de esta cámara efectúa un lavado a los medios de filtración dos veces al día en ciclos de 5 a 10 minutos, esto gracias a una bomba de aire comprimido, los sólidos residuales suspendidos en esta cámara regresan a la cámara de sedimentación para continuar su proceso. Una cámara de almacenamiento final de las aguas tratadas recibe el agua proveniente de la cámara de medios de filtración aeróbica y así está lista para ser descargada, las aguas tratadas se depositan en una cisterna de almacenamiento, pasando por un proceso de cloración o rayos UV antes de ser usada en los jardines del templo para llevarla a niveles aceptables de bacterias coliformes. Este sistema requiere un pequeño motor que alimenta un soplador de aire dentro de la cámara de aireación.

En este sistema de tratamiento se debe considerar los siguientes aspectos:

- No se debe depositar basura en los inodoros.
- Los medios filtrantes jamás se deben reemplazar o quitarlos.
- Los lodos se descargan entre 2 y 5 años y pueden usarse directamente como abono.
- El sistema requiere un mantenimiento cada 6 meses.
- Las descargas se pueden hacer en cuerpos receptores sin problemas.

Tabla 20. Capacidades de plantas de tratamiento serie Fusion

Serie Fusion	Galones por día	Metros cúbicos por día
ZFL-1120	1120	4
ZFL-1440	1440	5
ZFL-1680	1680	6
ZFL-2000	2000	8
ZFL-2400	2400	9
ZFL-2800	2800	11
ZFL-3200	3200	12
ZFL-3600	3600	14
ZFL-4000	4000	15

Fuente: (Clarus, GoToStage, 2020)

La elección del sistema Fusion adecuado viene determinada por sus especificaciones y el volumen de agua residual a tratar, así que la mejor opción es una planta serie Fusion ZFL-3600 de 3,600 galones por día lo que es igual a 14 metros cúbicos.

La figura siguiente muestra la eficiencia de la remoción del sistema en si influente (agua residual entrando) y del efluente (agua tratada saliendo) luego del tratamiento del agua, en la DBO5 y los SST:

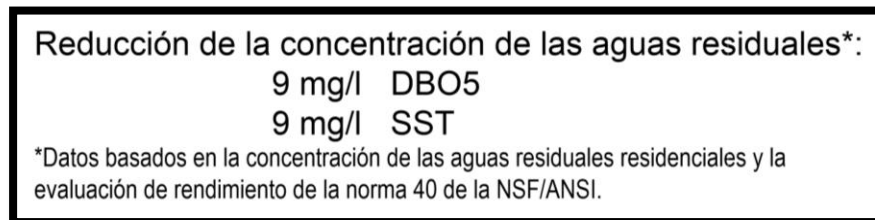


Figura 10. Datos del efluente del sistema Fusion

Fuente: (Clarus ambiental, 2018)

4.1.5.3 Diagrama de flujo de proceso

Los diferentes métodos que en la actualidad son empleados para reciclar el agua residual se valen de una combinación de múltiples opciones y operaciones con el objetivo de entregar el mismo producto final, cada uno de esos métodos busca a su manera aumentar la eficiencia o destacar algunas características más que otras. Para los efectos de esta investigación se puede presentar un diagrama de flujo estándar que indique los pasos básicos del tratamiento, la figura 10 muestra el proceso básico de un sistema de tratamiento con la finalidad de diseñar una propuesta para el reciclaje de aguas residuales y disminuir la demanda de agua potable con la finalidad de diseñar una propuesta para el reciclaje de aguas residuales y disminuir la demanda de agua potable de aguas residuales

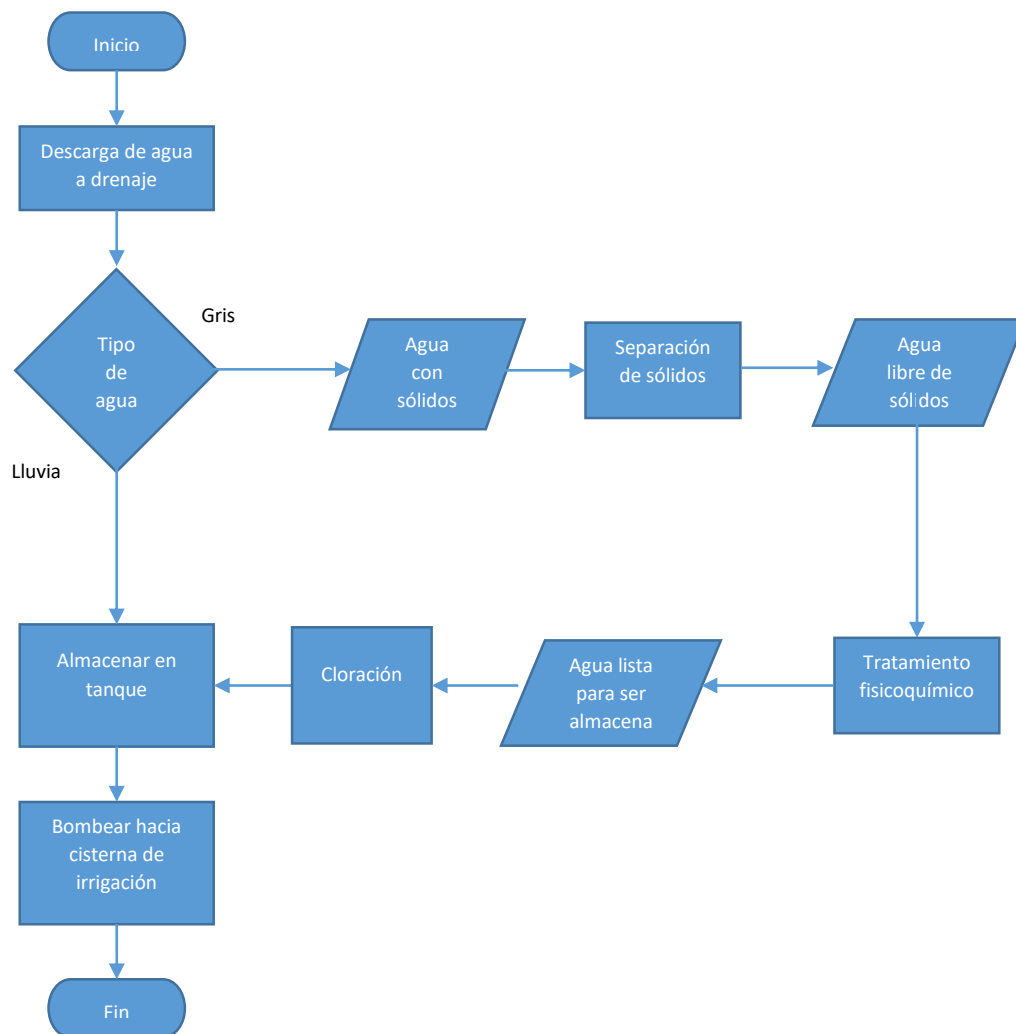


Figura 11. Diagrama de flujo de proceso de reciclaje de aguas residuales

El proceso de reciclaje empieza con la descarga del agua a los drenajes. El agua lluvia se colecta mediante el uso de tragantes recolectores de aguas superficiales y mediante el uso de los drenajes de tipo francés instalados en cada una de las jardineras y camas de césped de los jardines, todas estas aguas fluyen hacia un drenaje principal ya existente que recorre la propiedad y llevará el agua directamente hacia un tanque de almacenamiento. Las aguas grises deben pasar por un proceso de separación de sólidos mediante el uso de una trampa que irá instalada en el ramal principal de aguas grises-negras justo antes de conectarse a la red pública de alcantarillado, parte del agua se perderá hacia el alcantarillado y el resto será conducido hacia la

planta de tratamiento (se requiere un sistema de drenaje adicional) para pasar por un tratamiento fisicoquímico. Luego de recibir el tratamiento fisicoquímico el agua deberá recibir un tratamiento terciario de cloración para luego ser llevada al tanque de almacenamiento junto con las aguas lluvias, de donde serán transportadas a través de tubería hacia las cisternas de irrigación para su posterior reutilización.

4.1.6 Costo de implementación de método disponible

Las organizaciones actuales necesitan que los activos que adquieren sean confiables y realicen sus funciones en forma segura, con un mínimo impacto ambiental y sobre todo que a lo largo de su vida útil sean de mantenimiento relativamente fácil.

El análisis de costos del ciclo de vida (CCV) según Fuenmayor (2020) “es una metodología gerencial la cual debería ser utilizada en las organizaciones para la correcta toma de decisión de inversión de capital cuando existen en el mercado diferentes alternativas con un alto nivel de incertidumbre”.

Es importante recordar los términos siguientes:

- *Costo de ciclo de vida*: es “el análisis de todos los costes asignables a un producto o servicio desde que se inicia la concepción de la idea hasta el final de su vida útil, para cualquier agente asociado a las fases de la vida del mismo” (Estévez, 2016).
- *Costo fijo*: este “es aquel que es independiente de la actividad de producción de una empresa; es decir, representa un gasto invariable al menos, durante un cierto periodo” (Gil, 2020). Para los sistemas de tratamiento se puede mencionar

algunos costos, en el caso de Sistema Fusion tiene un motor que está constantemente encendido accionando un blower en la cámara aeróbica, en el caso de los biodigestores los lodos que se sacan se deben tratar con cal.

- *Costo variable:* según Gil (2020) “es el gasto que fluctúa en proporción a la actividad generada por una empresa o, en otros términos, el que depende de las variaciones que afecten a su volumen de negocio”, en nuestro caso los gastos de mantenimiento recaen en esta categoría.

A partir de los dos sistemas de tratamiento en estudio se elaboró la siguiente tabla que ayudó en el análisis de coste de ciclo de vida:

Tabla 21. Análisis de Coste de Ciclo de Vida

Ítem	Detalle	Sistema Fusion	Biodigestor
1	Costo de Equipo US\$	\$ 59,665.00	\$ 49,384.00
Costo de Operación			
2	Costo Variable / m ³	\$ 0.14	\$ 0.22
3	Costo fijo anual	\$ 1,000.00	\$ 700.00
5	m ³ producidos / año	3600	3600
6	Vida Útil (años)	50	35
	Costo anual de mantenimiento	\$ 1,300.00	\$ 1,500.00
7	Inversión Total (en vida util)	\$ 149,865.00	\$ 129,604.00
13	CCV anual	\$ 2,997.30	\$ 3,702.97
14	Costo x m ³ (Cm ³)	\$ 0.83	\$ 1.03

A partir de los resultados mostrados en la tabla 21 se puede ver que el coste de ciclo de vida anual del sistema Fusion (considerando sus 50 años de vida útil) es de \$ 2,997.30 siendo mucho menor que el coste anual del sistema de biodigestores el cual es de \$ 3,702.97 (considerando sus 35 años de vida útil), estos valores ayudan a obtener el coste por metro cúbico que cada sistema tendría, para el sistema Fusion \$0.83 y para el sistema de biodigestores \$ 1.03.

A partir de lo anterior se puede concluir que el sistema Fusion es la mejor de las dos opciones en relación con su costo total anual si ese fuera el único criterio de selección.

Lo anterior es útil para el análisis costo beneficio, Alvarez (2001) define la relacion costo-beneficio como “la relación que existe entre el valor presente de los ingresos brutos de un proyecto y el valor presente de sus egresos a costos brutos” (p. 43). En nuestro caso, como los sistemas propuestos no estan generando ingresos para la organización, sino mas bien una manera de obtener beneficios intangibles dificiles de cuantificar o medir en terminos economicos. La tabla 22 muestra el costo local de metro cúbico que provee la compañía estatal el cual dividimos por el costo de producir un metro cúbico con ambos sistemas, estos factores de relacion obtenidos dan como resultado para el Sistema Fusion 0.64 y para el sistema con Biodigestores 0.52.

Tabla 22. Análisis de costo-beneficio con servicio local

Método	Costo de m ³ Local	Costo de m ³ producido	Costo/ Beneficio (C/B)
Sistema Fusion	\$ 0.53	\$ 0.83	0.64
Biodigestor	\$ 0.53	\$ 1.03	0.52

Fuente: (Hondudiario, 2020)

$$C/B = (\text{Costo } m^3 \text{ servicio local}) / (\text{Costo } m^3 \text{ producido})$$

- Si el C/B es mayor que 1 significa que el método seleccionado es rentable
- Si el C/B es menor o igual que 1 significa que el método seleccionado no es rentable

De los resultados anteriores se determina que ninguno de los dos sistemas es rentable económicamente.

Se realizó el mismo análisis de costo-beneficio comparando el costo de metro cúbico proveído por los camiones cisterna de la ciudad (\$7.00) entre el costo de metro cubico producido por ambos sistemas, obteniendo los factores de relación para el Sistema Fusion de 8.41 y para el sistema de Biodigestores de 6.81, la tabla siguiente muestra dicha información.

Tabla 23. Análisis de costo-beneficio con servicio de camiones cisterna

Método	Costo de m ³ camión cisterna	Costo de m ³ producido	Costo/ Beneficio (C/B)
Sistema Fusion	\$ 7.00	\$ 0.83	8.41
Biodigestor	\$ 7.00	\$ 1.03	6.81

$$C/B = (\text{Costo } m^3 \text{ servicio con camión cisterna}) / (\text{Costo } m^3 \text{ producido})$$

- Si el C/B es mayor que 1 significa que el método seleccionado es rentable
- Si el C/B es menor o igual que 1 significa que el método seleccionado no es rentable

Siguiendo el mismo análisis para lo anterior vemos que en ambos casos el factor Costo-Beneficio (C/B) es mayor que 1, lo que significa que en el caso que si se necesitara proveerse de agua por este medio, ambos sistemas (Fusion o Biodigestores) son rentables económicamente.

Con el Costo del Ciclo de Vida (CCV) de ambos sistemas de tratamiento, así como una matriz de decisión con los indicadores de la variable Métodos los cuales reciben una puntuación de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto) según análisis de conveniencia, al final todo esto ayuda el afianzar la decisión del sistema de tratamiento adecuado.

Tabla 24. Matriz de decisión

Características Evaluadas (1-10)	Peso	Sistema Fusion		Biodigestor	
		Puntuación	Ponderada	Puntuación	Ponderada
1. Costo Total	0.30	3	0.9	4	1.2
2. Eficiencia	0.20	5	1	4	0.8
3. Vida Útil	0.20	5	1	4	0.8
4. Espacio Requerido	0.10	4	0.4	4	0.4
5. Nivel de Ruido	0.10	4	0.4	5	0.5
6. Nivel de Olor Generado	0.10	5	0.5	2	0.3
Puntuación Total	1.00		4.2		3.9

De la matriz de decisión el sistema Fusion es el que recibe mejor calificación.

4.1.7 Satisfacción de participantes por la calidad del agua tratada

Algo que es de mucha importancia en el servicio que prestan los templos es la experiencia que los usuarios tengan en estos edificios, por tanto, se hizo las siguientes calificaciones a:

4.1.7.1 Nivel de confianza

Los parámetros usados para verificar el nivel de confianza del agua tratada se muestran a continuación:

- a. Para beberla

Tabla 25. Nivel de confianza para beberla

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	
Confianza	Para beberla												
Población	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%		
Administradores	4	1	0	2	1	4	1	0	4	2	9	28	
Usuarios	48	23	33	38	8	20	11	16	25	17	143	382	
Total	52	24	33	40	9	24	12	16	29	19	152	410	
%	13%	6%	8%	10%	2%	6%	3%	4%	7%	5%	37%	100%	
	51%								49%				
	No								Si				

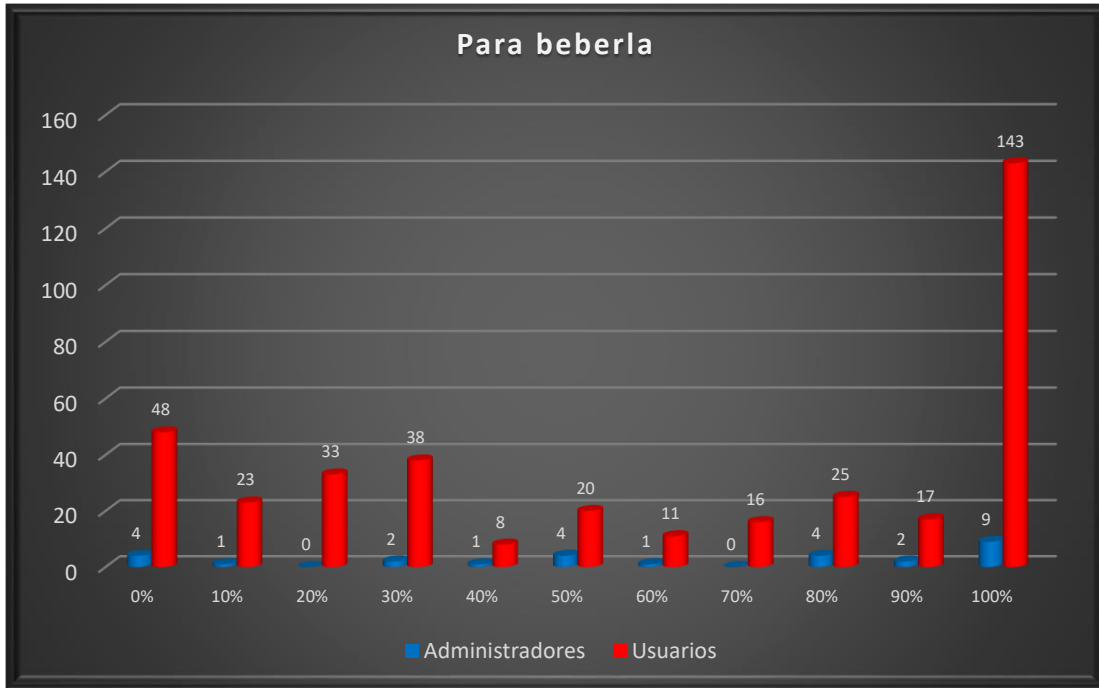


Gráfico 14. Calificación de nivel de confianza para beberla

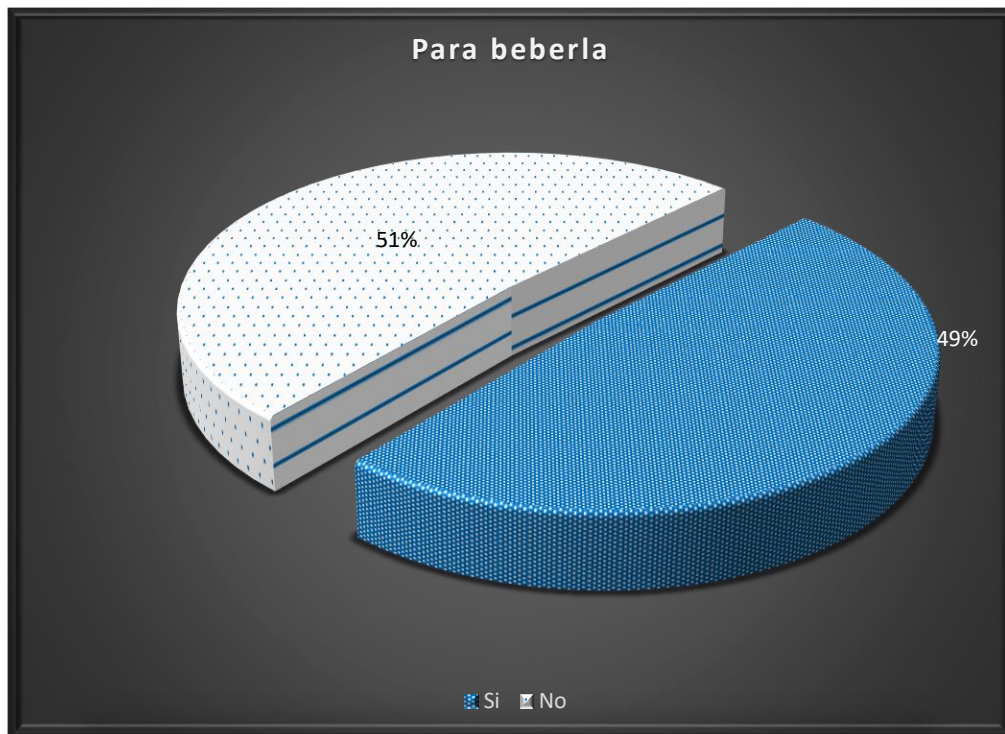


Gráfico 15. Nivel de confianza para beberla

La tabla 25 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la confianza que tendrían en beber el agua ya tratada, tomando la calificación de 8 a 10 como un “Si” y las calificaciones debajo de estos parámetros como un “No”, y de los gráficos 14 y 15 se puede ver que 200 personas estarían dispuestas a tomar el agua, así que el 51% de la población encuestada no tiene la confianza para beber el agua reciclada.

b. Para higiene personal

Tabla 26. Nivel de confianza para higiene personal

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Confianza	Para higiene personal											
Población	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	2	0	0	1	0	4	1	0	5	4	11	28
Usuarios	4	10	16	31	12	19	13	17	32	18	210	382
Total	6	10	16	32	12	23	14	17	37	22	221	410
%	1%	2%	4%	8%	3%	6%	3%	4%	9%	5%	54%	100%
	32%								68%			
	No								Si			

