

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
ECO-EFICIENCIA DE PROCESOS INDUSTRIALES

**DESARROLLO DE UNA AUDITORÍA DE AGUA EN LA DIRECCIÓN NACIONAL  
DE MEDICAMENTOS**

PRESENTADO POR:

**AGUIRRE ORANTES, KEVIN VINICIO**

**FLORES AGUILAR, ANGEL MAURICIO**

**ORELLANA ZELAYA, EMERSON STANLEY**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DEL 2023.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

DIRECTORA:

**INGA. SARA ELISABETH ORELLANA BERRÍOS**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
ECO-EFICIENCIA DE PROCESOS INDUSTRIALES

Título:

**DESARROLLO DE UNA AUDITORÍA DE AGUA EN LA DIRECCIÓN  
NACIONAL DE MEDICAMENTOS**

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por:

**AGUIRRE ORANTES, KEVIN VINICIO  
FLORES AGUILAR, ANGEL MAURICIO  
ORELLANA ZELAYA, EMERSON STANLEY**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

San Salvador, ENERO 2023.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

**DEDICATORIAS**

-----

Este proyecto quiero dedicárselo a mi compañera, colega y amiga Alejandra Estefani Ramírez Chacón. Quien coincidió conmigo durante toda la carrera universitaria, te agradezco absolutamente todo el cariño que me brindaste desde el primer momento que compartimos. Partiste de forma tan repentina a la Gloria de Dios, que no tuvimos tiempo de celebrar este logro que tanto anhelábamos y por ello, este trabajo también refleja todo tu esfuerzo.

Tu recuerdo vivirá en mí, hasta el día de nuestro reencuentro. Hasta entonces, un abrazo hasta el cielo.

Por: ***Angel Mauricio Flores Aguilar.***

-----

A mis abuelas, **María Isabel** y **Silvia Rubenia** las cuales hubieran estado orgullosas de verme llegar hasta este punto y que, aunque ya no estén aquí sé que siguen cuidándome y apoyándome en mi camino.

Por: ***Kevin Vinicio Aguirre Orantes.***

-----

A mi madre, **Elena del Carmen Zelaya** por estar siempre conmigo y apoyarme incondicionalmente para poder terminar mis estudios, a mi padre y mis hermanos que de una u otra manera me brindaron su ayuda y apoyo cuando lo necesite para seguir adelante y a **Saraí Mejía** por ser mi inspiración para terminar mi carrera, por su apoyo incondicional hacia mí y por ser parte fundamental en mi vida y así poder alcanzar esta meta.

Por: ***Emerson Stanley Orellana Zelaya.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, a **Dios** por darme la perseverancia y voluntad de siempre seguir adelante que me ha permitido llegar hasta este momento.

A mis padres **Milton Vinicio** y **Kelly Dinorah**, por su apoyo y amor incondicional y por guiarme y brindarme todo lo necesario para cumplir esta meta.

A mis hermanos **Kelly Estefany** y **Milton Alejandro** por siempre estar allí, por ser alguien con quien siempre puedo hablar y contar y quienes me apoyaron de una u otra forma.

A mis docentes y asesores quienes pusieron todos sus conocimientos a mi disposición.

Y a mis amigos **Angel Mauricio**, **José Enrique**, **Daniela Melissa**, **Erin Arlin**, **Grecia María** y **Katherine Gallardo** sin los cuales estoy seguro no hubiera podido llegar a donde estoy ahora, siendo el impulso que siempre me hacía seguir adelante, estando conmigo aún en las peores situaciones y formando parte de los mejores recuerdos que tengo de este recorrido

**~Kevin Vinicio Aguirre Orantes**

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Dios Todopoderoso** por su misericordia y amor infinito, por prestarme el privilegio de tener conmigo dos pilares incondicionales: mi madre **Claudia C. Aguilar** y mi abuela **Ana Y. Mendoza**, quienes me han acompañado durante cada etapa de mi vida y hasta el día de hoy son mi ejemplo a seguir de fuerza, constancia y perseverancia, gracias por siempre guiarme y motivarme a luchar por mis sueños e ideales.

A mi familia, los **Villalobos-Aguilar**, quienes me han apoyado en cada trayecto de mi vida en general y fueron mi principal estímulo en las etapas más difíciles de mi carrera.

A mi padre, **Victoriano Flores**, por apoyarme cuando lo necesité y por ser mi principal apoyo con los recursos universitarios. A mi demás **Familia**, por su incansable interés y sus palabras de motivación durante mi proceso de formación profesional.

A mis compañeros de la universidad y hermanos de otra madre: **Kevin V., Gabriela C., Erin M., Néstor F., Daniela B., José Q., Katherine G. y Grecia V.**, por compartir conmigo toda esta travesía llamada Ingeniería Química, demostrarme su amistad verdadera y estar siempre apoyándome en las buenas y en las malas.

A todo el personal docente de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, en especial a la **ingeniera Rico**, el **ingeniero Erazo**, la **ingeniera Cecy** y la **doctora Tania**, por transmitirme sus conocimientos y consejos, sobre todo por ayudarme a enamorarme de la carrera. Finalmente, a la **Ing. Rosmery Cerón** por ser la guía principal de este trabajo y a la **DNM** por su tiempo y colaboración.

**~Angel Mauricio Flores Aguilar**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, a **Dios** por darme la capacidad y sabiduría necesaria en este tiempo para alcanzar esta meta.

A mis padres **Elena del Carmen** y **José Antonio** por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, por estar ahí y darme las herramientas necesarias para culminar mi carrera.

A mis hermanos **Brenda** y **Brian** quienes a su manera me alentaron y ayudaron a seguir adelante siempre.

A todas las personas que directa o indirectamente fueron parte de este largo camino y a los amigos que siempre estuvieron dispuestos a ayudar que, aunque no escriba sus nombres ellos saben quiénes son, porque siempre estuvieron dispuestos a ayudarme, por las noches que nos desvelamos estudiando y divagando de la vida les agradezco de verdad.

A mis compañeros **Kevin Vinicio** y **Angel Flores** que me permitieron ser parte de este grupo y así poder compartir la experiencia al desarrollar este trabajo.

A mis docentes y asesores que me brindaron sus conocimientos en el transcurso de la carrera y del curso de especialización.

Y especialmente a **Saraí Mejía** quien por ser mi pareja siempre estuvo ahí compartiendo tristezas y alegrías, por darme ánimos y apoyarme incondicionalmente, por ser mi amiga, mi novia, mi cómplice en este proceso de formación y aportar su granito de arena gracias infinitas la amo y le agradezco todo su tiempo y dedicación cuando lo necesite ya que por todo eso y más hoy le puedo decir que lo logramos.

*La experiencia no es lo que te ocurre, es lo que haces con lo que te ocurre. Aldous Huxley*

**~Emerson Stanley Orellana Zelaya**

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal realizar una auditoría de agua en la Dirección Nacional de Medicamentos bajo los principios del manejo sostenible de los recursos naturales. En términos generales, las auditorías hídricas rastrean el uso del agua desde su punto de entrada a la organización hasta su descarga, estimando los volúmenes de agua utilizados en cada actividad, etapa o proceso.

En primer lugar, se obtuvo una visión general del estado actual del recurso hídrico a nivel mundial y en El Salvador, mediante una revisión de fuentes bibliográficas con lo cual se definió el estado actual de la gestión del recurso hídrico en el país. Así mismo se llevó a cabo el primer acercamiento con la Dirección Nacional de Medicamentos (DNM) en donde se realizó un inventario de consumidores que serviría para trazar una línea base en lo referente al consumo de agua de la institución.

Mediante los hallazgos de la auditoría, obtenidos de las visitas realizadas y el análisis de los datos (obtenidos a partir de encuestas, entrevistas y mediciones de campo), se plantearon propuestas para reducir el consumo de agua de la institución, orientadas especialmente a las áreas en donde se observaron mayores consumos o una potencial reutilización.

Entre las alternativas de ahorro presentadas se incluyeron las siguientes:

- I. Implementación de sistemas ahorradores de volumen por descarga en los inodoros.
- II. Reutilización de la purga del sistema de purificación de agua del laboratorio de control de calidad.

Ambas orientadas a un uso eficiente del recurso, la primera con énfasis en a la reducción del consumo de agua y la segunda con énfasis en la recirculación del agua que aún puede ser reutilizada en la institución.

## **Desarrollo de una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos**

Finalmente, se realizó un análisis económico, técnico y ambiental de cada una de las seis opciones de mejora en la gestión del recurso hídrico, detallando para cada propuesta: ahorro de agua en m<sup>3</sup>, kilogramos anuales de CO<sub>2</sub> equivalentes no emitidos, PSRI, VAN y TIR. A su vez también se realizó una representación de los consumos de agua por sector y la descripción en detalle tanto del balance hídrico actual como una perspectiva posterior a la aplicación de las opciones en mejora de la institución.

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL REFERENCIAL</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción del Proyecto	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Justificación del proyecto	4
1.4. Resultados Esperados	5
1.5. Alcances del proyecto	5
1.6. Limitaciones del proyecto	6
1.6.1. Limitante temporal	6
1.6.2. Limitante geográfica	6
1.6.3. Limitante técnico-metodológico	6
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
2.1. El Agua y el Desarrollo Sostenible	7
2.1.1. ODS 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos	9
2.2. Panorama del Recurso Hídrico a Nivel Mundial y Situación Actual en El Salvador	10
2.2.1. Gestión del recurso hídrico a nivel mundial	10
2.2.2. Gestión del recurso hídrico en El Salvador	13
2.2.3. Situación hidrográfica específica de la zona en dónde se encuentra la institución	18
2.3. Marco Jurídico en la Gestión del Agua en El Salvador	22
2.3.1. Descripción breve del ordenamiento jurídico salvadoreño	22
2.3.2. Constitución de la República	23
2.3.3. Tratados internacionales	24

2.3.4. Legislación Nacional	25
2.3.5. Regulaciones y directrices adicionales referentes a la gestión del recurso hídrico	33
2.3.6. Responsabilidad de las instituciones del estado en relación a la gestión del recurso hídrico	34
2.4. Generalidades de una auditoría de agua	36
2.4.1. Concepto	37
2.4.2. Objetivos principales	38
2.4.3. Bases teóricas de la metodología de aplicación	38
2.4.3.1. Etapa 1. Planeación y Organización	39
2.4.3.2. Etapa 2. Información Previa a la Auditoría in situ	40
2.4.3.3. Etapa 3. Recolección de información de campo	41
2.4.3.4. Etapa 4. Balance Hídrico y planteamiento preliminar de opciones de mejora	41
2.4.3.5. Etapa 5. Realización de Cartera de Proyectos	43
2.4.3.6. Etapa 6. Entrega del informe final de la auditoría de agua	45
2.4.4. Beneficios de aplicar una auditoría de agua en una organización	45
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS</b>	<b>47</b>
3.1. Descripción de la metodología aplicada para el desarrollo de la Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos	47
3.1.1. Etapa 1. Planeación y Organización	47
3.1.1.1. Obtener el compromiso de la Alta Dirección/Gerencia	48
3.1.1.2. Organizar un equipo auditor	48
3.1.1.3. Definir objetivos, metas, alcances o plan de trabajo	49
3.1.2. Etapa 2. Información Previa a la Auditoría in situ	50
3.1.3. Etapa 3. Recolección de información de campo	63
3.1.3.1. Medición de flujos volumétricos	63
3.1.3.2. Mediciones de tanques de los inodoros	70
3.1.4. Etapa 4. Realización de Cartera de Proyectos	92

3.1.4.1. Aplicación de buenas prácticas en el ahorro de agua	92
3.1.4.2. Aplicación de tecnología reductora de volumen de los tanques de los inodoros	102
3.1.4.3. Aplicación de contrapesos en los tanques de los inodoros de una sola descarga	108
3.1.4.4. Cambio de sanitarios de descarga única a doble descarga	113
3.1.4.5. Sustitución de aireadores existentes por aireadores de aún más bajo caudal	118
3.1.4.6. Evaluación de reutilización de la purga del sistema de purificación de agua de los laboratorios para servicios sanitarios	124
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS</b>	<b>138</b>
4.1. Descripción de la gestión actual del agua en la DNM	138
4.2. Perspectiva del uso del agua en las instalaciones de la DNM posterior a la implementación de las reformas en su gestión	141
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>145</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>147</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>149</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1. <i>Demanda actual y proyecciones futuras de la demanda de agua según su utilización</i>	17
Tabla 2.2. <i>Demanda actual y proyecciones futuras de la demanda de agua por zona hidrográfica</i>	17
Tabla 2.3. <i>Clasificación de los diferentes sitios de la Zona hidrográfica “A. Lempa”</i>	20
Tabla 2.4. <i>Interpretación del índice ICA</i>	16
Tabla 2.5. <i>Clasificación de los diferentes sitios de la Zona hidrográfica “A. Lempa” cercanos a la DNM</i>	21
Tabla 2.6. <i>Instrumentos Jurídicos Internacionales que respaldan la protección del agua dando responsabilidad de manera directa o indirectamente</i>	24
Tabla 2.7. <i>Leyes relativas a los recursos hídricos en El Salvador</i>	31
Tabla 3.1. <i>Equipo Auditor</i>	48
Tabla 3.2. <i>Registro del consumo de agua potable de la Dirección Nacional de Medicamentos</i>	51
Tabla 3.3. <i>Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por nivel</i>	51
Tabla 3.4. <i>Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por laboratorio</i>	57
Tabla 3.5. <i>Estimación de consumo de agua potable en sistema de purificación de agua para el laboratorio de control de calidad DNM</i>	62
Tabla 3.6. <i>Instrumentación necesaria para la medición del caudal Método 1</i>	64
Tabla 3.7. <i>Resultados de las mediciones de caudal nivel 1</i>	64
Tabla 3.8. <i>Resultados de las mediciones de caudal nivel 2</i>	66
Tabla 3.9. <i>Resultados de las mediciones de caudal nivel 3</i>	67

	<b>Pág.</b>
Tabla 3.10. <i>Resultados de las mediciones de caudal nivel 4</i>	68
Tabla 3.11. <i>Resultados de las mediciones de caudal nivel 5</i>	69
Tabla 3.12. <i>Resultados de las mediciones de caudal de pruebas fisicoquímicas</i>	70
Tabla 3.13. <i>Instrumentación necesaria para la medición aproximada del volumen por descarga de los inodoros</i>	70
Tabla 3.14. <i>Resultados de las mediciones de tanques nivel 1</i>	71
Tabla 3.15. <i>Resultados de las mediciones de tanques nivel 2</i>	72
Tabla 3.16. <i>Resultados de las mediciones de tanques nivel 3</i>	73
Tabla 3.17. <i>Resultados de las mediciones de tanques nivel 4</i>	74
Tabla 3.18. <i>Resultados de las mediciones de tanques nivel 5</i>	75
Tabla 3.19. <i>Usos diarios de servicios sanitarios DNM</i>	76
Tabla 3.20. <i>Patrón de uso de inodoros DNM</i>	77
Tabla 3.21. <i>Usos diarios de mingitorios DNM</i>	77
Tabla 3.22. <i>Usos diarios de grifos para el lavado de manos DNM</i>	78
Tabla 3.23. <i>Tiempo promedio para el lavado de manos DNM</i>	78
Tabla 3.24. <i>Patrón de uso de los grifos para el lavado de manos DNM</i>	79
Tabla 3.25. <i>Cepillado de dientes diario por empleados</i>	80
Tabla 3.26. <i>Tiempo de cepillado de dientes diario por empleado</i>	80
Tabla 3.27. <i>Patrón de uso de los grifos para el lavado de herméticos luego de almorzar DNM</i>	81
Tabla 3.28. <i>Tiempo de uso de los grifos para el lavado de herméticos luego de almorzar DNM</i>	81
Tabla 3.29. <i>Nivel de preferencia para hacer uso de los sanitarios o uso de lavamanos DNM</i>	82
Tabla 3.30. <i>Estimación del consumo de agua potable mensual de la Dirección Nacional de Medicamentos</i>	84
Tabla 3.31. <i>Volumen de los tanques de servicios sanitarios por nivel de la DNM</i>	89

	<b>Pág.</b>
Tabla 3.32. <i>Caudal de los grifos de servicios sanitarios por nivel de la DNM</i>	89
Tabla 3.33. <i>Consumos de agua por áreas/actividad de la DNM</i>	90
Tabla 3.34. <i>Consumos de agua purificada por laboratorio de la DNM</i>	91
Tabla 3.35. <i>Cuadro comparativo de los consumos de agua en servicios sanitarios y uso de grifos estimados por nivel de la DNM</i>	91
Tabla 3.36. <i>Inversiones para la medida 1: “Buenas prácticas en el consumo de agua”</i>	95
Tabla 3.37. <i>TMAR sin financiamiento</i>	97
Tabla 3.38. <i>Flujo de caja propuesta 1 sin financiamiento</i>	98
Tabla 3.39. <i>Indicadores económicos propuesta 1 sin financiamiento</i>	99
Tabla 3.40. <i>TMAR con financiamiento</i>	100
Tabla 3.41. <i>Flujo de caja propuesta 1 con financiamiento</i>	100
Tabla 3.42. <i>Indicadores económicos propuesta 1 con financiamiento</i>	102
Tabla 3.43. <i>Inversiones para la medida 2: “Aplicación de reductores de volumen a inodoros”</i>	105
Tabla 3.44. <i>Indicadores económicos propuesta 2 sin financiamiento</i>	107
Tabla 3.45. <i>Indicadores económicos propuesta 2 con financiamiento</i>	108
Tabla 3.46. <i>Inversiones para la medida 3: “Aplicación de contrapesos al sistema de descarga de inodoros”</i>	110
Tabla 3.47. <i>Indicadores económicos propuesta 3 sin financiamiento</i>	112
Tabla 3.48. <i>Indicadores económicos propuesta 3 con financiamiento</i>	112
Tabla 3.49. <i>Inversiones para la medida 4: “Sustitución de inodoros de descarga única”</i>	115
Tabla 3.50. <i>Indicadores económicos propuesta 4 sin financiamiento</i>	117
Tabla 3.51. <i>Indicadores económicos propuesta 4 con financiamiento</i>	117
Tabla 3.52. <i>Inversiones para la medida 5: “Sustitución de aireadores existentes”</i>	121

	<b>Pág.</b>
Tabla 3.53. <i>Indicadores económicos propuesta 5 sin financiamiento</i>	123
Tabla 3.54. <i>Indicadores económicos propuesta 5 con financiamiento</i>	123
Tabla 3.55. <i>Parámetros generales para el agua potable según NSO 13.07.01.04</i>	124
Tabla 3.56. <i>Valores para sustancias químicas según NSO 13.07.01.04</i>	125
Tabla 3.57. <i>Valores para sustancias químicas inorgánicas de alto riesgo para la salud según NSO 13.07.01.04</i>	125
Tabla 3.58. <i>Valores para sustancias químicas orgánicas de alto riesgo para la salud según NSO 13.07.01.04</i>	126
Tabla 3.59. <i>Valores para residuos de plaguicidas según NSO 13.07.01.04</i>	127
Tabla 3.60. <i>Parámetros de salida del sistema de purificación de agua que abastece a los tres laboratorios</i>	129
Tabla 3.61. <i>Inversiones para la medida 6: “Reutilización de la purga del sistema de purificación de agua de los laboratorios de control de calidad DNM”</i>	131
Tabla 3.62. <i>Indicadores económicos propuesta 6 sin financiamiento</i>	137
Tabla 3.63. <i>Indicadores económicos propuesta 6 con financiamiento</i>	137
Tabla 4.1. <i>Cálculo del nuevo balance hídrico</i>	141
Tabla 4.2. <i>Cálculo en porcentaje del nuevo balance hídrico</i>	143

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1. <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible.</i>	8
Figura 2.2. <i>ODS 6 y sus diferentes metas.</i>	9
Figura 2.3. <i>Proyección de la demanda mundial de agua dulce para el año 2050 en comparación con el año 2000</i>	11
Figura 2.4. <i>Mapa de El Salvador con las regiones hidrográficas y zonas prioritarias</i>	16
Figura 2.5. <i>Ubicación con imagen satelital de la Dirección Nacional de Medicamentos</i>	19
Figura 2.6. <i>Pirámide de Kelsen</i>	23
Figura 2.7. <i>Componentes de un Programa de Control de Pérdidas de Agua según EPA</i>	37
Figura 2.8. <i>Balance Hídrico de la AWWA</i>	
Figura 2.9. <i>Esquema representativo de la metodología a seguir durante la auditoría de agua en la DNM.</i>	46
Figura 3.1. <i>Instalación del dispositivo reductor de volumen</i>	104
Figura 3.2. <i>Diagrama de entradas y salidas del sistema de filtrado que abastece a los laboratorios</i>	132
Figura 3.3. <i>Diagrama de entradas y salidas del sistema de filtrado que abastece a los laboratorios modificado</i>	134
Figura 4.1. <i>Balance hídrico actual de la DNM</i>	139
Figura 4.2. <i>Balance hídrico descriptivo actual de la DNM</i>	140
Figura 4.3. <i>Perspectiva del uso del agua en las instalaciones de la DNM posterior a la implementación de las reformas en su gestión</i>	143

## **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de las últimas décadas, la competencia por los recursos hídricos disponibles y la contaminación de los mismos han aumentado. En consecuencia, la escasez de agua, la degradación de su calidad y la destrucción del ecosistema acuático están afectando seriamente la estabilidad política, económica y social de todas las naciones del mundo, en especial de las que se encuentran en vías de desarrollo.

El agua es el vínculo entre el medio ambiente y la sociedad, es considerado como uno de los epicentros del desarrollo sostenible ya que es la materia prima por excelencia en la mayoría de industrias (energéticas, productoras de alimentos, farmacéuticas, de pinturas, etc.), por lo que su demanda crece día tras día y las gobernaciones actuales tienen que resolver todos los problemas derivados a su consumo excesivo.

En el primer capítulo de la serie de cuadernillos “*Aprendamos sobre la Gestión Integrada del Recurso Hídrico*” emitidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) del Gobierno de El Salvador se menciona que la disponibilidad de agua por habitante a lo largo de la República es de las más bajas en América Latina y el Caribe. Esto puede ser consecuencia del estrés hídrico, y si comparamos sus índices en los diferentes escenarios que presenta el sistema de información hídrica, sigue aumentando.

En la versión en español del Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo “*Agua para todos, Agua para la Vida*” se plantea que uno de los principales retos es la administración inteligente del agua para un desarrollo sostenible ya que la crisis del agua en muchos países, es esencialmente, una crisis de administración por su distribución desigual (geográfica y estacional) y la inadecuada e injusta asignación de servicios de agua.

Es por esta razón que el documento escrito de este trabajo de investigación trata sobre la *Auditoría del Agua*, una herramienta de gestión correctiva del recurso hídrico en las organizaciones y está dividido en:

El capítulo 1, denominado “Marco Conceptual Referencial” presenta la información esencial del proyecto; es decir que da a conocer los objetivos y su importancia, así como también los resultados esperados, alcances y limitaciones del mismo.

En el capítulo 2, “Marco Teórico” se establecen los fundamentos conceptuales del procedimiento a seguir durante la auditoría de agua en el edificio de la Dirección Nacional de Medicamentos (DNM); si bien es cierto que ya existe una metodología estandarizada para las auditorías hídricas, está diseñada en específico para empresas distribuidoras de agua. Asimismo, establece su legislación actual y trata de ofrecer un contexto general del recurso hídrico a nivel local y mundial.

El capítulo 3, “Metodología y Análisis” describe, en detalle, toda la auditoría de agua realizada en la DNM. Y, simultáneamente, se analiza la información obtenida en cada etapa de su ejecución.

En el capítulo 4, “Resultados” se presentan de forma resumida los hallazgos más importantes de la auditoría de agua y un nuevo balance hídrico que toma en cuenta la puesta en marcha de algunas opciones de mejora.

Posteriormente, se dan a conocer las *Conclusiones* del proyecto de aplicación y las *Recomendaciones* del mismo, que describen los aspectos mejorables del trabajo para desarrollar futuras y más amplias investigaciones.

Finalmente, en el apartado de *Bibliografía* se muestran todas las fuentes de información consultadas durante la formación de este trabajo y que contribuyeron a su elaboración.

## **CAPÍTULO 1**

### **Marco Conceptual Referencial**

En este capítulo del trabajo se muestra un panorama general del proyecto a realizar y su importancia, los objetivos que se buscan cumplir junto con los alcances y limitantes para su desarrollo.

#### **1.1. Descripción del proyecto**

En la norma ISO 19011:2018(E), se define a la *auditoría* como un proceso sistemático, independiente y documentado, mediante el cual se obtienen registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información verídica para evaluarla de manera objetiva.

La auditoría de agua o auditoría hídrica que se pretende realizar como trabajo de investigación, dentro de esta misma norma, se clasifica dentro de las auditorías externas como una auditoría de segunda parte; es decir, una auditoría llevada a cabo por partes que tienen un interés en la organización. Y, la auditoría del agua, es una herramienta que permite caracterizar de forma cualitativa y cuantitativa todos los flujos de agua involucrados en las actividades de una organización. Es por este motivo que después de recopilar la información se puede generar un balance hídrico que ayuda a detectar las posibles áreas donde existen pérdidas del recurso o donde su gestión es ineficiente.

De este modo, se pueden implementar acciones correctivas para reducir el consumo del agua en función de sus costos asociados, beneficios esperados y/o mano de obra disponible. Generalmente, para establecer un plan de acción u opciones de mejora, se tienen que tomar en cuenta tanto la cantidad, en volumen, del agua utilizada y su calidad.

Para finalizar, la metodología de una auditoría estándar del agua contempla un control y seguimiento periódico de indicadores (como huella hídrica, índice de consumo, eficiencia hídrica, etc.) para evaluar que todo esté bajo control.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Realizar una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos bajo los principios del manejo sostenible de los recursos naturales.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Relacionar la problemática actual de la disponibilidad de agua con la gestión del recurso hídrico en el país.
- b) Describir todos los procesos que se realizan en la DNM que involucran un consumo de agua.
- c) Analizar y cuantificar en un balance hídrico, todas las entradas y salidas del agua utilizada por la Dirección Nacional de Medicamentos.
- d) Establecer cuáles de los procesos descritos son los que representan un mayor uso del recurso hídrico en la DNM.
- e) Realizar una evaluación técnica, económica y ambiental de las opciones de mejora resultantes del estudio de la gestión del agua de la Dirección Nacional de Medicamentos.

## **1.3. Justificación del proyecto**

La variación del cambio climático mundial conlleva varias consecuencias, una de ellas es la escasez de agua potable. Por ello, a lo largo de los años, su uso eficiente representa uno de los principales objetivos que toda organización nacional e internacional busca cumplir.

Los estudios respaldados por los expertos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) indican que una buena administración de los recursos naturales genera beneficios económicos, sociales y medio ambientales que contribuyen a la mitigación de los impactos del cambio climático. Por esta razón, las auditorías de agua resultan ser una herramienta fundamental para caracterizar todo el consumo directo o indirecto que involucra el uso del recurso hídrico en la elaboración de un producto o servicio.