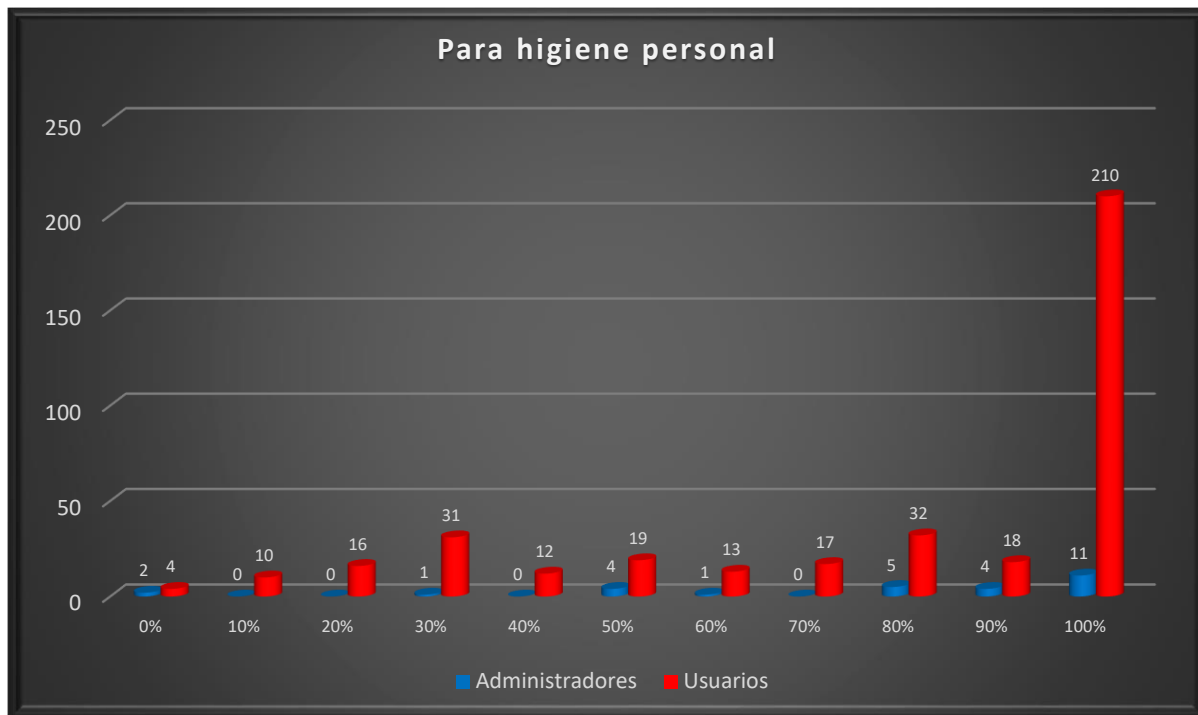


Gráfico 16. Calificación de nivel de confianza para higiene personal

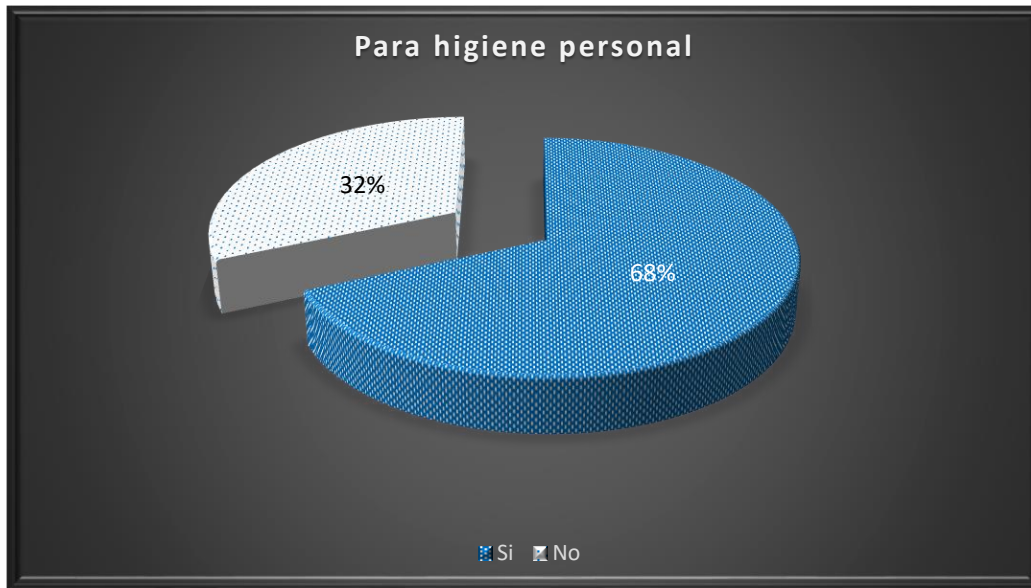


Gráfico 17. Nivel de confianza para higiene personal

La tabla 26 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la confianza que tendrían en usar el agua tratada para higiene personal, tomando la calificación explicada en el inciso anterior del “Si” y “No”. De los gráficos 16 y 17 se puede ver que 280 personas estarían dispuestas a usar el agua de la manera descrita, lo que representa el 68% de la población encuestada si tendría la confianza para usar el agua reciclada para la higiene personal. Este dato es importante en la toma de decisión.

c. Para lavado de ropa

Tabla 27. Nivel de confianza para lavado de ropa

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Confianza	Para lavado de ropa											
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	2	0	0	1	0	2	2	0	3	4	14	28
Usuarios	3	7	16	26	3	15	7	13	26	21	245	382
Total	5	7	16	27	3	17	9	13	29	25	259	410
%	1%	2%	4%	7%	1%	4%	2%	3%	7%	6%	63%	100%
	24%						76%					
	No						Si					

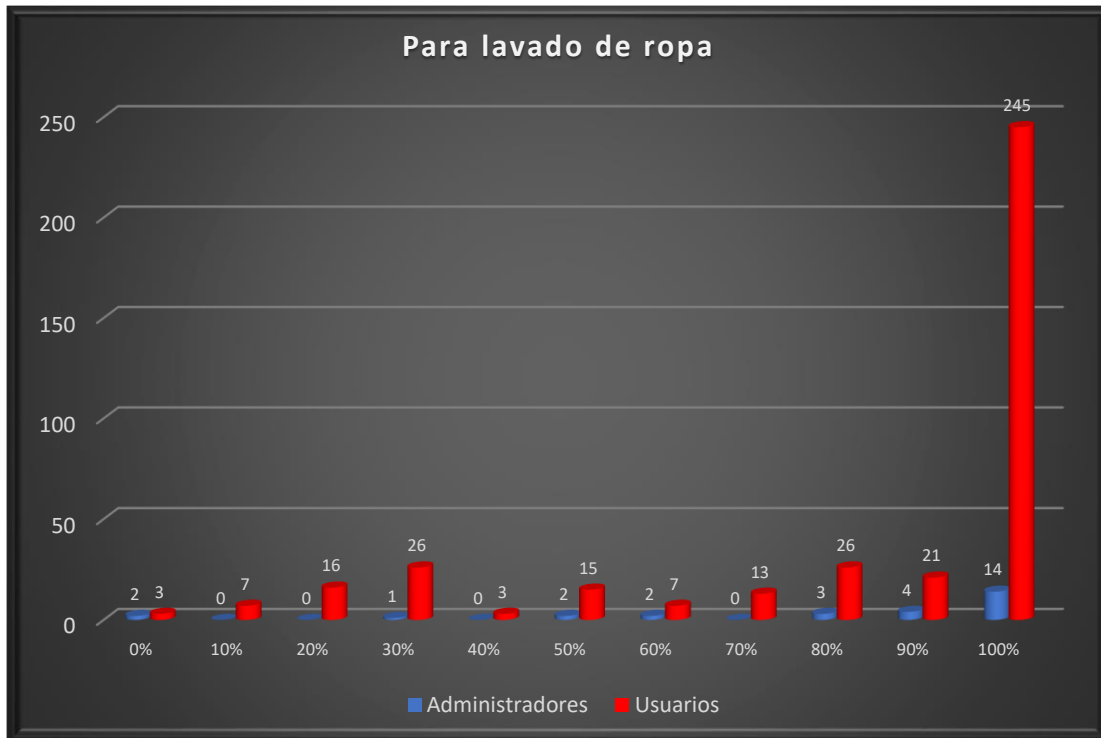


Gráfico 18. Calificación de nivel de confianza para lavado de ropa

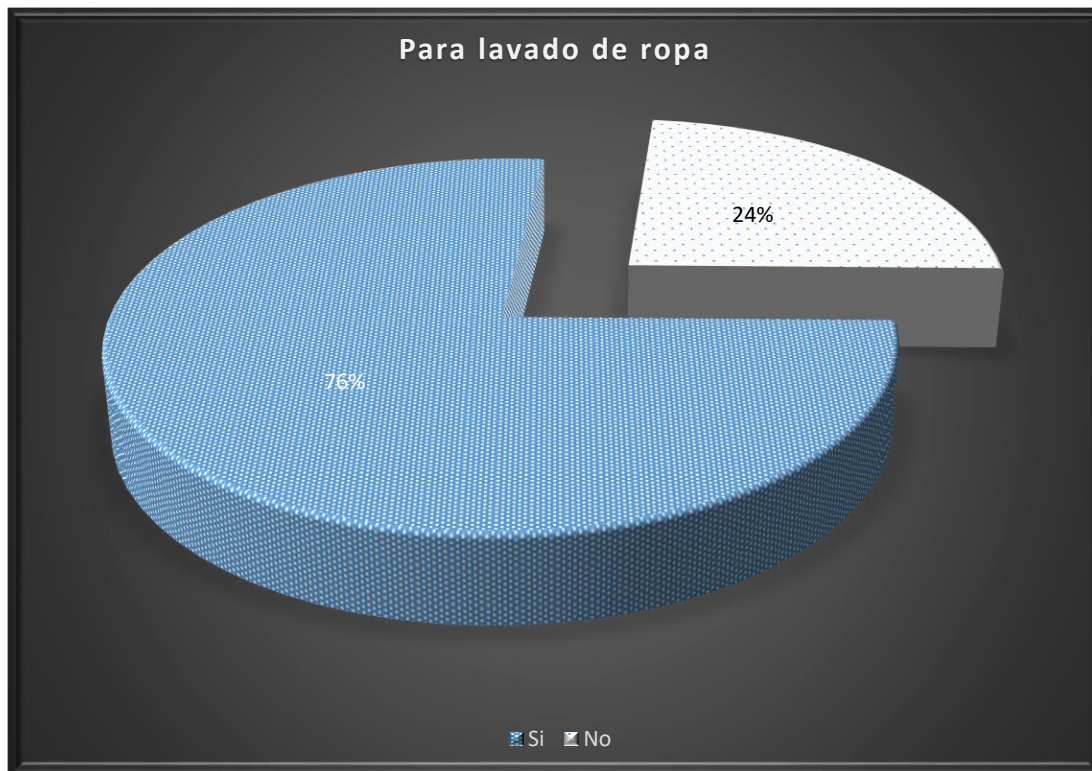


Gráfico 19. Nivel de confianza para lavado de ropa

La tabla 27 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la confianza en usar el agua tratada para lavar ropa. De los gráficos 18 y 19 se puede ver que 313 personas están dispuestas a usar el agua de la manera descrita, lo que representa el 76% de la población encuestada si tendría la confianza para usar el agua reciclada para el lavado de ropa. Este dato es importante en la toma de decisión.

d. Para cocinar y lavado de utensilios de cocina

Tabla 28. Nivel de confianza para cocinar y lavado de utensilios de cocina

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	
Confianza	Para cocinar y lavado de utensilios de cocina												
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%		
Administradores	2	0	0	1	0	2	1	1	3	6	12	28	
Usuarios	9	9	21	29	13	20	13	15	31	26	196	382	
Total	11	9	21	30	13	22	14	16	34	32	208	410	
%	3%	2%	5%	7%	3%	5%	3%	4%	8%	8%	51%	100%	
										33%		67%	
										No		Si	

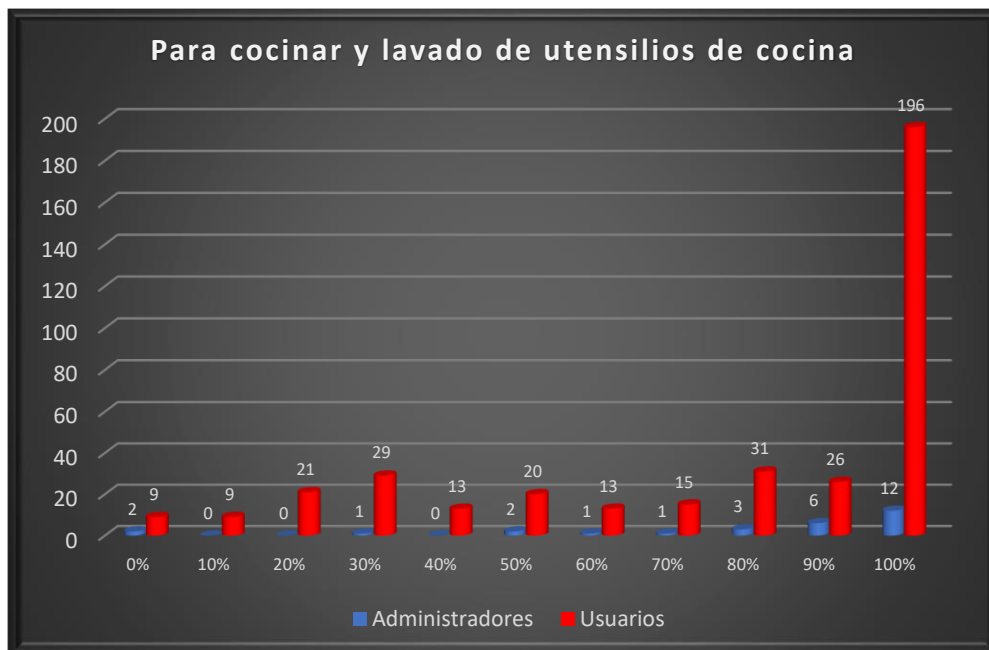


Gráfico 20. Calificación de nivel de confianza para cocinar y lavado de utensilios de cocina

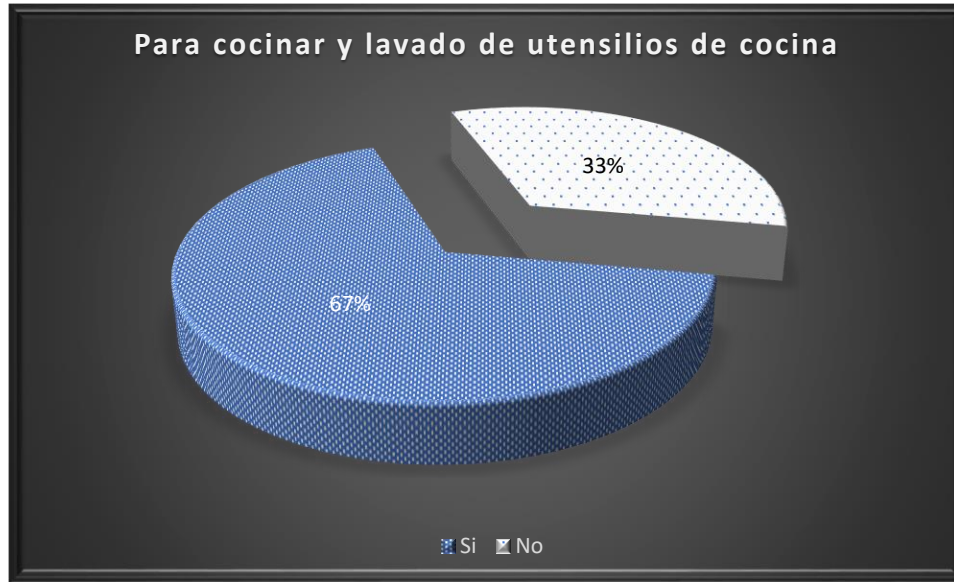


Gráfico 21. Nivel de confianza para cocinar y lavado de utensilios de cocina

La tabla 28 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la confianza en usar el agua tratada para usarla en la elaboración de alimentos y el lavado de los utensilios de la cocina. De los gráficos 20 y 21 se puede ver que 274 personas están dispuestas a usar el agua de la manera descrita, lo que representa el 67% de la población encuestada si tendría la confianza para usar el agua reciclada para cocinar y lavar los utensilios de cocina. Esta información es importante en la toma de decisión al igual que el primer inciso.

e. Para uso en sanitarios

Tabla 29. Nivel de confianza para uso en sanitarios

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Confianza	Para uso en sanitarios											
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	1	0	0	1	0	0	1	0	3	3	19	28
Usuarios	3	4	11	27	3	10	1	6	18	16	283	382
Total	4	4	11	28	3	10	2	6	21	19	302	410
%	1%	1%	3%	7%	1%	2%	0%	1%	5%	5%	74%	100%
	17%								83%			
	No								Si			

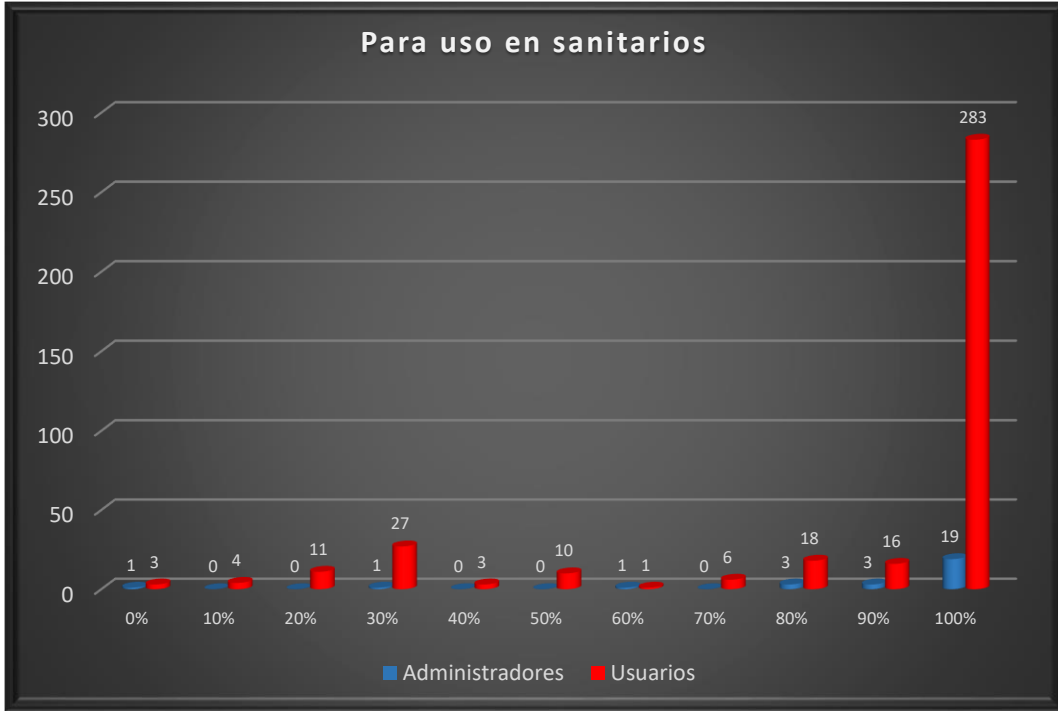


Gráfico 22. Calificación de nivel de confianza para uso en sanitarios

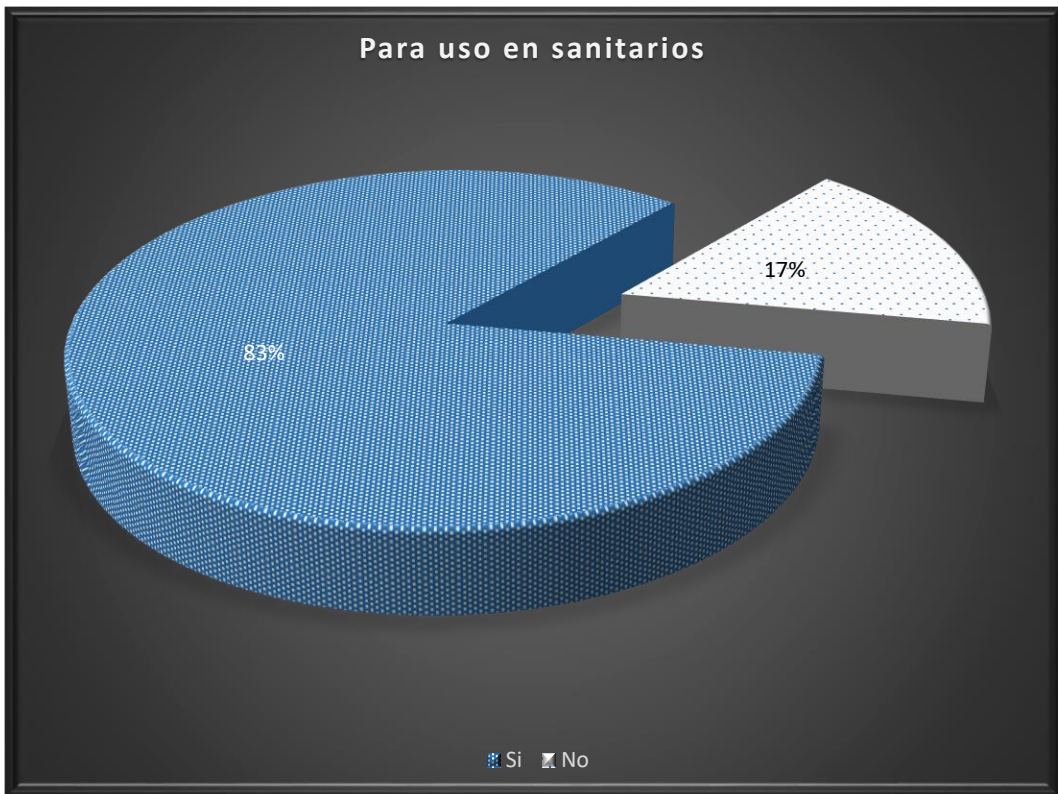


Gráfico 23. Nivel de confianza para uso en sanitarios

La tabla 29 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la confianza en usar el agua tratada para utilizarla en los sanitarios y urinarios. De los gráficos 22 y 23 se puede ver que 342 personas están dispuestas a usar el agua de la manera descrita, lo que representa el 83% de la población encuestada si tendría la confianza para usar el agua reciclada en sanitarios y urinarios.

f. Para riego del jardín

Tabla 30. Nivel de confianza para riego del jardín

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Confianza	Para riego del jardín											
Población	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	1	0	0	0	0	4	2	21	28
Usuarios	2	2	13	26	3	11	1	6	18	13	287	382
Total	2	2	13	27	3	11	1	6	22	15	308	410
%	0%	0%	3%	7%	1%	3%	0%	1%	5%	4%	75%	100%
16%									84%			
No									Si			