A lo largo de este proceso, se detectan puntos críticos o puntos posibles de mejora que permiten encontrar ineficiencias en su gestión y proponer soluciones para lograr la mejora continua. En consecuencia, el campo de aplicación de las auditorías hídricas abarca todo tipo de organización y con el objetivo de promover las políticas nacionales del desarrollo sostenible y la reciente Ley General de Recursos Hídricos, se llevará a cabo una auditoría de agua en la Dirección Nacional de Medicamentos (DNM) entidad autónoma de derecho y utilidad pública que busca mejorar su gestión integral del recurso hídrico para fomentar su crecimiento y compromiso con la sociedad salvadoreña.

#### **1.4. Resultados Esperados**

- i. Generar conciencia en las autoridades de la DNM sobre la importancia que tiene un buen manejo del recurso hídrico dentro de su institución.
- ii. Un balance hídrico que le permitirá a la Unidad de Seguridad Institucional y Servicios Generales de la DNM conocer los consumos críticos de agua.
- iii. Propuestas de mejora para reorganizar la gestión del recurso hídrico en la institución.
- iv. Ayudar a optimizar los sistemas distribuidores/consumidores de agua en la DNM.
- v. Contribuir al cumplimiento de los ODS (objetivos del desarrollo sostenible) en la institución.

#### **1.5. Alcances del proyecto**

- A. La investigación realizada pretende ser una guía técnica-académica de nivel superior para la aplicación de una auditoría de agua en una micro, meso o macro organización del territorio salvadoreño.
- B. Mediante el balance hídrico que se llevará a cabo en la auditoría de agua y su previa caracterización, se conseguirá un ejemplo genérico de las entradas, salidas y usos del agua de un edificio administrativo en El Salvador.
- C. La cartera de proyectos que será elaborada durante la auditoría puede servirle al lector como base teórica modificable o evaluable para ser implementadas en su entorno.

- D. Al aplicar las reformas u opciones de mejora en la gestión actual del recurso hídrico de la organización se busca reducir de igual manera la huella de carbono y la huella hídrica total.
- E. El trabajo aspira a ser un precursor del conocimiento teórico-práctico (en idioma español) necesario para llevar a cabo una auditoría de agua en cualquier tipo de empresa.

## **1.6. Limitaciones del proyecto**

### **1.6.1 Limitante temporal**

El período de ejecución, revisión, presentación y finalización de este trabajo será el mismo tiempo de duración del Curso de Especialización en Eco-eficiencia de Procesos Industriales, es decir, un plazo estimado de 9 meses.

### **1.6.2 Limitante geográfico.**

La auditoría de agua se realizará en el edificio donde la Dirección Nacional de Medicamentos desempeña actualmente todas sus funciones con regularidad, es decir, el que se encuentra ubicado en el *Blv. Merliot y Av. Jayaque, Edif. DNM, Urb. Jardines del Volcán, Santa Tecla, La Libertad, El Salvador.*

### **1.6.3 Limitante técnico-metodológico**

Las principales fuentes de información bibliográfica que se han utilizado para realizar este proyecto estandarizan la metodología de una auditoría de agua a empresas que se dedican a la distribución del recurso hídrico y están en un idioma diferente al nativo de los investigadores, por lo que pueden existir errores de traducción o variaciones gramaticales con el texto original. Aunado a esto, la recolección de la información de campo, ya sea que se trate de entrevistas o reuniones con los empleados, u otros datos específicos de las instalaciones de la DNM, se encuentra sujeta a la disponibilidad y disposición de los funcionarios involucrados.

## **CAPÍTULO 2**

### **Marco Teórico**

En este capítulo se encuentra el contenido bibliográfico clave, debidamente citado, que permitirá establecer la estructura general de la metodología que conlleva el desarrollo de la auditoría de agua en la DNM. Además, se describe, a escala reducida, la relación que existe entre la gestión del recurso hídrico y el desarrollo sostenible de una sociedad, así como también la reglamentación aplicable a este bien natural en El Salvador.

#### **2.1. El Agua y el Desarrollo Sostenible**

Con la conclusión y la evaluación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en el año 2015, una nueva agenda de desarrollo post-2015 fue adoptada por los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (**ONU**) en la Cumbre sobre el Desarrollo Sostenible.

Este nuevo programa “*Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*” es un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad que establece **17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** y 169 metas, de carácter integrado e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal, a ser alcanzados en un plazo de 15 años para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino que permita mejorar la calidad de vida de todos, sin excepción. (Adaptado de: ONU, 2015)

Estos objetivos, tal como muestra la Figura 2.1, contemplan varios desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la defensa y conservación del medio ambiente, el combate al cambio climático, etc. Sin embargo, el ideal, modelo o concepto de *desarrollo sostenible* no se deriva exclusivamente de la Agenda 2030, ya que su incorporación en las grandes reuniones internacionales se remonta a unos años después de la publicación del informe “Nuestro futuro en común”, en 1987, por la ex primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland. (Adaptado de Simón Grimaldos, 2015)

Según se define en el informe Brundtland, el *desarrollo sostenible* es el que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Y, la pandemia provocada por los coronavirus ha situado al agua como el centro del desarrollo sostenible.



**Figura 2.1.** Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Fuente: (CEPAL, 2018).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la disponibilidad y el acceso a los servicios de agua, saneamiento e higiene (WASH) son fundamentales a la hora de reducir la carga mundial de enfermedades, además de ser la base para la producción y preservación de una serie de productos y servicios que resultan esenciales para el bienestar y desarrollo de las sociedades. El agua es un derecho humano fundamental insustituible e irremplazable que también sirve de vínculo entre la sociedad humana, el sistema climático y el medio ambiente.

Es por ello que a través del ODS 6, las Naciones Unidas reconocen la importancia que conlleva el salvaguardar al recurso hídrico para lograr el desarrollo sostenible.

**2.1.1. ODS 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.**



**Figura 2.2.** ODS 6 y sus diferentes metas.

Fuente: (ALMAGRA, 2019).

Tal y como se muestra en la Figura 2.2, el ODS 6, conocido también como Agua Limpia y Saneamiento, presenta diferentes metas dedicadas a la conservación y/o protección del agua derivados. Según el documento final de la Agenda 2030, estas metas son:

6.1. De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos

6.2. De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad

6.3. De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial

6.4. De aquí a 2030, *aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.*

6.5. De aquí a 2030, *implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.*

6.6. De aquí a 2030, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos

6.a. De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización

6.b. *Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.*

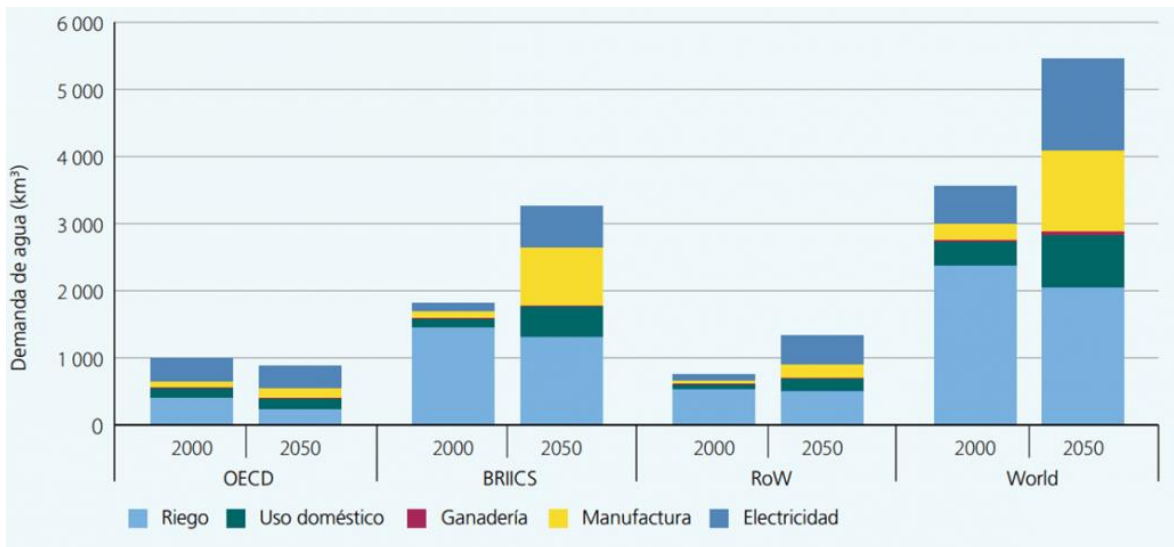
## **2.2. Panorama del Recurso Hídrico a Nivel Mundial y Situación Actual en El Salvador**

### **2.2.1. Gestión del recurso hídrico a nivel mundial**

El uso del agua ha ido aumentando en todo el mundo aproximadamente un 1% por año desde la década de 1980. Este comportamiento casi constante se debe principalmente al incremento de la demanda del mismo en los países en vías de desarrollo y sus economías emergentes, si bien el uso del agua per cápita en la mayoría de estos países sigue siendo muy pequeña en comparación con el uso per cápita en los países desarrollados, se podría decir que en teoría estos bajos usos y consumos seguirán creciendo hasta igualarse con el de los países desarrollados. Este crecimiento es impulsado por una combinación de un aumento poblacional, desarrollo socioeconómico y patrones de consumo en evolución (García Muñoz et al., 2021).

La agricultura (incluyendo la irrigación, la ganadería y la acuicultura) es la actividad con el mayor consumo de agua representando un 69% de las extracciones anuales de agua a nivel global, seguido de la industria (incluyendo la generación de energía) representando un 19% y en último plano el consumo doméstico representando un 12%. Según datos de La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE); en el escenario de referencia de perspectivas ambientales mundiales se prevé que aumentarán las tensiones en la disponibilidad de agua dulce hacia el año 2050.

En concreto, se espera que un mayor número de personas (2.300 millones, más del 40% de la población mundial), viva en zonas con estrés hídrico severo especialmente en el norte y sur de África y en el sur y centro de Asia. Así mismo, la figura 2.3 presenta el pronóstico que tendrá la demanda mundial de agua, la cual en lo referente a captación de agua dulce aumentará un 55% debido a la creciente demanda de la industria manufacturera (400%), la generación de electricidad térmica (140%) y el uso doméstico (130%) (García Muñoz et al., 2021).



**Figura 2.3.** Proyección de la demanda mundial de agua dulce para el año 2050 en comparación con el año 2000.

Fuente: (Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016).

### **Leyenda del Eje X de la Figura 2.3**

**OECD:** La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos es un organismo de cooperación internacional compuesto por 38 estados

**BRIICS:** Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica.

**RoW:** Resto del Mundo.

**World:** Mundo.

De igual manera, se puede estimar que aproximadamente 4,200 millones de personas no cuentan con este servicio en su vivienda, esto representa que más de la mitad de la población del planeta no tienen acceso a este recurso desde sus propios hogares, lo que plantea un grave problema según la UNICEF y la OMS para el 2019, ese mismo año las Naciones Unidas actualizaron sus datos refiriéndose a un aproximado de 2,000 millones de personas que viven en países donde sufren escasez de agua (García Muñoz et al., 2021).

Es entonces por lo que actualmente la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) constituye uno de los paradigmas con más importancia a nivel mundial, haciéndose explícito en políticas nacionales para la gestión del agua a nivel global. La gestión integrada del recurso hídrico busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas tratando de dar respuesta a la crisis del agua expresada en la presión insostenible generada por una demanda y una contaminación creciente del recurso hídrico y de su desigual e inequitativa disposición en los países.

Esta GIRH se encuentra basada en los cuatro principios de Dublín, definidos en la primera Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA) celebrada en Dublín, Irlanda, en enero de 1992. Los cuales son:

- I. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sustentar la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
- II. El desarrollo y manejo del agua deberían ser participativos, involucrando a planificadores y a formuladores de políticas en todos los niveles.
- III. La mujer desempeña un papel fundamental en la provisión, manejo y protección del agua.
- IV. El agua tiene un valor económico en todos los usos de la misma que compiten entre sí y debería reconocerse como un bien económico.

Para lograr proteger los ecosistemas en equilibrio y armonización con el desarrollo social y económico del país y satisfacer las demandas de agua, el cual es el principal objetivo de las políticas nacionales que se están aplicando a nivel mundial, es necesario incrementar la disponibilidad del recurso protegiendo su calidad, ordenando, racionalizando y economizando sus usos, bajo los criterios de sostenibilidad y protección, prevención del deterioro del estado de las aguas, reducción de la contaminación, protección y mejora de los ecosistemas vinculados al medio hídrico, y la reducción de los efectos de los fenómenos extremos con especial énfasis en las inundaciones y sequías (García Muñoz et al., 2021)

### **2.2.2. Gestión del recurso hídrico en El Salvador**

Actualmente en el país se cuenta con un Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) el cual tiene como objetivo promover la preservación y conservación del medio ambiente y el desarrollo social enmarcado en el concepto de desarrollo humano sostenible satisfaciendo las necesidades de agua en cantidad, calidad y oportunidad con criterios de equidad, aprovechamiento racional y eficiencia. Este plan presenta los siguientes ejes estratégicos:

1. Mejorar la disponibilidad en cantidad y calidad
  - i. Diseñar e implementar modelos de gestión para el tratamiento de aguas residuales
  - ii. Instaurar un programa de inversiones para mejorar la capacidad de almacenamiento del territorio

- iii. Mejorar el acceso al agua potable y saneamiento de la población
- iv. Establecer regulaciones para promover la eficacia en el aprovechamiento y distribución de las aguas para los diferentes usos
- 2. Generar condiciones para una gobernanza efectiva
  - a) Promover nueva normativa y reformas que actualicen el marco legal vigente en la temática de aguas
  - b) Establecer un sistema institucional moderno y unificado para la gestión hídrica
  - c) Generar condiciones para la participación activa e informada de la población usuaria
- 3. Planificación hídrica para la sostenibilidad y eficiencia
  - i. Elaborar e implementar instrumentos de planificación para la gestión integrada del recurso hídrico
  - ii. Establecer un Sistema de Información Hídrica (SIHI) y garantizar su actualización
  - iii. Crear un registro de usuarios del agua
  - iv. Establecer medidas específicas que sean críticas para la protección y restauración
- 4. Restauración de ecosistemas y reducción de vulnerabilidad
  - a) Determinar y emitir lineamientos para el ordenamiento del territorio con enfoque de cuenca, priorizando la restauración de ecosistemas frágiles
  - b) Identificar e implementar medidas específicas para la adaptación al cambio climático y la reducción de riesgos
  - c) Impulsar modificaciones en las prácticas agrícolas para evitar la contaminación difusa y mejorar las funciones ecosistémicas
- 5. Cuencas y acuíferos compartidos
  - i. Conformar entidades de cuenca y acuíferos compartidos para garantizar la adecuada gestión del recurso hídrico
  - ii. Activar la participación de los gobiernos locales en la gestión de las aguas compartidas

- iii. Impulsar el cumplimiento de los principios del derecho internacional que regulan las aguas compartidas y suscribir los convenios multilaterales que los garanticen (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

Así mismo según el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) El Salvador se divide en tres Zonas Hidrográficas (ZH), que a su vez están constituidas por una o más regiones hidrográficas (RH), enumeradas a continuación como:

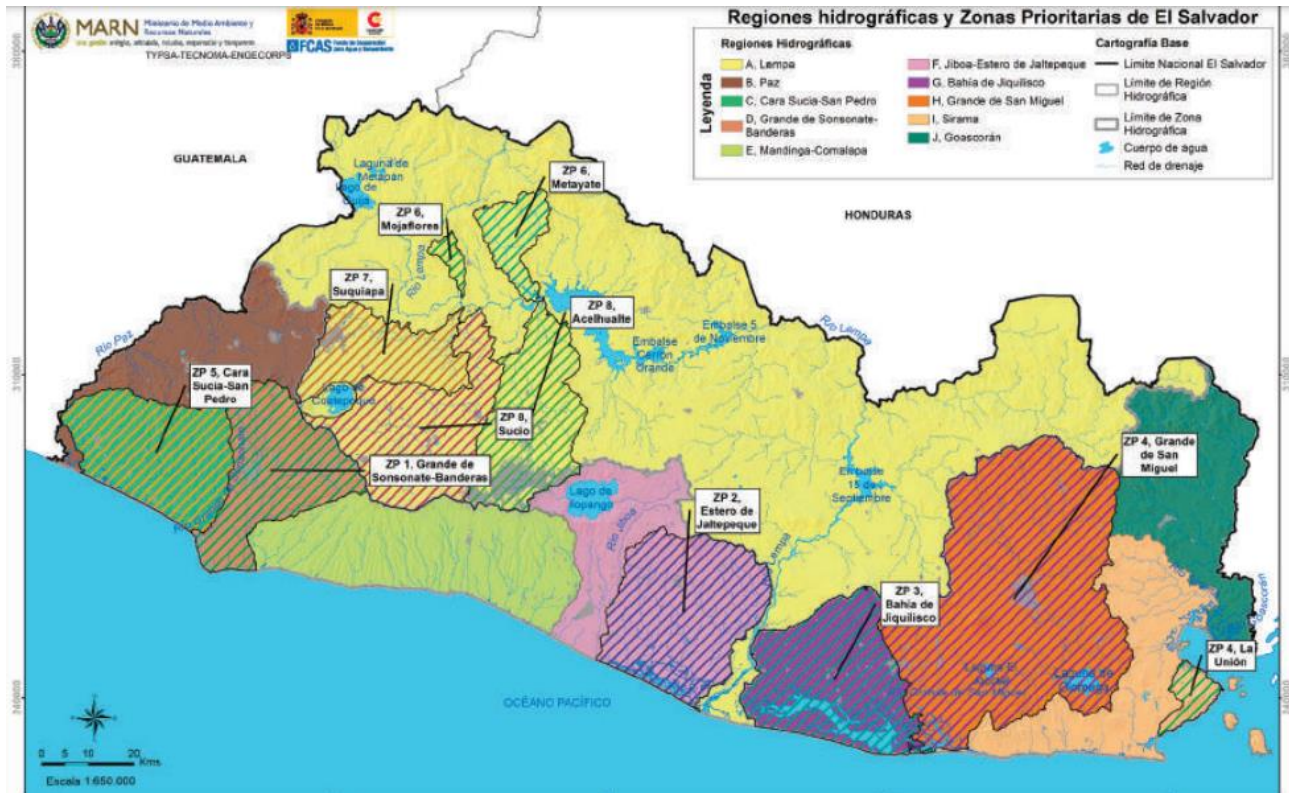
Zona Hidrográfica I – Lempa: constituida por la cuenca del río Lempa dentro del territorio nacional, recurso estratégico y regulado en su uso y protección.

Zona Hidrográfica II - Paz – Jaltepeque: comprende las cuencas desde los límites de la ZH Lempa hasta la frontera del occidente del país, le corresponden las regiones hidrográficas: B. Paz, C. Cara Sucia – San Pedro, D. Grande de Sonsonate – Banderas, E. Mandinga – Comalapa y F. Jiboa – Estero de Jaltepeque.

Zona Hidrográfica III - Jiquilisco – Goascorán: determinada desde los límites de la ZH Lempa hasta los límites fronterizos del oriente del país; le corresponden las regiones hidrográficas: G. Bahía de Jiquilisco, H. Grande de San Miguel, I. Sirama y J. Goascorán (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017).

La figura 2.4 presenta la división dentro del PNGIRH que ha tomado especial consideración al proponer medidas de solución para ocho áreas denominadas Zonas Prioritarias (ZP) en las cuales se han identificado problemas relacionados con la gestión del recurso hídrico (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

- |   |  |
|---|--|
| <b>ZP1</b> Grande de Sonsonate - Banderas | <b>ZP2</b> Estero de Jaltepeque            |
| <b>ZP3</b> Bahía de Jiquilisco            | <b>ZP4</b> Grande de San Miguel – La Unión |
| <b>ZP5</b> Cara Sucia – San Pedro         | <b>ZP6</b> Mojaflares - Metayate           |
| <b>ZP7</b> Suquiapa                       | <b>ZP8</b> Sucio – Acelhuate               |



**Figura 2.4.** Mapa de El Salvador con las regiones hidrográficas y zonas prioritarias

Fuente: (MARN, 2017).

En base al análisis de la información actual e histórica, el PNGIRH considera seis usos sectoriales del agua:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <i>Abastecimiento poblacional (1)</i> | <i>Uso agropecuario (2)</i>                  |
| <i>Uso industrial (3)</i>             | <i>Uso para la producción de energía (4)</i> |
| <i>Uso acuícola (5)</i>               | <i>Uso hotelero (6)</i>                      |

En las Tablas 2.1 y 2.2 se presentan las demandas actuales y proyecciones futuras según los usos y regiones hidrográficas de El Salvador.

**Tabla 2.1**

***Demanda actual y proyecciones futuras de la demanda de agua según su utilización. Fuente: (MARN para la formulación del PNGIRH, 2017).***

Uso del recurso	Demanda bruta (Mm <sup>3</sup> /año)		
	2012	2017	2022
Abastecimiento	577.44	662.23	715.08
Agropecuario	1148.27	1153.22	1322.43
Industria	78.00	79.61	81.22
Energía	252.07	256.28	256.28
Hotelero	2.34	3.41	4.54
Acuícola	62.29	72.92	88.55
<b>Total</b>	<b>2120.40</b>	<b>2227.67</b>	<b>2468.10</b>

**Tabla 2.2**

***Demanda actual y proyecciones futuras de la demanda de agua por zona hidrográfica. Fuente: (MARN para la formulación del PNGIRH, 2017).***

ZH	Región hidrográfica	Demanda bruta (Mm <sup>3</sup> /año)		
		2012	2017	2022
I	A. Lempa	889.13	931.54	1078.38
	<i>Subtotal</i>	<i>889.13</i>	<i>931.54</i>	<i>1078.38</i>
II	B. Paz	43.39	73.83	75.63
	C. Cara sucia-San pedro	129.29	131.47	132.3
	D. Grande de Sonsonate-Banderas	560.56	564.29	567.04
	E. Mandinga-Comalapa	46.52	52.19	54.68

Continúa...

**Tabla 2.2.** Demanda actual y proyecciones futuras de la demanda de agua por zona hidrográfica. (Continuación).

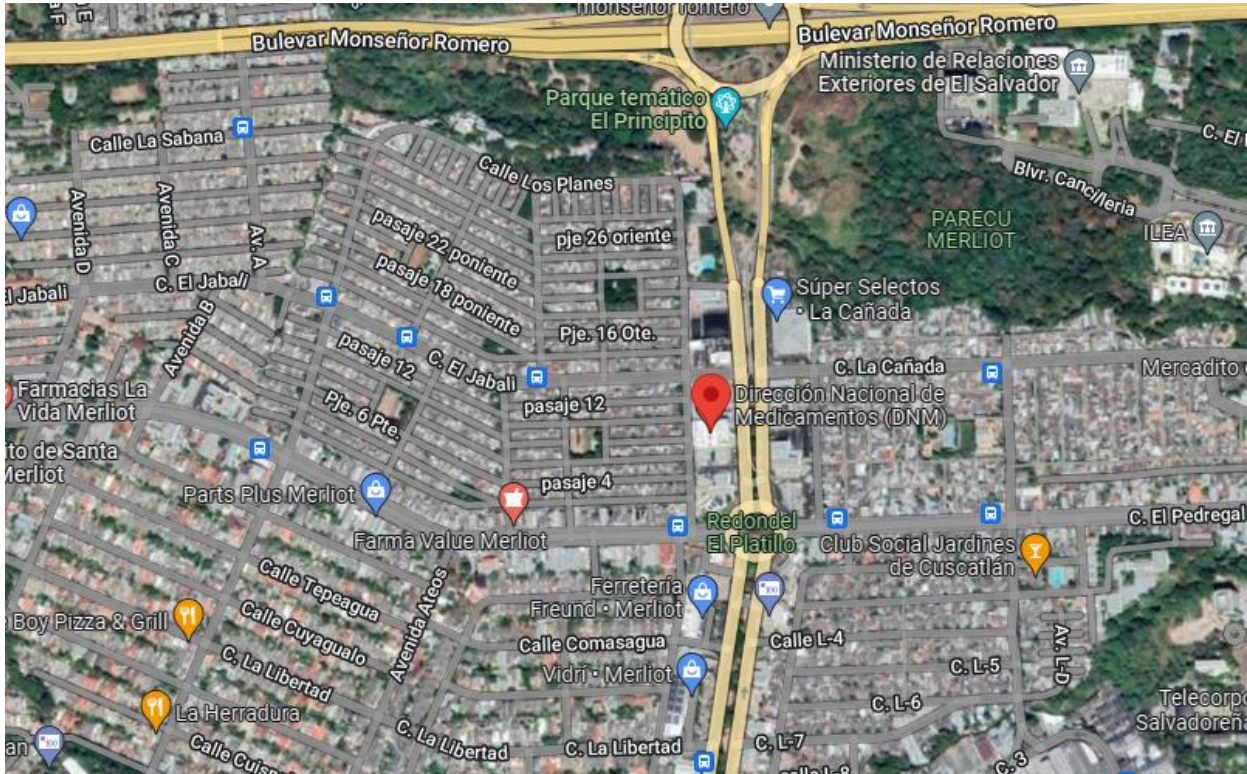
ZH	Región hidrográfica	Demanda bruta (Mm <sup>3</sup> /año)		
		2012	2017	2022
II	F. Jiboa- Estero de Jaltepeque	273.07	284.42	293.99
	<i>Subtotal</i>	<i>1052.91</i>	<i>1106.19</i>	<i>1123.65</i>
III	G. Bahía de Jiquilisco	51.73	53.42	54.68
	H. Grande de San Miguel	104.15	110.14	183.3
	I. Sirama	12.18	14.41	15.61
	J. Goascorán	10.31	11.97	12.55
	<i>Subtotal</i>	<i>178.37</i>	<i>189.94</i>	<i>266.08</i>
<b>Total</b>		<b>2120.40</b>	<b>2227.67</b>	<b>2468.10</b>

### 2.2.3. Situación hidrográfica específica de la zona en dónde se encuentra la institución

En la figura 2.5 se presenta la ubicación actual de la DNM en el municipio de Santa Tecla del departamento de La Libertad. Y, según el SIHI se ubica dentro de la zona hidrográfica “A. Lempa” teniendo un área de 17,935.50 km<sup>2</sup> y representando aproximadamente poco más del 41% de la demanda a nivel nacional y con un índice inicial de 0.09 (sin estrés hídrico) en 2012, sin embargo, para este año 2022 según el escenario 2022+Qeco+CC el valor de este índice pasará a ser de 0.11 (estrés hídrico bajo).

Al mismo tiempo se encuentra dentro de la zona prioritaria número 8 “ZP8 Sucio – Acelhuate” y según el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, tiene un área de 1,972.4 km<sup>2</sup>. Dentro de esta zona prioritaria las cuencas se encuentran en la meseta central del país, su topografía es quebrada, con elevaciones máximas en el volcán Ilimatepec (Santa Ana) y el volcán

Quezaltepeque (San Salvador) siendo el problema crítico la contaminación de las aguas superficiales producto de las descargas de aguas domésticas de las ciudades de Santa Ana y Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).



**Figura 2.5.** Ubicación con imagen satelital de la Dirección Nacional de Medicamentos.

Fuente: (GoogleMaps, 2022).

La cuenca del río Sucio recibe la contaminación generada por las descargas industriales de la zona y del distrito de riego y drenaje de Zapotitán (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017).