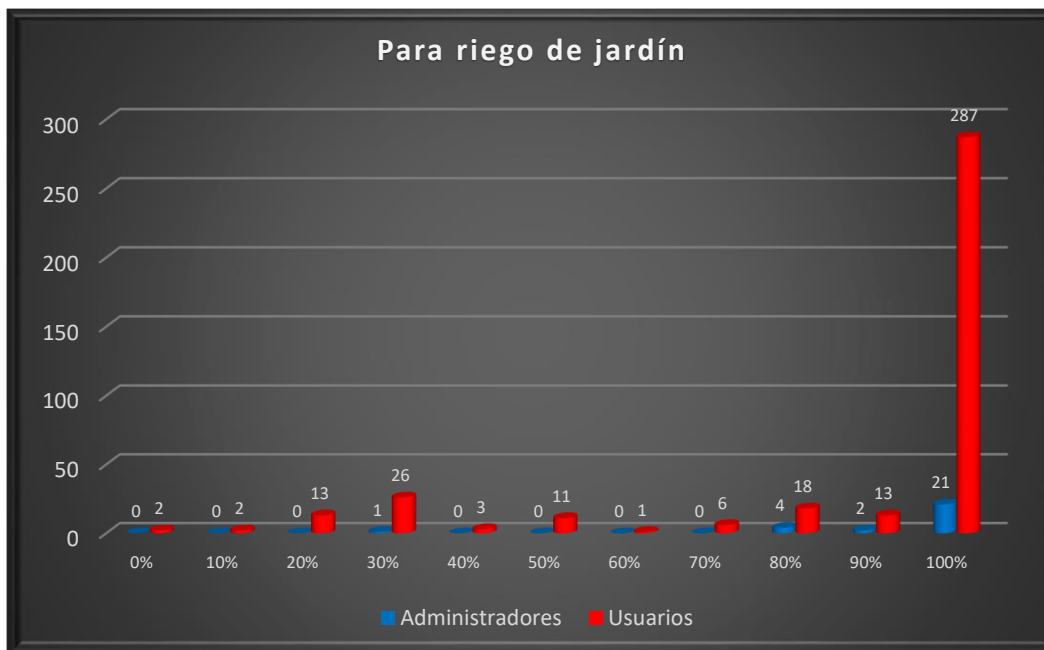


Gráfico 24. Calificación de nivel de confianza para riego de jardín

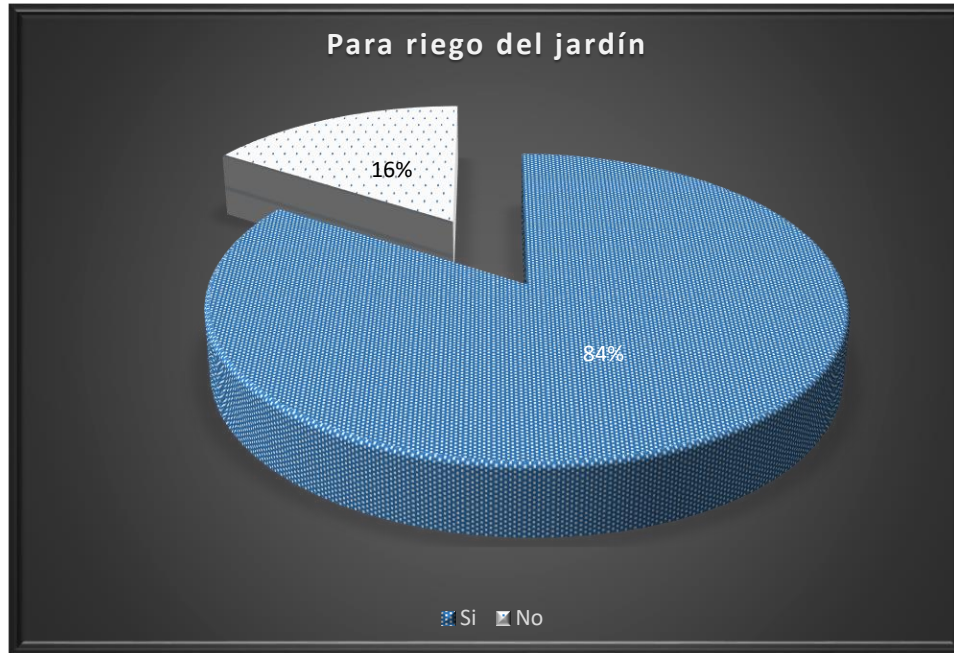


Gráfico 25. Nivel de confianza para para riego de jardín

La tabla 30 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la confianza en usar el agua tratada para utilizarla en el riego de los jardines y áreas verdes. De los gráficos 24 y 25 se puede ver que 345 personas están dispuestas a usar el agua de la manera descrita, lo que representa el 84% de la población encuestada si tendría la confianza para usar el agua reciclada en el riego de los jardines y áreas verdes en los templos.

g. Para limpieza general del edificio

Tabla 31. Nivel de confianza para limpieza general del edificio

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Confianza	Para limpieza general del edificio											
Población	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	1	0	0	1	0	0	0	0	3	3	20	28
Usuarios	5	3	13	25	4	9	3	6	20	9	285	382
Total	6	3	13	26	4	9	3	6	23	12	305	410
%	1%	1%	3%	6%	1%	2%	1%	1%	6%	3%	74%	100%
	17%								83%			
	No								Si			

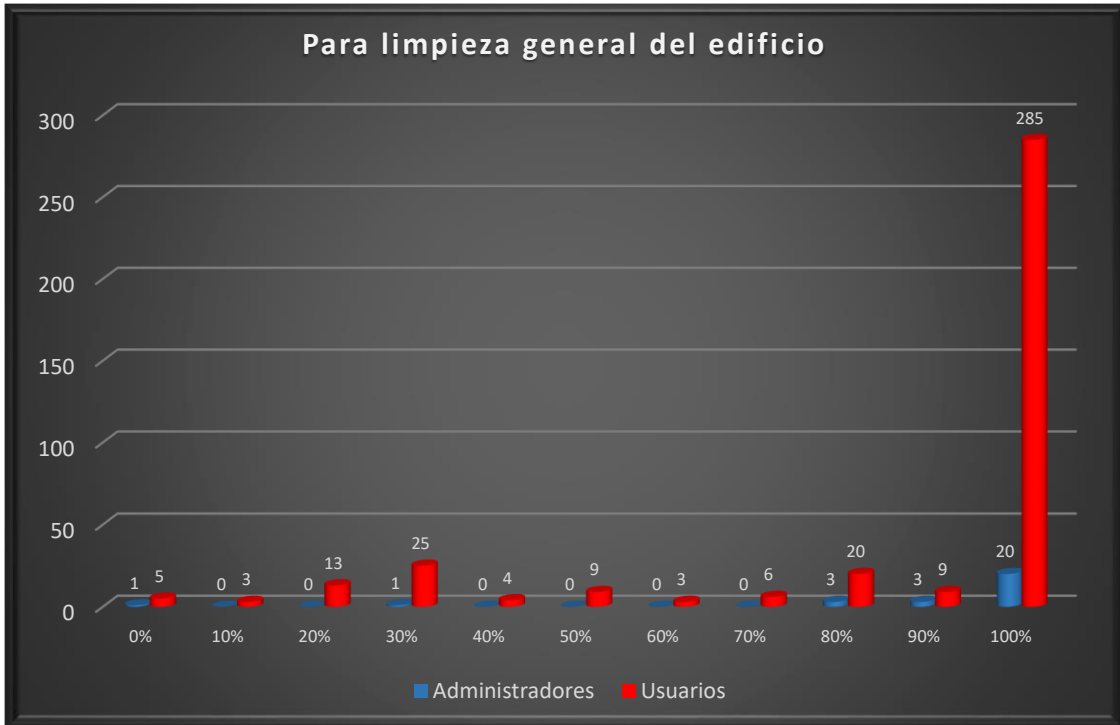


Gráfico 26. Calificación de nivel de confianza para limpieza general del edificio

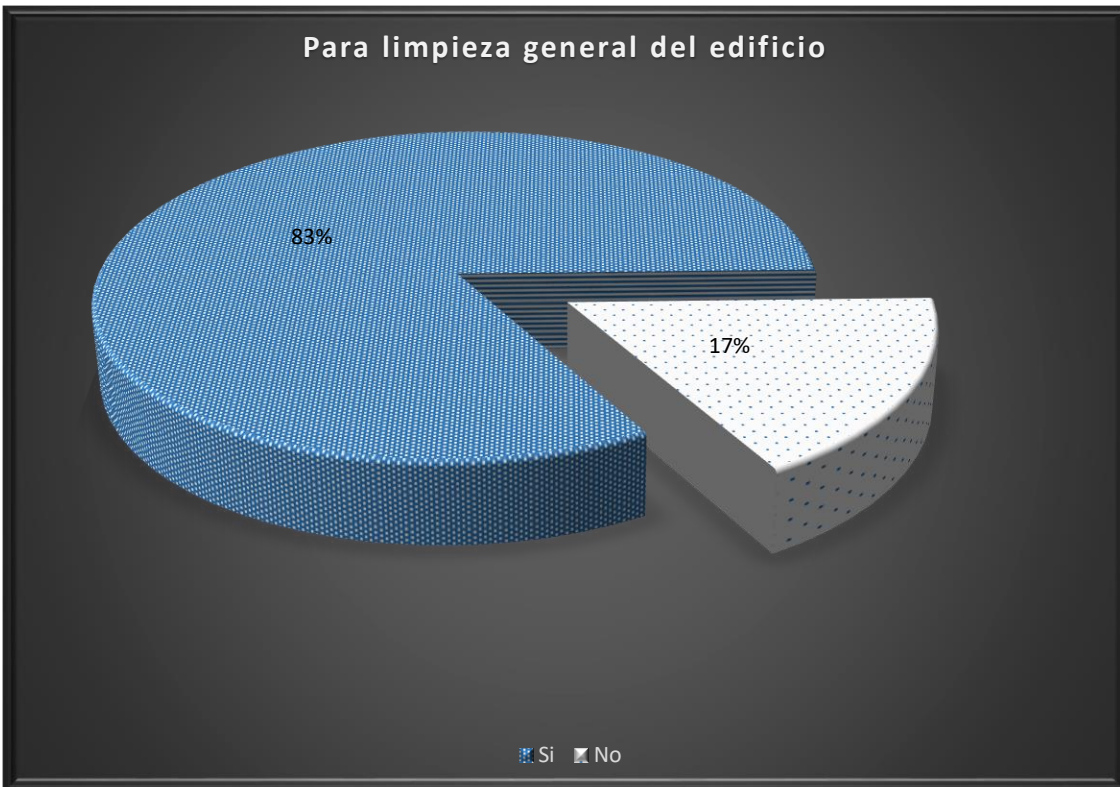


Gráfico 27. Nivel de confianza para limpieza general del edificio

La tabla 31 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la confianza en usar el agua tratada para la limpieza general de los edificios. De los gráficos 26 y 27 se puede ver que 340 personas están dispuestas a usar el agua de la manera descrita, lo que representa el 83% de la población encuestada si tendría la confianza para usar el agua reciclada en la limpieza general de los edificios.

4.1.7.2 Nivel de satisfacción

a) Nivel de satisfacción en flujo de agua permanente

Tabla 32. Nivel de satisfacción en flujo de agua permanente (24 horas)

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Satisfacción	Flujo de agua permanente (24 horas)											
Población	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	1	0	0	0	0	1	0	0	3	4	19	28
Usuarios	6	8	11	24	1	16	6	6	25	15	264	382
Total	7	8	11	24	1	17	6	6	28	19	283	410
%	2%	2%	3%	6%	0%	4%	1%	1%	7%	5%	69%	100%
	20%						80%					
	No						Si					

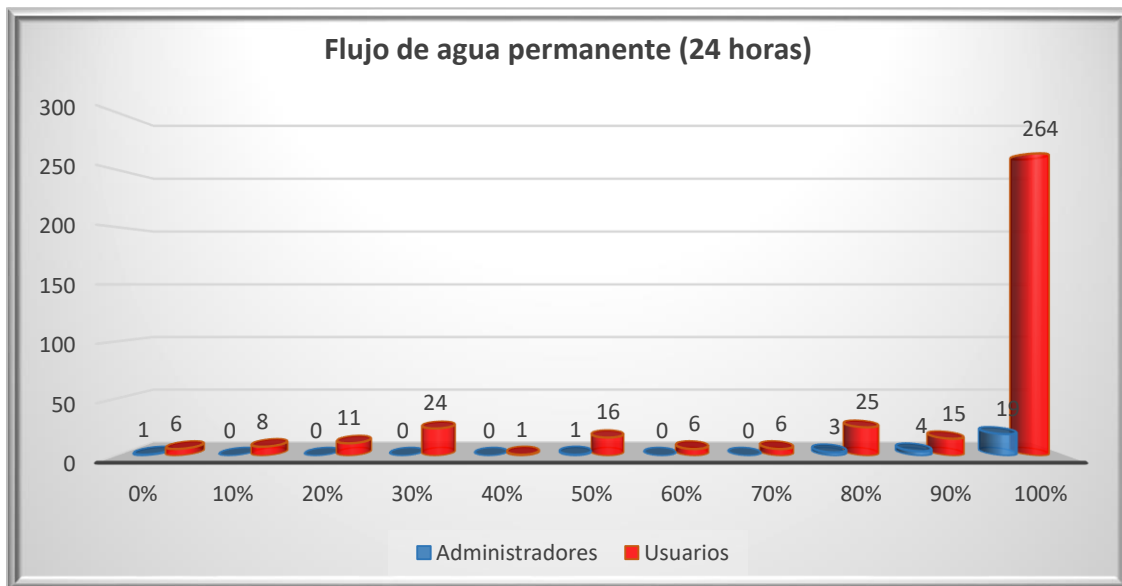


Gráfico 28. Calificación de nivel de satisfacción en que el flujo de agua sea permanente

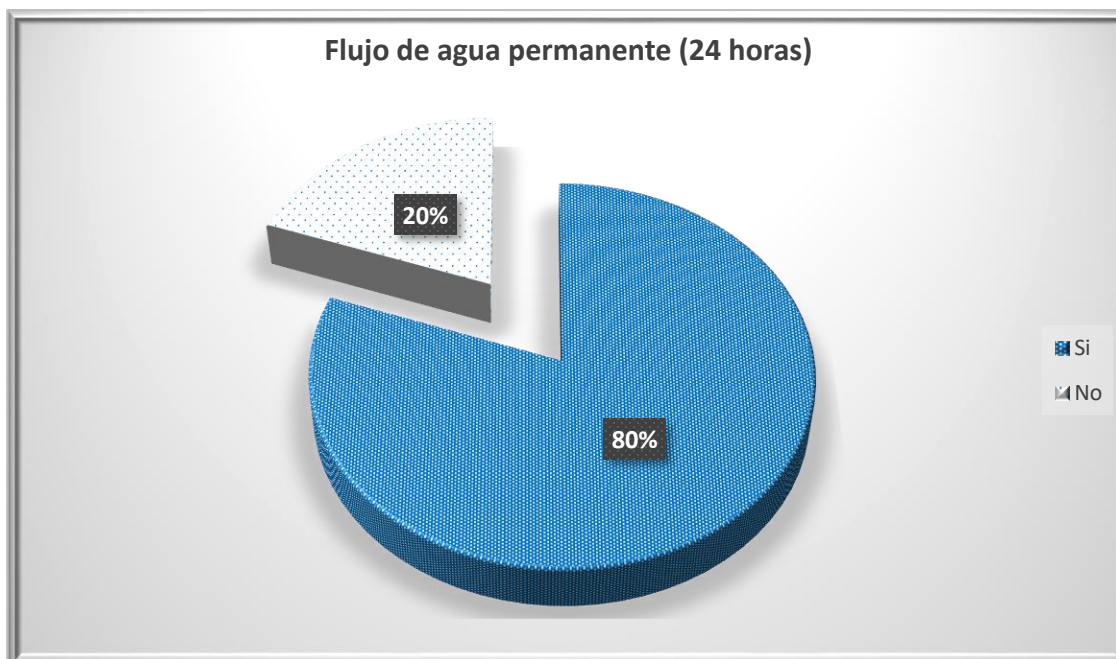


Gráfico 29. Nivel de satisfacción en que el flujo de agua sea permanente

La tabla 32 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la satisfacción que brinda el tener un flujo diario permanente del agua tratada. De los gráficos 28 y 29, se puede ver que 330 personas están satisfechas por la condición descrita, lo que representa el 80% de la población encuestada se sentiría cómoda teniendo un flujo de agua permanente cada día en estos edificios.

b) Nivel de satisfacción en presión de agua adecuada

Tabla 33. Nivel de satisfacción en presión de agua adecuada

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Satisfacción	Presión de agua adecuada											
Población	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	20	28
Usuarios	4	7	10	24	0	10	8	6	24	10	279	382
Total	4	7	10	24	0	10	8	8	27	13	299	410
%	1%	2%	2%	6%	0%	2%	2%	2%	7%	3%	73%	100%
	17%								83%			
	No								Si			

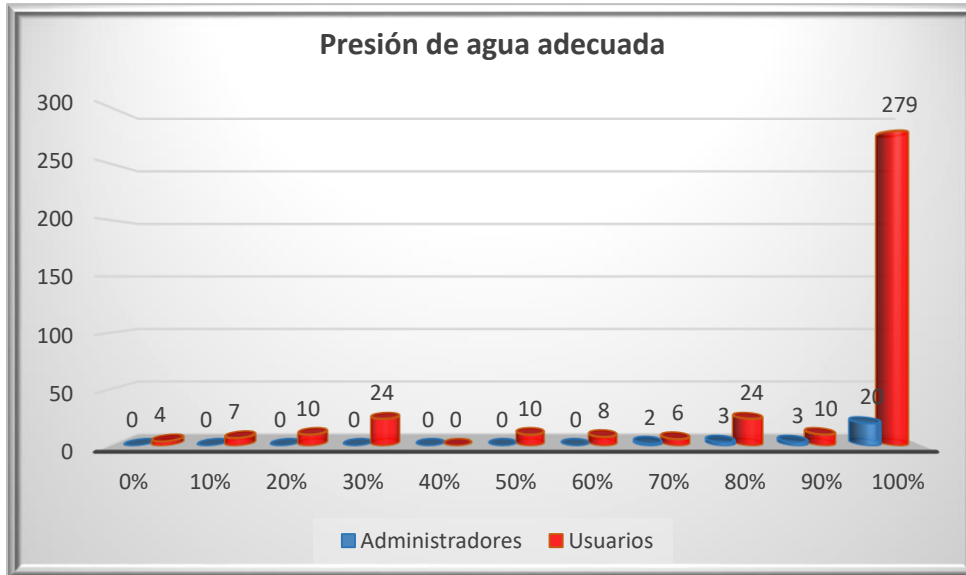


Gráfico 30. Calificación de nivel de satisfacción en tener una presión de agua adecuada

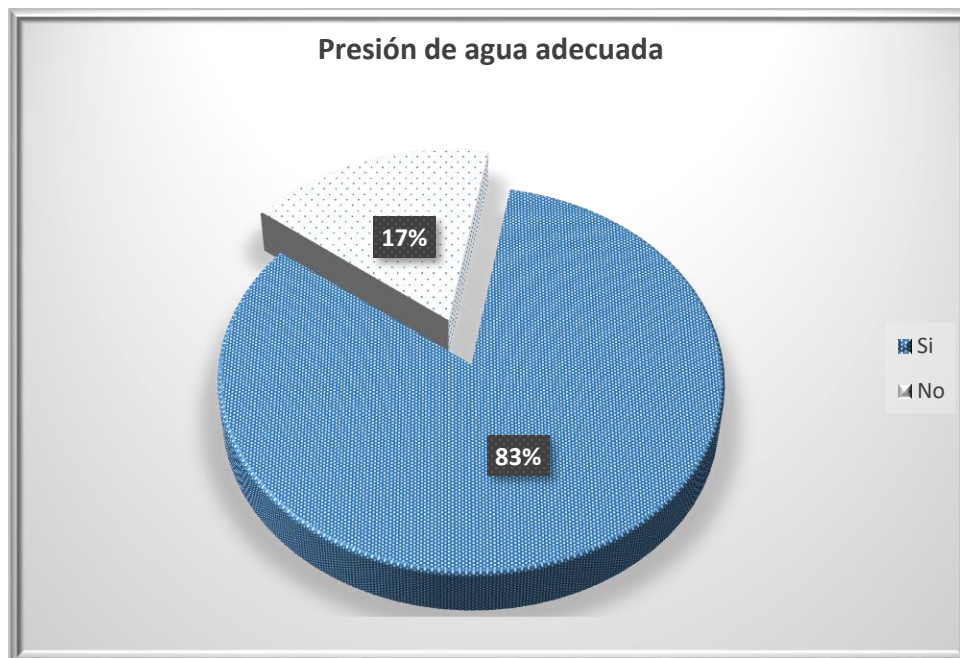


Gráfico 31. Nivel de satisfacción en tener una presión de agua adecuada

La tabla 33 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la satisfacción que brinda el tener una presión adecuada en el suministro del agua tratada. De los gráficos 30 y 31 se puede ver que 339 personas están satisfechas por la condición descrita, lo

que representa el 83% de la población encuestada se sentiría muy cómoda teniendo un suministro de agua con presión adecuada.

c) Nivel de satisfacción en que beneficios obtenidos compensen el costo de metro cúbico producido

Tabla 34. Nivel de satisfacción en que beneficios compensen el costo de metro cúbico producido

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Satisfacción	Beneficios obtenidos compensen el costo de metro cúbico producido											
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	22	28
Usuarios	7	6	13	22	2	9	5	8	24	19	267	382
Total	7	6	13	22	2	10	5	8	26	22	289	410
%	2%	1%	3%	5%	0%	2%	1%	2%	6%	5%	70%	100%
18%									82%			
No									Si			

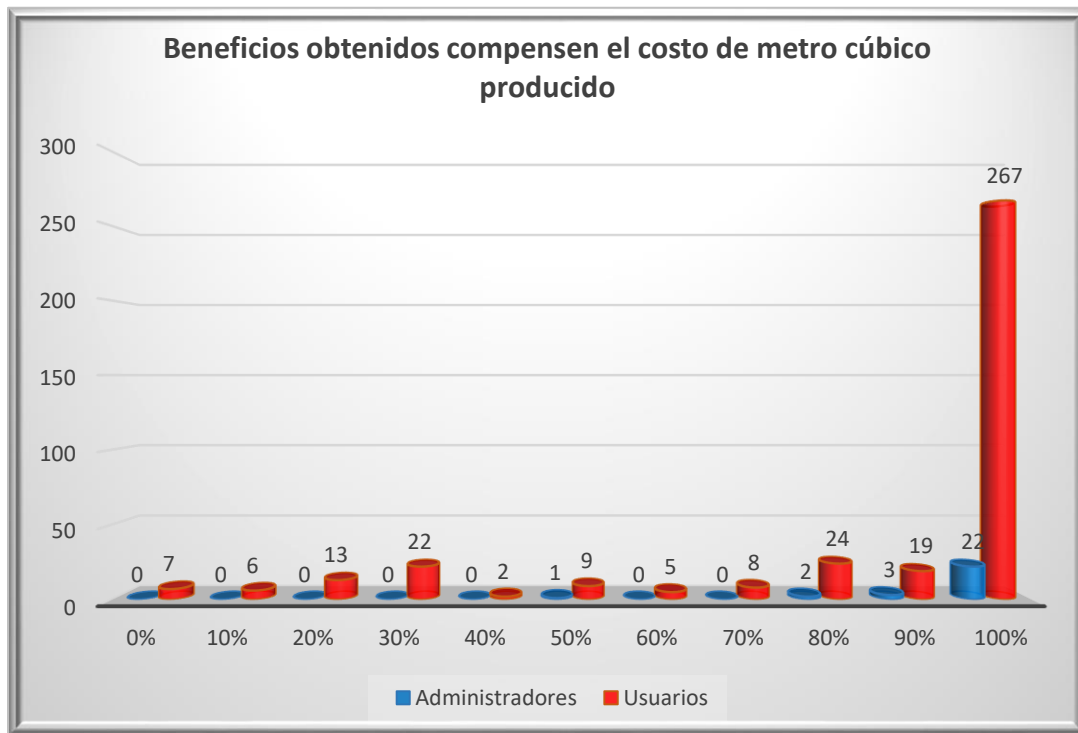


Gráfico 32. Calificación de nivel de satisfacción en que los beneficios obtenidos compensen el costo del agua producida

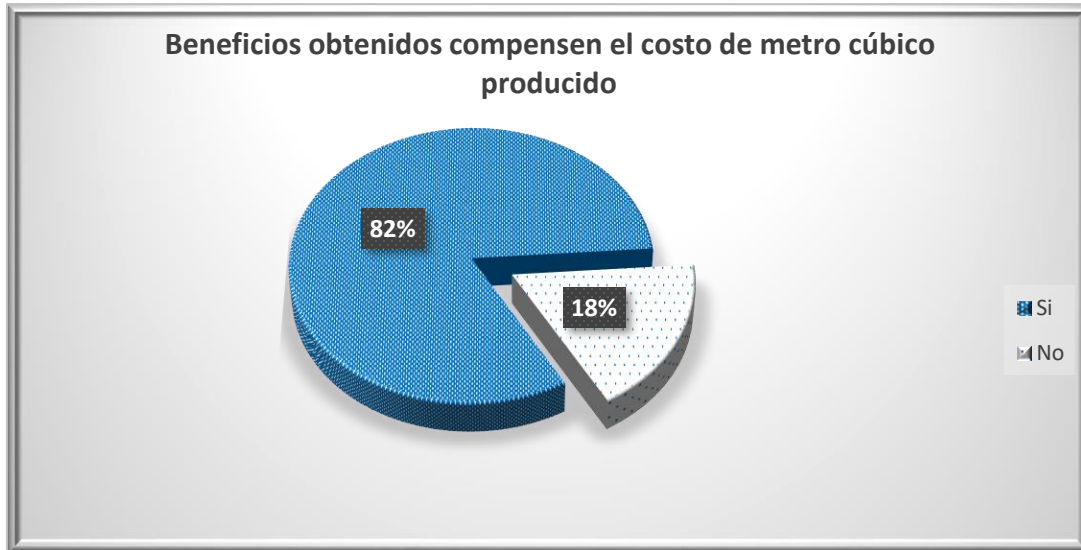


Gráfico 33. Nivel de satisfacción en que los beneficios obtenidos compensen el costo del agua producida

La tabla 34 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron a la satisfacción que los beneficios obtenidos compensan el costo del metro cúbico de agua tratada producida. De los gráficos 32 y 33 se puede ver que 337 personas están satisfechas por la condición descrita, lo que representa el 82% de la población encuestada se sentiría muy cómoda con que los beneficios obtenidos compensen el costo de agua tratada.