En el balance hídrico dinámico e integrado de El Salvador presentado por la UNESCO en el 2006 se encuentra una tabla resumen de los resultados de la calidad ambiental para la región hidrográfica “A. Lempa” siendo los sitios más cercanos a la ubicación de la Dirección Nacional de Medicamentos presentados en la tabla 2.3. Resultados del mismo modo se presenta en la tabla 2.4 la interpretación de los valores del índice de calidad ambiental (ICA) y a manera de comparativa se presentan en la tabla 2.5 calidad actual bajo esta misma clasificación ICA:

**Tabla 2.3**

**Clasificación de los diferentes sitios de la Zona hidrográfica “A. Lempa”.**

**Fuente: (UNESCO, 2006)**

<b>No.</b>	<b>Sitio de muestreo</b>	<b>ICA</b>	<b>Clasificación</b>
1	A-01-LEMPA	76	Buena
2	A-08-LEMPA	81	Buena
3	A-12-LEMPA	71	Buena
4	A-17LEMPA	61	Regular
5	A-19-LEMPA	63	Regular
6	A-20-LEMPA	78	Buena
7	A-04-ACAHU	48	Mala
8	A-01-SANSI	44	Mala
9	A-01-SUQUI	14	Pésima
10	A-04-ARANC	20	Pésima
11	A-23-SUQUI	49	Mala
<b>12</b>	<b>A-01-SUCIO</b>	<b>38</b>	<b>Mala</b>
<b>13</b>	<b>A-09-SUCIO</b>	<b>15</b>	<b>Pésima</b>
<b>14</b>	<b>A-15-SUCIO</b>	<b>10</b>	<b>Pésima</b>
15	A-24-SUCIO	54	Regular
<b>16</b>	<b>A-01-MATAL</b>	<b>9</b>	<b>Pésima</b>
<b>17</b>	<b>A-14-ACELH</b>	<b>12</b>	<b>Pésima</b>
<b>18</b>	<b>A-17-ACELH</b>	<b>6</b>	<b>Pésima</b>
19	A-25-ACELH	9	Pésima

**Tabla 2.4**

**Interpretación del índice ICA.**

**Fuente: (UNESCO, 2006)**

<b>Clasificación</b>	<b>Valor</b>	<b>Interpretación</b>
Excelente	91-100	Permite desarrollo de vida acuática
Buena	71-90	Permite desarrollo de vida acuática
Regular	51-70	Limita el desarrollo de vida acuática
Mala	26-50	Dificulta el desarrollo de vida acuática
Pésima	0-25	No permite el desarrollo de vida acuática

**Tabla 2.5**

**Clasificación de los diferentes sitios de la Zona hidrográfica "A. Lempa" cercanos a la DNM.**

**Fuente: (SIHI, 2022)**

<b>No.</b>	<b>Sitio de muestreo</b>	<b>ICA</b>	<b>Clasificación</b>
1	A-01-SUCIO	39	Mala
2	A-09-SUCIO	25	Pésima
3	A-15-SUCIO	19.99	Pésima
4	A-18-ACELH	20.21	Pésima
5	A-13-ACELH	13	Pésima
3	A-09-ACELH	9	Pésima
4	A-01-ACELH	14.5	Pésima
5	A-01-MATAI	10	Pésima

Como se observar en la tabla 2.5 los índices de calidad ambiental si bien han mejorado en general siguen siendo bastante bajos, siendo el más alto de ellos 39 y entrando en la clasificación de mala calidad ambiental

Por otro lado, por su ubicación La Dirección Nacional de Medicamentos tiene dos cuerpos de agua receptores circundantes teniendo hacia la zona Norte la quebrada Buenos aires y en la zona sur la quebrada Merliot.

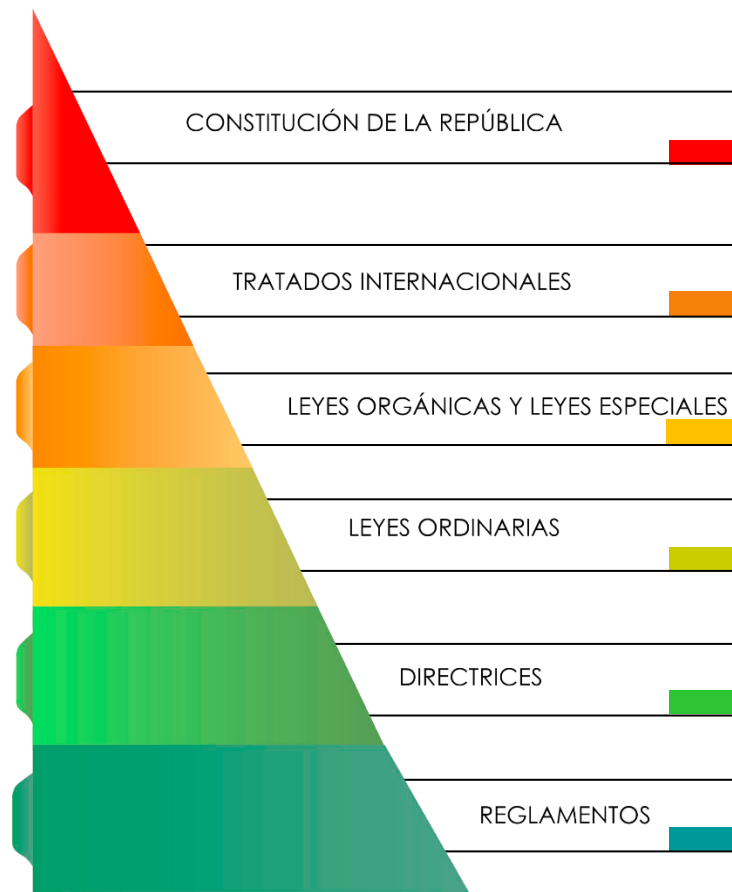
### **2.3. Marco Jurídico en la Gestión del Agua en El Salvador.**

#### **2.3.1 Descripción breve del ordenamiento jurídico salvadoreño.**

La República de El Salvador obtuvo el derecho a tener su propia Constitución el 15 de septiembre de 1821, después de convertirse en un Estado libre y soberano, con capacidad para que sus habitantes decidieran su destino a través de la formación de su propia Ley. Sin embargo, fue hasta el 12 de junio de 1824 que cobró vigencia la primera Constitución Política de la República de El Salvador, contando en ese momento con 82 artículos, entre los cuales se abordó por primera vez la *supremacía constitucional* como doctrina en el Art. 78, concepto que se consolidaría de manera definitiva en el Art. 221 de la Constitución de 1950 y garantizaría la subordinación de todas las leyes y normas ante la misma.

Sin embargo, hasta el 20 de diciembre de 1983, nuestra actual Carta Magna entraría en vigencia y en ella el Art. 246 que literalmente dice: “Los principios, derechos y obligaciones establecidos por esta Constitución no pueden ser alterados por las leyes que regulen su ejercicio. La Constitución prevalecerá sobre todas las leyes y reglamentos. El interés público tiene primacía sobre el interés privado.” Decreta la permanencia total de la *supremacía de la Constitución* sobre todas las normas del ordenamiento jurídico interno salvadoreño, adoptando un sistema jurídico escalonado representado gráficamente en la pirámide de Kelsen.

La figura 2.6 muestra la relación lineal directa e invariable de un sistema jurídico segmentado en distintos estratos o niveles propuesto por Hans Kelsen, en la cúspide se encuentra la Constitución de la República.



**Figura 2.6.** Pirámide de Kelsen.

Fuente: (CASTILLO DE LA O et al., 2021)

### **2.3.2 Constitución de la República**

El Art. 117 literalmente dice “Es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente para garantizar el desarrollo sostenible. Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales, en los términos que establezca la Ley. Se prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos”. Por consiguiente, de este artículo nace la Ley del Medio Ambiente.

### **2.3.3 Tratados internacionales**

El Salvador ha celebrado con otros estados y organismos internacionales diversos compromisos, convenios, pactos, protocolos, etc., en los que directamente ha adquirido ciertas responsabilidades en la gestión integral y protección del agua para su territorio y de sus habitantes presentados en la tabla 2.6.

**Tabla 2.6**

***Instrumentos Jurídicos Internacionales que respaldan la protección del agua dando responsabilidad de manera directa o indirectamente.***

***Fuente: (García Muñoz et al., 2021).***

<b>Instrumento Jurídico</b>	<b>Descripción</b>
La Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA) celebrada en Dublín	Formula recomendaciones para que se adopten medidas en las esferas local, nacional e internacional, teniendo presente cuatro principios rectores. Otorga disposiciones y responsabilidades a los organismos de cuenca en el caso de nuestro país sería la Asociación Salvadoreña del Agua (ASA), cabe mencionar que la ASA tiene un organismo especializado al enfoque de cuenca por lo que este sería directamente sobre el que recaerían las disposiciones y el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC)	Regula la protección de los derechos económicos, sociales y culturales (DESC), dentro de los cuales se encuentra el derecho al agua. Ya que en el pacto se contempla el aprovechamiento de los recursos naturales implica responsabilidades indirectas por parte del MARN

Continúa...

**Tabla 2.6.** *Instrumentos Jurídicos Internacionales que respaldan la protección del agua dando responsabilidad de manera directa o indirectamente. (Continuación).*

<b>Instrumento Jurídico</b>	<b>Descripción</b>
El Protocolo Facultativo del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales.	Tiene como objetivo principal garantizar el cumplimiento de los derechos que se establecen en este pacto sin distinción de raza sexo o estrato social y entre otros. Dentro de los derechos considerados en el pacto se encuentra el derecho al agua. Implica responsabilidades indirectas por parte del MARN
Tratado entre las Repúblicas de El Salvador, Guatemala y Honduras para la Ejecución del Plan Trifinio	Cuyo objetivo el fortalecimiento institucional a través de reconocimiento y estandarización de funciones de la comisión trinacional y sus órganos encargados, siendo el plan trifinio un organismo regional que busca desarrollar un proceso de gestión del ambiente y del territorio en donde se toma en cuenta las cuencas compartidas. Otorga responsabilidades a los organismos de cuenca que en el caso de el Salvador será la ASA y en menor medida al MARN

#### **2.3.4 Legislación Nacional**

En el ámbito nacional la ley que rige y presenta disposiciones frente a la gestión del recurso hídrico es la *Ley General de Recursos hídricos*, publicada en el Diario Oficial el 12 de enero del 2022, dentro de dicha ley se puede encontrar:

##### **A. Objetivo y ámbito de aplicación de la ley**

El objetivo de la ley queda establecido en el Art.2 de la misma que cita lo siguiente “regular la gestión integral de las aguas, su sostenibilidad, garantizar el derecho, humano al agua, la seguridad hídrica para una mejor calidad de vida de

todos los habitantes del país; y promover el desarrollo humano, social y económico mediante la utilización sustentable de los recursos hídricos” y su ámbito de aplicación se establece en su Art.3: “incluye todas las aguas continentales, insulares, estuarinas, marinas, subterráneas y atmosféricas, cualquiera que sea su ubicación dentro del territorio nacional, independientemente de su estado físico, calidad o condición natural”

Del mismo modo en su Art.8 se decretan los principios que se contemplan en las disposiciones y directrices presentadas en la ley de los cuales destacan:

1. Bien común, vital, finito y vulnerable
2. Corresponsabilidad
3. Eficiencia
4. Interés Público
5. Participación ciudadana
6. Protección del recurso hídrico
7. Seguridad hídrica

### **B. Creación de la Autoridad Salvadoreña del Agua**

En su Art.10 ordena la creación de la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA) que será el ente rector de la gestión integral de los recursos hídricos y demás bienes que forman parte del dominio público hidráulico, a través del uso racional, aprovechamiento eficiente, manejo, protección, recuperación, conservación, mejoramiento y restauración del recurso hídrico para garantizar su sustentabilidad con equidad.

Estableciendo en su Art.13 todas las funciones y atribuciones que le competen a la ASA dentro de las cuales están:

- i. Garantizar el cumplimiento de la presente Ley, sus políticas y sus reglamentos
- ii. Elaborar y velar por el cumplimiento de la Política Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico

- iii. Emitir las autorizaciones, sobre el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos y los permisos para la exploración, los vertidos y las autorizaciones sobre los bienes establecidos en las disposiciones del dominio público hidráulico de la presente Ley y sus reglamentos
- iv. Emitir las asignaciones públicas a entes centralizados y descentralizados, para aprovechar los recursos hídricos
- v. Auditar y sancionar en materia hídrica, lo relacionado con el cumplimiento de las condiciones fijadas en las asignaciones, autorizaciones y permisos de acuerdo a los requisitos y procedimientos establecidos en la presente Ley
- vi. Emitir las directrices y lineamientos técnicos relacionadas con las obras hidráulicas que se construyan en los bienes que forman parte del dominio público hidráulico, priorizando las obras de uso múltiple, en el marco de la gestión integral de los recursos hídricos y cambio climático

### **C. Establecimiento de subsectores hídricos y las entidades competentes correspondientes**

Dentro de su Art.35 se establecen los siguientes subsectores hídricos de acuerdo a los usos:

- a) **Agua potable y saneamiento:** el competente en esta materia será el Ministerio de Salud en lo referente al agua potable; y en lo que compete al subsector saneamiento, será el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad a la normativa de cada institución
- b) **Agua con fines agropecuarios, acuícolas y pesqueros:** el competente en esta materia es el Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de la Ley de Riego y Avenamiento, Ley Forestal y Ley General de Ordenación y Promoción de Pesca y Acuicultura
- c) **Agua con fines hidroeléctricos** de los actuales embalses Cerrón Grande, 5 de noviembre y 15 de septiembre, Guajoyo, (lago Güija), y la Central 3 de febrero y geotérmicos: la autoridad competente es la

Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL); y para los casos particulares de otros aprovechamientos hidroeléctricos será la ASA

- d) **Agua con fines industriales, agroindustriales, recreativos y otros:** el competente en esta materia es la ASA, a través de la aplicación de la presente Ley y sus reglamentos.

Además, en su Art.37 dicta las obligaciones generales de los entes públicos reguladores y en sus Arts.38, 39 y 40 ordena los lineamientos específicos de los subsectores agua potable y saneamiento, el subsector agropecuario, acuícola y pesquero y el subsector hidroeléctrico y geotérmico respectivamente.

**D. Política, planificación, sistema de información y registro nacional de los recursos hídricos**

Dentro de su Art.44 establece los lineamientos de la política hídrica:

- a) Aprovechamiento sustentable y equitativo del recurso hídrico.
- b) Gestión adecuada de las aguas superficiales o subterráneas en cantidad y calidad.
- c) Uso prioritario orientado a satisfacer las necesidades humanas fundamentales; con énfasis en el uso doméstico.
- d) Respeto al ciclo hidrológico y a la protección de las aguas territoriales y marinas.
- e) Difusión de una cultura del agua y saneamiento que promueva la sustentabilidad y la corresponsabilidad socio ambiental.
- f) Promover acciones de adaptación a los efectos del cambio climático.
- g) Fomentar o incentivar el aprovechamiento de las aguas lluvias.
- h) Uso eficiente del recurso hídrico, con énfasis en el subsector agropecuario, acuícola y pesquero.
- i) Fomentar el reúso y reciclaje de las aguas residuales tratadas.

A su vez en el Art. 49 dicta la utilización de un sistema de información hídrica (SIHI) en donde se tendrá toda la información sobre las aguas superficiales y

subterráneas, será recopilada, almacenada y sistematizada estableciendo dentro del Art.50 el contenido mínimo de dicho SIHI.

Con respecto al inventario hídrico y balances hídricos en el Art. 53 se establece la utilización de un inventario hídrico especificando el contenido mínimo de este inventario en el Art. 54 y en su Art. 56 ordena a la ASA como responsable de la realización y actualización del balance hídrico.

#### **E. Utilización del dominio público hidráulico**

Estableciendo los criterios generales de uso en el Art.62 y el orden prioritario para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico en su Art. 63:

1. Agua para consumo humano y uso doméstico
2. Uso para la sostenibilidad de ecosistemas.
3. Uso agropecuario procurando la seguridad alimentaria.
4. Uso para la generación de energía eléctrica
5. Uso industrial y comercial
6. Usos recreativos
7. Otros usos.

Además de instituir los derechos y obligaciones para uso doméstico en el Art.64 y fomentar el aprovechamiento de las aguas lluvias en el Art.66.

#### **F. Asignaciones, autorizaciones y permisos**

Estableciendo principios sobre el uso y aprovechamiento de agua en el Art. 69 y posteriormente en los Arts. 70 y 71 especificando sobre las asignaciones públicas y las autorizaciones respectivamente y en el Art. 92 establece a la ASA como autoridad competente para emitir permisos de vertidos y de exploración.

#### **G. Cultura del agua**

Establecidas dentro de los Arts. 103 y 104 la nueva cultura del agua y la concientización del recurso hídrico respectivamente.

## **H. Protección y conservación de los recursos hídricos**

Estableciendo dentro de los Arts. 122-129 acciones y directrices para la protección, conservación y aprovechamiento de recursos hídricos contemplando las zonas de protección de aguas superficiales, zonas de protección de acuíferos y el aprovechamiento de recursos de zonas naturales protegidas.

## **I. Prevención y control de la contaminación del agua**

Se establece la utilización de programas y proyectos para la prevención y control de la contaminación dentro del Art. 130 y dentro del régimen de infracciones se decretan las infracciones leves, graves y muy graves dentro de los Arts. 133, 134 y 135 respectivamente y se hacen atribuciones y especificaciones al tribunal sancionador dentro de los Arts. 139-151.

## **J. Derogatorias**

Por último, la presente ley ordena las siguientes derogatorias:

- a) El inciso segundo del artículo 576 y los artículos 577, 836, 862 del Código Civil, promulgado el 1 O de abril de 1860; publicado en la Gaceta Oficial Numero 85, del día 14 del mismo mes y año
- b) Los artículos del 182 al 193 del Título VII de la Ley Agraria, de fecha 26 de agosto de 1941; publicado en el Diario Oficial Numero 66, Tomo No. 132, del 21 de marzo de 1942.
- c) De la Ley de Riego y Avenamiento, emitida mediante Decreto Legislativo número 153, de fecha 11 de noviembre de 1970, publicado en el Diario Oficial número 213, Tomo No. 229, del 23 de ese mismo mes y año, así:
  - I. Los Arts. 4, 5 y 6, letra a), en lo referente a la planificación de los recursos hídricos;
  - II. Capítulo IV: De las Aguas Subterráneas, que comprende de los artículos 20 al 28
  - III. Los Arts. 100 y 101.
- d) El Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección. Decreto número 50 de fecha 16 de octubre de 1987,

publicado en el Diario Oficial Numero 191, Tomo 297, del día 16 de octubre de 1987;

- e) La Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, emitida mediante Decreto Ley número 886 de la Junta Revolucionaria de Gobierno, del día 2 de diciembre de 1981, publicado en el Diario Oficial número 221, Tomo 273, de la misma fecha
- f) Los Arts. 36 y 37 de la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales, emitida mediante Decreto Legislativo número 463, de fecha 9 de septiembre de 1969; publicada en el Diario Oficial número 196, Tomo 225 de fecha 22 de octubre de 1969

En relación a la demás legislación secundaria, en la tabla 2.7 se presentan mandatos relacionados con el manejo de los recursos hídricos, entre ellos, los siguientes:

**Tabla 2.7**

***Leyes relativas a los recursos Hídricos en El Salvador.***

***Fuente: (Argueta Portillo et al., 2019)***

<b>Ley</b>	<b>Relación con el tema hídrico</b>
Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, 1981 (vigente hasta el 12 de julio del 2022)	Disposiciones sobre usos del agua: consumo humano, riego, industriales, comerciales, hidroeléctrica, pesca, usos comunes, etc.
Ley del Medio Ambiente, 2012 (vigente)	Otorga competencias en la prevención y control de la contaminación, así como en el aprovechamiento de los recursos a diferentes instituciones del estado como lo son el ministerio del medio ambiente y el ministerio de salud pública. Dichas competencias se establecen en los artículos: Art.42, 46, 49, 51, 70, 75 y 77

Continúa...

**Tabla 2.7.** *Leyes relativas a los recursos Hídricos en El Salvador. (Continuación).*

<b>Ley</b>	<b>Relación con el tema hídrico</b>
Ley de Creación de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, 1948 en discusión de reformas (vigente)	Le da a la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa derechos sobre el uso del agua para generación de energía.
Ley de la Administración de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), 1961 (vigente)	Regula la extracción de agua
Ley de Riego y Avenamiento, 1989 (vigente)	Extracción de agua para riego. Dentro de la ley los artículos que estipulan disposiciones o responsabilidades en relación a la gestión del recurso hídrico son: Art.1, 3, 6, 10,12, 15, 20, 21, 22, 23, 41, 47, 48, 99, 100, 101
Ley forestal, 2002 (vigente)	Declara en su Art.23 como uso restringido los terrenos que bordeen nacimientos de agua o manantiales, terrenos riberanos de ríos y quebradas en una extensión equivalente al doble de la mayor profundidad del cauce y los terrenos de las partes altas de las cuencas hidrográficas
Código de Salud, 1988 (vigente)	Otorga al ministerio de salud pública la responsabilidad de desarrollar programas de saneamiento ambiental y establecer los parámetros de calidad del agua para consumo humano Art.56, 61, 63, 64 y 67

Continúa...

**Tabla 2.7.** *Leyes relativas a los recursos Hídricos en El Salvador. (Finaliza).*

<b>Ley</b>	<b>Relación con el tema hídrico</b>
Código Penal, 1997 (vigente)	Establece penas al que contamine, envenene, adultere o corrompiere de modo peligroso, los recursos hídricos. Art. 211, 219-B y 255
Código Municipal, 1986 (vigente)	Competencia municipal en el manejo de los recursos naturales. Art. 12 y 31

### **2.3.5 Regulaciones y directrices adicionales referentes a la gestión del recurso hídrico.**

1. Reglamento Especial de Aguas Residuales y Manejo de Lodos Residuales.
2. Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental
3. Reglamento Técnico Salvadoreño. Aguas Residuales. Parámetros de Calidad de Aguas Residuales para Descarga y Manejo de lodos Residuales.
4. Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente
5. Reglamento Técnico Salvadoreño: Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad
6. Norma salvadoreña obligatoria NSO 13.07.01:08.: agua, agua potable.
7. Reglamento de la Ley Forestal.
8. Reglamento General de la Ley de Riego y Avenamiento
9. Norma para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario

**2.3.6 Responsabilidad de las instituciones del estado en relación a la gestión del recurso hídrico.**

**A. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

Responsabilidades principales

- i. Elaborar y proponer a la Presidencia de la República los reglamentos necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de los recursos naturales y ecosistemas.
- ii. Coordinar el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente
- iii. Emisión de permisos ambientales, así como aprobación y elaboración de directrices para las evaluaciones de impacto ambiental
- iv. Realización de auditorías ambientales para verificación del permiso ambiental
- v. Promover el manejo integrado de las cuencas hidrográficas
- vi. Apoyar a los Gobiernos Municipales, a los sectores gubernamentales y sector no gubernamental en la gestión de recursos

Marco jurídico que le otorga atribuciones

- i. Ley del medio ambiente y su reglamento
- ii. Reglamento Especial de Aguas Residuales y manejo de lodos.
- iii. Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.

**B. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG):**

Responsabilidades principales

- i. Mantener y operar el servicio hidrométrico de las aguas nacionales para el estudio, investigación y aprovechamiento de las mismas
- ii. Vigilar e impedir que en los cauces o álveos naturales de los ríos se construyan obras y se hagan trabajos sin la autorización respectiva

- iii. Emisión de permisos forestales
- iv. Emisión de permisos para explorar aguas subterráneas con fines agropecuarios

Marco jurídico que le otorga atribuciones

- i. Ley de Riego y Avenamiento y su reglamento
- ii. Ley Forestal y su reglamento

### **C. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)**

Responsabilidades principales

- i. Desarrollar por medio de los organismos regionales, departamentales y locales de salud programas de saneamiento ambiental en las comunidades
- ii. Establecer la calidad sanitaria del agua destinada para el consumo humano

Marco jurídico que le otorga atribuciones

- i. Código de Salud
- ii. Reglamento Técnico Salvadoreño: Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad

### **D. Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)**

Responsabilidades principales

- i. Proveer y ayudar a proveer a los habitantes de la República de acueductos y alcantarillados, mediante la planificación, financiación, ejecución, operación, mantenimiento, administración, y explotación de las obras necesarias o convenientes
- ii. Establecer los parámetros máximos permisibles de calidad del agua de tipo especial descargada al alcantarillado

Marco jurídico que le otorga atribuciones

- i. Ley de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
- ii. Norma para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario

**E. Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)**

Responsabilidades principales

- i. Otorgar derechos sobre el uso del agua para la generación de energía

Marco jurídico que le otorga atribuciones

- ii. Ley de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa

**2.4. Generalidades de una auditoría de agua.**

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (**EPA**, por sus siglas en inglés), las auditorías de agua son la primera, y más crítica, etapa de un programa de detección y control de pérdidas o fugas de agua en sistemas comunitarios abastecedores de agua potable; en la figura 2.7 se presentan todas las etapas de un programa de control de pérdidas de agua. La situación actual de los recursos hídricos alrededor del mundo indica la necesidad urgente de mejorar su gestión para salvaguardar la seguridad y estabilidad de las naciones, especialmente de las que se encuentran en vías de desarrollo. (Adaptado de Naylor, Connor & Miletto, 2021)

Por ello, desde la segunda mitad de la década del 90, instituciones como la International Water Association (**IWA**) y la American Water Works Association (**AWWA**) se han encargado de desarrollar, evaluar, estandarizar y publicar términos y metodologías para ayudar a los sistemas distribuidores de agua potable de gran escala en la realización de auditorías hídricas. Desde entonces, han existido múltiples y diferentes prácticas de auditorías de agua en todo el mundo,

diversificándola y convirtiéndola en la herramienta más eficaz para la gestión del agua en cualquier tipo de empresa (Adaptado de EPA, 2013).



**Figura 2.7.** Componentes de un Programa de Control de Pérdidas de Agua según EPA.

Fuente: (EPA,2013)

### **2.4.1. Concepto**

En el documento “Water Audit For Centre for Science and Environment (CSE)” se define a la auditoría hídrica como un estudio y una evaluación in situ del agua que se utiliza dentro de un entorno establecido, ya sea por el manejo de equipos, tecnologías o accesorios o por actividades administrativas, con la finalidad de determinar si el uso que se le está dando al recurso es eficiente y si no lo es, recomendar acciones para reformar y optimizar su uso.

En otras palabras, una auditoría de agua es una revisión sistemática de un sitio en particular que identifica las cantidades y caracteriza todos los usos del recurso. Este sitio puede variar, siendo desde un servicio público de agua, a unas instalaciones (como instituciones gubernamentales, centros comerciales, colegios, oficinas, etc.) o un hogar. (Adaptado de CSE Water Audit, 2010)

Por lo tanto, la administración del recurso hídrico varía mucho de un tipo de empresa o institución a otra y de un sitio geográfico a otro; en consecuencia, las auditorías de agua poseen diferentes enfoques y escalas, pero su principio es universal: determinar donde concluye el agua y en qué cantidad. Las auditorías hídricas para edificios de oficinas examinan la cantidad de agua utilizada dentro de sus instalaciones, incluyendo el agua para consumo humano, sistemas de refrigeración/calefacción, servicios sanitarios, higiene personal, limpieza, lavandería, jardinería, procesos domésticos, etc. (Adaptado de CSE Water Audit, 2010)

El ejercicio de la auditoría proporciona las herramientas necesarias para la toma de decisiones de la alta dirección gracias a la identificación de usos ineficientes del recurso hídrico donde pueden implementarse medidas correctivas, generando ahorros potenciales y promoviendo la conservación del agua. (Adaptado de CSE Water Audit, 2010)

#### **2.4.2. Objetivos principales**

- i. Rastrear el uso del agua desde su punto de entrada a la instalación hasta su descarga en la alcantarilla o cuerpo receptor.
- ii. Determinar o estimar los volúmenes de agua utilizados en todas las actividades y/o procesos productivos de la institución o empresa
- iii. Realizar un balance hídrico
- iv. Identificar las posibles fugas y cuantificar las pérdidas de agua.
- v. Generar oportunidades para mejorar la gestión del recurso en el edificio y producir ahorros potenciales (Adaptado de Sánchez Sánchez, 2013).

#### **2.4.3. Bases teóricas de la metodología de aplicación**

A continuación, se establecen los procedimientos a seguir durante la auditoría de agua en la Dirección Nacional de Medicamentos y para definirlos, se utilizaron de base los siguientes documentos:

1. *M36 Water Audits and Loss Control Programs, Fourth Edition*, elaborado por American Water Works Association.

2. *Nota Técnica Metodológica de Ecoeficiencia y/o Producción Más Limpia para la formulación de un Proyecto Sostenible*, elaborada por el ingeniero Nelson Vaquero para el Curso de Especialización en Eco-eficiencia de Procesos Industriales.
3. *Water Audit for Centre for Science and Environment (CSE)*.
4. *Normativa Internacional ISO 19011:2018(E)*
5. *Manual de evaluación de la huella hídrica. Establecimiento del estándar mundial*, elaborado por la Water Footprint Network.
6. *Elaboración de una Guía Técnica para la Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) basada en la metodología de Producción Más Limpia aplicada a empresas recicladoras de El Salvador*, trabajo de graduación elaborado por Mario Cárcamo, José Martínez y Antonia Pérez.

Resultando en una metodología de carácter cuali-cuantitativo, dividida en 6 etapas:

#### **2.4.3.1. Etapa 1. Planeación y Organización**

1. Obtener el compromiso de la Alta Dirección/Gerencia

El principal requisito que asegura la ejecución, calidad, continuidad y éxito de la auditoría de agua es el compromiso de la alta gerencia de la empresa. Ya que los dirigentes del auditado pueden incentivar o involucrar a todo el personal en el proyecto.

2. Organizar un equipo auditor

El equipo auditor está conformado por uno o más auditores que llevan a cabo la auditoría, con el apoyo, si es necesario, de expertos técnicos. Se recomienda que el grupo este conformado por al menos una persona por cada área, unidad, o departamento que constituya la organización, ya que mientras más grande y multidisciplinario sea el personal involucrado, mayor será la probabilidad de éxito del proyecto.

3. Definir objetivos, metas, alcances o plan de trabajo

En este paso se deben establecer objetivos y/o metas realistas a corto o mediano plazo para motivar a las partes interesadas el hacer un esfuerzo significativo para colaborar en el proyecto. El plan de trabajo debe incluir una descripción de las actividades y los detalles acordados para alcanzar los objetivos y/o metas, así como un período de tiempo estimado para su cumplimiento.

**2.4.3.2. Etapa 2. Información Previa a la Auditoría in situ**

1. Recopilación de la información general de la empresa

Es recomendable que la primera actividad a realizar sea el estandarizar la información pertinente a las generalidades de la organización, a continuación, se muestra una propuesta de la información a recolectar:

- a. Nombre de la empresa
- b. Breve descripción de lo que hace la empresa
- c. Clasificación/Rama a la que pertenece la empresa
- d. Misión de la empresa
- e. Visión de la empresa
- f. Ubicación geográfica exacta de las instalaciones de la empresa
- g. Tamaño y edad de las instalaciones
- h. Teléfono o Fax
- i. Cantidad de empleados
- j. Horarios típicos de operación
- k. Consumos mensuales o anuales de agua
- l. Otros costos asociados al uso del agua

En conjunto a este registro, se recomienda revisar las últimas versiones de los documentos de diseño, planos arquitectónicos o planos de instalaciones hidráulicas de la organización para rastrear los puntos de agua que utilicen, ya sea agua potable, aguas negras o aguas lluvias.

2. Recorrido por las instalaciones

Dependiendo de la disponibilidad y tamaño de la empresa, puede realizarse en más de una visita, su finalidad es identificar todas las labores que se realizan dentro de la empresa que involucren agua y con la inspección también se puede verificar la información de los documentos de diseño, planos arquitectónicos o planos hidráulicos.

3. Identificación de procesos y actividades que involucren agua (inventario de consumidores)

Para proporcionar evidencia de la auditoría, se hace un registro de toda la información proveniente del recorrido por las instalaciones. Es decir, se describen detalladamente todos los puntos de uso de agua en la organización.

**2.4.3.3. Etapa 3. Recolección de información de campo**

Después de realizar el inventario de consumidores, el proyecto abandona la fase cualitativa para entrar a la fase cuantitativa. Las actividades de la auditoría se vuelven más interactivas entre el personal del auditado y el equipo auditor ya que se establecen los métodos para reunir la data necesaria para efectuar el balance hídrico, por ejemplo: observaciones del trabajo, llenado de encuestas o entrevistas al personal, medición de caudal, etc.

En ocasiones no se pueden medir con exactitud todos los consumos por lo que es necesario que el equipo auditor sea capaz de manejar la incertidumbre de tal forma que no afecte la veracidad del balance hídrico.

**2.4.3.4. Etapa 4. Balance Hídrico y planteamiento preliminar de opciones de mejora**

El balance de agua es la etapa más importante de la metodología y de la auditoría hídrica en general, dado que proporciona un diagnóstico de las condiciones reales del recurso dentro de la organización, es decir, brinda un panorama de su oferta, disponibilidad y demanda.

El balance hídrico permite identificar si se está utilizando de manera eficiente y si no, permite tomar medidas y establecer lineamientos o estrategias para mejorar su gestión y/o protección.

**1. Caracterización de entradas y salidas de agua**

Teóricamente, el volumen de agua que entra a la institución es el mismo que usa para realizar sus actividades y, por ende, es el mismo volumen que sale de la institución.

La figura 2.8 presenta el balance hídrico según la AWWA, en este caso si bien es cierto que está diseñado para empresas de agua, sirve como punto de partida para categorizar y cuantificar todos los usos del agua en la auditoría hídrica de cualquier organización.

Volumen de fuentes propias (corregido por errores conocidos)	Volumen de Entrada del Sistema	Agua Exportada (corregida por errores conocidos)	Agua Facturada Exportada				Agua Contabilizada
		Agua Suministrada	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Facturado	Consumo Medido Facturado		Agua Contabilizada
Pérdidas de Agua	Consumo Autorizado No Facturado			Consumo No Medido Facturado		Agua No Contabilizada	
		Pérdidas Reales	Pérdidas Aparentes	Consumo No Facturado y No Medido			
Fugas en las Conexiones de Servicio hasta el punto de Medición del Cliente	Fugas y Desbordamientos en los Depósitos de la Empresa			Consumo Medido No Facturado			
		Inexactitudes en la Medición de los Clientes					
		Consumo No Autorizado					
		Errores Sistemáticos en el Manejo de Datos					

NOTA: Todos los datos en volumen para el periodo de referencia, normalmente un año.

**Figura 2.8.** Balance Hídrico de la AWWA.

Fuente: (Adaptado de AWWA, 2020)

**2. Descripción detallada del consumo de agua de la empresa**

Se debe presentar de forma clara y resumida todos los resultados derivados del balance hídrico, se recomienda el uso de diagramas de flujos de procesos, esquemas, tablas o gráficos.

### 3. Generación de Propuestas

El propósito de este paso es que el equipo auditor debe de realizar un análisis de toda la información recopilada hasta ahora para preparar las opciones de mejora en la gestión del recurso hídrico dentro de la empresa. Pueden resultar de lluvias de ideas, recomendaciones del experto técnico que acompaña al equipo auditor, referencias de otras auditorías a organizaciones similares a la auditada, etc.

#### **2.4.3.5. Etapa 5. Realización de Cartera de Proyectos**

##### 1. Selección de Propuestas

Se deben de seleccionar las opciones que no alteren significativamente las condiciones normales de operatividad de la empresa. Sin embargo, se recomienda que se establezca la factibilidad económica y ambiental, así como la viabilidad técnica, de cada opción generada.

##### 2. Evaluación Técnica

Esta evaluación tiene el objetivo de evaluar aspectos como: infraestructura, capacidad instalada, flujo de proceso, capacitaciones del personal, seguridad e higiene ocupacional y otros aspectos según sea la naturaleza de la propuesta, determinando el equipo y especificaciones técnicas para que pueda ser implementada y de esta forma responda favorablemente a los objetivos de la empresa.

##### 3. Evaluación Económica

Para las opciones de mejora planteadas, es necesario conocer si necesitan de una inversión inicial para su funcionamiento, además de contabilizar los costos operacionales o de mantenimiento e identificar los ahorros potenciales.

Por ende, en esta etapa se realiza un análisis costo-beneficio con los siguientes indicadores financieros: Tasa de Interés de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto o Valor Presente Neto (VAN o VPN).

La TIR de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el VAN o VPN de una inversión sea igual a cero. Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor (tasa de descuento) y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor. Si la TIR es igual a la tasa de descuento, el inversionista decide si realizar la inversión o no porque no le generará ningún beneficio. Si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto debe rechazarse.

Por otro lado, el VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos). El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado.

La tasa de interés con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima esperada, por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el beneficio neto actualizado (BNA), es decir un VAN negativo, es porque no se ha satisfecho dicha tasa y la propuesta no es viable. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a cero) es porque se ha cumplido dicha tasa, y cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN positivo), es porque además de cumplir con la tasa estipulada, ha generado excedentes que se traducen en beneficios económicos para el inversionista, es decir que es viable ejecutar esa propuesta de mejora.

#### 4. Evaluación Ambiental

Es recomendable realizar esta evaluación después de determinar la viabilidad técnica y económica de las propuestas seleccionadas. Su objetivo principal es la de reducir los impactos negativos al medio ambiente generados por la mala gestión del agua en la empresa.

Debe de realizarse un análisis ambiental cualitativo y cuantitativo de cada propuesta de mejora. Para fines de este trabajo, el indicador ambiental del consumo

de agua debería evidenciarse con la diferencia entre el volumen de agua utilizado en las condiciones normales de operación de la institución y el volumen de agua posterior a la aplicación de la o las opciones de mejora.

#### **2.4.3.6. Etapa 6. Entrega del informe final de la auditoría de agua**

El último paso de esta metodología comprende la elaboración y entrega de un informe a la organización que está siendo auditada, es necesario que contenga los criterios, las evidencias, los hallazgos y las conclusiones de la auditoría, haciendo énfasis en los ahorros potenciales que generan las reformas en la gestión del agua dentro de la empresa.

Para una mejor comprensión de la metodología a seguir, la Figura 2.9., describe paso a paso todas las etapas de la auditoría de agua en la DNM.

#### **2.4.4. Beneficios de aplicar una auditoría de agua en una organización**

En un entorno tan competitivo, las industrias buscan nuevos enfoques que les permitan reducir sus costes de operación y su impacto negativo en el medio ambiente, manteniendo sus estándares de calidad y eficiencia. Es por ello que las auditorías de agua resultan ser una gran herramienta de gestión ambiental que pueden presentar los siguientes beneficios:

- A)** Reducción en el consumo de agua.
- B)** Reducción de los costos asociados al ciclo del agua.
- C)** Reducción en los vertidos de aguas residuales
- D)** Optimización de la capacidad hidráulica
- E)** Identificar y adecuar los grados de calidad del agua en las diferentes operaciones
- F)** Estandarización y normalización de las operaciones en los centros productivos.
- G)** Reducir el consumo de químicos y otros costes de operación asociados al pretratamiento del agua para procesos (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONUHABITAT), 2012)

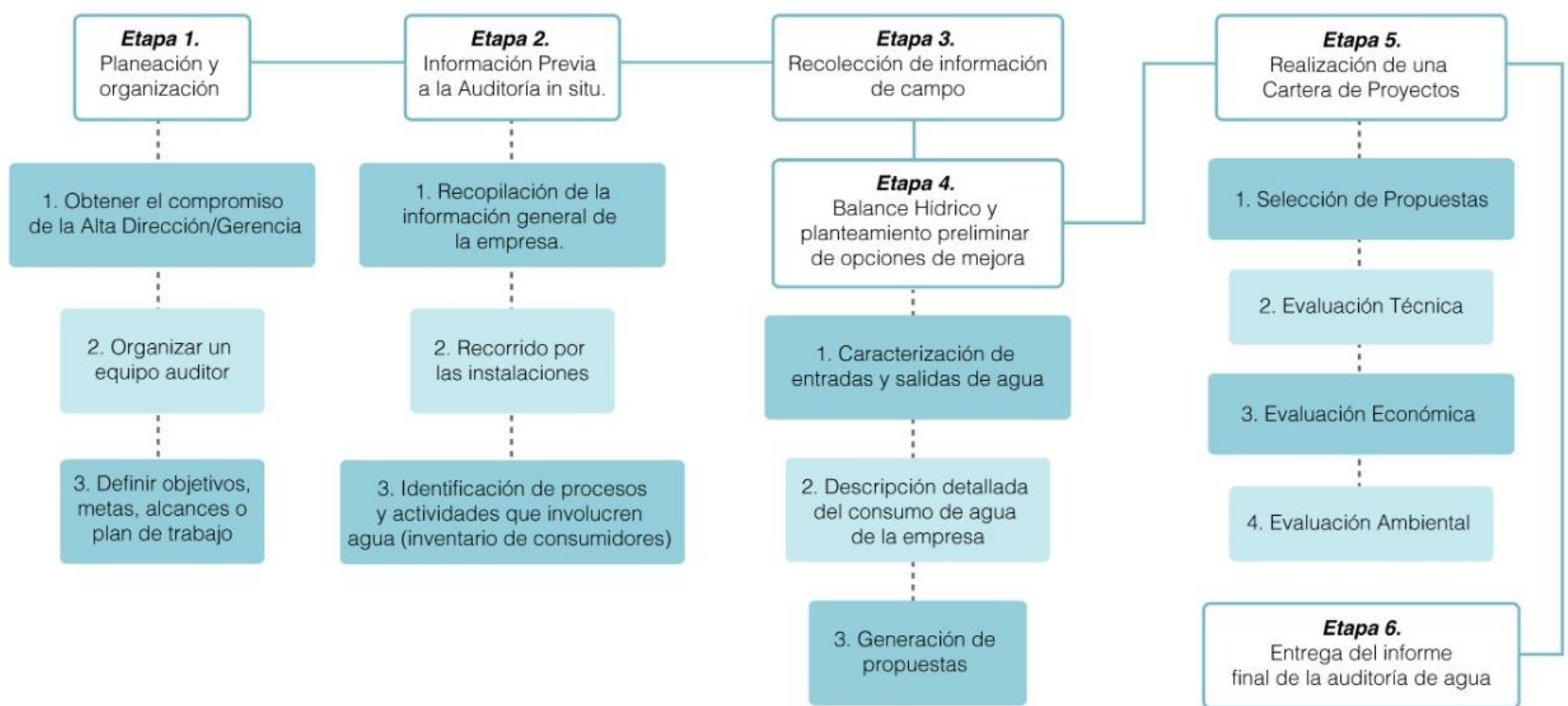


Figura 2.9. Esquema representativo de la metodología a seguir durante la auditoría de agua en la DNM.

## **CAPÍTULO 3**

### **Metodología y Análisis.**

Como se menciona en el capítulo 2, las auditorías hídricas no tienen una metodología estandarizada para su puesta en marcha y/o ejecución, sin embargo, en toda la bibliografía referente a ella, se logra identificar una serie de pasos o etapas genéricos que ayudan a recolectar información fundamental de cualquier tipo de industria. Dicha información, es necesaria complementarla según las características específicas (tamaño, especialidad, operatividad, etc.) de la organización a ser auditada.

A lo largo de este capítulo se detalla todo el procedimiento hecho durante la auditoría de agua en la DNM, así como un análisis de toda la información obtenida durante su tiempo de realización.

#### **3.1. Descripción de la metodología aplicada para el desarrollo de la Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos.**

Antes de empezar a citar y/o adaptar el procedimiento establecido en la *sección 2.4.3* de este documento, se debe aclarar que el proyecto fue planteado originalmente para llevarse a cabo en cualquier tipo de organización. Es decir que, para poder implementar la auditoría de agua en la DNM, primero se realizó un contacto con la institución a través de su Unidad de Cooperación y Alianzas Estratégicas, quienes designaron a uno de sus funcionarios para entregar la información del proyecto a la Unidad competente y así coordinar un diálogo para presentarles de manera general el proyecto que se desarrollaría dentro de sus instalaciones y obtener su aprobación.

##### **3.1.1. Etapa 1. Planeación y Organización.**

Esta primera etapa comenzó con una teleconferencia, en la plataforma Teams, entre los estudiantes a cargo de ejecutar el trabajo de aplicación, la ingeniera Rosmery Cerón del Centro Nacional de Producción Más Limpia y los siguientes funcionarios de la Dirección Nacional de Medicamentos: el delegado representante de la Unidad de Cooperación y Alianzas Estratégicas, el Jefe de la

Unidad de Seguridad Institucional y Servicios Generales y un Analista en Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional.

**3.1.1.1. Obtener el compromiso de la Alta Dirección/Gerencia.**

Como ya se ha mencionado, el propósito principal de la primera sesión virtual fue conseguir el visto bueno de las autoridades de la DNM para colaborar en este trabajo de investigación. Sin embargo, la Jefatura de la Unidad de Seguridad Institucional y Servicios Generales junto con el analista en medio ambiente y seguridad ocupacional notificaron que el proyecto, previo al diálogo de presentación, ya había sido aprobado por parte de la institución.

Por esta razón, durante el resto de la conferencia, se intercambiaron conocimientos relacionados a la información necesaria para dar inicio al proyecto, los intereses de cada una de las partes, los gestores involucrados en las distintas actividades de la auditoría del agua, etc.

**3.1.1.2. Organizar un equipo auditor.**

Como resultado de los primeros acuerdos entre los funcionarios de la Dirección Nacional de Medicamentos y los estudiantes durante la primera reunión virtual, el equipo auditor queda conformado por: **3 auditores, 1 experto técnico, 1 supervisor del programa de la auditoría, 1 responsable de la organización y 1 guía.**

En la Tabla 3.1 se presenta el listado de las personas involucradas directamente en la planeación y realización de la auditoría hídrica de la DNM y su rol asignado.

**Tabla 3.1**

***Equipo Auditor.***

<b>Nombre de la auditoría:</b>	<b><u>Auditoría del Agua o Auditoría Hídrica</u></b>		
<b>Número de Auditores:</b>	3 (Tres)	<b>Nombre de los Auditores:</b>	Kevin Vinicio Aguirre Orantes Angel Mauricio Flores Aguilar Emerson Stanley Orellana Zelaya

Continúa...

**Tabla 3.1. Equipo Auditor. (Continuación).**

<b>Líder de los Auditores:</b>	Angel Mauricio Flores Aguilar
<b>Experto Técnico:</b>	Ing. Rosmery Arely Cerón Morales Centro Nacional de Producción Más Limpia
<b>Supervisor o jefe del programa de la auditoría:</b>	Ing. Nelson Mauricio Vaquero Andrade Docente Asesor del Curso de Especialización en Eco-Eficiencia de Procesos Industriales
<b>Auditado:</b>	Dirección Nacional de Medicamentos (DNM)
<b>Representante del auditado:</b>	Jefe de la Unidad de Seguridad Institucional y Servicios Generales
<b>Guía:</b>	Analista en Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional

### **3.1.1.3. Definir objetivos, metas, alcances o plan de trabajo.**

Posterior a la primera reunión, los auditores junto con el experto técnico realizaron un memorándum de la información obtenida y adaptaron los acuerdos más importantes al desarrollo de la investigación. Por esta razón, se originaron los alcances y limitaciones del proyecto, surgieron nuevos resultados esperados, se reformaron los objetivos de la auditoría, etc.

Como consecuencia, esta etapa ha sido fundamental para terminar de delimitar el proyecto y para finalizar, se realizó el plan de la auditoría hídrica en forma de cronograma.

### **3.1.2. Etapa 2. Información Previa a la Auditoría in situ.**

Como segundo paso, se realizó la primera visita técnica a la Dirección Nacional de Medicamentos, en la cual primeramente se realizó una reunión con los representantes del área medioambiental de la institución en la cual se discutieron aspectos más específicos con respecto a las disposiciones de la institución y la información requerida para el desarrollo del proyecto, así mismo, dentro de esta primera visita se realizó un recorrido por las instalaciones a fin de realizar un inventario de consumidores de agua y recopilar información sobre las entradas de agua.

La Tabla 3.3 describe, en detalle, el inventario de consumidores por nivel que se identificó en la DNM. Con respecto a las entradas de agua la Dirección Nacional de Medicamentos cuenta con una facturación fija y no poseen un contador que proporcione una medida del flujo volumétrico de entrada a la institución, sin embargo, el consumo diario de agua es abastecido mediante una cisterna con una capacidad de 46 m<sup>3</sup>, información que se corroboró en el recorrido de las instalaciones por lo que para la auditoría se tomó en cuenta este flujo volumétrico de entrada, considerando que la cisterna se utiliza a una capacidad del 80% por seguridad y los 234 días laborales según la DNM para determinar un consumo anual aproximado de **8,611.20 m<sup>3</sup>/año**.

Del mismo modo se obtuvieron datos del agua “importada” correspondiente al consumo de agua potable por parte de los empleados de la Dirección Nacional de Medicamentos y se resumen en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2**

**Registro del consumo de agua potable de la Dirección Nacional de Medicamentos.**

<b>Información del agua importada</b>					
<b>Fecha de compra</b>	<b>Cantidad de unidades</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Volumen por unidad</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Monto (USD)</b>
03/06/2022	67	Garrafa	5 galones	1.50	100.50
10/06/2022	67	Garrafa	5 galones	1.50	100.50
17/06/2022	68	Garrafa	5 galones	1.50	102.00
24/06/2022	68	Garrafa	5 galones	1.50	102.00
01/07/2022	70	Garrafa	5 galones	1.50	105.00
08/07/2022	75	Garrafa	5 galones	1.50	112.50
15/07/2022	75	Garrafa	5 galones	1.50	112.50
Del 03/06/2022 al 24/06/2022	204	Botellas	500 ml.	0.25	51.00
Del 01/07/2022 al 15/07/2022	96	Botellas	500 ml.	0.25	24.00

**Tabla 3.3**

**Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por nivel.**

<b>Nivel 1</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Inodoros de palanca (descarga única)	8	Marca Corona	0.0048	m <sup>3</sup> /descarga	Sin comentarios

Continúa...

**Desarrollo de una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos**

**Tabla 3.3.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por nivel. (Continuación).

<b>Nivel 1</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Grifos monomando con aireador (lavamanos)	6	---	---	m <sup>3</sup> /min	2 con válvula de giro y 4 con válvula de palanca
Grifos monomando sin aireador (Chorro)	1	---	---	m <sup>3</sup> /min	Es un lavadero en donde se lava el oasis 2 veces al mes
Mingitorio	3	Marca Edesa	0.0038	m <sup>3</sup> / descarga	Accionamiento por botón temporizador. Se encuentra deshabilitado
<b>Nivel 2</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Inodoros de palanca (descarga única)	11	Marca Chroma	0.0048	m <sup>3</sup> / descarga	Sin comentarios

Continúa...

**Desarrollo de una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos**

**Tabla 3.3.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por nivel. (Continuación).

<b>Nivel 2</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Grifos monomando con aireador (lavamanos)	11	---	---	m <sup>3</sup> /min	1 con válvula de giro y 7 con válvula de palanca
Grifos monomando sin aireador (Chorro)	1	---	---	m <sup>3</sup> /min	Se encuentra en el área de registro
Mingitorio	2	Marca Edesa	0.0038	m <sup>3</sup> / descarga	Accionamiento por botón temporizador
<b>Nivel 3</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio según marca/ modelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Inodoros de palanca (descarga única)	7	Marca Corona	0.0048	m <sup>3</sup> / descarga	Sin comentarios
Inodoros de doble descarga	5	Marca Corona	0.0048- 0.003	m <sup>3</sup> / descarga	Sin comentarios

Continúa...

**Tabla 3.3.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por nivel. (Continuación).

<b>Nivel 3</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio según marca/ modelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Grifos monomando con aireador (lavamanos)	10	---	---	m <sup>3</sup> /min	Todos con válvula de palanca
Grifos monomando sin aireador (chorro)	1	---	---	m <sup>3</sup> /min	Se encuentra en la bodega
Regadera	1	---	---		Se encuentra en la bodega
Mingitorio	2	Marca Edesa	0.0038	m <sup>3</sup> / descarga	Botón temporizador
<b>Nivel 4</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio según marca/ modelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Inodoros de palanca (descarga única)	10	Marca Corona	0.0048	m <sup>3</sup> / descarga	Sin comentarios

Continúa...

**Tabla 3.3.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por nivel. (Continuación).

<b>Nivel 4</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio según marca/ modelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Grifos monomando con aireador (lavamanos)	10	---	---	m <sup>3</sup> /min	3 con válvula de botón temporizador y 7 con válvula de palanca
Mingitorio	2	Marca Corona	0.0038	m <sup>3</sup> / descarga	Accionamiento por botón temporizador
<b>Nivel 5</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio según marca/ modelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Inodoros de palanca (descarga única)	8	Marca Corona	0.0048	m <sup>3</sup> / descarga	Sin comentarios
Grifos monomando con aireador (lavamanos)	7	---	---	m <sup>3</sup> /min	Todos con válvula de palanca

Continúa...

**Tabla 3.3.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por nivel. (Finaliza).

<b>Nivel 5</b>					
<b>Accesorio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Modelo/marca/ especificaciones extra de uso</b>	<b>Flujo promedio según marca/ modelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Comentarios</b>
Grifos monomando sin aireador (Chorros)	3	---	---	m <sup>3</sup> /min	Son usados por el personal de limpieza
Mingitorio	1	Marca Edesa	0.0038	m <sup>3</sup> / descarga	Accionamiento por botón temporizador
Lavadora	1	WHIRLPOOL 20KG 8MWTW2024MJM	0.2	m <sup>3</sup> /uso	No utiliza el agua desmineralizada a pesar de estar cerca del área de laboratorios

**Desarrollo de una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos**

Dentro del nivel 5 se encuentran además el laboratorio de dispositivos médicos, el laboratorio de análisis fisicoquímico y el laboratorio de análisis microbiológico, por lo que también se realizó un inventario específico correspondiente al equipo de cada laboratorio, tal y como lo muestra la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4**

***Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por laboratorio.***

<b>Laboratorio de Dispositivos Médicos</b>						
<b>Accesorio</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Usos anuales promedio</b>	<b>Comentarios</b>
Sistema de dispensado para prueba de fugas	VALTRIK	1	0.0105	m <sup>3</sup> /uso	30	Se utiliza para probar guantes quirúrgicos. Dentro de unos meses la institución obtendrá otro equipo con las mismas características
Sistema para prueba de catéteres	VALTRIK	1	0.0120	m <sup>3</sup> /uso	3	Se utiliza para comprobar el caudal de los catéteres
Autoclave	Tuttnaver	1	0.0020	m <sup>3</sup> /uso	3	Esterilización de instrumentos.