4.1.7.3 Nivel de calidad

a) Agua cristalina (sin turbidez)

Tabla 35. Calidad. Agua cristalina

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Calidad	Agua cristalina (sin turbidez)											
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	21	28
Usuarios	2	1	13	22	1	6	4	8	21	28	276	382
Total	2	1	13	22	1	7	4	8	25	30	297	410
%	0%	0%	3%	5%	0%	2%	1%	2%	6%	7%	72%	100%
	14%								86%			
	No								Si			

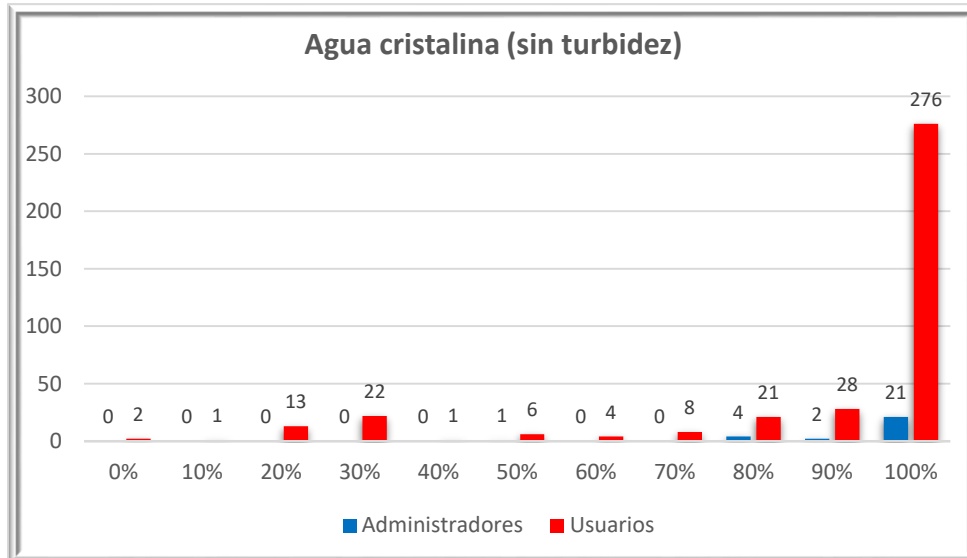


Gráfico 34. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua cristalina

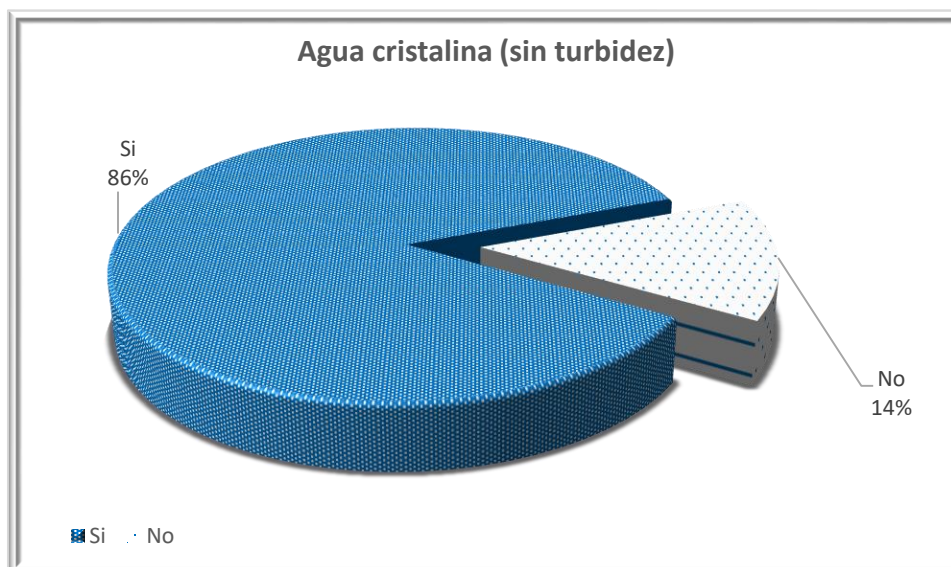


Gráfico 35. Nivel de calidad en agua tratada. Agua cristalina

La tabla 35 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron por la turbidez del agua tratada. De los gráficos 34 y 35 se puede ver que 352 personas se sienten bien por la condición descrita, lo que representa que para el 86% de la población encuestada el nivel de cristalinidad del agua es importante en la calidad de la misma.

b) Agua inolora

Tabla 36. Calidad. Agua inolora

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Calidad	Agua inolora											
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	21	28
Usuarios	11	4	13	21	3	10	2	10	19	26	263	382
Total	11	4	13	21	3	10	3	11	22	28	284	410
%	3%	1%	3%	5%	1%	2%	1%	3%	5%	7%	69%	100%
19%									81%			
No									Si			

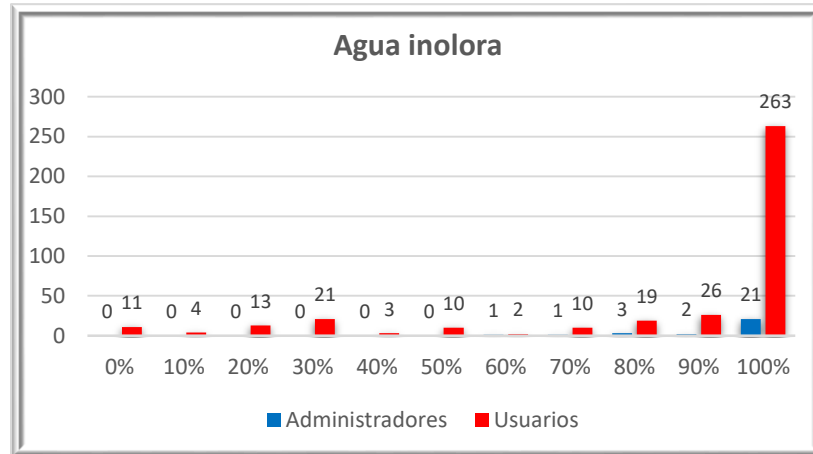


Gráfico 36. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua inolora

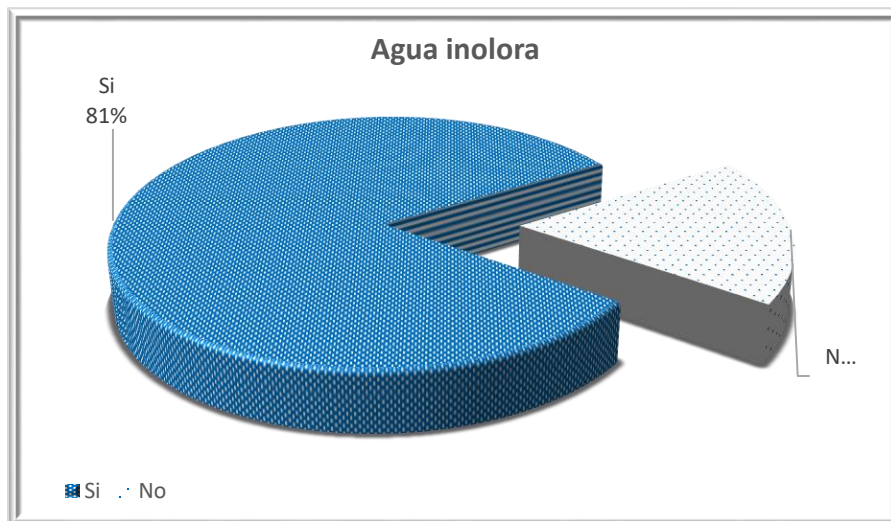


Gráfico 37. Nivel de calidad en agua tratada. Agua inolora

La tabla 36 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron por el olor del agua tratada. De los gráficos 36 y 37 se puede ver que 334 personas se sienten bien por la condición descrita, lo que representa el 81% de la población encuestada considera importante que el agua utilizada no debería tener olor.

c) Agua sin sabor

Tabla 37. Calidad. Agua sin sabor

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Calidad	Agua sin sabor											Total
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	1	0	1	0	2	3	3	18	28
Usuarios	13	5	13	20	5	12	3	7	18	29	257	382
Total	13	5	13	21	5	13	3	9	21	32	275	410
%	3%	1%	3%	5%	1%	3%	1%	2%	5%	8%	67%	100%
20%									80%			
No									Si			

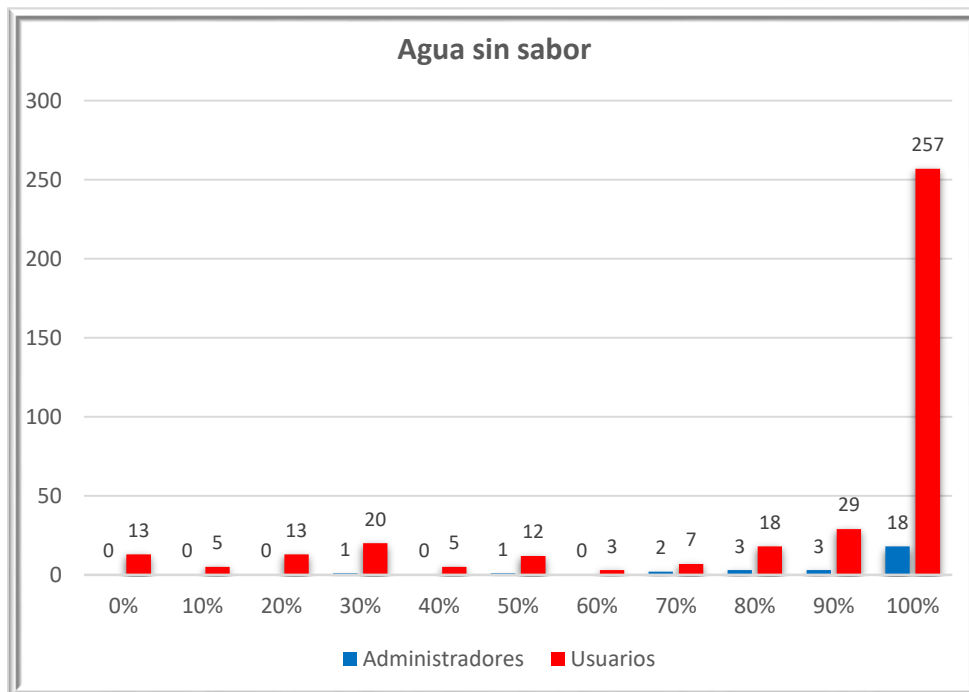


Gráfico 38. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua sin sabor

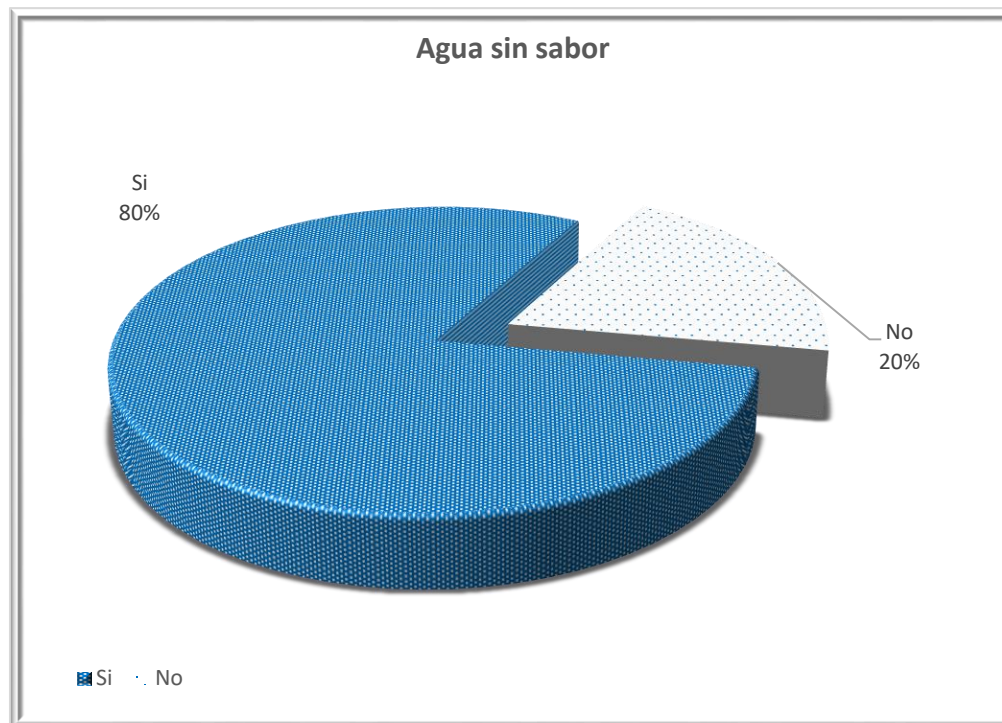


Gráfico 39. Nivel de calidad en agua tratada. Agua sin sabor

La tabla 37 muestra la calificación que los usuarios y administradores colocaron por el sabor del agua tratada. De los gráficos 38 y 39 se puede ver que 328 personas se sienten bien por la condición descrita, lo que representa el 80% de la población encuestada considera que el agua utilizada no debería tener sabor.

d) Agua libre de partículas de suciedad grandes

Tabla 38. Calidad. Agua libre de partículas de suciedad grandes

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Calidad	Agua libre de partículas de suciedad grandes											
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	1	0	0	0	0	5	1	21	28
Usuarios	7	4	11	21	3	3	5	6	18	24	280	382
Total	7	4	11	22	3	3	5	6	23	25	301	410
%	2%	1%	3%	5%	1%	1%	1%	1%	6%	6%	73%	100%
	15%								85%			
	No								Si			

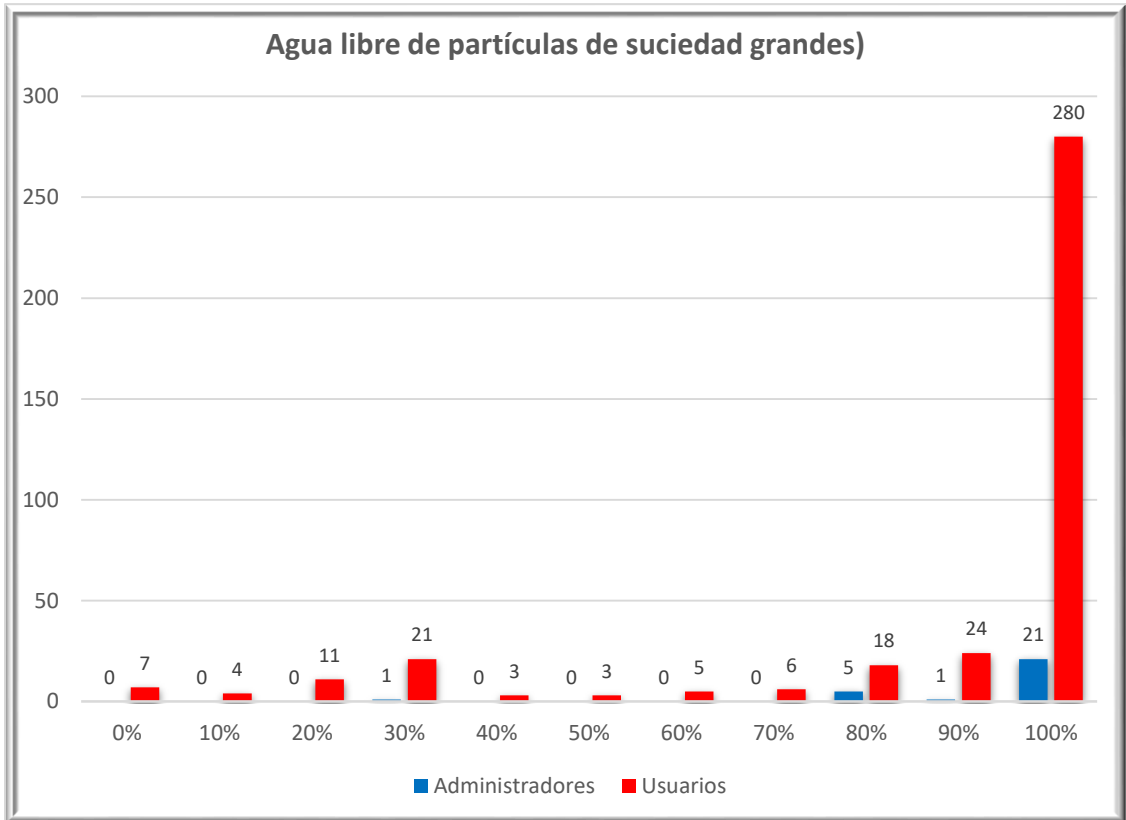


Gráfico 40. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de partículas

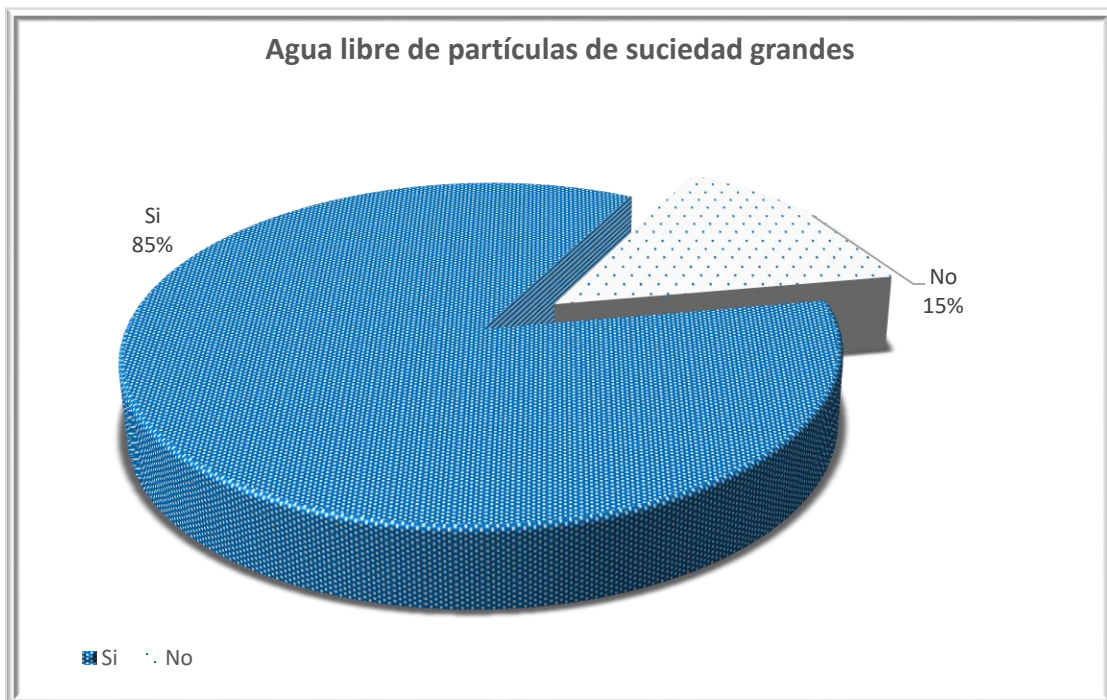


Gráfico 41. Nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de partículas de suciedad

La tabla 38 muestra la calificación que los usuarios y administradores colocaron a causa de que el agua tratada está libre de partículas de suciedad grandes. De los gráficos 39 y 40 se puede ver que 349 personas se sienten bien por la condición descrita, lo que representa el 85% de la población encuestada considera que el agua utilizada no debe tener partículas de suciedad grandes.

e) Agua libre de grasa

Tabla 39. Calidad. Agua libre de grasa

Calificación obtenida	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Calidad	Agua libre de grasa											
Poblacion	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Administradores	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	23	28
Usuarios	4	4	12	20	2	4	6	5	17	26	282	382
Total	4	4	12	20	2	4	6	5	21	27	305	410
%	1%	1%	3%	5%	0%	1%	1%	1%	5%	7%	74%	100%
									14%		86%	
									No		Si	

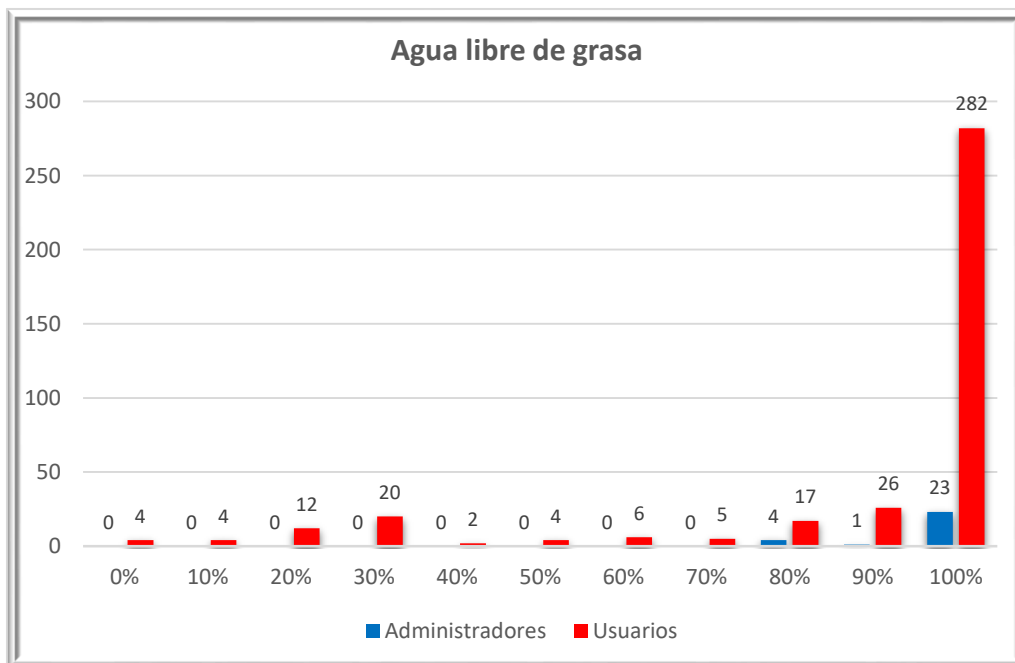


Gráfico 42. Calificación de nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de grasa

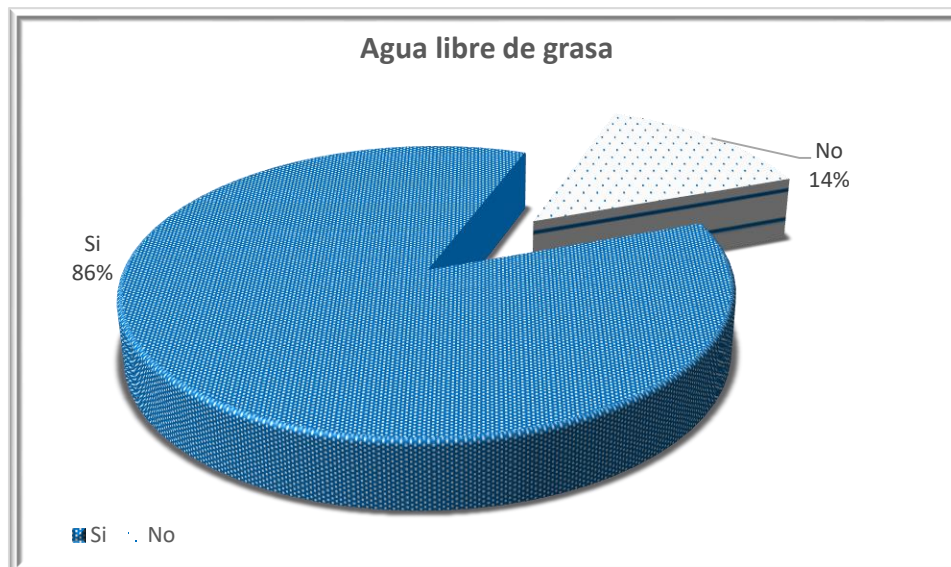


Gráfico 43. Nivel de calidad en agua tratada. Agua libre de grasa

La tabla 39 muestra la calificación que los usuarios y administradores colocaron a causa de que el agua tratada está libre de grasa. De los gráficos 42 y 43 se puede ver que 353 personas se sienten bien por la condición descrita, lo que representa el 86% de la población encuestada les gustaría que el agua utilizada esté libre de grasa.