Continúa...

**Tabla 3.4.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por laboratorio. (Continuación).

<b>Laboratorio de Dispositivos Médicos</b>						
<b>Accesorio</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Usos anuales promedio</b>	<b>Comentarios</b>
Probador de sellos	DVACI	1	0.0300	m <sup>3</sup> /uso	47	Se utiliza para comprobar la impermeabilidad de los sellos de los empaques primarios.
<b>Laboratorio de Análisis Microbiológico</b>						
<b>Accesorio</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Usos anuales promedio</b>	<b>Comentarios</b>
Baño de agua	EQUATHERM	1	0.0300	m <sup>3</sup> /uso	39	El agua de este baño solo se utiliza para mantener cierta temperatura no se cambia su composición
Autoclave automático	SISTEC	1	0.1000	m <sup>3</sup> /uso	198	Se utiliza para desinfección de instrumentos
Autoclave manual	YAMATO	1	0.0035	m <sup>3</sup> /uso	246	Se utiliza para desinfección de instrumentos

Continúa...

**Desarrollo de una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos**

**Tabla 3.4.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por laboratorio. (Continuación).

<b>Laboratorio de Análisis Microbiológico</b>						
<b>Accesorio/ actividad</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Usos anuales promedio</b>	<b>Comentarios</b>
Sistema de lavandería	WHIRLPOOL 20KG 8MWTW2024MJM	1	0.2000	m <sup>3</sup> /uso	270	Se utiliza para el lavado de las gabachas usadas por miembros del laboratorio (no usa agua purificada)
<b>Laboratorio de Análisis Físicoquímico</b>						
<b>Accesorio/ actividad</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Usos anuales promedio</b>	<b>Comentarios</b>
Tester de desintegración	Electrolab	1	0.0020	m <sup>3</sup> /uso	17	Se utiliza en las pruebas de desintegración de medicamentos
Tester de desintegración de dos canastas	HANSON RESEARCH	1	0.0020	m <sup>3</sup> /uso	494	Se utiliza en las pruebas de desintegración de medicamentos

Continúa...

**Desarrollo de una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos**

**Tabla 3.4.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por laboratorio. (Continuación).

<b>Laboratorio de Análisis Físicoquímico</b>						
<b>Accesorio/actividad</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Usos anuales promedio</b>	<b>Comentarios</b>
Disolutor 8 vasos	TELEDYNE HANSON	1	0.0080	m <sup>3</sup> /uso	324	Se utiliza en las pruebas de disolución de medicamentos
Disolutor 8 vasos	TELEDYNE HANSON ELITE 8	1	0.0080	m <sup>3</sup> /uso	150	Se utiliza en las pruebas de disolución de medicamentos
Disolutor 8 vasos	DISTEK/2100	1	0.0080	m <sup>3</sup> /uso	471	Se utiliza en las pruebas de disolución de medicamentos
Disolutor 8 vasos	HANSON/SR8-PLUS	1	0.0080	m <sup>3</sup> /uso	221	Se utiliza en las pruebas de disolución de medicamentos

Continúa...

**Desarrollo de una Auditoría de Agua en la Dirección Nacional de Medicamentos**

**Tabla 3.4.** Inventario de consumidores de agua de la Dirección Nacional de Medicamentos organizados por laboratorio. (Finaliza).

<b>Laboratorio de Análisis Fisicoquímico</b>						
<b>Accesorio/actividad</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo promedio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Usos anuales promedio</b>	<b>Comentarios</b>
Limpiador de ultrasonido	BRANSON/ 5800	1	0.0050	m <sup>3</sup> /uso	1071	---
Baño de agua	EQUATHERM	1	0.0050	m <sup>3</sup> /uso	8	---
Baño de agua		1		m <sup>3</sup> /uso	8	---
Limpieza de disolutores	N/A	3	0.0200	m <sup>3</sup> /uso	24	Se realiza una vez cada 2 semanas por cada disolutor
Limpieza de disolutos SR8-PLUS	N/A	1	0.0300	m <sup>3</sup> /uso	24	Se necesita realizar una vez cada 2 semanas por cada disolutor
Limpieza de tester de desintegración	N/A	2	0.0020	m <sup>3</sup> /uso	24	Se usa una vez cada 2 semanas

Asimismo, la DNM proporcionó los siguientes datos del sistema de purificación de agua que abastece a los tres laboratorios: Diariamente ingresan al sistema aproximadamente 2,029 litros de agua del sistema de alcantarillado de ANDA y se purgan del mismo sistema 1,529 litros y esta agua no se aprovecha para ningún uso actualmente y termina directamente en la salida del drenaje de la institución. En la tabla 3.5 se presenta el consumo de agua potable del sistema de purificación para el laboratorio de la DNM.

**Tabla 3.5**

***Estimación de consumo de agua potable en sistema de purificación de agua para el laboratorio de control de calidad DNM.***

<b>Producción de Agua Purificada</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tiempo estimado</b>	<b>Periodicidad</b>
200.00	Litros	16 minutos	3 veces al día
<b>Rechazo de Sistema de Agua Purificada</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tiempo estimado</b>	<b>Periodicidad</b>
200.00	Litros	16 minutos	3 veces al día
<b>Lavado de Tanque de Arena</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tiempo estimado</b>	<b>Periodicidad</b>
397.00	Litros	20 minutos	1 vez al día
<b>Regeneración del suavizador</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tiempo estimado</b>	<b>Periodicidad</b>
680.00	Litros	90 minutos	2 veces a la semana

Continúa...

**Tabla 3.5.** *Estimación de consumo de agua potable en sistema de purificación de agua para el laboratorio de control de calidad DNM. (Continuación).*

<b>Sanitización de todas las etapas</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Tiempo estimado</b>	<b>Periodicidad</b>
800.00	Litros	3.5 horas	1 vez a la semana
<b>Promedio de consumo semanal (litros) =&gt;</b>			10,145
<b>Purga de agua semanal (litros) =&gt;</b>			7,645
<b>Promedio de consumo anual (m<sup>3</sup>) =&gt;</b>			700.01
<b>Purga de agua anual (m<sup>3</sup>) =&gt;</b>			527.51
<b>Entrada de agua a los laboratorios (m<sup>3</sup>)</b>			<b>172.5</b>

Además de estos posibles consumos se han establecido como “otros consumos” a aquellos que ya sea por el carácter de la actividad y/o su frecuencia esporádica no pueden ser contabilizados de manera regular o exacta como por ejemplo horas extra realizadas por parte del personal administrativo, el lavado de los trapeadores por parte del personal de limpieza, el lavado de los baños ya sea en seco o limpieza completa y el dejar abierta la llave del grifo cuando no se está utilizando.

### **3.1.3. Etapa 3. Recolección de información de campo.**

Para determinar los patrones de uso y más adelante calcular sus consumos de agua, se tuvo que tomar mediciones de los caudales de los siguientes equipos: sistemas de lavamanos, duchas, inodoros, etc., Y para ello se formuló la metodología descrita a continuación:

#### **3.1.3.1. Medición de flujos volumétricos.**

Las mediciones de los flujos volumétricos o caudales se realizaron en función de los instrumentos disponibles para su ejecución y la metodología es la siguiente:

1. Colocar el beaker en la salida de agua del grifo de tal manera que la graduación quede perpendicular con respecto a quien realizara la medición, para evitar errores de paralaje.
2. Abrir la válvula del grifo completamente y al mismo tiempo activar el cronómetro, parar el cronómetro hasta que el volumen dentro del beaker se encuentre en la marca de los 100 ml
3. Llevar a cabo 2 repeticiones por cada grifo al que se le medirá el caudal.
4. Determinar el caudal realizando la división del volumen medido entre el tiempo registrado utilizando y calcular el valor promedio.

La Tabla 3.6 presenta un resumen del equipo necesario para la medición del caudal.

**Tabla 3.6**

***Instrumentación necesaria para la medición del caudal Método 1.***

<b>Instrumentación para la medición de flujos volumétricos Método 1</b>	
<b>Instrumento/equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Beaker de 100 o 200 mL	1
Cronómetro	1

Los resultados de las mediciones del caudal para cada nivel se resumen en las tablas de la 3.7 a la 3.12:

**Tabla 3.7**

***Resultados de las mediciones de caudal nivel 1.***

<b>Nivel 1</b>				
	Repetición	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Grifo 1	2	0.0011	8.5900	0.1281 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	8.8400	0.1244 x10 <sup>-3</sup>

Continúa...

**Tabla 3.7.** Resultados de las mediciones de caudal nivel 1. (Continuación).

<b>Nivel 1</b>				
	Repetición	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Grifo 2	1	0.0011	7.1700	0.1534 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	7.2400	0.1519 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 3	1	0.0011	15.0000	0.0733 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	15.1600	0.0726 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 4	1	0.0011	9.0100	0.1221 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	8.0100	0.1373 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 5	1	0.0011	18.8200	0.0584 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	19.2200	0.0572 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 6	1	0.0011	15.0200	0.0732 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	15.5000	0.0710 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 7	1	0.0011	14.3300	0.0768 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	14.7300	0.0747 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 8	1	0.0011	8.9200	0.1233 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	8.7000	0.1264 x10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>				<b>0.1015 x10<sup>-3</sup></b>

**Tabla 3.8**

**Resultados de las mediciones de caudal nivel 2.**

<b>Nivel 2</b>				
	Repetición	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Grifo 1	1	0.0011	14.6300	0.0752 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	15.4200	0.0713 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 2	2	0.0011	12.5300	0.0878 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	13.1600	0.0836 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 3	2	0.0011	14.0400	0.0783 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	14.2800	0.0770 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 4	2	0.0011	6.3000	0.1746 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	6.2800	0.1752 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 5	2	0.0011	10.0800	0.1091 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	10.0200	0.1098 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 6	2	0.0011	20.3400	0.0541 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	19.8800	0.0553 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 7	2	0.0011	15.2800	0.0720 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	15.0600	0.0730 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 8	2	0.0011	16.8600	0.0652 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	16.4600	0.0668 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 9	2	0.0011	9.0100	0.1221 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	8.6100	0.1278 x10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>				<b>0.0932 x10<sup>-3</sup></b>

**Tabla 3.9**

**Resultados de las mediciones de caudal nivel 3.**

<b>Nivel 3</b>				
	Repetición	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Grifo 1	1	0.0011	8.1100	0.1356 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	7.5800	0.1451 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 2	2	0.0011	19.3500	0.0568 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	21.3400	0.0515 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 3	2	0.0011	17.0600	0.0645 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	17.0200	0.0646 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 4	2	0.0011	8.2200	0.1338 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	8.0000	0.1375 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 5	2	0.0011	6.4000	0.1719 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	6.1800	0.1780 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 6	2	0.0011	21.4700	0.0512 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	21.6700	0.0508 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 7	2	0.0011	7.0400	0.1563 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	7.2800	0.1511 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 8	2	0.0011	13.7000	0.0803 x10 <sup>-3</sup>
	3	0.0011	13.3000	0.0827 x10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>				<b>0.1070 x10<sup>-3</sup></b>

**Tabla 3.10**

**Resultados de las mediciones de caudal nivel 4.**

<b>Nivel 4</b>				
	Repetición	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Grifo 1	1	0.0011	21.8600	0.0503 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	19.5200	0.0564 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 2	1	0.0011	11.5200	0.0955 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	11.3200	0.0972 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 3	1	0.0011	13.3200	0.0826 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	12.6800	0.0868 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 4	1	0.0011	11.7700	0.0935 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	11.5300	0.0954 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 5	1	0.0011	20.1000	0.0547 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	19.3400	0.0569 x10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>				<b>0.0769 x10<sup>-3</sup></b>

**Tabla 3.11**

**Resultados de las mediciones de caudal nivel 5.**

<b>Nivel 5</b>				
	Repetición	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Grifo 1	1	0.0011	11.9300	0.0922x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	11.9100	0.0924 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 2	1	0.0011	11.8600	0.0927 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	11.8400	0.0929 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 3	1	0.0011	11.2400	0.0979 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	11.2000	0.0982 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 4	1	0.0011	11.4500	0.0961 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	11.4300	0.0962 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 5	1	0.0011	16.1200	0.0682 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	15.9200	0.0691 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 6	1	0.0011	12.8200	0.0858 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	12.6100	0.0872 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 7	1	0.0011	11.2200	0.0980 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	11.0300	0.0997 x10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>				<b>0.0905 x10<sup>-3</sup></b>

**Tabla 3.12**

**Resultados de las mediciones de caudal laboratorio de análisis fisicoquímico.**

<b>Laboratorio de Análisis Fisicoquímico</b>				
	Repetición	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Grifo 1	1	0.0011	14.1400	0.0778 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	14.3600	0.0766 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 2	1	0.0011	15.2800	0.0720 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	14.9400	0.0736 x10 <sup>-3</sup>
Grifo 3	1	0.0011	15.0000	0.0733 x10 <sup>-3</sup>
	2	0.0011	14.5600	0.0755x10 <sup>-3</sup>

El caudal promedio del laboratorio de análisis fisicoquímico es 0.0748x10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s.

### **3.1.3.2. Mediciones de tanques de los inodoros.**

Para realizar las mediciones de los tanques de los inodoros se utilizaron los siguientes instrumentos, véase tabla 3.13 y se siguió el siguiente método.

**Tabla 3.13**

**Instrumentación necesaria para la medición aproximada del volumen por descarga de los inodoros.**

<b>Instrumentación para la medición de flujos volumétricos Método 2</b>	
<b>Instrumento/equipo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Cinta métrica</b>	<b>1</b>

La metodología para medir el volumen aproximado ha sido la siguiente:

1. Retirar la tapa del tanque y medir la altura del agua dentro de este antes de hacer la descarga, se tomará desde el fondo del tanque hasta el nivel donde se encuentre el agua.
2. Medir el ancho y largo del tanque, a manera de simplificar la toma de mediciones. El cálculo del volumen se aproximará al volumen de un tanque rectangular con las medidas obtenidas.
3. Se realizará 1 repetición por cada tanque al que se le realizarán mediciones.
4. Determinar el volumen multiplicando las dimensiones obtenidas.

Los resultados de las mediciones de los tanques para cada nivel se resumen en las tablas de la 3.14 a la 3.18:

**Tabla 3.14.**

***Resultados de las mediciones de tanques nivel 1.***

<b>Nivel 1</b>					
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Tanque 1	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.1600	0.1650	0.4350	0.0115
Tanque 2	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.1430	0.1650	0.4350	0.0103
Tanque 3	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.1500	0.1650	0.4350	0.0108
Tanque 4	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.1200	0.1650	0.4350	0.0086
Tanque 5	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.1500	0.1650	0.4350	0.0108

Continúa...

**Tabla 3.14.** Resultados de las mediciones de tanques nivel 1. (Continuación).

<b>Nivel 1</b>					
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
6	1	0.1520	0.2350	0.3700	0.0132
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
7	1	0.1470	0.2400	0.4700	0.0166
<b>Promedio</b>					<b>0.0117</b>

**Tabla 3.15**

**Resultados de las mediciones de tanques nivel 2.**

<b>Nivel 2</b>					
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	1	0.1310	0.1650	0.4350	0.0094
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
2	1	0.1470	0.1650	0.4350	0.0106
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
3	1	0.1500	0.1650	0.4350	0.0108
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
4	1	0.1280	0.1650	0.4350	0.0092
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
5	1	0.1600	0.1650	0.4350	0.0115
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
6	1	0.1200	0.1650	0.4350	0.0086

Continúa...

**Tabla 3.15.** Resultados de las mediciones de tanques nivel 2. (Continuación).

<b>Nivel 2</b>					
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
7	1	0.1300	0.1650	0.4350	0.0093
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
8	1	0.1380	0.2400	0.3700	0.0123
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
9	1	0.1380	0.2200	0.3500	0.0106
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
10	1	0.1700	0.1670	0.4350	0.0123
<b>Promedio</b>					<b>0.0105</b>

**Tabla 3.16**

**Resultados de las mediciones de tanques nivel 3.**

<b>Nivel 3</b>					
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	1	0.121	0.165	0.435	0.0087
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
2	1	0.175	0.170	0.415	0.0123
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
3	1	0.145	0.170	0.425	0.0105
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
4	1	0.155	0.170	0.402	0.0106

Continúa...

**Tabla 3.16.** Resultados de las mediciones de tanques nivel 3. (Continuación).

<b>Nivel 3</b>					
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
5	1	0.1320	0.2400	0.3700	0.0117
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
6	1	0.1800	0.2200	0.4000	0.0158
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
7	1	0.1800	0.2200	0.4000	0.0158
<b>Promedio</b>					<b>0.0122</b>

**Tabla 3.17**

**Resultados de las mediciones de tanques nivel 4.**

<b>Nivel 4</b>					
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	1	0.1760	0.1650	0.4350	0.0126
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
2	1	0.1690	0.1700	0.4380	0.0126
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
3	1	0.1490	0.1700	0.4220	0.0107
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
4	1	0.1490	0.1700	0.4220	0.0107
Tanque	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
5	1	0.1570	0.1530	0.4450	0.0107
<b>Promedio</b>					<b>0.0115</b>

**Tabla 3.18**

**Resultados de las mediciones de tanques nivel 5.**

<b>Nivel 5</b>					
Tanque 1	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.174	0.170	0.425	0.0126
Tanque 2	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.174	0.170	0.425	0.0126
Tanque 3	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.148	0.170	0.425	0.0107
Tanque 4	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.156	0.162	0.44	0.0111
Tanque 5	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.140	0.162	0.440	0.0100
Tanque 6	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.180	0.171	0.400	0.0123
Tanque 7	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.140	0.180	0.432	0.0109
Tanque 8	Repetición	Altura (m)	Ancho (m)	Largo(m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	1	0.142	0.240	0.440	0.0150
<b>Promedio</b>					<b>0.0119</b>

Con respecto a los patrones de consumo, se hizo uso de una encuesta general que recopiló datos del uso de los sanitarios y grifos y otros patrones de consumo de un total de 162 (70 hombres y 92 mujeres) empleados a fin de determinar usos y tiempos promedios por trabajador y así mismo para detectar otros posibles consumos se realizaron entrevistas al personal de limpieza (7 empleados), al personal encargado del lavado de la cristalería (3 empleados), personal encargado de lavandería (1 empleado) y con el Jefe de Microbiología.

### **Análisis de datos.**

Resultados de la encuesta general:

En la tabla 3.19 se presentan los patrones de consumo para el uso de inodoros:

**Tabla 3.19**

***Usos diarios de servicios sanitarios DNM.***

<b>Frecuencia de uso diario</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
No usa los servicios sanitarios	9	5.56%
1	13	8.02%
2	28	17.28%
3	33	20.37%
4	44	27.16%
>4	35	21.60%
Total	162	100%

Según los resultados presentados, ya que aproximadamente un 70% de los encuestados se encuentran distribuidos entre 3, 4 o más usos diarios, se ha decidido considerar en promedio 4 usos diarios por trabajador para realizar el balance hídrico.

En la tabla 3.20 se presenta el patrón de uso de los inodoros.

**Tabla 3.20**

***Patrón de uso de inodoros DNM.***

<b>Tira de la palanca antes de usar los servicios sanitarios</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
Sí	28	17.28%
No	134	82.72%
Total	162	100%

Esta información será útil al momento de proponer las medidas de mejora.

En la tabla 3.21 se presentan los patrones de consumo para el uso mingitorios:

**Tabla 3.21**

***Usos diarios de mingitorios DNM.***

<b>Usos diarios del mingitorio</b>	<b>Cantidad de empleados (hombres)</b>	<b>Porcentaje</b>
No los utiliza	0	0.0%
1	2	2.9%
2	15	21.4%
3	13	18.6%
4	24	34.3%
>4	16	22.9%
Total	70	100%

En este caso se tomó como valor promedio de usos diarios el de 4 usos diarios.

En la tabla 3.22 se presenta la frecuencia diaria del uso de grifos para el lavado de manos.

**Tabla 3.22**

***Usos diarios de grifos para el lavado de manos DNM.***

<b>Frecuencia de uso diaria</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
1 vez	1	0.62%
2 veces	10	6.17%
3 veces	24	14.81%
4 veces	37	22.84%
5 veces	36	22.22%
>5 veces	54	33.33%
Total	162	100%

En este caso, ya que el promedio debería de estar entre las opciones 4, 5 o >5 veces diarias y considerando, que hay un 33% de los encuestados que utilizan más de 5 veces al día; para el balance hídrico se consideró como un uso diario por trabajador de 6 veces al día.

En la tabla 3.23 se presenta el tiempo promedio para el lavado de manos (se considera solo el tiempo que se mantiene abierto el grifo).

**Tabla 3.23**

***Tiempo promedio para el lavado de manos DNM.***

<b>Frecuencia de uso diaria</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
10 s	63	38.89%
20 s	55	33.95%

Continúa...

**Tabla 3.23** *Tiempo promedio para el lavado de manos DNM (Continuación).*

<b>Frecuencia de uso diaria</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
30 s	38	23.46%
1 min	5	3.09%
2 min	1	0.62%
<b>Promedio</b>	<b>20.25 s</b>	N/A

La tendencia se encuentra ubicada en los 20 segundos, sin embargo, aproximadamente un 27% de los encuestados se encuentran superior a 20 segundos al momento. Por lo que, para el balance hídrico, a sugerencia de los asesores, se consideró como un tiempo promedio del lavado de manos de 30 s.

En la tabla 3.24 se presenta el patrón de uso respecto al cierre del grifo al momento de realizar el fregado de manos.

**Tabla 3.24**

***Patrón de uso de los grifos para el lavado de manos DNM.***

<b>Cierra el grifo al momento de enjabonarse</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
Sí	136	83.95%
No	26	16.05%
Total	162	100%

Esta información será útil al momento de proponer las medidas de mejora y para extrapolar este porcentaje y determinar el número de trabajadores de forma global que hacen uso de los grifos para cepillarse.

En la tabla 3.25 se presentan los resultados de la pregunta referente a la cantidad de veces que se hace uso de los grifos para cepillarse los dientes.

**Tabla 3.25**

***Cepillado de dientes diario por empleado.***

<b>Cepillado de dientes diario</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
1 vez	94	58.02%
2 veces	68	41.98%
3 veces	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>100%</b>

En este caso ya que los porcentajes entre 1 y 2 veces son muy cercanos al 50% y el valor promedio fue mayor a 1, se consideró como valor promedio el de 2 veces al día.

En la tabla 3.26 se presenta el tiempo promedio que se hace uso de los grifos para cepillarse los dientes (considerando solo cuando el grifo está abierto).

**Tabla 3.26**

***Tiempo de cepillado de dientes diario por empleado.***

<b>Frecuencia de uso diaria</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>	
No se cepilla los dientes en la institución	16	9.88%	<b>Promedio</b>
30 s	125	77.16%	
1 min	15	9.26%	
2 min	4	2.47%	
3 min	0	0.00%	
4 min	2	1.23%	
>4 min	0	0.00%	
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>100%</b>	<b>34.63 s</b>

En este caso, según los resultados de la tabla 3.26, se hizo uso del valor de 35 s como tiempo que permanece abierto el grifo al momento de cepillarse los dientes.

En la tabla 3.27 se presentan los resultados de la pregunta referente al lavado de recipientes luego de almorzar.

**Tabla 3.27**

***Patrón de uso de los grifos para el lavado de herméticos luego de almorzar DNM.***

<b>En caso de llevar almuerzo desde casa lava los recipientes o utensilios</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
Sí	13	8.02%
No	149	91.98%
Total	162	100%

Esta información fue útil al momento de proponer las medidas de mejora y para extrapolar este porcentaje y determinar el número de trabajadores de forma global que hacen uso de los grifos para dicha actividad.

En la tabla 3.28 se presenta el tiempo de uso de los grifos para el lavado de herméticos luego de almorzar.

**Tabla 3.28**

***Tiempo de uso de los grifos para el lavado de herméticos luego de almorzar DNM.***

<b>Frecuencia de uso diaria</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
30 s	0	0.00%
1 min	5	38.46%

Continúa...

**Tabla 3.28** *Tiempo de uso de los grifos para el lavado de herméticos luego de almorzar DNM (Continuación).*

<b>Frecuencia de uso diaria</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
2 min	3	23.08%
3 min	3	23.08%
>3 min	2	15.38%
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>

En este caso se hizo uso del valor de 3 como tiempo que permanece abierto el grifo al momento de lavar sus recipientes.

En la tabla 3.29 se presenta la preferencia por nivel para hacer uso de los servicios sanitarios y/o lavamanos.

**Tabla 3.29**

***Nivel de preferencia para hacer uso de los sanitarios o uso de lavamanos DNM.***

<b>Nivel de preferencia para hacer uso de servicios sanitarios/lavamanos</b>	<b>Cantidad de empleados</b>	<b>Porcentaje</b>
Nivel 1	1	0.62%
Nivel 2	107	66.05%
Nivel 3	10	6.17%
Nivel 4	24	14.81%
Nivel 5	20	12.35%
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>100%</b>

## **Resultados de la entrevista.**

De las entrevistas al personal de limpieza se detectó que todos los productos de limpieza que se utilizan en la DNM vienen previamente diluidos, y que todo el personal de limpieza de la institución está subcontratado y son parte de la empresa de Servicios de Seguridad y Limpieza SSELIMZA por lo que todo el equipo y utensilios de limpieza no son proporcionados directamente por la DNM, sino por SSELIMZA así mismo se detectaron otros consumos como lo son el lavado de las cafeteras, el lavado de trapeadores y el lavado de los baños haciendo la distinción que se realiza un lavado en seco de lunes a viernes y un lavado completo cada 15 días, sin embargo, por las características del edificio en este tipo de lavado tampoco se utilizan grandes cantidades de agua para evitar filtraciones a los pisos inferiores. Estos consumos debido a la cantidad de agua que se utiliza y la dificultad de una estimación correcta se consideraron dentro del apartado “otros consumos”.

De las entrevistas al personal encargado de cristalería se pudo determinar que específicamente en el área de laboratorios de análisis fisicoquímico en promedio diario se lavan aproximadamente 200 piezas de cristalería y que durante este proceso de lavado se utiliza tanto agua purificada como agua no purificada, utilizando en menor medida el agua purificada haciendo énfasis en que en el lavado de la cristalería el grifo de agua no purificada no se cierra al momento de fregar la cristalería de manera que el agua se encuentra en constante flujo durante la jornada de trabajo. Por otro lado, en el laboratorio de análisis microbiológico, si bien el proceso de lavado es similar, se hace la diferencia que en este caso el agua no purificada es la que se utiliza en menor medida y se tiene un menor volumen de cristalería a lavar entre 50 a 100 piezas diarias y en este caso si se hacen pausas para el fregado y no permanece siempre bajo un flujo constante. Por último, con respecto al laboratorio de dispositivos médicos, en este caso en el lavado de la cristalería prácticamente no se utiliza agua purificada y se lavan una vez son utilizados.

En el caso del uso del agua purificada, ya que depende del tipo de equipo o pieza de cristalería y a pesar de que se tiene un promedio aproximado diario la

cantidad real podría diferir en función del tipo y cantidades de muestras a analizar este consumo será evaluado dentro de “otros consumos” del agua que abastece específicamente a los laboratorios y en cuanto a uso del grifo para el lavado de la cristalería usada por el laboratorio de pruebas fisicoquímicas se puede estimar utilizando datos de la tabla 3.12 y en el caso de los otros dos laboratorios será considerado dentro de “otros consumos” dentro del balance hídrico global.

De la entrevista al encargado de la lavandería se detectó que la lavadora de ropa se utiliza una o dos veces al día y por lo general no se utiliza con la carga completa, por lo que se consideró el valor promedio del consumo según la marca para determinar este consumo.

De la entrevista a la jefa del laboratorio de análisis microbiológico se detectó que el uso de las duchas no se realiza de forma diaria, ya que no todas las pruebas requieren el uso del cuarto estéril y que al mismo tiempo no se tiene un control o tiempo límite mínimo o máximo de duración de dichas duchas, por lo que este consumo será evaluado dentro del apartado de “otros consumos” en el balance hídrico. Con los datos recopilados se procedió a determinar los consumos de agua anuales, la tabla 3.30 presenta los resultados finales del consumo:

La tabla 3.30 presenta el cálculo de consumo de agua potable.

**Tabla 3.30**

***Estimación del consumo de agua potable mensual de la Dirección Nacional de Medicamentos.***

<b>Mes</b>	<b>Cantidad de unidades</b>	<b>Volumen por unidad (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo mensual (m<sup>3</sup>/mes)</b>
06/2022	67	0.003785	5.2117
	67	0.003785	
	68	0.003785	
	68	0.003785	

*Continúa...*

**Tabla 3.30** Estimación del consumo de agua potable mensual de la Dirección Nacional de Medicamentos (Continuación).

<b>Mes</b>	<b>Cantidad de unidades</b>	<b>Volumen por unidad (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo mensual (m<sup>3</sup>/mes)</b>
07/2022	70	0.003785	4.2115
	75	0.003785	
	75	0.003785	
	96	0.0005	

Sacando un promedio de los consumos presentados se tiene un consumo de **4.7116 m<sup>3</sup>/mes** y extrapolando este dato se tiene un consumo anual de **56.5395 m<sup>3</sup>/año**.

El cálculo de los demás consumos se estimó utilizando datos recopilados en las encuestas y en las encuestas realizadas:

Cálculo del consumo por el uso de inodoros:

*Consumo de agua anual*

$$= (\text{Volumen por descarga promedio}) \cdot (\text{usos diarios promedio por trabajador}) \cdot (\text{N}^\circ \text{ trabajadores}) \cdot (235 \text{ días/semana})$$

*Consumo de agua anual*

$$= (0.01158 \text{ m}^3) \cdot (4 \text{ usos}/(\text{trabajador} \cdot \text{día})) \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot (235 \text{ días/semana})$$

$$\text{Consumo de agua anual} = 3494.15 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Cálculo del consumo por el uso de mingitorios:

*Consumo de agua anual*

$$= (\text{Volumen por descarga promedio}) \cdot (\text{usos diarios promedio por trabajador}) \\ \cdot (\text{N}^\circ \text{trabajadores hombres}) \cdot \left(235 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)$$

*Consumo de agua anual*

$$= (0.0038 \text{ m}^3) \cdot \left(4 \frac{\text{usos}}{\text{trabajador} \cdot \text{día}}\right) \cdot (167) \cdot \left(235 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)$$

$$\text{Consumo de agua anuales} = 696.52 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Cálculo del consumo por el uso de grifos:

*Consumo de agua anual*

$$= (\text{caudal promedio}) \cdot (\text{tiempo de uso promedio}) \\ \cdot (\text{usos diarios promedio por trabajador}) \cdot (\text{N}^\circ \text{trabajadores}) \\ \cdot \left(235 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)$$

*Consumo de agua anual*

$$= \left(0.0769 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \cdot \left(30 \frac{\text{s}}{\text{uso}}\right) \cdot \left(5 \frac{\text{usos}}{\text{trabajador} \cdot \text{día}}\right) \cdot (321 \text{ trabajadores}) \\ \cdot \left(235 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)$$

$$\text{Consumo de agua anuales} = 1,044.17 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Cálculo del consumo por el uso de grifos para el lavado de herméticos:

*Consumo de agua anual*

$$= (\text{caudal promedio}) \cdot (\text{tiempo de uso promedio}) \\ \cdot (\text{porcentaje de trabajadores que realizan la actividad}) \\ \cdot (\text{N}^\circ \text{trabajadores}) \cdot \left(235 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)$$

*Consumo de agua anual*

$$= \left( 0.0769 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} \right) \cdot \left( 180 \frac{s}{uso} \right) \cdot (8.02\%) \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot \left( 235 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \right)$$

$$\text{Consumo de agua anuales} = 340.89 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Cálculo del consumo por el uso de grifos para el cepillado de dientes:

*Consumo de agua anual*

$$\begin{aligned} &= (\text{caudal promedio}) \cdot (\text{tiempo de uso promedio}) \\ &\cdot (\text{porcentaje de trabajadores que realizan la actividad}) \\ &\cdot (N^\circ \text{ trabajadores}) \cdot \left( 235 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \right) \end{aligned}$$

*Consumo de agua anual*

$$= \left( 0.0769 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} \right) \cdot \left( 35 \frac{s}{uso} \right) \cdot (83.95\%) \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot \left( 235 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \right)$$

$$\text{Consumo de agua anuales} = 83.64 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Cálculo del consumo por lavandería:

$$\text{Consumo de agua anual} = (\text{Volumen por uso}) \cdot (\text{Usos anuales})$$

Utilizando datos del inventario de consumidores, véase tabla 3.4:

$$\text{Consumo de agua anual} = \left( 0.2 \frac{m^3}{uso} \right) \cdot \left( 270 \frac{usos}{\text{año}} \right)$$

$$\text{Consumo de agua anual} = 54 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Cálculo del consumo por el purificador tomado directamente de la tabla 3.4:

$$\text{Consumo de agua anual} = 700.01 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Cálculo del consumo por el uso de grifos del lavado de cristalería de pruebas fisicoquímicas (lavado de cristalería):

*Consumo de agua anual*

$$= (\text{caudal promedio}) \cdot (\text{tiempo de uso diario}) \cdot (\text{N}^\circ \text{ trabajadores}) \cdot \left(235 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)$$

*Consumo de agua anual*

$$= \left(0.0748 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \cdot \left(8 \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{día}}\right) \cdot \left(235 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)$$

$$\text{Consumo de agua anuales} = 506.25 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

### **Determinación de pérdidas aparentes:**

Las pérdidas aparentes estarán compuestas de dos factores:

1. **Pérdidas de consumo no autorizado:** en estas pérdidas se contabilizan aquellas causadas por conexiones ilegales y por fugas no detectadas en el sistema de distribución. A menos que se cuenten con datos validados por parte de la institución de este consumo no autorizado, se utilizará como punto de partida para la auditoría un valor del 0,25 % del agua del consumo autorizado según norma AWWA/IWA.
2. **Pérdidas de errores en la medición:** en estas se contabilizan las pérdidas ocasionadas por las imprecisiones de los equipos de medición, de no contar con información del error asociado a la medida se puede utilizar un 2% del consumo de entrada al sistema sin considerar el agua "importada".

Por lo que las pérdidas aparentes quedan determinadas por:

*Pérdidas aparentes*

$$= (\text{Volumen de entrada} - \text{Agua importada}) \cdot (0.02) + (\text{Volumen de entrada}) \cdot (0.0025)$$

*Pérdidas aparentes*

$$= \left(8611.20 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} - 56.54 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) \cdot (0.02) + \left(8611.20 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) \cdot (0.0025)$$

$$\text{Pérdidas aparentes} = 192.62 \frac{m^3}{\text{año}}$$

Nota: el valor del volumen de entrada utilizado fue estimado con la información del consumo diario proporcionada por la DNM, el cual es de una cisterna de 46 m<sup>3</sup> a una capacidad del 80%.

**Análisis de resultados:**

La tabla 3.31 presenta los resultados del volumen promedio de los tanques de servicios sanitarios por nivel de la DNM.

**Tabla 3.31**

***Volumen de los tanques de servicios sanitarios por nivel de la DNM.***

<b>Nivel</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (litros)</b>
1	0.0117	11.7
2	0.0105	10.5
3	0.0122	12.2
4	0.0116	11.6
5	0.0119	11.9
<b>Promedio total</b>	<b>0.01158</b>	<b>11.58</b>

La tabla 3.32 presenta los resultados del caudal de los grifos de servicios sanitarios por nivel de la DNM.

**Tabla 3.32**

***Caudal de los grifos de servicios sanitarios por nivel de la DNM.***

<b>Nivel</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Caudal (litros/min)</b>	<b>Caudal (galones/min)</b>
1	0.1015x10 <sup>-3</sup>	6.0900	1.6088
2	0.0932 x10 <sup>-3</sup>	5.5920	1.4772
3	0.107 x10 <sup>-3</sup>	6.4200	1.6960

**Tabla 3.32.** Caudal de los grifos de servicios sanitarios por nivel de la DNM (Continuación).

4	0.0769 x10 <sup>-3</sup>	4.6140	1.2189
5	0.0905 x10 <sup>-3</sup>	5.4300	1.4345
<b>Promedio total</b>	<b>0.0938 x10<sup>-3</sup></b>	<b>5.6292</b>	<b>1.4871</b>

La tabla 3.33 Consumos de agua por áreas/actividad de la DNM.

**Tabla 3.33**

***Consumos de agua por áreas/actividad de la DNM.***

<b>Área</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Agua potable</b>	56.54	0.66%
<b>Baños</b>	3,494.15	40.58%
<b>Mingitorios</b>	596.52	6.93%
<b>Grifos (lavado de manos, lavado de recipientes y cepillado de dientes)</b>	1,468.81	17.06%
<b>Lavandería</b>	54.00	0.63%
<b>Laboratorios (consumo de agua a purificar)</b>	700.01	8.13%
<b>Pérdidas aparentes</b>	192.62	2.24%
<b>Laboratorio de análisis fisicoquímico (lavado de cristalería)</b>	506.25	5.88%
<b>Otros consumos</b>	1542.31	17.91%
<b>Total</b>	<b>8,611.20</b>	<b>100.00%</b>

La tabla 3.34 presenta el consumo general de agua en los laboratorios.

**Tabla 3.34**

***Consumos de agua purificada por laboratorio de la DNM.***

<b>Nombre del Laboratorio</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Laboratorio de dispositivos médicos (uso de equipos)</b>	1.767	0.25%
<b>Laboratorio de análisis fisicoquímico (uso de equipos)</b>	16.959	2.42%
<b>Laboratorio de análisis microbiológico (uso de equipos)</b>	21.831	3.12%
<b>Purga de agua realizada el sistema de purificación</b>	527.27	75.32%
<b>Otros usos</b>	132.183	18.88%
<b>Total</b>	700.01	100%

El cuadro comparación del consumo de agua purificada de cada laboratorio presentado tabla 3.34 se elaboró utilizando los datos de la tabla 3.4.

La tabla 3.35 presenta un cuadro comparativo de los consumos estimados de agua en servicios sanitarios y uso de grifos estimados por nivel de la DNM.

**Tabla 3.35**

***Cuadro comparativo de los consumos de agua en servicios sanitarios y uso de grifos estimados por nivel de la DNM.***

<b>Nivel</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Nivel 1</b>	35.0479	0.62%
<b>Nivel 2</b>	3750.1299	66.05%
<b>Nivel 3</b>	350.4794	6.17%

**Tabla 3.35.** Cuadro comparativo de los consumos de agua en servicios sanitarios y uso de grifos estimados por nivel de la DNM. (Continuación)

<b>Nivel 4</b>	841.1506	14.81%
<b>Nivel 5</b>	700.9589	12.35%
<b>Total</b>	5677.7667	100%

### **3.1.4 Etapa 4. Realización de una Cartera de Proyectos**

En esta etapa se detallará y evaluará cada propuesta de mejora que se desee implementar.

#### **3.1.4.1 Aplicación de buenas prácticas en el ahorro de agua**

##### **a. Descripción general de la medida.**

Esta medida es una estrategia de tipo cultural que tiene como principal objetivo modificar el comportamiento o patrones de uso frente al consumo de agua para lograr un uso eficiente del recurso hídrico. Cabe destacar que para observar la efectividad de dicha estrategia se requiere de un monitoreo y seguimiento que permita medir el impacto de la implementación.

##### **b. Resumen**

- i. Ahorro en el consumo de agua (m<sup>3</sup>/año).  
Ahorro de agua: 430.56 m<sup>3</sup>/año.
- ii. Ahorro económico (\$US/año).  
Ahorro: 423.60 \$US/año.
- iii. Inversiones necesarias (\$US).  
Inversión inicial: 115.20 \$US.
- iv. Periodo de recuperación de la inversión (años).  
PSRI: 0.53 años.

##### **c. Descripción de situación actual.**

Actualmente se están buscando alternativas para un uso eficiente tanto del recurso hídrico como de energía eléctrica, sin embargo, ya que la política ambiental

de la institución se encuentra en trámite, no se encuentran mayores medidas de ahorro planteadas o implementadas de manera oficial.

**d. Descripción de las acciones concretas a realizar para la implementación.**

Se deberá de informar las medidas que se detallan a continuación por medio de avisos en la intranet propia de la institución, avisos físicos en la cartelera de cada unidad y de ser necesario pequeñas reuniones con el personal para informar de las acciones que se estarán llevando a cabo enfatizando el hecho que se aplicarán para disminuir el consumo de agua de la institución. Para esta propuesta en concreto se han establecido acciones que se pueden aplicar en toda la institución orientadas a cualquier empleado de la institución, así como también algunas acciones específicas para el área de los laboratorios:

**Acciones aplicables a toda la institución:**

- i. Cerrar completamente el grifo después de utilizarlo.
- ii. Cerrar la llave del grifo mientras se enjabona las manos.
- iii. Verificar que al salir del área de servicios sanitarios no quede ningún grifo abierto.
- iv. Cerrar la llave del grifo o utilizar un vaso al momento de cepillarse los dientes.
- v. No emplear el inodoro como papelera.
- vi. Informar al personal responsable del mantenimiento en caso de fugas o averías para evitar pérdidas innecesarias de agua.
- vii. Siempre que sea posible evitar el uso de los grifos para lavar herméticos o recipientes que hayan contenido comida luego de utilizarlos y en caso de ser necesario no se debe de utilizar la presión del flujo para arrastrar los restos de comida, sino que se deberá de fregar el recipiente y retirar los restos demasiado grandes y disponerlos en su respectivo lugar.

**Medidas aplicables al área de laboratorios:**

- i. Siempre que sea posible cerrar la llave de los grifos al realizar el enjabonado y fregado de la cristalería usada en el laboratorio o en su defecto utilizar recipientes.
- ii. Llevar un control específico sobre el lavado de los equipos de laboratorio considerando el tipo de lavado que necesita, su periodicidad, el tiempo que duro el lavado del equipo y un estimado del agua que se utilizó al lavar el equipo.
- iii. Con respecto a las duchas obligatorias al entrar al laboratorio de análisis microbiológico y salvo situaciones especiales no deberán durar más de 5 minutos.
- iv. De igual manera con el lavado de manos que se realiza al entrar al área de pruebas biológicas no deberá de durar más de 2 minutos salvo casos especiales a manera de asegurar la correcta desinfección.
- v. Con respecto al área de lavandería que es usada por el laboratorio de análisis microbiológico se deberá utilizar preferentemente y cuando sea posible con su carga máxima y usando la cantidad de detergente recomendada.

**e. Cálculo de los ahorros.**

En el año 2015, el autor Valencia Garcia estima que este tipo de medidas pueden llegar a producir ahorros desde un 4% a 5% en el consumo total de agua y en caso de aplicarse con el apoyo de normativas, restricciones de uso y programas educativos hasta aproximadamente un 10% a 30%. Para nuestro caso se consideró un ahorro del 5 % ya que estas medidas de ahorro se planificaron dentro de la política ambiental y se tomó en consideración cierto tipo de restricciones, por lo que el ahorro con respecto al consumo de agua sería de:

$$m^3 \text{ de agua ahorrados anualmente} = (m^3 \text{ de consumo por año}) \cdot (5\%)$$

$$m^3 \text{ de agua ahorrados anualmente} = (8611.20 m^3)(0.05)$$

$$m^3 \text{ de agua ahorrados anualmente} = 423.60 m^3$$

A partir de este ahorro en el consumo de agua se puede determinar un ahorro económico:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (\text{Ahorros de agua anuales}) \cdot (\text{Precio por } m^3)$$

Donde:

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{\text{Facturación de agua anual}}{m^3 \text{ de consumo por año}}$$

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{706 * 12 \$US}{8611.20 m^3}$$

$$\text{Precio por } m^3 = 0.98 \$US/m^3$$

Entonces el ahorro económico será:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (8611.20 m^3/\text{año}) \cdot (0.05) \cdot (0.98 \$US/m^3)$$

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} (\text{antes de impuestos}) = 423.60 \frac{\$US}{\text{año}}$$

#### **f. Desglose de las inversiones.**

En este caso, ya que la publicación de avisos en la intranet y las reuniones informativas no implican ningún costo monetario, la “inversión inicial” recaerá sobre el costo los volantes/carteles que se planean colocar en cada unidad y su respectiva impresión, siendo en total de 21 volantes/carteles con las medidas aplicables a toda la institución más 3 volantes/carteles extra específicos para el área de laboratorio la tabla 3.36 presenta las inversiones consideradas en la medida:

**Tabla 3.36**

#### ***Inversiones para la medida 1: “Buenas prácticas en el consumo de agua”.***

<b>Material/accesorio</b>	<b>Detalles/Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (USD)</b>	<b>Total (\$)</b>
Resma de papel	FACELA	1	7.20	7.20
Impresiones	N/A	24	0.1	2.40

Nota: en este caso se ha utilizado el precio estándar de una impresión a color, además se consideró que este costo se deberá de efectuar cada mes a manera por si fuera necesario una reposición del material.

**g. Evaluación técnica.**

En la actualidad, la DNM consume por año aproximadamente 8,611.20 m<sup>3</sup>, de los cuales solo 56.54 m<sup>3</sup> corresponden al consumo de agua potable mientras que 8,554.66 m<sup>3</sup> corresponden al consumo de equipos, servicios sanitarios, grifos, entre otros. La aplicación de esta medida reduciría el consumo de agua en todas las áreas un 5% a excepción del consumo de agua potable, lo que se traduciría en una reducción anual de 423.60 m<sup>3</sup>.

Para la implementación de esta medida, como ya se mencionó en la sección d, se ha considerado que las medidas a tomar se harán saber a través de avisos en la intranet propia de la institución, avisos físicos en la cartelera de cada unidad y de ser necesario pequeñas reuniones con el personal para informar de las acciones que se estarán llevando a cabo enfatizando el hecho que se aplicarán para disminuir el consumo de agua de la institución y se deberá llevar a cabo un control o seguimiento para monitorear su avance y buen funcionamiento.

**h. Evaluación ambiental.**

La implementación de esta medida significaría una reducción en el consumo de agua anual de 423.60 m<sup>3</sup>, a su vez se puede calcular con este ahorro de agua un equivalente en emisiones no realizadas utilizando el factor de emisión asociado al uso del agua:

$$\text{Emisiones no realizadas} = (\text{m}^3 \text{ de agua ahorrados}) \cdot (\text{factor de emisión})$$

El factor de emisión utilizado para el cálculo fue compartido por Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML).

$$\text{Emisiones no realizadas} = \left(423.60 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) \cdot \left(0.788 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3}\right)$$

$$\text{Emisiones no realizadas} = 333.80 \frac{\text{kg } CO_2}{\text{año}}$$

Como se puede observar, la aplicación de esta medida además de implicar un ahorro de agua, implicaría evitar las emisiones de carácter indirecto cercano a media tonelada métrica anual.

**i. Evaluación económica.**

Para el flujo de caja se utilizó la tasa de inflación, el premio al riesgo, así como la tasa de interés bancario proporcionados por el Banco Central de Reserva, actualizados hasta el mes de agosto del 2022. Cada propuesta será evaluada bajo dos supuestos sin financiamiento y con financiamiento del 100% a petición de la DNM.

**Evaluación sin financiamiento:**

En la tabla 3.37 se presentan los valores considerados para el cálculo de la TMAR sin financiamiento, así como su respectivo resultado.

**Tabla 3.37**

***Tasa mínima de aceptación de rendimiento (TMAR) sin financiamiento.***

<b>Información de la TMAR</b>	
<b>Porcentaje de inflación</b>	7.66%
<b>Prima de riesgo</b>	23.62%
<b>TMAR (sin financiamiento)</b>	31.28%

Estos valores son válidos para todas las propuestas analizadas ya que son datos que no dependen del flujo de caja.

En la Tabla 3.38 se muestra un ejemplo del flujo de caja necesario para realizar la evaluación económica para la propuesta de mejora 1 sin financiamiento:

**Tabla 3.38**

***Flujo de caja propuesta 1 sin financiamiento.***

<b>Aspecto</b>	<b>año 0</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>	<b>año 5</b>
<b>Ahorro de agua anual (m<sup>3</sup>/año)</b>	0.00	430.56	430.56	430.56	430.56	430.56
<b>Precio de venta US\$/m<sup>3</sup></b>	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
<b>Ingresos (\$/año)</b>	0.00	423.60	423.60	423.60	423.60	423.60
<b>Otros ingresos anuales (\$/año)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ingresos totales (\$/año)</b>	0.00	423.60	423.60	423.60	423.60	423.60
<b>Costo de inversión (\$/año)</b>	115.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Costos de seguimiento (\$/año)</b>	0.00	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20
<b>Intereses de préstamo (\$/año)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Costos totales (\$/año)</b>	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20
<b>Depreciación</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continúa...

**Tabla 3.38.** *Flujo de caja propuesta 1 sin financiamiento (Continuación)*

<b>Aspecto</b>	<b>año 0</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>	<b>año 5</b>
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	-115.20	308.40	308.40	308.40	308.40	308.40
<b>ISR (30%)</b>	0.00	92.52	92.52	92.52	92.52	92.52
<b>Utilidad después de impuesto</b>	-115.20	215.88	215.88	215.88	215.88	215.88
<b>Valor de rescate</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Deuda</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Amortización</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-115.20</b>	<b>215.88</b>	<b>215.88</b>	<b>215.88</b>	<b>215.88</b>	<b>215.88</b>

La tabla 3.39 presenta los indicadores para la propuesta 1 sin financiamiento.

**Tabla 3.39**

***Indicadores económicos propuesta 1 sin financiamiento***

<b>Factibilidad Económica</b>	
<b>Inversión inicial (USD)</b>	115.20
<b>PSRI (Años)</b>	0.53
<b>VAN (USD)</b>	964.20
<b>TIR</b>	186%

**Evaluación con financiamiento:**

La tabla 3.40 presenta los valores considerados para el cálculo de la TMAR así como su respectivo resultado para la opción con financiamiento.

**Tabla 3.40**  
***TMAR con financiamiento.***

<b>Información de la tasa mínima de aceptación de rendimiento (TMAR)</b>	
<b>Porcentaje de inflación</b>	7.66%
<b>Prima de riesgo</b>	23.62%
<b>Tasa de interés anual</b>	9.24%
<b>TMAR (con financiamiento)</b>	9.24%

Estos valores son válidos para todas las propuestas analizadas ya que son datos que no dependen del flujo de caja.

En la Tabla 3.41 se muestra un ejemplo del flujo de caja necesario para realizar la evaluación económica para la propuesta de mejora 1 con financiamiento:

**Tabla 3.41**  
***Flujo de caja propuesta 1 con financiamiento.***

<b>Aspecto</b>	<b>año 0</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>	<b>año 5</b>
<b>Ahorro de agua anual (m<sup>3</sup>/año)</b>	0.00	430.56	430.56	430.56	430.56	430.56
<b>Precio de venta USD/m<sup>3</sup></b>	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
<b>Ingresos (\$/año)</b>	0.00	423.60	423.60	423.60	423.60	423.60
<b>Otros ingresos anuales (\$/año)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Continúa...

**Tabla 3.41** Flujo de caja propuesta 1 con financiamiento (Continuación).

<b>Aspecto</b>	<b>año 0</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>	<b>año 5</b>
<b>Ingresos totales (\$/año)</b>	0.00	423.60	423.60	423.60	423.60	423.60
<b>Costo de inversión (\$/año)</b>	115.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Costos de seguimiento (\$/año)</b>	0.00	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20
<b>Intereses de préstamo (\$/año)</b>	0.00	10.64	8.87	6.94	4.83	2.52
<b>Costos totales (\$/año)</b>	115.20	125.84	124.07	122.14	120.03	117.72
<b>Depreciación</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	-115.20	297.76	299.53	301.46	303.57	305.88
<b>ISR(30%)</b>	0.00	89.33	89.86	90.44	91.07	91.76
<b>Utilidad después de impuesto</b>	-115.20	208.43	209.67	211.02	212.50	214.12
<b>Valor de rescate</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Deuda</b>	0.00	115.20	96.04	75.12	52.25	27.28
<b>Amortización</b>	0.00	19.16	20.93	22.86	24.97	27.28
<b>Flujo de efectivo</b>	<b>-115.20</b>	<b>189.27</b>	<b>188.74</b>	<b>188.16</b>	<b>187.53</b>	<b>186.83</b>

La tabla 3.42 presenta los indicadores para la propuesta 1 con financiamiento.

**Tabla 3.42**

***Indicadores económicos propuesta 1 con financiamiento.***

<b>Factibilidad Económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	115.20
<b>PSRI (Años)</b>	0.61
<b>VAN (US\$)</b>	612.35
<b>TIR</b>	163%

Esta propuesta resulta rentable con o sin financiamiento, presentando en ambos casos  $TIR > TMAR$ , un VAN positivo y un PSRI menor a un año. Cabe destacar que el periodo de estudio es de 5 años debido a que, al no necesitar de nueva tecnología, se ha considerado el tiempo en el que se hará un cambio de local por parte de la DNM. Si bien se tiene previsto a realizarlo en 3 años se decidió considerar dos años más por cualquier contratiempo que llegara a ocurrir.

**3.1.4.2 Aplicación de tecnología reductora de volumen de los tanques de los inodoros.**

**a. Descripción general de la medida.**

Esta es una estrategia de aplicación de nueva tecnología que consiste en introducir un recipiente lleno de un volumen específico, para que este ocupe un volumen el cual no se va a ir en la descarga precisamente porque está almacenado, es especialmente útil con inodoros relativamente antiguos con tanques sobredimensionados. Los recipientes pueden ser botellas, bolsas de suero rellenas de agua; o en el mercado existen recipientes específicos para desplazar volumen. El ahorro en esta medida será por cada descarga que se realice y será el volumen del recipiente que se introduzca en el tanque, sin embargo, este volumen desplazado tendrá que estar dentro del rango de 0.5 galones a 1 galón para asegurar un correcto funcionamiento para nuestro caso el volumen a desplazar será

de 1 litro, es importante destacar que antes de implementar la medida de forma generalizada se deberá de realizar una prueba para asegurar el correcto funcionamiento de los inodoros.