4.1.7.4 Beneficios obtenidos

- a) Preservar los recursos de agua dulce

Tabla 40. Preservar los recursos de agua dulce

Calificación obtenida	1	2	3	4	5	Total
Beneficios	Preservar los recursos de agua dulce					
Poblacion	20%	40%	60%	80%	100%	
Administradores	0	0	2	1	25	28
Usuarios	7	11	26	47	291	382
Total	7	11	28	48	316	410
%	2%	3%	7%	12%	77%	100%
	11%			89%		
	No			Si		

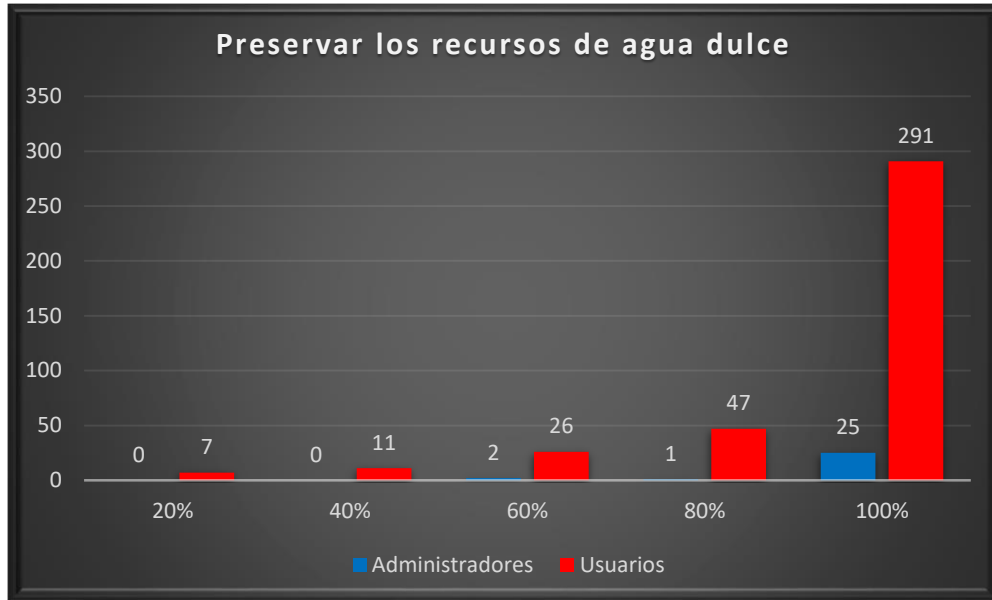


Gráfico 44. Calificación de preservar los recursos de agua dulce

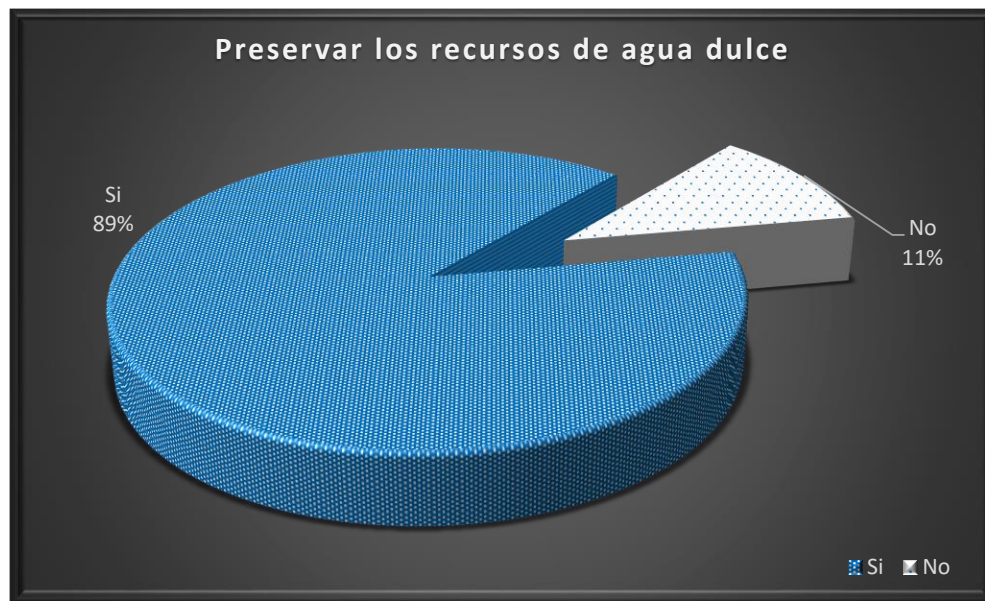


Gráfico 45. Preservar los recursos de agua dulce

La tabla 40 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron al beneficio de preservar los recursos de agua dulce al utilizar agua reciclada, tomando la calificación de 4 a 5 como un “Si” y las calificaciones debajo de estos parámetros como un “No”, y de los gráficos 44 y 45 se puede ver que 364 personas consideran que es beneficioso en tratar el agua residual, así

que el 89% de la población considera que se preservan los recursos de agua dulce al utilizar aguas residuales tratadas.

b) Preservar las fuentes acuíferas subterráneas

Tabla 41. Preservar las fuentes acuíferas subterráneas

Calificación obtenida	1	2	3	4	5	Total
Beneficios	Preservar las fuentes acuíferas subterráneas					
Poblacion	20%	40%	60%	80%	100%	
Administradores	0	0	3	1	24	28
Usuarios	6	8	29	61	278	382
Total	6	8	32	62	302	410
%	1%	2%	8%	15%	74%	100%
	11%			89%		
	No			Si		

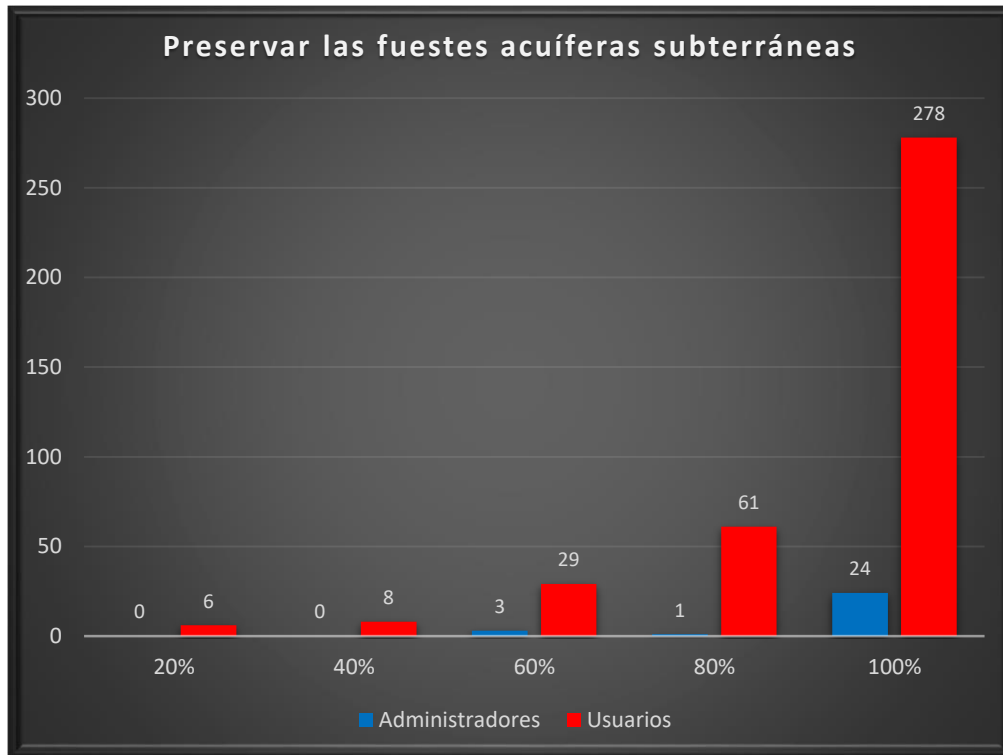


Gráfico 46. Calificación de preservar las fuentes acuíferas subterráneas



Gráfico 47. Preservar las fuentes acuíferas subterráneas

La tabla 41 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron al beneficio de preservar las fuentes acuíferas subterráneas al utilizar agua reciclada, tomando la misma referencia de calificación de “Si” y “No”, de los gráficos 46 y 47 se puede ver que 364 personas consideran que es beneficioso en tratar el agua residual, así que el 89% de la población considera que se preservan las fuentes acuíferas subterráneas al hacerlo.

c) Minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes

Tabla 42. Minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes

Calificación obtenida	1	2	3	4	5	Total
Beneficios	Minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes					
Poblacion	20%	40%	60%	80%	100%	
Administradores	0	0	1	4	23	28
Usuarios	6	11	27	47	291	382
Total	6	11	28	51	314	410
%	1%	3%	7%	12%	77%	100%
	11%			89%		
	No			Si		

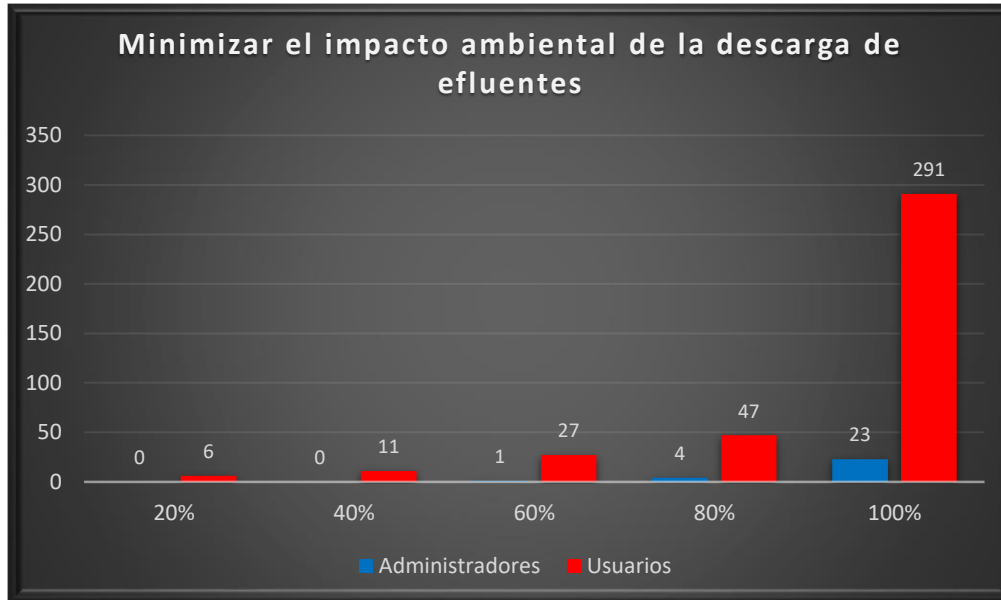


Gráfico 48. Calificación de minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes

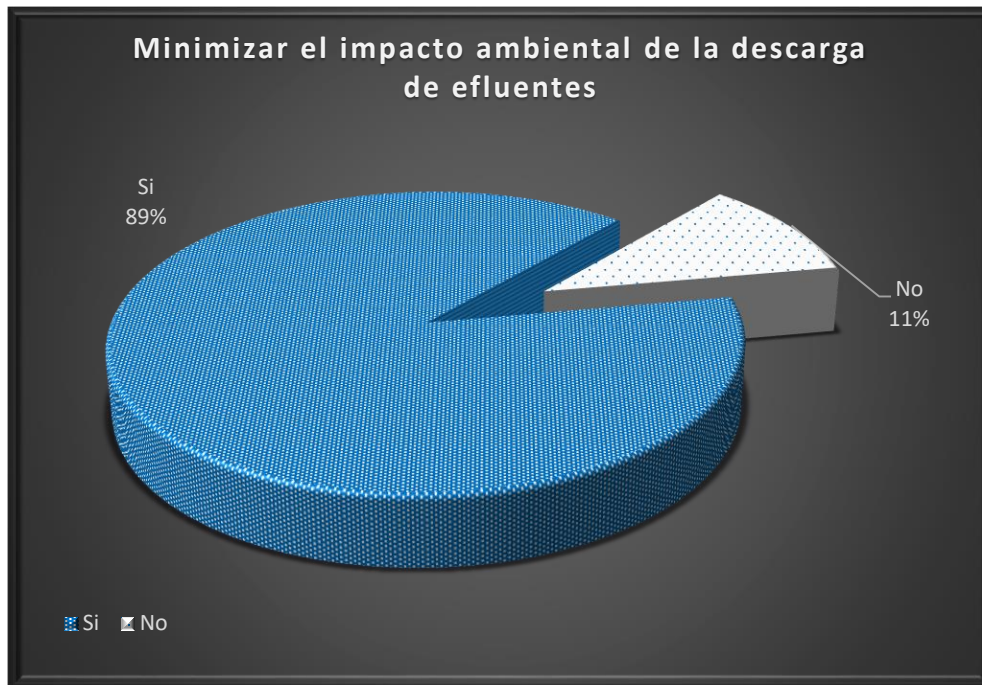


Gráfico 49. Minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes

La tabla 42 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron al beneficio de que se minimizan el impacto ambiental al verter el agua residual a los afluentes por utilizar agua reciclada y de los gráficos 48 y 49 se puede ver que 365 personas consideran que es

beneficioso en tratar el agua residual, así que el 89% de la población considera que el realizar el reciclaje de agua minimiza el impacto ambiental de la descarga de los efluentes de los edificios.

d) Reducción de la facturación del servicio público

Tabla 43. Reducción de la facturación del servicio público

Calificación obtenida	1	2	3	4	5	Total
Beneficios	Reducción de la facturación del servicio público					
Poblacion	20%	40%	60%	80%	100%	
Administradores	0	0	0	4	24	28
Usuarios	8	7	36	43	288	382
Total	8	7	36	47	312	410
%	2%	2%	9%	11%	76%	100%
	12%			88%		
	No			Si		

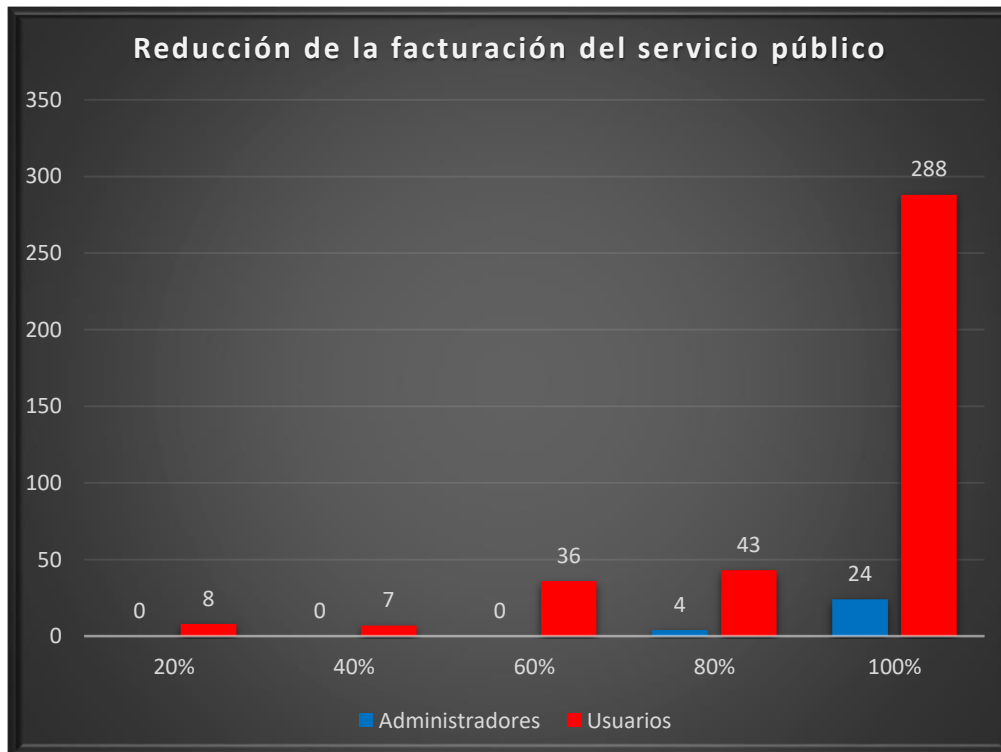


Gráfico 50. Calificación de reducción de facturación del servicio público

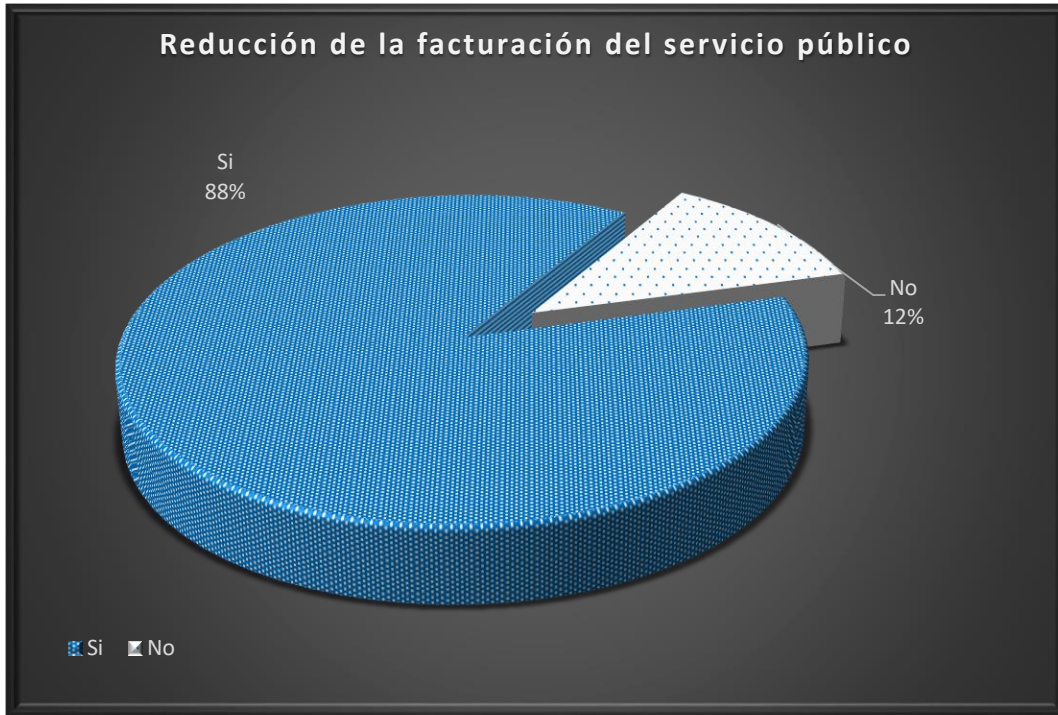


Gráfico 51. Reducción de facturación del servicio publico

La tabla 43 muestra la calificación que los usuarios y administradores dieron al beneficio de reducir la facturación del servicio potable público por utilizar agua reciclada y de los gráficos 50 y 51 se puede ver que 359 personas consideran que es beneficioso en tratar el agua residual, así que el 89% de la población considera que el realizar el reciclaje de agua ayuda en la reducción de la factura del servicio de agua que existe en la ciudad donde están los edificios.

4.1.8 Demanda de agua

La demanda de agua viene dada por un parámetro estándar ofrecido por el SANAA, como se mencionó en el enunciado 4.1.4 y con los cálculos de las tablas 18 y 19, para este estudio se tiene que un usuario para satisfacer sus necesidades en su visita requiere un consumo de 121.68 litros por día. Es decir que para 213 personas y a partir de la información anterior de consumo diario de agua por usuario se calculó la siguiente información:

Tabla 44. Consumo diario x usuario

Cantidad de usuarios	Consumo diario (ltrs)	Consumo total (m ³)
213	121.68	12.2

4.2 Aplicabilidad

La propuesta de reciclaje de aguas residuales se basa en el análisis de las características que son esenciales para buscar la calidad que según las normativas se requieren y así determinar el método más adecuado para el volumen de agua residual que los templos y casas de huéspedes producen, calculando el costo-beneficio resultante e incluyendo el aporte de los usuarios y así lograr proporcionar una agua reciclada de calidad que sea útil para el riego de los jardines de estos edificios y disminuir la demanda de agua local en el tiempo de mayor consumo al año.

El diagnóstico inicia con obtener mediante un análisis por un laboratorio certificado las características de las aguas residuales que producen los templos, éstos cuatro análisis (físico, químico, biológico y técnico) y sus resultados son esenciales para el desarrollo de diseño o tipo de planta de tratamiento a utilizar. Características como las grasas, turbidez, los sólidos en suspensión, las bacterias coliformes, el pH, Demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno, Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), alcalinidad, la tabla 15 muestra los resultados del análisis templo y sus valores máximos permisibles, sin embargo, como se mencionó en apartado 4.1.2.12 la relación BDO5/DQO es la que determina el tratamiento a recibir.

La tabla 45 muestra el instrumento guía que puede ser utilizado para registrar los resultados obtenidos en el laboratorio y además para compararlo con los valores que según la norma ambiental nacional deben existir en aguas residuales para el tipo de instalación.