**b. Resumen.**

- i. Ahorro en el consumo de agua (m<sup>3</sup>/año).  
Ahorro por descarga: 0.001 m<sup>3</sup>/descarga.  
Ahorro anual relativo a los inodoros: 225.34 m<sup>3</sup>/año.
- ii. Ahorro económico (\$USD/año).  
Ahorro teórico por descarga: 0.00077 \$US/descarga.  
Ahorro anual relativo a los inodoros: 221.70 \$US/año.
- iii. Inversiones necesarias (\$USD).  
Inversión inicial: 329.56 \$USD.
- iv. Periodo de recuperación de la inversión (años): 1.88 años.

**c. Descripción de situación actual.**

Actualmente, la mayoría de sanitarios son tanques con una sola descarga ya que solo 5 de los 49 sanitarios de la institución al momento de realizar la auditoria poseen tecnología de doble descarga. Por lo que esta medida se podría aplicar en todos los sanitarios que no poseen la tecnología de doble descarga.

**d. Descripción de las acciones concretas a realizar para la implementación.**

Para esta media se deberán tomar las siguientes acciones:

- I. Introducir dentro del tanque de un inodoro de descarga única el dispositivo reductor de volumen de 1 litro presentado en la figura 3.1.



**Figura 3.1.** Instalación del dispositivo reductor de volumen.

- II. Realizar pruebas preliminares con un solo dispositivo para corroborar el correcto funcionamiento (en caso de detectar anomalías reducir el volumen del dispositivo a 1 litro).
- III. Una vez corroborado el funcionamiento adecuado, aplicar esta media a todos los inodoros de una sola descarga.

**e. Cálculo de los ahorros.**

Para el cálculo de ahorros al saber el ahorro que se da por descarga se calculó de la siguiente manera:

*Ahorros de agua anuales*

$$= (\text{descarga sin reducir}) \cdot (\text{usos diarios promedio por trabajador}) \\ \cdot (\text{N}^\circ \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right)$$

*Ahorros de agua anuales*

$$= (0.001 \text{ m}^3) \cdot \left(\frac{4 \text{ uso}}{\text{día} \cdot \text{trabajador}}\right) \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right)$$

$$\text{Ahorros de agua anuales} = 225.34 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

A partir de este ahorro en el consumo de agua se puede determinar un ahorro económico:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (\text{Ahorros de agua anuales}) \cdot (\text{Precio por m}^3)$$

Donde:

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{\text{Facturación de agua anual}}{m^3 \text{ de consumo por año}}$$

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{706 * 12 \text{ \$US}}{8611.20 m^3}$$

$$\text{Precio por } m^3 = 0.98 \text{ \$US}/m^3$$

Entonces el ahorro económico será:

$$\text{ahorro } \frac{\text{\$US}}{\text{año}} = (225.34 \frac{m^3}{\text{año}}) \cdot (0.98 \frac{\text{\$US}}{m^3})$$

$$\text{ahorro } \frac{\text{\$US}}{\text{año}} (\text{antes de impuestos}) = 221.70 \frac{\text{\$US}}{\text{año}}$$

#### **f. Desglose de las inversiones.**

Las inversiones en este caso se presentan en la tabla 3.43:

**Tabla 3.43**

***Inversiones para la medida 2: “Aplicación de reductores de volumen a inodoros”.***

<b>Material/accesorio</b>	<b>Detalles/Marca</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (USD)</b>
Dispositivo reductor de volumen	Water & Energy Savers (vida útil aproximada de 5 años)	7.49	44	329.56
Total				329.56

Nota: en este caso se consideró el precio del dispositivo hecho específicamente para este propósito, pero como se mencionó anteriormente, se

podría considerar el uso de botellas o bolsas de suero rellenas de agua, al mismo tiempo se podría considerar la opción de solo instalarlos en los sanitarios de acceso no restringido es decir los de los niveles 1 y 2 siendo 19 en total en este caso y a su vez se podría realizar pruebas de funcionamiento con el uso de un dispositivo de 2 o hasta 3 litros y evaluar el correcto funcionamiento.

**g. Evaluación técnica.**

Actualmente la DNM presenta un consumo exclusivamente del uso de los servicios sanitarios aproximadamente de 3,494.15 m<sup>3</sup> y cabe destacar el hecho que solo 5 de los 49 sanitarios de la institución, al momento de realizar la auditoria poseen tecnología de doble descarga, por lo que esta medida se podría aplicar en todos los sanitarios que no poseen la tecnología de doble descarga. La aplicación de esta medida implicaría un ahorro del consumo anual de 225.34 m<sup>3</sup>.

Para la implementación de esta medida, como ya se mencionó en el literal d, se ha considerado la aplicación de tecnología reductora del volumen de descarga cuyo equipo es explicado en literal f de este mismo apartado para la cual no se necesita personal o equipo especializado para su instalación, sin embargo, para su correcta aplicación deberán de realizarse “pruebas piloto” en las cuales se verifique el correcto funcionamiento o incluso para saber si se podría ahorrar más volumen del considerado en esta medida sin alterar el correcto funcionamiento.

**h. Evaluación ambiental.**

La implementación de esta medida significaría una reducción en el consumo de agua anual de 225.34 m<sup>3</sup>, a su vez se puede calcular con este ahorro de agua un equivalente en emisiones no realizadas utilizando el factor de emisión asociado al uso del agua:

$$\text{Emisiones no realizadas} = (\text{m}^3 \text{ de agua ahorrados}) \cdot (\text{factor de emisión})$$

El factor de emisión utilizado para el cálculo fue compartido por Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML).

$$\begin{aligned} \text{Emisiones no realizadas} &= \left(225.34 \frac{m^3}{\text{año}}\right) \cdot \left(0.788 \frac{kg CO_2}{m^3}\right) \\ \text{Emisiones no realizadas} &= 177.57 \frac{kg CO_2}{\text{año}} \end{aligned}$$

Como se puede observar, la aplicación de esta medida además de implicar un ahorro de agua, implicaría evitar las emisiones de carácter indirecto de casi 200 kilogramos de dióxido de carbono equivalente al año.

#### **i. Evaluación económica**

Para el flujo de caja se utilizó la tasa de inflación, el premio al riesgo, así como la tasa de interés bancario proporcionados por el Banco Central de Reserva, actualizados hasta el mes de agosto del 2022.

#### **Evaluación sin financiamiento.**

En la tabla 3.44 se presentan los indicadores para la propuesta 2 sin financiamiento.

**Tabla 3.44**

***Indicadores económicos propuesta 2 sin financiamiento.***

<b>Factibilidad Económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	329.56
<b>PSRI (Años)</b>	1.88
<b>VAN (US\$)</b>	545.26
<b>TIR</b>	45%
<b>TMAR</b>	31.28%

#### **Evaluación con financiamiento.**

En la tabla 3.45 se presentan los indicadores para la propuesta 2 con financiamiento.

**Tabla 3.45**

***Indicadores económicos propuesta 2 con financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	329.56
<b>PSRI (Años)</b>	3.45
<b>VAN (US\$)</b>	40.82
<b>TIR</b>	14%
<b>TMAR</b>	9.24%

Esta propuesta resulta rentable con o sin financiamiento, presentando en ambos casos la  $TIR > TMAR$  y un VAN positivo, sin embargo, resulta más atractiva la opción de no realizar financiamiento ya que presenta un PSRI menor, un VAN mayor y la diferencia entre la TIR y la TMAR es mayor en el escenario sin financiamiento.

**3.1.4.3 Aplicación de contrapesos en los tanques de los inodoros de una sola descarga.**

**a. Descripción general de la medida.**

Esta es otra estrategia de tecnología que se puede aplicar para modificar la ya existente, en este caso se cuelgan de la válvula ciertos pesos, y al soltar el tirador, este se cierra antes, por el efecto del peso que se ha adicionado. Ofreciendo un ahorro con respecto al volumen original de tanque de aproximadamente un 40%.

**b. Resumen.**

- v. Ahorro en el consumo de agua ( $m^3/año$ ).  
Ahorro por descarga:  $0.0046 m^3/descarga$ .  
Ahorro anual relativo a los inodoros:  $1043.78 m^3/año$ .
- vi. Ahorro económico ( $\$USD/año$ ).  
Ahorro teórico por descarga:  $0.0036 \$USD/descarga$ .  
Ahorro anual relativo a los inodoros:  $1026.91 \$USD/año$ .
- vii. Inversiones necesarias ( $\$USD$ ).

Inversión inicial: 374.00 \$USD.

viii. Periodo de recuperación de la inversión (años).

PSRI: 0.50 años.

**c. Descripción de situación actual.**

Actualmente la mayoría de sanitarios poseen tanques con una sola descarga ya que solo 5 de los 49 sanitarios de la institución al momento de realizar la auditoria poseen tecnología de doble descarga, por lo que esta medida se podría aplicar en todos los sanitarios que no poseen la tecnología de doble descarga.

**d. Descripción de las acciones concretas a realizar para la implementación.**

- I. Colocar el contrapeso en la palanca de accionamiento del sistema de descarga.
- II. Realizar pruebas preliminares con un solo dispositivo para corroborar el correcto funcionamiento.
- III. Si el funcionamiento es adecuado, aplicar esta medida a todos los inodoros de una sola descarga.

**e. Cálculo de los ahorros.**

Para el cálculo de ahorros al saber el ahorro que se da por descarga se calculó de la siguiente manera:

*Ahorros de agua anuales*

$$\begin{aligned} &= (\text{descarga sin reducir} - \text{descarga reducida}) \\ &\quad \cdot (\text{usos diarios promedio por trabajador}) \\ &\quad \cdot (N^\circ \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) \end{aligned}$$

*Ahorros de agua anuales*

$$\begin{aligned} &= (0.01158 \text{ m}^3 - 0.00695 \text{ m}^3) \cdot \left(\frac{4 \text{ uso}}{\text{día} \cdot \text{trabajador}}\right) \\ &\quad \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) \end{aligned}$$

$$\text{Ahorros de agua anuales} = 1,043.78 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

A partir de este ahorro en el consumo de agua se puede determinar un ahorro económico:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (\text{Ahorros de agua anuales}) \cdot (\text{Precio por } m^3)$$

Donde:

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{\text{Facturación de agua anual}}{m^3 \text{ de consumo por año}}$$

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{706 * 12 \$US}{8611.20 m^3}$$

$$\text{Precio por } m^3 = 0.98 \$US/m^3$$

Entonces el ahorro económico será:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (1043.78 \frac{m^3}{\text{año}}) \cdot (0.98 \frac{\$US}{m^3})$$

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} (\text{antes de impuestos}) = 1026.91 \frac{\$US}{\text{año}}$$

**f. Desglose de las inversiones.**

En la tabla 3.46 se presentan las inversiones consideradas para esta medida.

**Tabla 3.46**  
**Inversiones para la medida 3: “Aplicación de contrapesos al sistema de descarga de inodoros”**

<b>Material/accesorio</b>	<b>Detalles/Marca</b>	<b>Precio unitario (\$US)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (\$US)</b>
Contrapesos para el sistema de descarga de inodoros	---	8.50	44	374.00
Total				374.00

Nota: Se podría considerar la opción de solo instalarlos en los sanitarios de acceso no restringido, es decir, los de los niveles 1 y 2 siendo 19 en total en este caso, además cabe mencionar que tanto esta medida como la anterior no necesitan ningún tipo de personal técnico o especializado para su instalación.

**g. Evaluación técnica.**

Actualmente la DNM presenta un consumo exclusivamente del uso de los servicios sanitarios aproximadamente de 3,494.15 m<sup>3</sup> y cabe destacar el hecho que solo 5 de los 49 sanitarios de la institución al momento de realizar la auditoria poseen tecnología de doble descarga por lo que esta medida se podría aplicar en todos los sanitarios que no poseen la tecnología de doble descarga. La aplicación de esta medida implicaría un ahorro del consumo anual de 1043.78 m<sup>3</sup>.

Para la implementación de esta medida, como ya se mencionó en el literal d, se ha considerado la aplicación de tecnología reductora del volumen de descarga cuyo equipo es explicado en la sección f de este mismo apartado, para la cual no se necesita personal o equipo especializado para su instalación, sin embargo, para su correcta aplicación deberán de realizarse “pruebas piloto” en las cuales se verifique el correcto funcionamiento.

**h. Evaluación ambiental.**

La implementación de esta medida significaría una reducción en el consumo de agua anual de 1043.78 m<sup>3</sup>, a su vez se puede calcular con este ahorro de agua un equivalente en emisiones no realizadas utilizando el factor de emisión asociado al uso del agua:

$$\text{Emisiones no realizadas} = (\text{m}^3 \text{ de agua ahorrados}) \cdot (\text{factor de emisión})$$

El factor de emisión utilizado para el cálculo fue compartido por Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML).

$$\text{Emisiones no realizadas} = \left(1043.78 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) \cdot \left(0.788 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3}\right)$$

$$\text{Emisiones no realizadas} = 822.50 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{año}}$$

Como se puede observar la aplicación de esta medida, además de implicar un ahorro de agua, implicaría evitar las emisiones de carácter indirecto de más de una tonelada métrica anual.

**i. Evaluación económica.**

Para el flujo de caja se utilizó la tasa de inflación, el premio al riesgo, así como la tasa de interés bancario proporcionados por el Banco Central de Reserva, actualizados hasta el mes de agosto del 2022.

**Evaluación sin financiamiento:**

En la tabla 3.47 se presentan los indicadores para la propuesta 3 sin financiamiento.

**Tabla 3.47**

***Indicadores económicos propuesta 3 sin financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	374.00
<b>PSRI (Años)</b>	0.50
<b>VAN (US\$)</b>	3332.39
<b>TIR</b>	197%
<b>TMAR</b>	31.28%

**Evaluación con financiamiento:**

En la tabla 3.48 se presentan los indicadores para la propuesta 3 con financiamiento.

**Tabla 3.48**

***Indicadores económicos propuesta 3 con financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>				
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	374.00	<b>VAN (USD)</b>	2,144.25	<b>TMAR</b>
<b>PSRI (Años)</b>	0.51	<b>TIR</b>	174%	9.24%

Esta propuesta resulta rentable con o sin financiamiento, presentando en ambos casos la  $TIR > TMAR$ , un VAN positivo y un PSRI menor a un año.

#### **3.1.4.4 Cambio de sanitarios de descarga única a doble descarga.**

##### **a. Descripción general de la medida.**

Esta es una estrategia de sustitución de tecnología ya existente de descarga única por inodoros que disponen de dos pulsadores para accionar la descarga: uno de ellos descarga, aproximadamente, 3 litros, y el otro, hace la descarga total, unos 6 o 10 litros posibilitando diferenciación entre consumo entre la utilización por deposiciones sólidas y líquidas. Esto favorece el hecho de que se necesita mucho menos agua para retirar líquidos que sólidos de los sanitarios, el consumo promedio de agua por descarga es de 4.8 litros.

##### **b. Resumen.**

- ix. Ahorro en el consumo de agua ( $m^3/año$ ).  
Ahorro por descarga:  $0.00638 m^3/descarga$ .  
Ahorro anual relativo a los inodoros:  $1437.68 m^3/año$ .
- x. Ahorro económico ( $\$USD/año$ ).  
Ahorro teórico por descarga:  $0.0049 \$USD/descarga$ .  
Ahorro anual relativo a los inodoros:  $2629.47 \$USD/año$ .
- xi. Inversiones necesarias ( $\$USD$ ).  
Inversión inicial:  $8624.00 \$USD$ .
- xii. Periodo de recuperación de la inversión (años): 5.57 años.

##### **c. Descripción de situación actual.**

Actualmente la DNM presenta un consumo exclusivamente del uso de los servicios sanitarios aproximadamente de  $3,494.15 m^3$  y cabe destacar el hecho que solo 5 de los 49 sanitarios de la institución al momento de realizar la auditoria poseen tecnología de doble descarga por lo que esta medida se podría aplicar en todos los sanitarios que no poseen la tecnología de doble descarga.

##### **d. Descripción de las acciones concretas a realizar para la implementación.**

En este caso la única acción a realizar es la sustitución de los inodoros de descarga única a inodoros de doble descarga, sin embargo, si se considera el cambio de todos los inodoros de descarga única demasiado elevada podría contemplarse la aplicación de esta medida en los niveles en los cuales los sanitarios poseen acceso no restringido es decir los niveles 1 y 2, a su vez cabe destacar que el cambio de los inodoros se haría de manera progresiva y no simultáneamente en todos.

**e. Cálculo de los ahorros.**

Para el cálculo de ahorros al saber el ahorro que se da por descarga se calculara de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Ahorros de agua anuales} \\ &= (\text{descarga sin reducir} - \text{descarga reducida}) \\ & \cdot (\text{usos diarios promedio por trabajador}) \cdot (\text{N}^\circ \text{ trabajadores}) \\ & \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) \end{aligned}$$

*Ahorros de agua anuales*

$$\begin{aligned} &= \left(0.01158 \frac{m^3}{\text{uso}} - 0.0052 \frac{m^3}{\text{uso}}\right) \cdot \left(4 \frac{\text{usos}}{\text{trabajador}}\right) \cdot (321 \text{ trabajadores}) \\ & \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) \end{aligned}$$

$$\text{Ahorros de agua anuales} = 1,437.68 \frac{m^3}{\text{uso}}$$

A partir de este ahorro en el consumo de agua se puede determinar un ahorro económico:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (\text{Ahorros de agua anuales}) \cdot (\text{Precio por } m^3)$$

Donde:

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{\text{Facturación de agua anual}}{m^3 \text{ de consumo por año}}$$

$$\text{Precio por } m^3 = \frac{15749.61 \text{ } \$US}{8611.20 \text{ } m^3}$$

$$\text{Precio por } m^3 = 1.83 \text{ } \$US/m^3$$

Entonces el ahorro económico será:

$$\text{ahorro } \frac{\$US}{\text{año}} = (1437.68 \text{ } m^3/\text{año}) \cdot (1.83 \text{ } \$US/m^3)$$

$$\text{ahorro } \frac{\$US}{\text{año}} (\text{antes de impuestos}) = 2629.47 \frac{\$US}{\text{año}}$$

**f. Desglose de las inversiones**

En la tabla 3.49 presentan las inversiones consideradas para esta medida.

**Tabla 3.49**  
**Inversiones para la medida 4: “Sustitución de inodoros de descarga única”.**

<b>Material/accesorio</b>	<b>Detalles/Marca</b>	<b>Precio unitario (\$S)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (\$S)</b>
Inodoro de doble descarga	Inodoro de doble descarga OASIS (vida útil aproximada 15-20 años)	139.00	44	6,116.00
Costo de instalación	N/A	57.00	44	2,508.00
Total				8,624.00

Los precios de instalación han sido considerados en base a la orden de compras para obras realizada por la casa de la cultura de San Isidro Cabañas para la remodelación y reparación del área de servicios sanitarios y lavamanos. Se tomó un valor de 17 años como vida útil, siendo este el valor promedio aproximado al menor de los límites de rango de vida útil habitual.

**g. Evaluación técnica.**

Actualmente la DNM presenta un consumo exclusivamente del uso de los servicios sanitarios aproximadamente de 3,489.90 m<sup>3</sup> y cabe destacar el hecho que solo 5 de los 49 sanitarios de la institución al momento de realizar la auditoria poseen tecnología de doble descarga por lo que esta medida se podría aplicar en todos los sanitarios que no poseen la tecnología de doble descarga. La aplicación de esta medida implicaría un ahorro del consumo anual de 1437.68 m<sup>3</sup>

Para la implementación de esta medida, como ya se mencionó en su literal d, se ha considerado la aplicación de cambio de tecnología para los inodoros que no poseen doble descarga cuyo equipo es explicado en el literal f de este mismo apartado, sin embargo, para este tipo de medida si es necesario de personal especializado para la instalación del equipo.

**h. Evaluación ambiental.**

La implementación de esta medida significaría una reducción en el consumo de agua anual de 1437.68 m<sup>3</sup>, a su vez se puede calcular con este ahorro de agua un equivalente en emisiones no realizadas utilizando el factor de emisión asociado al uso del agua:

$$\text{Emisiones no realizadas} = (\text{m}^3 \text{ de agua ahorrados}) \cdot (\text{factor de emisión})$$

El factor de emisión utilizado para el cálculo fue compartido por Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML).

$$\begin{aligned} \text{Emisiones no realizadas} &= (1437.68 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}) \cdot \left(0.788 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3}\right) \\ \text{Emisiones no realizadas} &= 1132.89 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{año}} \end{aligned}$$

Como se puede observar, la aplicación de esta medida además de implicar un ahorro de agua, implicaría evitar las emisiones de carácter indirecto de casi media tonelada métrica anual.

**i. Evaluación económica.**

Para el flujo de caja se utilizó la tasa de inflación, el premio al riesgo, así como la tasa de interés bancario proporcionados por el Banco Central de Reserva, actualizados hasta el mes de agosto del 2022.

**Evaluación sin financiamiento:**

En la tabla 3.50 se presentan los indicadores para la propuesta 4 sin financiamiento.

**Tabla 3.50**

***Indicadores económicos propuesta 4 sin financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	8,624.00
<b>PSRI (Años)</b>	4.43
<b>VAN (US\$)</b>	24,501.54
<b>TIR</b>	22%
<b>TMAR</b>	31.28%

**Evaluación con financiamiento:**

En la tabla 3.51 se presentan los indicadores para la propuesta 4 con financiamiento.

**Tabla 3.51**

***Indicadores económicos propuesta 4 con financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	8624.00
<b>PSRI (Años)</b>	5.67
<b>VAN (US\$)</b>	668.21
<b>TIR</b>	10%
<b>TMAR</b>	9.24%

Esta propuesta ha sido la única que se ha evaluado bajo una perspectiva diferente de la tarifa actual, en este caso se evalúa una tarifa conforme al decreto de tarifas por servicios de acueductos, alcantarillados y otros que presta ANDA, debido a que con la tarifa actual la medida tal cual ha sido planteada carece de viabilidad económica, sin embargo, se tomó en cuenta la previsión antes mencionada debido a que la DNM tiene en sus planes cambiar de instalaciones en 2025 por lo que muy posiblemente la tarifa actual que posee no se mantenga igual sino que incremente. Y, según los resultados obtenidos, esta opción de mejora es viable solo en el escenario con financiamiento, pero no presentaría grandes beneficios económicos.

**3.1.4.5. Sustitución de aireadores existentes por aireadores de aún más bajo caudal.**

**a. Descripción general de la medida.**

Esta es una estrategia de sustitución de tecnología ya existente, en este caso un aireador es un dispositivo que ocasiona con flujo aireado, incorporando aire a las gotas de agua que salen de una ducha o del grifo de lavamanos, así aumentando la velocidad dispersiva y canalizan el flujo reduciendo las salpicaduras estos dispositivos limitan el flujo máximo que puede otorgar el grifo y generalmente no se necesita de un personal especializado para su instalación.

**b. Resumen**

- xiii. Ahorro en el consumo de agua (m<sup>3</sup>/año): 584.38 m<sup>3</sup>/año.
- xiv. Ahorro económico (\$USD/año): 575.03 \$USD/año.
- xv. Inversiones necesarias (\$USD).  
Inversión inicial: 303.90 \$US.
- xvi. Periodo de recuperación de la inversión (años): 0.75 años

**c. Descripción de situación actual.**

Actualmente todos los grifos de la organización poseen aireadores, pero según las mediciones realizadas, se detectó que con el cambio de aireadores puede existir un ahorro en los grifos de todos los niveles en especial los grifos del nivel 1

donde los sanitarios y lavamanos correspondientes no tienen acceso restringido y presento el mayor caudal de los cinco niveles de la institución.

**d. Descripción de las acciones concretas a realizar para la implementación.**

- I. De ser la reducción del caudal efectiva se implantará la medida en todos los grifos de la organización.
- II. En este caso antes de la implementación como tal en todos los grifos se deberá de evaluar con la aplicación de la medida en un solo grifo para corroborar el valor del caudal reducido y compararlo con el que teóricamente asegura el fabricante.

**e. Cálculo de los ahorros.**

Para el cálculo de ahorros al saber el ahorro que se da por descarga se calculara de la siguiente manera:

*Ahorros de agua anuales*

$$\begin{aligned} &= (\text{flujo original} - \text{flujo reducido}) \\ &\cdot (\text{tiempo de uso diario promedio por trabajador}) \\ &\cdot (\text{cantidad promedio de usos diarios por trabajador}) \\ &\cdot (N^\circ \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) + (\text{flujo original} - \text{flujo reducido}) \\ &\cdot (\text{tiempo de uso diario promedio por trabajador}) \\ &\cdot (\text{cantidad promedio de usos diarios por trabajador}) \\ &\cdot (\% \text{ de trabajadores que lavan recipientes}) \cdot (N^\circ \text{ trabajadores}) \\ &\cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) + (\text{flujo original} - \text{flujo reducido}) \\ &\cdot (\text{tiempo de uso diario promedio por trabajador}) \\ &\cdot (\text{cantidad promedio de usos diarios por trabajador}) \\ &\cdot (\% \text{ de trabajadores que se cepillan los dientes}) \cdot (N^\circ \text{ trabajadores}) \\ &\cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) \end{aligned}$$

*Ahorros de agua anuales*

$$\begin{aligned}
 &= \left(1.4871 \frac{\text{gal}}{\text{min}} - 1 \frac{\text{gal}}{\text{min}}\right) \cdot \left(\frac{(1 \text{ m}^3) \cdot (1 \text{ min})}{(264.172 \text{ gal}) \cdot (60 \text{ s})}\right) \cdot \left(30 \frac{\text{s}}{\text{uso}}\right) \cdot \left(5 \frac{\text{usos}}{\text{trabajador}}\right) \\
 &\quad \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) + \left(1.4871 \frac{\text{gal}}{\text{min}} - 1 \frac{\text{gal}}{\text{min}}\right) \\
 &\quad \cdot \left(\frac{(1 \text{ m}^3) \cdot (1 \text{ min})}{(264.172 \text{ gal}) \cdot (60 \text{ s})}\right) \cdot \left(35 \frac{\text{s}}{\text{uso}}\right) \cdot \left(2 \frac{\text{usos}}{\text{trabajador}}\right) \cdot (83.95\%) \\
 &\quad \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) + \left(1.4871 \frac{\text{gal}}{\text{min}} - 1 \frac{\text{gal}}{\text{min}}\right) \\
 &\quad \cdot \left(\frac{(1 \text{ m}^3) \cdot (1 \text{ min})}{(264.172 \text{ gal}) \cdot (60 \text{ s})}\right) \cdot \left(3 * 60 \frac{\text{s}}{\text{uso}}\right) \cdot (83.95\%) \\
 &\quad \cdot (321 \text{ trabajadores}) \cdot \left(\frac{234 \text{ días}}{\text{año}}\right) \\
 &\quad \text{Ahorros de agua anuales} = 584.48 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}
 \end{aligned}$$

A partir de este ahorro en el consumo de agua se puede determinar un ahorro económico:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (\text{Ahorros de agua anuales}) \cdot (\text{Precio por m}^3)$$

Donde:

$$\text{Precio por m}^3 = \frac{\text{Facturación de agua anual}}{\text{m}^3 \text{ de consumo por año}}$$

$$\text{Precio por m}^3 = \frac{706 * 12 \$US}{8611.20 \text{ m}^3}$$

$$\text{Precio por m}^3 = 0.98 \$US/\text{m}^3$$

Entonces el ahorro económico será:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (584.48 \text{ m}^3/\text{año}) \cdot (0.98 \$US/\text{m}^3)$$

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} (\text{antes de impuestos}) = 575.03 \frac{\$US}{\text{año}}$$

**f. Desglose de las inversiones.**

En la tabla 3.52 se presentan las inversiones consideradas para esta medida.