Tabla 45. Formulario para registrar parámetros del agua residual

Información General de la Muestra

Ubicación:		Fecha:			
Dirección:		Tomada por:			
Resultados de análisis fisicoquímicos de muestras de agua					
Tipo de Agua	Número de Parámetro	Parámetros	Valor Medido	Valor Requerido	Notas
Agua Residual	P1	Turbidez			
	P2	Olor			
	P3	Sólidos en suspensión			
	P4	Grasas			
	P5	Cloruros			
	P6	NTK			
	P7	pH			
	P8	Alcalinidad			
	P9	DQO			
	P10	DBO5			
	P11	Bacterias coliformes			
Agua regenerada	P13	pH			
	P14	Sólidos disueltos			
	P15	Conductividad eléctrica			
	P16	Absorción de sodio (RAS)			
	P17	Alcalinidad Total			
	P18	Dureza Total			

Además de conocer las características fisicoquímicas del agua residual es necesario obtener el volumen de cada tipo de descarga, es necesario aclarar que el agua lluvia no requiere tratamiento para ser reutilizada para riego pero como esta será almacenada en un tanque junto con el agua gris ya tratada, es necesario conocer el volumen total que será almacenado para seleccionar el tamaño de tanque correcto para el proyecto. La tabla 46 muestra el instrumento que será utilizado para llevar un registro mensual de las descargas de agua de las instalaciones.

Tabla 46. Registro mensual de volumen de descargas de aguas residuales

REGISTRO MENSUAL DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES					
Ubicación:		Mes:			
Dirección:		Validado por:			
Fecha (día)	Volumen de agua gris (m3)	Volumen de agua negra (m3)	Volumen de agua lluvia (m3)	Notas	Calculado por
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
Total					

Los parámetros de la calidad de agua para riego se definieron con anterioridad (ver tabla 17), el agua tratada deberá estar dentro de estos rangos para su utilización, ambos sistemas en estudio cumplen estos parámetros (ver figura 8 y 11).

Como parte de la selección de método de tratamiento más adecuado para los fines que se buscan se realiza el análisis de coste de ciclo de vida con la ayuda de la tabla 47, donde usando el costo del equipo, los costos variables, fijos y de mantenimiento junto con la vida útil de cada equipo, se calculan dos datos importantes como lo son el costo por metro cubico y el coste del ciclo de vida anual:

Tabla 47. Análisis de coste de ciclo de vida

Ítem	Detalle	A	B
1	Costo de Equipo US\$	A1	B1
Costo de Operación			
2	Costo Variable / m ³	A2	B2
3	Costo fijo anual	A3	B3
4	m ³ producidos / año	A4	B4
5	Vida Útil (años)	A5	B5
6	Costo anual de mantenimiento	A6	B6
7	Inverstión Total (en vida util)	$A7=A1+(A2*A4*A5)+(A6*A5)$	$B7=B1+(B2*B4*B5)+(B6*B5)$
8	CCV anual	A7/A5	B7/B5
9	Costo x m ³ (Cm ³)	A8/A4	B8/B4

La información en la tabla 48 muestra datos generales de los sistemas de tratamiento en estudio, y estos son parte útil en la selección:

Tabla 48. Información general de sistemas de tratamiento de agua residual

Información	Biodigestor	Sistema Fusion
Costo	\$ 49,384.00	\$ 59,665.00
Vida Útil	35 años	50 años
Eficiencia	>90%	>90%
Capacidad	14 m ³	14 m ³
Medidas	Diámetro: 2.4 m x altura 2.65 m	Largo:4.7 m x Ancho: 2.4 m x Alto: 2.5m
Nivel de Ruido	Bajo	Bajo
Nivel de Olor	Bajo	Bajo

Fuente: (Clarus enviromental, 2014)

Conociendo el volumen a reciclar, el análisis del coste de ciclo de vida el coste de ciclo de vida de ambos sistemas se tiene suficiente información para usar la tabla 49 que contiene la matriz de decisión con los indicadores de la variable métodos los cuales reciben un peso de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto) y ésta junto con el análisis de costo-beneficio (ver tabla 50) donde se hace la relación del costo del metro cubico local y el costo producido, así concluir cual es el sistema más conveniente para ser incorporado al sistema de alcantarillado del templo.

Tabla 49. Matriz de decisión de sistema de tratamientos disponibles

Características Evaluadas (1-5)	Peso	Método A		Método B	
		Puntuación	Ponderada	Puntuación	Ponderada
1. Costo Total	0.30				
2. Eficiencia	0.20				
3. Vida Útil	0.20				
4. Espacio Requerido	0.10				
5. Nivel de Ruido	0.10				
6. Nivel de Olor Generado	0.10				
Puntuación Total	1.00				

Tabla 50. Análisis costo-beneficio

Método	Costo de m ³ Local	Costo de m ³ producido	Costo/Beneficio (C/B)
Sistema A			
Sistema B			

$$C/B = (\text{Costo } m^3 \text{ servicio local}) / (\text{Costo } m^3 \text{ producido})$$

- Si el C/B es mayor que 1 significa que el método seleccionado es rentable
- Si el C/B es menor o igual que 1 significa que el método seleccionado no es rentable



Figura 12. Figura de aplicabilidad

4.3 Plan general de trabajo

4.3.1 Estructura de desglose del trabajo

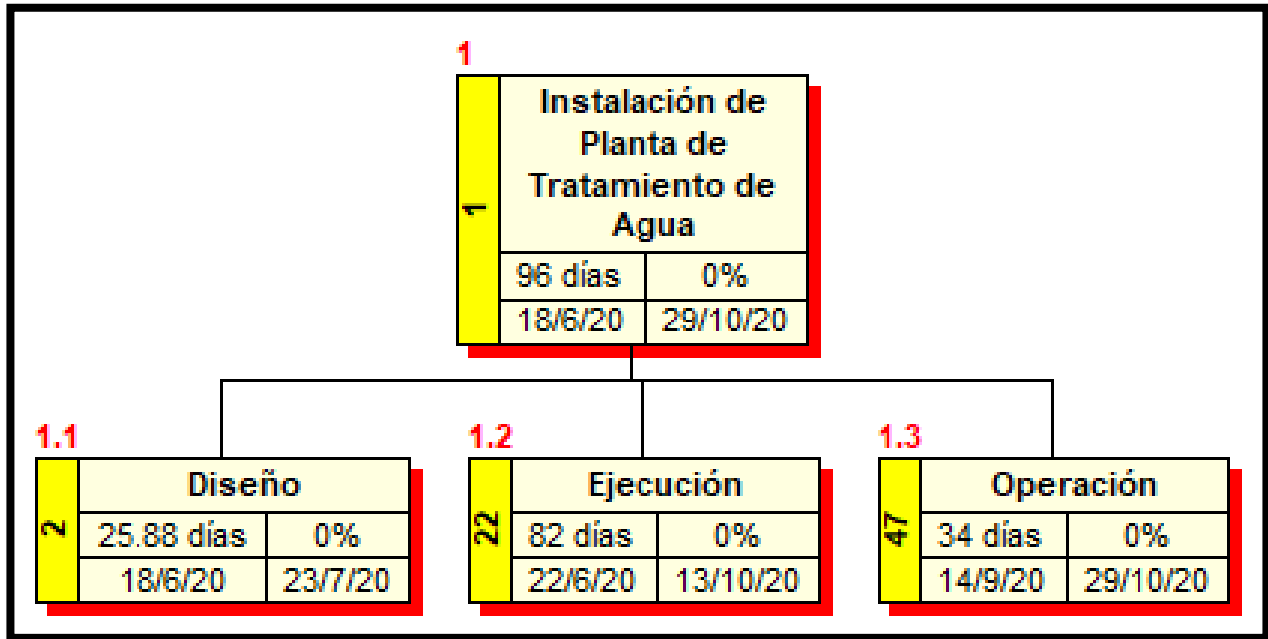


Figura 13. EDT de instalación de una EDAR (nivel 2)

La figura 13 muestra la estructura de desglose de trabajo propuesta para el proyecto de reciclaje de agua. El proyecto se ha dividido en tres fases principales: diseño, ejecución y operación.

La fase de diseño comprende todas las actividades previas a la ejecución física del proyecto, va desde la definición del alcance hasta la entrega de todas las especificaciones y planos de ejecución de obra; la fase de ejecución comprende todas las actividades relacionadas con la realización de los trabajos físicos en el sitio y; la fase de operación incluye todo lo relacionado con la puesta en marcha del sistema instalado.

Un detalle más completo para cada una de las fases hasta llegar al nivel 4 de la EDT se muestra a continuación.

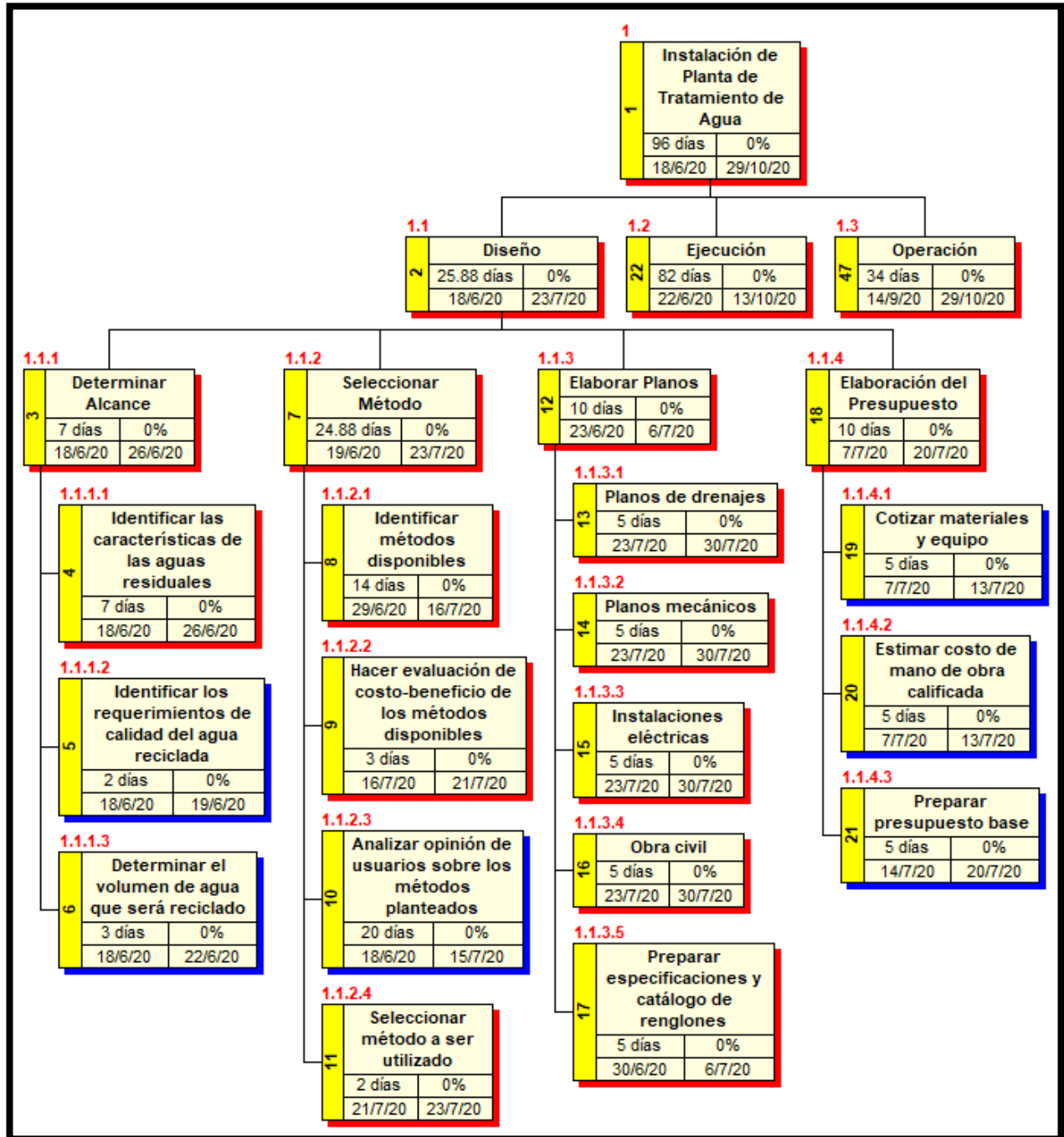


Figura 14. EDT instalación de una EDAR (fase de diseño)

La fase de diseño del proyecto (véase la figura 14) incluye la completación de tres paquetes de trabajo principales: determinar el alcance, seleccionar el método y elaborar planos, la tabla siguiente muestra el detalle de las actividades de esta fase.

Tabla 51. Diccionario de la EDT (fase de diseño)

DICCIONARIO DE LA EDT – FASE DE DISEÑO		
CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
1.1	Diseño	Diseñar la EDAR
1.1.1	Determinar alcance	Definir el alcance del proyecto
1.1.1.1	Identificar las características de las aguas residuales	Tomar y analizar las muestras de los diferentes tipos de aguas residuales en un laboratorio industrial
1.1.1.2	Identificar los requerimientos de calidad del agua reciclada	Investigar los requisitos (parámetros) que debe tener el agua una vez reciclada para poder ser reutilizada en las actividades de riego
1.1.1.3	Determinar el volumen de agua que será reciclado	Llevar un registro histórico de las cantidades de agua que son descargadas (como agua residual) por un periodo de al menos un mes
1.1.2	Seleccionar método	Seleccionar el método que será utilizado para el reciclaje del agua
1.1.2.1	Identificar métodos disponibles	Buscar en el mercado local y fuera de este los métodos de tratamiento de agua que pueden ser utilizados
1.1.2.2	Hacer evaluación costo-beneficio de los métodos disponibles	Llevar a cabo un análisis del costo de ciclo de vida y de costo-beneficio para comparar las opciones identificadas
1.1.2.3	Analizar opinión de usuarios sobre los métodos planteados	Llevar a cabo encuestas de satisfacción entre los usuarios de los edificios para conocer su punto de vista sobre la propuesta de reciclaje de agua
1.1.2.4	Seleccionar método a ser utilizado	Definir el método de reciclaje (tratamiento) que será usado en el proyecto
1.1.3	Elaborar planos	Preparar toda la documentación necesaria para licitar el proyecto
1.1.3.1	Planos de drenajes	Elaborar planos de drenaje para llevar el agua residual hacia la EDAR
1.1.3.2	Planos mecánicos	Elaborar planos de la EDAR, incluir detalle de marca, modelo y capacidad de esta
1.1.3.3	Instalaciones eléctricas	Elaborar planos para alimentar eléctricamente la EDAR
1.1.3.4	Obra civil	Elaborar planos para ejecutar toda la obra civil requerida para la instalación de la EDAR
1.1.3.5	Preparar especificaciones y catálogo de renglones	Preparar el documento que contenga todas las especificaciones necesarias para la ejecución del proyecto así como una catálogo de renglones para la presentación de la oferta económica
1.1.4	Elaboración del presupuesto	Preparar un presupuesto detallado para obtener los fondos para la ejecución del proyecto
1.1.4.1	Cotizar materiales y equipo	Cotizar todos los materiales y equipo que serán requeridos para la ejecución del proyecto
1.1.4.2	Estimar costo de mano de obra calificada	Estimar la cantidad de mano de obra y el costo de esta que será requerido para la ejecución del proyecto
1.1.4.3	Preparar presupuesto base	Preparar un presupuesto base para usar en el análisis de las ofertas económicas que sean presentadas

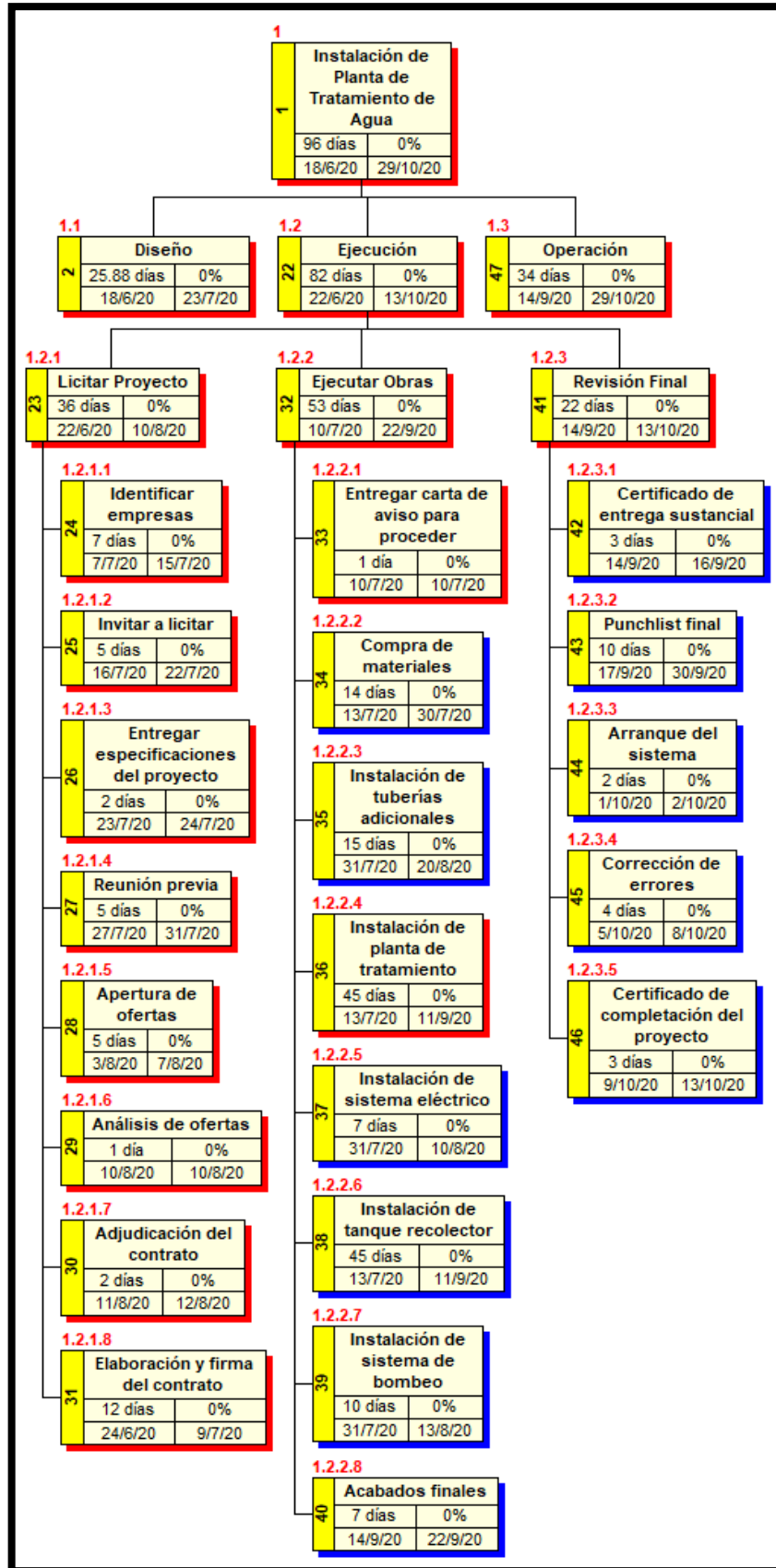


Figura 15. EDT instalación de una EDAR (fase de ejecución)

La fase de ejecución del proyecto (véase la figura 15) incluye la completación de tres paquetes de trabajo principales: licitar proyecto, ejecutar obras y revisión final, la tabla 52 muestra el detalle de las actividades de esta fase.

Tabla 52. Diccionario de la EDT (fase de ejecución)

DICCIONARIO DE LA EDT – FASE DE EJECUCIÓN		
CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
1.2	Ejecución	Ejecutar el proyecto
1.2.1	Licitación proyecto	Licitación la ejecución de las obras del proyecto
1.2.1.1	Identificar empresas	Identificar las empresas que podrían llevar a cabo el trabajo
1.2.1.2	Invitar a licitar	Enviar carta de invitación a licitar a las empresas identificadas, solicitar respuesta por escrito
1.2.1.3	Entregar especificaciones del proyecto	Entregar paquete de especificaciones y catálogo de renglones del proyecto a las empresas que hayan manifestado de deseo de participar en la licitación
1.2.1.4	Reunión previa	Reunirse con todos los ofertantes en el sitio de la obra para discutir los alcances y resolver dudas
1.2.1.5	Apertura de ofertas	Entrega de ofertas y apertura frente a testigos
1.2.1.6	Análisis de ofertas	Analizar las ofertas presentadas (análisis de franjas) pero identificar la mejor oferta válida
1.2.1.7	Adjudicación del contrato	Notificar por escrito a la empresa ganadora de la licitación y agradecer a los demás participantes
1.2.1.8	Elaboración y firma del contrato	Preparar y firmar el contrato de ejecución de obras del proyecto
1.2.2	Ejecutar obras	Ejecutar todas las obras del proyecto
1.2.2.1	Entregar carta de aviso para proceder	Enviar carta de aviso para proceder al contratista indicando el día que puede comenzar con la ejecución del proyecto
1.2.2.2	Compra de materiales	Comprar materiales necesarios para la ejecución de las obras
1.2.2.3	Instalación de tuberías adicionales	Instalar tuberías adicionales para llevar el agua hacia la EDAR y de esta a la cisterna de irrigación
1.2.2.4	Instalación de planta de tratamiento	Instalar físicamente la planta de tratamiento en el sitio designado
1.2.2.5	Instalación de sistema eléctrico	Instalar la red eléctrica que alimentará la EDAR y el sistema de bombeo
1.2.2.6	Instalación de tanque recolector	Instalar el tanque recolector del agua reciclada
1.2.2.7	Instalación de estación de bombeo	Instalar el equipo de bombeo que llevará el agua hacia la cisterna de riego
1.2.2.8	Acabados finales	Completar acabados finales de las obras
1.2.3	Revisión final	Revisar completación de los trabajos
1.2.3.1	Certificado de entrega sustancial	Elaborar y entregar el certificado de entrega sustancial de los trabajos del proyecto
1.2.3.2	Punchlist final	Elaborar listado final de correcciones

Continuación de tabla 52

DICCIONARIO DE LA EDT – FASE DE EJECUCIÓN		
CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
1.2.3.3	Arranque del sistema	Poner en marcha el sistema de reciclaje de agua
1.2.3.4	Corrección de errores	Identificar y corregir cualquier error que pueda presentarse una vez el sistema está funcionando
1.2.3.5	Certificado de completación del proyecto	Entregar el certificado de completación de trabajo al contratista para hacer el pago final del proyecto

La figura 16 muestra el detalla de las actividades de la fase de operación.

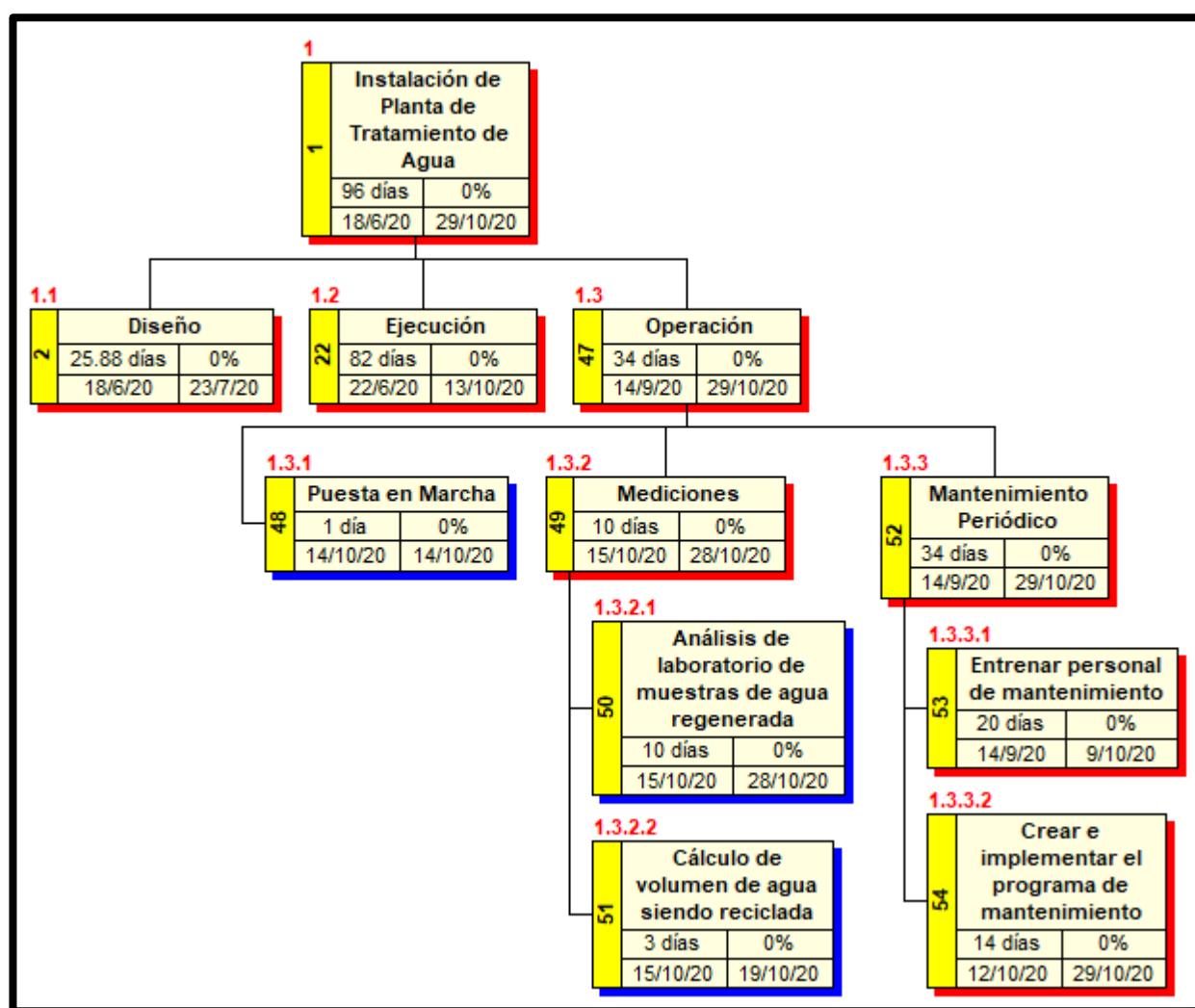


Figura 16. EDT instalación de una EDAR (fase de operación)

La fase de operación incluye la completación de tres paquetes de trabajo principales: puesta en marcha, mediciones y mantenimiento periódico, la descripción de las actividades de estos paquetes de trabajo se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 53. Diccionario de la EDT (fase de operación)

DICCIONARIO DE LA EDT – FASE DE OPERACIÓN		
CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
1.3	Operación	Operación normal del sistema de tratamiento de agua
1.3.1	Puesta en marcha	Iniciar la operación normal del sistema de tratamiento después de las pruebas realizadas y la corrección de errores
1.3.2	Mediciones	Medir parámetros de funcionamiento del sistema
1.3.2.1	Análisis de laboratorio de muestras de agua regenerada	Tomar muestras de agua reciclada y llevar al laboratorio industrial para verificar si la calidad del agua corresponde a lo indicado y recomendar ajustes en el funcionamiento del sistema si fuera necesario
1.3.2.2	Cálculo de volumen de agua siendo reciclada	Llevar un registro diario del volumen de agua que está siendo regenerado por la EDAR
1.3.3	Mantenimiento periódico	Mantenimiento de la EDAR
1.3.3.1	Entrenar personal de mantenimiento	Entrenar al personal que estará a cargo de la operación de la EDAR y capacitar para llevar a cabo las actividades de mantenimiento requeridas
1.3.3.2	Crear e implementar el programa de mantenimiento	Crear un programa completo de mantenimiento de la EDAR, incluir actividades mensuales, trimestrales, semestrales y anuales, agregar las tareas de mantenimiento al plan de mantenimiento de la propiedad

4.3.2 Cronograma de actividades

La figura 17 muestra el diagrama de Gantt propuesto para la ejecución del proyecto, dicho diagrama fue elaborado mediante el uso del programa Microsoft Project 2003 y muestra las relaciones de dependencia entre las diferentes actividades del proyecto.

Se estima que la ejecución del proyecto desde la fase de diseño hasta la operación normal del sistema requerirá un total de 96 días si no hubiera atrasos u otros contratiempos que no puedan ser recuperados.

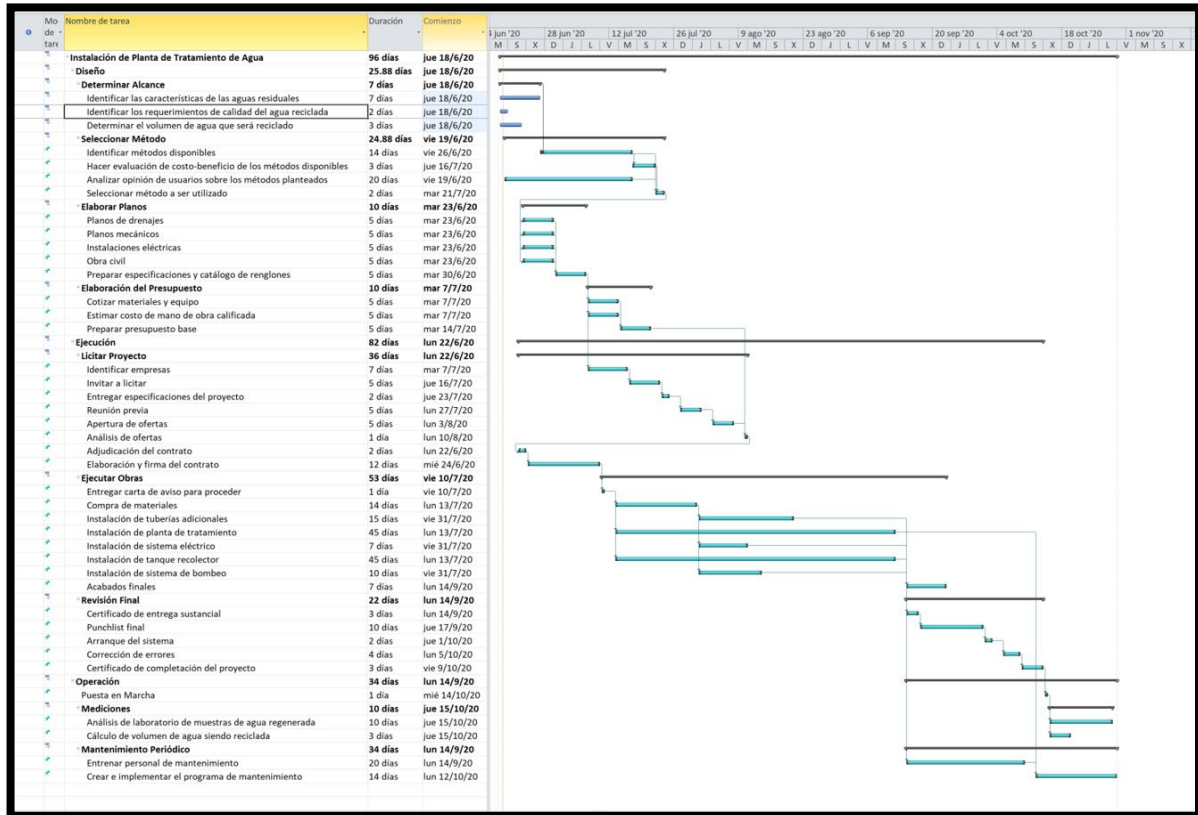


Figura 17. Diagrama de Gantt del proyecto de instalación de un sistema de reciclaje de agua

Las figuras 18, 19, 20 y 21 muestran en forma más detallada el cronograma de las actividades del proyecto en cada una de sus fases.

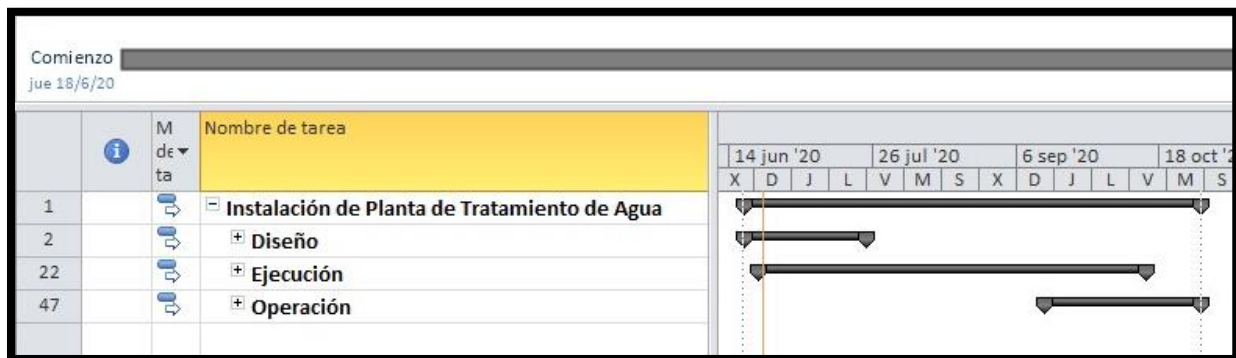


Figura 18. Diagrama de Gantt resumido del proyecto de recicla de agua residual

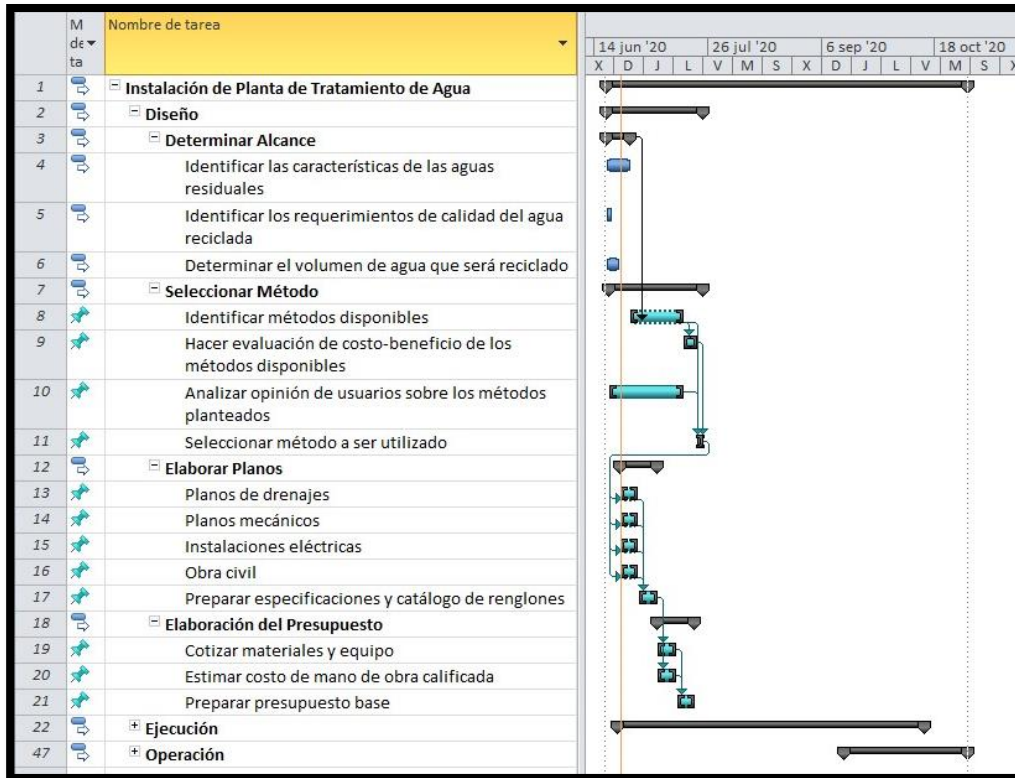


Figura 19. Diagrama de Gantt de la fase de diseño del proyecto

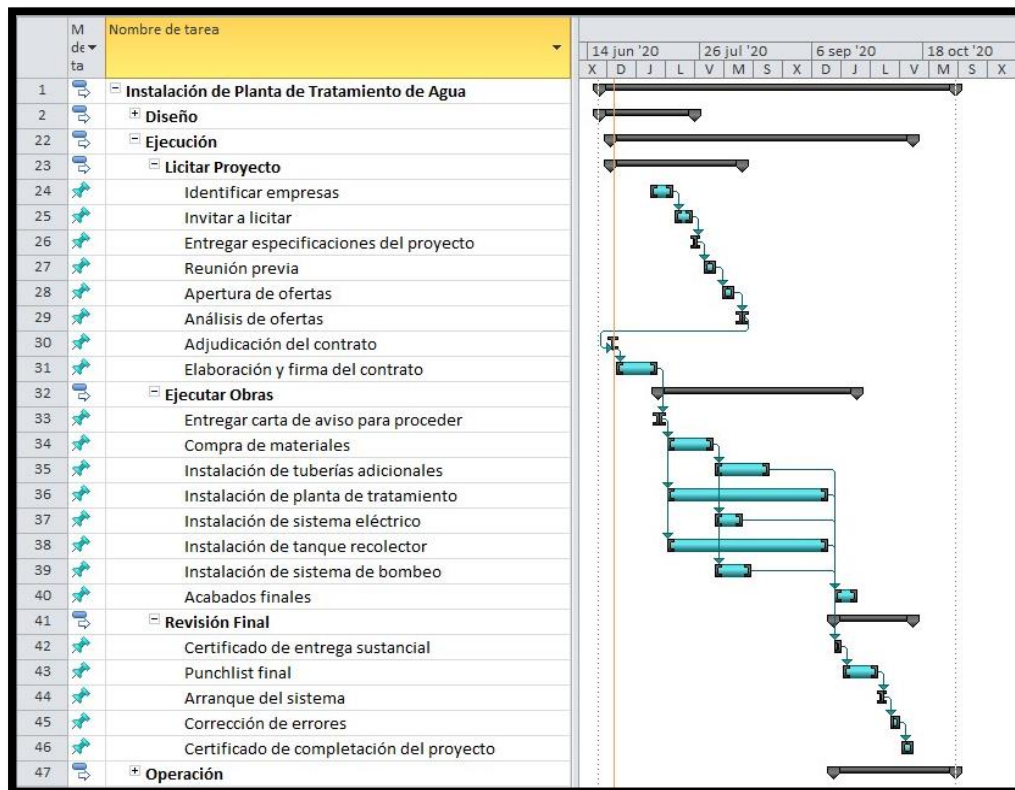


Figura 20. Diagrama de Gantt de la fase de ejecución del proyecto

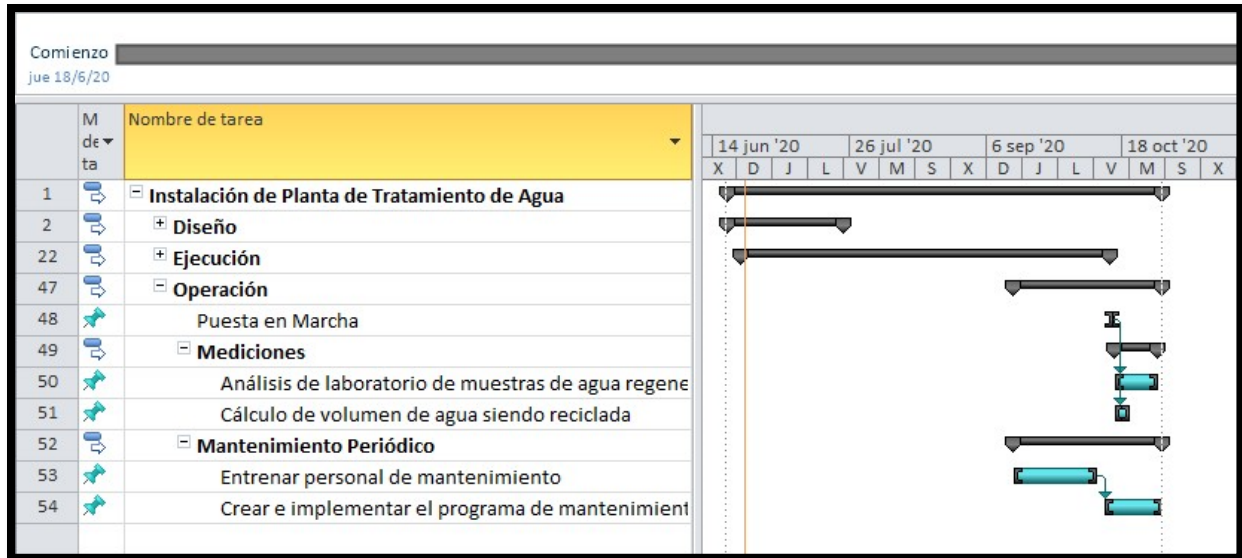


Figura 21. Diagrama de Gantt de la fase de operación

4.3.3 Presupuesto para la implementación

A continuación, se muestra el presupuesto para la instalación de sistema de tratamiento

Fusion:

Tabla 54. Presupuesto para implementación

Descripción	Valor
Elaboración de planos	\$ 250.00
Sistema Fusion	\$ 49,665.00
Sistema de cloración	\$ 1,500.00
Cisterna de almacenamiento	\$ 4,000.00
Bomba	\$ 1,500.00
Instalación eléctrica	\$ 600.00
Instalación de tubería	\$ 1,500.00
Otros	\$ 650.00
Total	\$ 59,665.00

El costo del sistema Fusion incluye su instalación en el lugar designado por el cliente, pago de impuestos locales y de importación. Se recomienda la instalación de un sistema Fusion

ZFL-3600 de 3,600 galones por día lo que es igual a 14 metros cúbicos, teniendo una holgura en capacidad de 1.8 m³ por día.

A continuación se muestra la planificación financiera para la instalación de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) Serie Fusion la cual como se mostró en la figura 13 tiene una duración de 96 días:

Tabla 55. Programación financiera de Método seleccionado

Programación Financiera				
Total x mes	\$ 24,716.00	\$ 33,299.00	\$ 1,000.00	\$ 650.00
Acumulado	\$ 24,716.00	\$ 58,015.00	\$ 59,015.00	\$ 59,665.00
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4

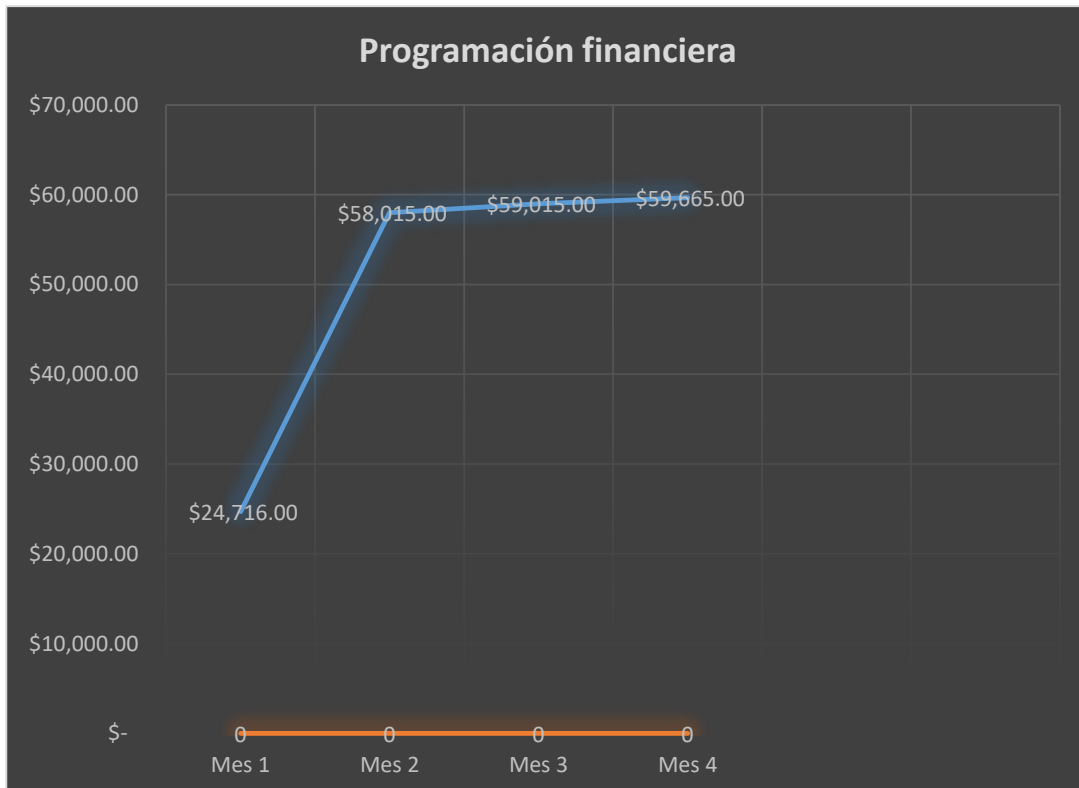


Gráfico 52. Programación financiera

4.3.4 Verificación de la concordancia del documento con el plan de acción

Tabla 56. Tabla de concordancia del plan de acción

Título de Investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Conclusiones	Recomendaciones	Plan de Acción
Sistema para el Reciclaje de aguas residuales en los Templos y Casas de Huéspedes Santos de los Últimos Días de Centro América y el Caribe.	Diseñar un plan de reciclaje de las aguas residuales de los templos y casas de huéspedes, mediante consideraciones de las características de las aguas residuales, los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada, el volumen de agua que será reciclada, los métodos de reciclaje disponibles en el mercado nacional e internacional, el costo de implementación del método disponible contrastando su beneficio y la satisfacción de los participantes por la calidad de agua tratada, con la finalidad de disminuir la demanda de agua potable.	Describir las características de las aguas residuales.	Ver conclusión 1 del capítulo 5, tablas 15 y 16 y gráficos del 2 al 11 del capítulo 4.	Ver recomendación 1 del capítulo 5.	Ver apartado 4.1.2 del capítulo 4
		Indicar los requerimientos de calidad para la reutilización de agua reciclada.	Ver conclusión 2 del capítulo 5, tabla 17 y figuras 8 y 10 del capítulo 4.	Ver recomendación 2 del capítulo 5.	Ver apartado 4.1.3 del capítulo 4.
		Determinar el volumen de agua que será reciclada.	Ver conclusión 3 del capítulo 5, tabla 18-19 y figura 7 del capítulo 4.	Ver recomendación 3 del capítulo 5	Ver apartado 4.1.4
		Identificar el mejor método de reciclaje de agua residual disponible localmente que permita usar el agua para aplicaciones domésticas e industriales.	Ver conclusión 4 del capítulo 5, tabla 20, gráfico 12 y figuras 6 y 9 del capítulo 4.	Ver recomendación 4 del capítulo 5	Ver apartado 4.1.5 y 4.3
		Analizar el costo-beneficio al implementar el método de reciclaje disponible.	Ver conclusión 5 del capítulo 5, tablas 21 a 24 del capítulo 4.	Ver recomendación 5 del capítulo 5	Ver apartado 4.1.6
		Describir la satisfacción de los participantes en cuanto a la calidad del agua reciclada.	Ver conclusión 6 del capítulo 5, tablas 25 a 43 y gráficos 14 al 51 del capítulo 4.	Ver recomendación 6 del capítulo 5	Ver apartado 4.1.7
		Calcular la disminución de la demanda de agua potable local.	Ver conclusión 7 del capítulo 5 y tabla 44 del capítulo 4	Ver recomendación 7 del capítulo 5	Ver apartado 4.1.8

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Estas conclusiones son el resultado del análisis de la investigación efectuada y las encuestas realizadas:

1. Los métodos de investigación usados para este estudio y la propuesta de reciclaje generada pueden utilizarse eficientemente con muy pocas adaptaciones en otro tipo de edificios e instalaciones, tales como: la industria hotelera, industrias de manufactura, parques y ornato y otras instalaciones con consumos de agua elevados debido a la afluencia de personas o actividades de mantenimiento frecuentes.
2. Las características de las aguas residuales del templo se pueden ver en la tabla 16, y esta muestra que estas están dentro de los parámetros permitidos para ser vertidos en nuestro caso en la alcantarilla, a excepción de las bacterias coliformes que están fuera del valor máximo admisible, para ello es necesario los sistemas de tratamiento de aguas residuales, algo que es favorable es que la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda biológica de oxígeno (DBO5) y la relación de estos están por debajo de los valores permisibles, lo que indica que el agua vertida puede ser tratada sin problemas.
3. La tabla 17 muestra los parámetros en la calidad requeridos en el agua de riego los cuales se pueden comparar con los datos de las figuras 8 y 10 las cuales tienen los datos del agua efluente del Biodigestor y sistema Fusion respectivamente, los cuales están bajo los parámetros de calidad requeridos para el uso del agua en

riego de jardines. Concluyendo que ambos sistemas son aptos para el propósito de este estudio.

4. Para el volumen de agua residual se determinó por el instrumento de Registro mensual de volumen de descargas (tabla 46) y las tablas 18 y 19 que muestra el promedio diario de agua que puede ser reciclado, se considera el templo 3 como el que recibe la mayor recepción de usuarios en la región de estudio, este muestra un volumen de agua residual de 12.2 m³, se sabe por experiencia vividas que este volumen de agua en días festivos puede subir hasta 14 m³, de allí la razón por la que los sistemas considerados están sobre dimensionados.
5. Los métodos fueron evaluados por una matriz de ponderación donde se consideraron factores como el costo, su eficiencia, la vida útil, el espacio requerido para ser instalado, el nivel de ruido y el nivel de olor generado, donde la mejor ponderación fue obtenida por el método el sistema Fusion, además que el agua tratada por este puede ser reutilizada directamente para riego si se realiza una cloración de la misma, a causa de que este sistema limpia mejor el agua por causa de las cámaras aeróbica y anaeróbica que tiene, lo cual es innovador, así como el sistema de recirculación de sedimentos para filtrar mejor el agua, no siendo así con el sistema de biodigestores.
6. Se concluye que ambos métodos de estudio (sistema Fusion y Biodigestores) no son rentables económicamente si se hace la comparación con el costo del servicio local del SANAA, no así cuando la comparación se hace con el servicio brindado privadamente por las compañías que venden agua en camiones cisterna donde a causa del costo de m³ elevado se vuelve rentable el reciclado del agua, sin

embargo en la elección del método, cabe mencionar que el sistema de Biodigestores es el más económico es que requiere mayor trabajo de remoción de tierra, y jardinería para instalar las tubería de infiltración, ya que este sistema está hecho para descargarse subterráneamente a diferencia del sistema Fusion donde el caudal expulsado puede ser tratado por cloración y almacenarse para luego ser distribuido, también se consideraron factores que no son tan fáciles medir como el daño ocasionado a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así mismo al ambiente cuando vertimos aguas no tratadas, por ende el sistema Fusion aporta más en favor de estos factores.

7. Según la encuesta realizada se realizó la consulta si los usuarios tendrían la confianza para tomar el agua tratada donde un 51% de la población dijo que no, el 68% tendría la confianza para usarla en su higiene personal, el 76% la usaría para el lavado de ropa, el 67% la usaría para cocinar y lavar utensilios de cocina, el 83% la usaría para sanitarios, el 83% para ser usada en limpieza general de los edificios y el 84% de la población muestra tiene confianza en que el agua tratada sea usada para el riego de los jardines, cabe mencionar que la eficiencia del sistema Fusion está entre el 90% y 95% en la calidad de agua tratada, los usuarios de los templos consideran que el tratar el agua residual el 89% dice que se preservan las fuentes de agua superficiales y subterráneas.
8. La capacidad de producción de estas plantas de tratamiento es de 5,040 m³ al año, el templo en sí expulsa diariamente 12.2 m³ (aguas grises y negras) lo que hace un total de 4,392 m³ al año, que no serán usados por el templo y ese recurso puede ser usado por los pobladores de la ciudad sobre todo en el tiempo de mayor

escasez de agua en la ciudad. Este sistema de reciclaje de agua puede ser aplicado también para pequeños hoteles, iglesias, instituciones educativas urbanas pequeñas y rurales, donde la cantidad de personas que lleven a cabo actividades dentro de ellos no sobrepase las 400 personas.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda el sistema Fusion el cual permite mayor control de las bacterias coliformes, ya que este sistema trata las aguas de manera aerobia y anaerobia (física y químicamente), permitiendo más facilidad a que las bacterias coliformes sean controladas por medio de cloración del agua tratada.
2. Después de tratar el agua, se recomienda un sistema de cloración para llevar el agua tratada a los parámetros descritos en la calidad de agua para riego.
3. Se recomienda el reciclado del agua residual en los templos ya que esto tiene un valor intrínseco en el efecto que se tiene sobre las fuentes de agua y en la población en general, el volumen de agua residual a tratar puede calcularse por medio de la afluencia a los templos estimando que un usuario llega al templo y gasta 121.68 litros por día para satisfacer sus necesidades, los edificios tienen una ocupación promedio diaria de 213 usuarios esto tiene como resultado 12.2 m^3 .
4. Tomar la opción del sistema Fusion ya que es la que presenta mejor adaptabilidad a los edificios, sin necesidad de remover tierra y ornamentación, usando la tubería existente para riego, únicamente teniendo que alimentar las cisternas de riego desde la cisterna de almacenamiento que recibirá el agua tratada. También se añade que el aporte invaluable a la conservación que se hace al medio ambiente y

específicamente sobre las fuentes de agua (superficiales o subterráneas), permitiendo un mejor aprovechamiento de estas fuentes

5. En 1983 Motorola lanzo a la venta su primer prototipo de un celular al módico costo de \$4,000, en ese tiempo nadie pensó que con el correr de los años a causa de la demanda, necesidades y avances de la comunicación estos se volverían más accesibles al público, el costo-beneficio de una planta de tratamiento en la actualidad es favorable para las empresas que desean obtenerlas, sin embargo así como en 1983, las futuras demandas por la escasez de agua en las principales ciudades de Centro América y el Caribe y los avances tecnológicos de estos sistemas, se volverán en sistemas de tratamiento más económicos y accesibles, por lo que se recomienda el uso del sistema de tratamiento Fusion, el cual en algunos años más se puede sacar más beneficios de utilización del agua tratada dentro de las instalaciones de los templos.
6. Los templos y casas de huéspedes son por causa de los usuarios y la voz de ellos tiene un grado de incidencia en el servicio que se presta al recibirlos, así que se recomienda crear en los usuarios una conciencia de ahorro de agua potable al momento de visitar estos edificios, que ayude a la preservación del suministro de este recurso, también usar el agua tratada exclusivamente para el riego de jardines ya que el grado de confianza para otros usos no es tan elevado como se esperaba.
7. Se recomienda el reciclaje de agua residual (12.2 m^3) y la recuperación que se logra a través del drenaje pluvial de las aguas lluvia y de riego es del 30% lo que equivale a 50.8 m^3 , lo que en total suman 63 m^3 diarios, para ayudar en la disminución de demanda anual de agua potable, esto representa $22,680 \text{ m}^3$ de

agua al año los cuales representan aproximadamente 3,000 carros cisterna de 2000 galones que pueden ser usados en otros sectores de la ciudad especialmente en los lugares donde el servicio de agua potable no está disponible, usando un lenguaje más claro son 6,000,000 galones, esto equivale al abastecimiento de 45,360 hogares al año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adalberto Noyola, J. M.-S. (2013). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. Ciudad de Mexico: Universidad Autónoma de México.

Agency, P. S. (22 de Octubre de 2019). *Singapore Water Story*. Obtenido de Singapore's National Water Agency: <https://www.pub.gov.sg/watersupply/singaporewaterstory>

Aguilar, G. (30 de octubre de 2017). *Centroamérica desperdicia más del 50 % del agua potable por fugas en redes*. Obtenido de EFE: <https://www.efe.com/efe/america/sociedad/centroamerica-desperdicia-mas-del-50-agua-potable-por-fugas-en-redes/20000013-3423862>

Alimentación, O. d. (1996). *TEMA 4 : EL AGUA*. Obtenido de ECOLOGIA Y ENSEÑANZA RURAL: http://www.fao.org/3/W1309S/w1309s06.htm#P5_56

Alvarez Payan, C. (2001). Costo Anual Equivalente (CAE). En C. Alvarez Payan, *Evaluación económica de alternativas de inversión con aplicación en el sector agropecuario* (pág. 67). Cali, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Arroyo, V. (27 de Julio de 2017). *La paradoja de la escasez de agua en América Latina*. Obtenido de America economía: <https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/la-paradoja-de-la-escasez-de-agua-en-america-latina>

Authority, S. D. (2020). *Agua Reciclada*. Obtenido de San Diego County Water Authority: <https://www.sdcwa.org/es/agua-reciclada>

Cabezas Torrico, L., Loredó Mendoza, K., R., Z. L., & X., T. (20 de Febrero de 2015). *Usuarios Externos y el Servicio Recibido en el Centro de Salud Integral Santiago de Presto. 2014*. Obtenido de Archivos

Bolivianos de Medicina: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0004-05252015000100003&script=sci_arttext

Carrión Maroto, J. (13 de Abril de 2004). *Teoría de recursos y capacidades y gestión del conocimiento*.
Obtenido de Gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-recursos-y-capacidades-y-gestion-del-conocimiento/>

Clarus ambiental. (2018). *Sistemas de tratamiento de la serie Fusion*. Louisville, KY: Clarus ambiental.

Clarus, E. (2014). *Clarus ambiental*. Obtenido de Installation and start-up check list:
<https://www.clarusenvironmental.com/content/literature/CL0166.pdf>

Clarus, E. (14 de Abril de 2020). *GoToStage*. Obtenido de Webinar: Plantas de Tratamiento Fusion:
<https://www.gotostage.com/channel/a4b3de581fac4e5c91e62a33f150ea41/recording/005c0b98091b4d92a40f9d4fef6c094c/watch?source=CHANNEL>

Clarus, E. (junio de 2020). <https://www.clarusenvironmental.com/es-la/products/treatment-systems/fusion-series-treatment-systems#sales-and-marketing>. Obtenido de Sistemas de tratamiento de la serie Fusion:
https://www.clarusenvironmental.com/content/literature/CL0052_Sa_sm.pdf

Cortés, J. (s.f.). *El Agua en el Mundo: Cooperación y Conflicto*. Obtenido de El Observatori:
http://www.solidaritat.ub.edu/observatori/esp/itinerarios/agua/agua.htm#_ftnref3

David, F. r. (2003). *Conceptos de Administración Estratégica*. Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. Obtenido de <https://anatrencia.com/analisis-pestel/>

Desarrollo, P. d. (2020). *OBJETIVO 6: AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>

Diaz Delgado, C. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Mexico D.F.: RIPDA-CYTED, 2003.

Domos Agua. (08 de julio de 2019). *Reciclaje de Aguas Grises*. Obtenido de Domos agua: <https://www.domosagua.com/blog/reciclaje-aguas-grises>

Domos Agua. (2020). *Importancia de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en México*. Obtenido de Plantas de Tratamiento de Agua: <https://www.domosagua.com/recursos/plantas-de-tratamiento-de-agua>

Empresa, C. E. (2020). *LA TEORÍA DE LOS RECURSOS Y CAPACIDADES EN LA DIRECCIÓN ESTRATÉGICA*. Obtenido de ceupe: <https://www.ceupe.com/blog/recursos-y-capacidades-direccion-estrategica.html>

Estévez, R. (28 de julio de 2016). *eco inteligencia*. Obtenido de ¿En qué consiste el análisis de costes del ciclo de vida?: <https://www.ecointeligencia.com/2016/07/lcc-analisis-costes-ciclo-vida/>

Fuenmayor, E. (13 de febrero de 2020). *Reliability Connect*. Obtenido de Selección de un activo físico considerando sus costos en el ciclo de vida: <https://esp.reliabilityconnect.com/seleccion-de-un-activo-fisico-considerando-sus-costos-en-el-ciclo-de-vida/>

Fundación, A. (22 de Marzo de 2017). *Aguas residuales: ¿por qué desperdiciar agua?* Obtenido de AQUAE Fundación: <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/dias-mundiales-agua-y-vida/dia-mundial-del-agua-2017-22-marzo/>

Gil, S. (18 de Junio de 2020). *Economipedia.com*. Obtenido de Coste fijo:

<https://economipedia.com/definiciones/coste-fijo.html>

Hernández Loyola, C. A. (2017). *Evaluación de un Plan de Reciclaje y Tratamiento de Aguas para la ciudad de Rancagua*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Hernández Salazar, P. (2011). La importancia de la satisfacción del usuario. En P. H. Salazar, *Documentación de las Ciencias de la Información* (págs. 349-368). Mexico D.F.: Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas.

Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: Quinta edición.

Holcim. (2020). *Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De Managua*. Obtenido de Holcim:

<https://www.holcim.com.ni/comunicacion/de-nuestros-clientes/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de-managua>

Hondudiaro, R. (02 de Febrero de 2020). *Hondudiaro.com*. Obtenido de NO HAY TAL AUMENTO EN EL PRECIO DEL AGUA, VALE 0.05 CENTAVOS EL GALÓN: SANAA:

<https://hondudiaro.com/2020/02/24/no-hay-tal-aumento-en-el-precio-del-agua-vale-0-05-centavos-el-galon-sanaa/>

Howard, G. (20 de junio de 2020). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud:

https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/

J. Mateo-Sagasta, G. G. (2017). *Reutilización de aguas para agricultura en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: FAO.

Landaure, J. C. (28 de Junio de 2016). *Conexionesan.com*. Obtenido de Costos de inversión y de operación en la formulación de un proyecto: <https://www.esan.edu.pe/apuntes->

empresariales/2016/06/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto/#:~:text=Costos%20de%20Inversi%C3%B3n%3A,%22en%20marcha%22%20u%20operativo.

Martín, C. R. (2000). LA SATISFACCIÓN DEL USUARIO: UN CONCEPTO EN ALZA. En C. R. Martín, *ANALES DE DOCUMENTACIÓN*, N.º 3 (págs. 139-153). Barcelona: Facultad de Biblioteconomía y Documentación, Universidad de Barcelona.

Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: Mc Graw Hill.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (03 de Octubre de 2018). *Saneamiento y manejo de vertimientos*. Obtenido de Minvivienda:
<http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/programas/saneamiento-y-manejo-de-vertimientos>

Molero, I. (2020). *La escasez del agua en Honduras, una cuestión paradójica*. Obtenido de La escasez del agua en Honduras, una cuestión paradójica: <https://www.unicef.es/blog/la-escasez-del-agua-en-honduras-una-cuestion-paradojica>

Noyola, A., Morgan-Sagastume, J. M., & Güereca, L. P. (2013). *Selección de Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. Ciudad de México: Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México .

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (21 de junio de 2016). *El Caribe debe prepararse para mayores sequías debido al cambio climático*. Obtenido de Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe:
<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/419203/>

Perero, E. (25 de Agosto de 2016). *NEWater. La aceptación social en el uso del agua regenerada: el caso de Singapur*. Obtenido de iagua.es: <https://www.iagua.es/blogs/eduardo-perero/newwater-aceptacion-social-uso-agua-regenerada-caso-singapur>

Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2011). *definicion.de/satisfaccion/*. Obtenido de definicion.de/satisfaccion/: <https://definicion.de/satisfaccion/>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). *Cuidando y aprendiendo a manejar el agua*. Obtenido de Medidas de adaptación al cambio climático, para reducir el estrés por escasez de agua: <https://www.hn.undp.org/content/honduras/es/home/ourwork/environmentandenergy/successstories/cuidando-y-aprendiendo-a-manejar-el-agua.html>

Raffino, M. E. (12 de febrero de 2020). *concepto.de*. Obtenido de concepto.de/volumen/: <https://concepto.de/volumen/>

Rotoplas. (2016). *Biodigestor Autolimpiable*. Obtenido de Rotoplas, mas y mejor agua: https://www.rotoplas.com.ar/biodigestores/adds/biodigestor_manual_de_instalacion.pdf

SANAA. (2014). *Normas de Diseño Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable para Poblaciones Rurales*. Tegucigalpa: SANAA.

significados. (11 de Mayo de 2017). *significados*. Obtenido de significados.com/costo-beneficio/: <https://www.significados.com/costo-beneficio/>

Spena Group. (2020). *Sistemas y Soluciones para cada Tipo de Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de Spena Group: <http://spenagroup.com/tipos-tratamiento-agua-aguas-residuales/>

Suárez, E. (14 de Noviembre de 2019). *conceptodefinicion*. Obtenido de Calidad: <https://conceptodefinicion.de/calidad/>

Thompson, A. A., Gamble, J. E., Peteraf, M. A., & III, A. J. (2012). *Administración Estratégica* . México,
D.F. : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. .

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de Satisfacción de Usuarios

Esta es una encuesta que permite ver el grado de satisfacción de parte de los usuarios en cuanto al agua ya reciclada.

Encuesta de Satisfacción del Usuario de Templo y Casa de Huéspedes SUD

Fecha: _____ Templo: _____

Sexo: M____; F____

Lugar de procedencia: _____

Ítem	Confianza	Menor (-)					Mayor (+)						
	<i>Indique el grado que considera de confianza en el agua usada</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No sé
A	Tiene confianza en el agua para beberla												
B	Tiene confianza en el agua para higiene personal												
C	Tiene confianza en el agua para lavado de ropa												
D	Tiene confianza en el agua para cocinar y lavado de utensilios de cocina												
E	Tiene confianza en el agua para uso en sanitarios												
F	Tiene confianza en el agua para riego de jardín												
G	Tiene confianza en el agua para limpieza general del edificio												

Ítem	Expectativa	Poco Satisfecho (-)					Muy Satisfecho (+)						
	<i>Indique su grado de satisfacción que considera de agua usada</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No sé
H	Flujo de agua permanente (24 horas)												
I	Presión de agua adecuada												

J	Beneficios obtenidos compensan el costo de metro cúbico producido												
Ítem	Calidad	Poco Satisfecho (-)					Muy Satisfecho (+)						
	<i>Indique el grado que considera de calidad en el agua usada</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No sé
K	Agua cristalina (sin turbidez)												
L	Agua sin olor												
M	Agua sin sabor												
N	Agua libre de partículas de suciedad grandes												
O	Agua libre de grasa												

Item	Calidad	Poco Satisfecho (-)					Muy Satisfecho (+)						
	<i>Indique el grado que considera de calidad</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No sé
P	Grado de turbidez el agua usada												
Q	Olor en el agua usada												
R	Sabor en el agua usada												
S	Logra ver partículas pequeñas de suciedad en el agua												
T	Siente cierto grado de grasa en el agua												

Beneficio	Calificación				
U. Preservar los recursos de agua dulce	1	2	3	4	5
V. Preservar los recursos acuíferos subterráneos	1	2	3	4	5
W. Minimizar el impacto ambiental de la descarga de efluentes	1	2	3	4	5
X. Reutilización en riego de jardines y equipo climatización	1	2	3	4	5
Y. Reducción de la facturación del servicio publico	1	2	3	4	5

Anexo 2. Glosario

Agua Residual	Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales).
Antrópico	Producido o modificado por la actividad humana.
Coagulación	Desestabilizar los coloides mediante la neutralización de sus cargas
Coloides	Partículas muy finas disgregadas en un líquido que parecieran estar disueltas debido a su extrema pequeñez.
Conceptualización	Representación de una idea abstracta en un concepto.
Decantación	Procedimiento para separar dos sustancias mezcladas, una líquida de otra que no lo es o dos líquidos inmiscibles (agua y aceite) mediante el vertido de la más densa.
Desinfección	Proceso de destruir microorganismos patógenos mediante procesos físicos y químicos.
Efluentes	Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.
Filtración	Proceso unitario de separación de sólidos en una superficie a través de un medio mecánico poroso, también llamado tamiz, criba, cedazo o filtro.
Flóculo	Grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión.
Floculación	Es la unión entre los flósculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que puedan decantarse.

Flotación	Proceso fisicoquímico de tres fases (sólido-líquido-gaseoso) que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire.
Macroentorno	Se emplea para definir aquellas fuerzas externas que van a tener un impacto indirecto sobre la organización, y que existen independientemente de que haya actividad comercial o no.
Microentorno	Se utiliza para definir a aquellas fuerzas externas y cercanas a la empresa, que tienen un impacto directo en su capacidad de servir su producto o servicio al cliente final
Muestra	Conjunto de cosas, personas o datos elegidos al azar, que se consideran representativos del grupo al que pertenecen y que se toman para estudiar o determinar las características del grupo
Nematodo	Fílum de gusanos unisexuales, de cuerpo cilíndrico y delgado, sin segmentar, y cubierto por una cutícula; existen formas libres y parásitas
Oxidación biológica	Es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual
Proceso Aeróbico	Los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno
Proceso Anaeróbico	Los procesos de tratamiento biológico que se realizan en ausencia de oxígeno. En este proceso ocurren reacciones fermentativas en las que la materia orgánica se transforme en energía, metano y dióxido de carbono
Protozoos	Grupo de animales eucariotas formados por una sola célula, o por una colonia de células iguales entre sí, sin diferenciación de tejidos y que vive en medios acuosos o en líquidos internos de organismos superiores

Templo	Para la IJSUD son lugares dedicados a la adoración religiosa y a la meditación.
Sedimentación	Es un proceso de separación por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador
Solido en suspensión	Son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua
Usuario	Miembro de IJSUD que visita los templos