**Tabla 3.52**  
***Inversiones para la medida 5: “Sustitución de aireadores existentes”.***

<b>Material/accesorio</b>	<b>Detalles/Marca</b>	<b>Precio unitario (\$US)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (\$US)</b>
Aireador reductor de flujo (1 GPM)	Aireador macho metálico cromado m24 WS	2.90	49	147.10
Desmontaje y montaje de aparatos sanitarios	N/A	3.20 por equipo	49	156.8
Total				303.90

Nota: si el ahorro con respecto a los aireadores actuales no es rentable o si la reducción del caudal se encuentra entre 1.2 GPM – 1.4 GMP esta medida solo sería significativa y posiblemente rentable de aplicar en el nivel 1, 2, 4 y 5 de la institución por lo que solo se debería de aplicar en 19 grifos.

**g. Evaluación técnica.**

Actualmente la DNM presenta un consumo referente al uso de grifos aproximadamente de 1,468.81 m<sup>3</sup> y cabe destacar que existen tres usos principales por parte de los empleados, los cuales son: el lavado de manos, cepillado de dientes y el lavado de recipientes/ herméticos. La aplicación de esta medida implicaría un ahorro del consumo anual de 584.48 m<sup>3</sup>.

Para la implementación de esta medida, como ya se mencionó en el literal d, se ha considerado la aplicación de tecnología (aireadores) que puedan reducir más el caudal que los que dispone la DNM actualmente, el equipo es explicado en el literal f de este mismo apartado, no se necesita personal o equipo especializado para su instalación, sin embargo, para su correcta aplicación deberán de realizarse “pruebas piloto” por nivel en las cuales se verifique la disminución correcta del caudal ya que, si la reducción no se encontrará < 1.2 GPM la medida carecería de relevancia para el nivel 3 y si no se encontrara dentro del rango 1.2 GPM-1.4 GPM carecería de relevancia para todos los niveles.

#### **h. Evaluación ambiental.**

La implementación de esta medida significaría una reducción en el consumo de agua anual de 584.48 m<sup>3</sup>, a su vez se puede calcular con este ahorro de agua un equivalente en emisiones no realizadas utilizando el factor de emisión asociado al uso del agua:

$$\text{Emisiones no realizadas} = (\text{m}^3 \text{ de agua ahorrados}) \cdot (\text{factor de emisión})$$

El factor de emisión utilizado para el cálculo fue compartido por Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML).

$$\text{Emisiones no realizadas} = \left(584.48 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) \cdot \left(0.788 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3}\right)$$

$$\text{Emisiones no realizadas} = 450.57 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{año}}$$

Como se puede observar, la aplicación de esta medida además de implicar un ahorro de agua, evitaría emisiones de carácter indirecto de casi media tonelada métrica anual.

#### **i. Evaluación económica.**

Para el flujo de caja se utilizó la tasa de inflación, el premio al riesgo, así como la tasa de interés bancario proporcionados por el Banco Central de Reserva, actualizados hasta el mes de agosto del 2022.

**Evaluación sin financiamiento:**

En la tabla 3.53 se presentan los indicadores para la propuesta 5 sin financiamiento.

**Tabla 3.53**

***Indicadores económicos propuesta 5 sin financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	303.90
<b>PSRI (Años)</b>	0.75
<b>VAN (US\$)</b>	2551.28
<b>TIR</b>	134%
<b>TMAR</b>	31.28%

**Evaluación sin financiamiento:**

En la tabla 3.54 se presentan los indicadores para la propuesta 5 con financiamiento.

**Tabla 3.54**

***Indicadores económicos propuesta 5 con financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	303.90
<b>PSRI (Años)</b>	0.84
<b>VAN (US\$)</b>	1495.01
<b>TIR</b>	119%
<b>TMAR</b>	9.24%

Esta propuesta resulta rentable con o sin financiamiento, presentando en ambos casos  $TIR > TMAR$ , un VAN positivo y un PSRI en el caso del escenario sin financiamiento menor.

**3.1.4.6. Evaluación de reutilización de la purga del sistema de purificación de agua de los laboratorios para servicios sanitarios.**

**a. Descripción general de la medida.**

Esta medida está orientada al aprovechamiento del agua que sale como subproducto del filtrado para abastecer a los tres laboratorios y reutilizarla para su uso en los servicios sanitarios para descargar el inodoro.

**b. Resumen.**

xvii. Ahorro en el consumo de agua (m<sup>3</sup>/año).

Ahorro: 527.51 m<sup>3</sup>/año.

xviii. Ahorro económico (\$USD/año).

Ahorro anual: 516.96 \$USD/año.

xix. Inversiones necesarias (\$USD): 671.22 \$USD.

xx. Periodo de recuperación de la inversión (años): 5.47 años.

**c. Descripción de situación actual.**

Actualmente entran al sistema de purificación de agua para el laboratorio de control de calidad de la DNM 700.01 m<sup>3</sup> de agua por año, de los cuales 527.51 m<sup>3</sup>/año son parte de la purga y son dispuestos al alcantarillado sanitario.

La tabla 3.55 presenta, de acuerdo a la norma NSO 13.07.01.04, los siguientes requisitos de entrada de agua potable:

**Tabla 3.55**

***Parámetros generales para el agua potable según NSO 13.07.01.04.***

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Limite permisible</b>
Color verdadero	Pt-Co	15
Olor	N/A	No rechazable
Ph	N/A	8.5
Sabor	N/A	No rechazable
Solidos disueltos totales (SDT)	mg/l	1000
Turbidez	UNT	5

Al mismo tiempo la norma establece los límites permisibles para ciertas sustancias químicas inorgánicas que se presentan en las tablas 3.56 y tabla 3.57:

**Tabla 3.56**

***Valores para sustancias químicas según NSO 13.07.01.04.***

<b>Parámetro</b>	<b>Limite permisible (mg/l)</b>
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Cobre	1.3
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	500
Fluoruros	1.00
Hierro total	0.30
Manganeso	0.1
Plata	0.07
Sodio	200.00
Sulfatos	400.00
Zinc	5.00

**Tabla 3.57**

***Valores para sustancias químicas inorgánicas de alto riesgo para la salud según NSO 13.07.01.04.***

<b>Parámetro</b>	<b>Limite permisible (mg/l)</b>
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	0.05
Mercurio	0.001

Continúa...

**Tabla 3.57.** *Valores para sustancias químicas inorgánicas de alto riesgo para la salud según NSO 13.07.01.04 (Continuación)*

<b>Parámetro</b>	<b>Limite permisible (mg/l)</b>
Níquel	0.02
Nitratos	45.00
Nitrito (medido como nitrógeno)	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

La norma de igual manera presenta límites permisibles para sustancias orgánicas que se presentan en las tablas 3.58 y 3.59:

**Tabla 3.58**

***Valores para sustancias químicas orgánicas según NSO 13.07.01.04.***

<b>Parámetro</b>	<b>Limite permisible (µg/l)</b>
Aceites y grasas	Ausencia
Benceno	10
Tetracloruro de carbono	4
2 etilexil ftalato	8
1,2-diclorobenceno	1000
1,4-diclorobenceno	300
1,2-dicloroetano	4
1,1-dicloroetano	30
1,2-dicloroetano	50
Diclorometano	20
1,4-dioxano	50
Ácido edético (EDTA)	600

Continúa...

**Tabla 3.58.** *Valores para sustancias químicas orgánicas según NSO 13.07.01.04 (Continuación)*

<b>Parámetro</b>	<b>Limite permisible (µg/l)</b>
Etilbenceno	300
Hexacloruro de butadieno	0.6
Ácido nitrilo triacético (EDTA)	200
Pentaclorofenol	9
Estireno	20
Tetracloroetano	40
Tolueno	700
Tricloroetano	70
Xilenos	500

**Tabla 3.59**

***Valores para residuos de plaguicidas según NSO 13.07.01.04.***

<b>Parámetro</b>	<b>Limite permisible (µg/l)</b>
Alaclor	20
Aldicarb	10
Aldrin/dieldrin	0.03
Atrazine	2
Carbofuran	7
Clorodane	0.02
Clorotoluron	30
Cyanazine	0.6
2,4-D (2,4-ácido diclorofenoacetico)	30
2,4.DB (4-(diclorofenoxi)) ácido	90

Continúa...

**Tabla 3.59.** Valores para residuos de plaguicidas según NSO 13.07.01.04 (Continuación)

<b>Parámetro</b>	<b>Limite permisible (µg/l)</b>
1,2-dibromo-3-cloropropano	1
1,2-dibromometano	15
1,2-dibromopropano(1,2-DCP)	40
1,3-dicloropropeno	20
Dicloropropeno	100
Dimetoato	6
Endrin	0.6
Fenoprop	9
Hexaclorobenceno	1
Isoproturon	9
Lindano	0.3
MCPA (4-cloro-2-metilfenoxi) ácido acético	2
Mecoprop	10
Metoxyclo	20
Metolacloro	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9

En lo referente al agua que sale del sistema de purificación de agua para los laboratorios de control de calidad, la tabla 3.60 presenta los parámetros de salida proporcionados por la DNM:

**Tabla 3.60**

***Parámetros de salida del sistema de purificación de agua que abastece a los tres laboratorios.***

<b>TIPO DE AGUA</b>	<b>CONDUCTIVIDAD</b>	<b>SDT (mg/l)</b>	<b>TOC (ppb)</b>	<b>pH</b>	<b>CALIDAD MICROBIOLÓGICA</b>
<b>Agua OR (Tipo III)</b>	< 20 $\mu$ s	<12.8	< 1000	5 – 7	RTMA $\leq$ 100 UFC/mL
<b>Agua EDI (Tipo II)</b>	< 2 $\mu$ s	<1.28	< 500		E. coli: Ausente/100 mL
<b>Agua Ultrapura (Tipo I)</b>	< 0.05 $\mu$ s	<0.032	< 10		Ps. Aeruginosa: Ausente/100 mL

Sin embargo, a pesar de que se conocen los parámetros de salida de los tres tipos de agua, actualmente no se posee contador o registro del flujo de las corrientes o de cuanto se produce de cada tipo de agua, solo se reporta el valor de la entrada de agua (2,029 l/día), el valor de la purga (1,529 l/día) y el valor de los tres tipos de agua juntas 500 l/día.

**d. Descripción de las acciones concretas a realizar para la implementación.**

Esta medida está planteada en dos partes: la primera es determinar de forma aproximada la concentración o composición que pueda tener la purga del sistema de purificación de agua de los laboratorios, para así evaluar la viabilidad de su reutilización y la segunda parte consiste en la instalación de un tanque de almacenamiento y conexiones a servicios sanitarios para reutilizar esta purga como parte del agua de descarga en los inodoros.

Por lo que las medidas para la implementación de este sistema serían:

- I. La conexión de desagüe de la purga a un tanque de almacenamiento.

- II. Conexión del tanque de almacenamiento a los sanitarios de los niveles con más uso (nivel 1 y/o nivel 2) al mismo tiempo las conexiones deberán tener un sistema de abierto y cerrado, a manera de que se pueda activar o desactivar cuando sea necesario ya sea el caso de que el tanque de almacenamiento se encuentre vacío o para mantenerlo en caso de reserva para el momento en donde se les da mayor uso (hora de almuerzo).

**e. Cálculo de los ahorros.**

$$\text{Ahorros de agua anuales} = 527.51 \text{ m}^3$$

A partir de este ahorro en el consumo de agua se puede determinar un ahorro económico:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (\text{Ahorros de agua anuales}) \cdot (\text{Precio por m}^3)$$

Donde:

$$\text{Precio por m}^3 = \frac{\text{Facturación de agua anual}}{\text{m}^3 \text{ de consumo por año}}$$

$$\text{Precio por m}^3 = \frac{706 * 12 \$US}{8611.20 \text{ m}^3}$$

$$\text{Precio por m}^3 = 0.98 \$US/\text{m}^3$$

Entonces el ahorro económico será:

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} = (527.51 \text{ m}^3/\text{año}) \cdot (0.98 \$US/\text{m}^3)$$

$$\text{ahorro} \frac{\$US}{\text{año}} (\text{antes de impuestos}) = 516.96 \frac{\$US}{\text{año}}$$

**f. Desglose de las inversiones.**

La tabla 3.61 presenta las inversiones consideradas para esta medida.

**Tabla 3.61**

**Inversiones para la medida 6: “Reutilización de la purga del sistema de purificación de agua de los laboratorios de control de calidad DNM”.**

<b>Material/accesorio</b>	<b>Detalles/Marca</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (\$)</b>
Tanque de almacenamiento/cisterna	1,700 litros con válvula flotadora ROTOTEC (vida útil 25-30 años)	260.00	1	260.00
Excavación para tubería de agua potable sobre piso de concreto para instalación de la nueva tubería a conectar	N/A	2.60 por metro	30 m	78
Suministro e instalación de tubería de ½” 160 PSI acero inoxidable cedula 40, incluye conexión a red existente	N/A	4.75 por metro	30 m	142.50
Desmontaje y montaje de aparatos sanitarios	N/A	3.20 por equipo	19 inodoros	60.80
Costos aproximados de mantenimiento (anuales)	N/A	N/A	N/A	129.93
<b>Total</b>				<b>671.22</b>

Los precios de instalación han sido considerados en base a la orden de compras para obras realizada por la casa de la cultura de San Isidro Cabañas para la remodelación y reparación del área de servicios sanitarios y lavamanos. Para el costo de mantenimiento se consideró el costo equivalente de los ahorros necesarios que se tendrían que realizar de forma anual durante la vida útil del producto para

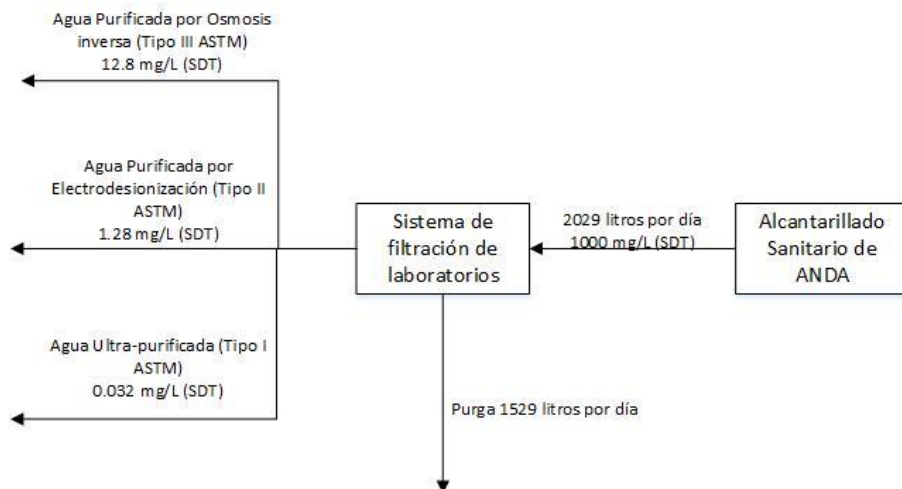
sustituir con uno nuevo, incluyendo costos de instalación (21.65 \$) más un 5% del costo total de la inversión de forma trimestral (27.07 USD).

**g. Evaluación técnica.**

Actualmente la DNM presenta un consumo exclusivamente por parte del sistema de purificación aproximadamente de 700.01 m<sup>3</sup>, de los cuales 527.51 m<sup>3</sup> son descartados y salen de la institución por medio del sistema de alcantarillado. La factibilidad y por consiguiente la aplicación de esta medida implicaría un ahorro del consumo anual de 527.51 m<sup>3</sup> que sería reutilizado en los inodoros de los servicios sanitarios de los niveles 1 y 2.

La correcta aplicación, como ya se mencionó en el literal d, consiste en dos fases o dos partes: una es determinar de forma aproximada la concentración o composición que pueda tener la purga del proceso de purificación, para así evaluar la viabilidad de su reutilización y la segunda parte consiste en la instalación de un tanque de almacenamiento y conexiones a servicios sanitarios para reutilizar esta purga como parte del agua de descarga en los inodoros.

Por la parte de la instalación de un tanque de almacenamiento y conexiones a servicios sanitarios, para reutilizar esta purga como parte del agua de descarga en los inodoros, se especificó en el literal f de esta misma sección y para determinar la viabilidad de su reutilización se elaboró un esquema presentado en la figura 3.2.



**Figura 3.2.** Diagrama de entradas y salidas del sistema de filtrado que abastece a los laboratorios.

Ahora bien, como no se tienen datos directos del caudal de cada corriente de salida del sistema de purificación, pero si se posee registro de donde es utilizada el agua que sale del sistema de purificación hacia los laboratorios:

1. **Agua Purificada por Osmosis inversa (Tipo III ASTM):** Para alimentación de agua al Autoclave Systec de Microbiología.
2. **Agua Purificada por Electrodesionización (Tipo II ASTM):** Para preparación de medios de cultivo, soluciones reactivo y desinfectantes, así como en el último enjuague en el lavado de cristalería.
3. **Agua Ultrapurificada por Tecnología Evoqua Sistema Ultraclear GP (Tipo I ASTM):** Para preparación de soluciones a ser utilizadas en análisis HPLC, CG u otros equipos muy sensibles.

Aun así, los usos correspondientes al agua de tipo I y tipo II, debido a la naturaleza de las actividades en donde se utilizan no poseen registro de la cantidad utilizada, pero con respecto al uso del agua tipo III dentro del inventario que se realizó en la auditoría se registró un uso promedio anual del equipo que utiliza este tipo de agua por lo que se partirá de eso para determinar el flujo diario de esa corriente:

$$\text{Caudal agua tipo III} = \frac{(\text{consumo por uso})(\text{usos anuales})}{(5 \text{ días/semana})(4 \text{ semanas/mes})(12 \text{ meses/año})}$$

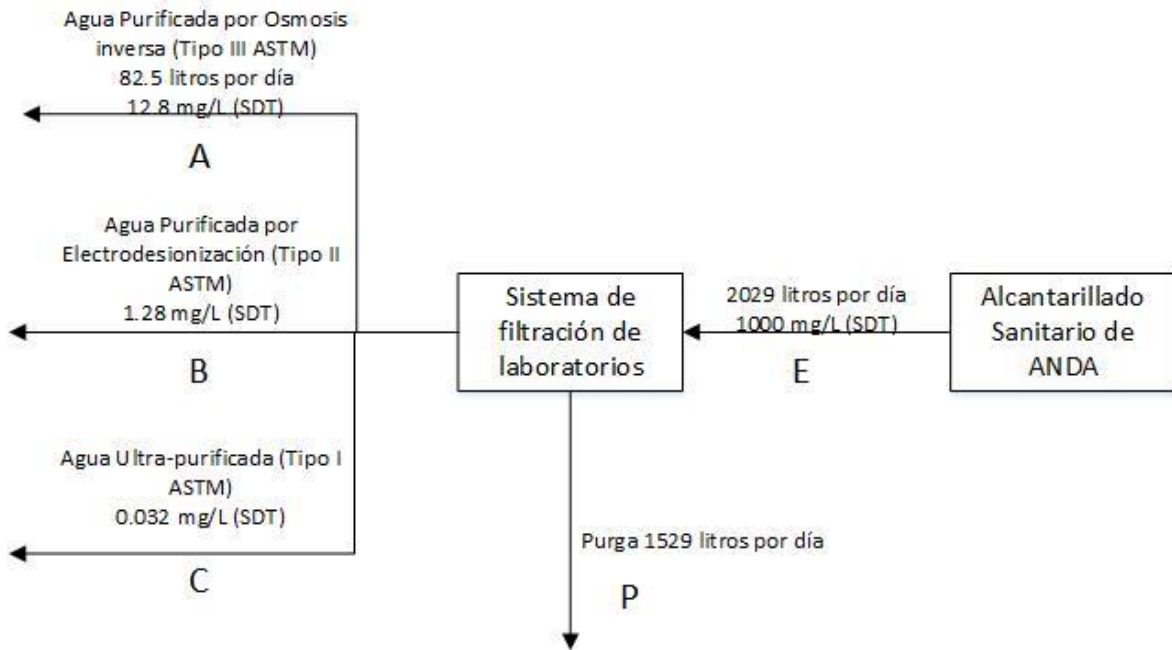
$$\text{Caudal agua tipo III} = \frac{(0.1 \text{ m}^3/\text{uso})(198 \text{ usos/año})}{(234 \text{ días/año})}$$

$$\text{Caudal agua tipo III} = 0.0846 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 84.6 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

Por lo que sabiendo esto se puede plantear un balance de masa para determinar la cantidad de SDT de la purga y el caudal de las otros dos corrientes, sin embargo, es importante mencionar que las concentraciones se encuentran al nivel de partes por millón y las temperaturas de entrada y salida son prácticamente las temperaturas atmosféricas y el rango de la presión que llega por parte del alcantarillado según la Norma Técnica para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras de ANDA debe de estar entre 85.495 kPa -490.217

kPa se consideró la densidad del agua a 25°C y una presión de 288 kPa con un valor de 997.05 kg/m<sup>3</sup> (0.99705 kg/l) según la tabla de propiedades de AWWA, cuando sea necesario pasar de flujo volumétrico a másico.

Por lo que el diagrama identificando las corrientes y agregando la nueva información del flujo se presenta en la figura 3.3:



**Figura 3.3.** Diagrama de entradas y salidas del sistema de filtrado que abastece a los laboratorios modificado.

Debido a que las concentraciones están a nivel de trazas y al considerar que las entradas y salidas se encuentran con condiciones prácticamente iguales, se pueden plantear los siguientes balances:

Ecuación de balance general:

$$E = P + A + B + C$$

$$2029 \text{ l/día} = 1529 \text{ l/día} + 82.5 \text{ l/día} + B + C$$

Ecuación de balance para SDT:

$$E \cdot SDT_E = P \cdot SDT_P + A \cdot SDT_A + B \cdot SDT_B + C \cdot SDT_C$$

$$\begin{aligned} & (2029 \text{ l/día}) \cdot (1000 \text{ mg/l}) \\ & = (1529 \text{ l/día}) \cdot SDT_P + (84.6 \text{ l/día}) \cdot (12.8 \text{ mg/l}) + B \cdot (1.28 \text{ mg/l}) \\ & + C \cdot (0.032 \text{ mg/l}) \end{aligned}$$

Como se puede observar, se tienen 3 incógnitas (B, C y  $SDT_P$ ), pero solo se cuentan con 2 ecuaciones, por lo que para saber exactamente la concentración de salida se deberían de saber las salidas del flujo B y C, sin embargo, no se cuenta con esa información ni con el equipo para medición de ese caudal actualmente.

Aun así, para determinar la viabilidad de la reutilización en los servicios sanitarios se puede hacer una consideración. Primeramente, se sabe que la concentración de SDT de la entrada según la norma NSO 13.07.01.04 no debe de ser mayor a 1000 mg/l, por lo que, para este caso, al igual que en los balances presentados se consideró que la concentración de la entrada se encuentra justo en el límite permisible, de esta forma se puede determinar la cantidad de mg de SDT que se tienen en la entrada:

$$\text{Cantidad de } SDT_E = (SDT_E)(\text{caudal de entrada})$$

$$\text{Cantidad de } SDT_E = (1000)(2029 \text{ l/día})$$

$$\text{Cantidad de } SDT_E = 202,9000 \text{ mg/día}$$

Ahora bien, ya que en las corrientes de salida la cantidad de SDT es bastante reducida, para saber un aproximado de la cantidad de SDT de la purga se consideró que se remueve el 100% de los SDT de la entrada. Para determinar los SDT de la purga se realizará lo siguiente:

$$SDT_P = \frac{\text{Cantidad de } SDT_E}{P}$$

$$SDT_P = \frac{2029000 \text{ mg/día}}{1529 \text{ l/día}}$$

$$SDT_P = 1327 \text{ mg/l}$$

Por lo tanto, según las estimaciones realizadas la purga presentaría un aumento de la concentración inicial de poco más del 30% (32.70%). Sin embargo,

al considerar que, según las tablas 3.19 a 3.22 los compuestos y sustancias que se encuentran en la entrada se encuentran al nivel de partes por millón (mg/l) y en algunos casos al nivel de partes por billón (µg/l) y ya que su reutilización no implica ningún tipo de calentamiento o procesos en donde se requiera agua con mínima dureza. A pesar de este aumento en su concentración, se considera viable su reutilización en los tanques de descarga de los servicios sanitarios. Cabe destacar que para una mejor especificación de la composición de la purga se debería de hacer un análisis de las propiedades de esta corriente.

#### **h. Evaluación ambiental.**

La implementación de esta medida significaría una reducción en el consumo de agua anual de 527.51 m<sup>3</sup>, a su vez se puede calcular con este ahorro de agua un equivalente en emisiones no realizadas utilizando el factor de emisión asociado al uso del agua:

$$\text{Emisiones no realizadas} = (\text{m}^3 \text{ de agua ahorrados}) \cdot (\text{factor de emisión})$$

El factor de emisión utilizado para el cálculo fue compartido por Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML).

$$\text{Emisiones no realizadas} = \left(527.51 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) \cdot \left(0.788 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3}\right)$$

$$\text{Emisiones no realizadas} = 415.678 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{año}}$$

Como se puede observar, la aplicación de esta medida además de implicar un ahorro de agua, implicaría evitar las emisiones de carácter indirecto de más de un cuarto de tonelada métrica anual.

#### **i. Evaluación económica.**

Para el flujo de caja se utilizó la tasa de inflación, el premio al riesgo, así como la tasa de interés bancario proporcionados por el Banco Central de Reserva, actualizados hasta el mes de agosto del 2022.

#### **Evaluación sin financiamiento:**

En la tabla 3.62 se presentan los indicadores de la propuesta 6 sin financiamiento.

**Tabla 3.62**

***Indicadores económicos propuesta 6 sin financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	671.22
<b>PSRI (Años)</b>	4.21
<b>VAN (US\$)</b>	3311.88
<b>TIR</b>	24%
<b>TMAR</b>	31.28%

**Evaluación con financiamiento:**

En la tabla 3.63 se presentan los indicadores de la propuesta 6 sin financiamiento.

**Tabla 3.63**

***Indicadores económicos propuesta 6 con financiamiento.***

<b>Factibilidad económica</b>	
<b>Inversión inicial (US\$)</b>	671.22
<b>PSRI (Años)</b>	5.47
<b>VAN (US\$)</b>	535.68
<b>TIR</b>	19%
<b>TMAR</b>	9.24%

En esta propuesta resulta ser más rentable la opción de financiar ya sea completamente (como se ha planteado) o parcialmente, ya que si bien en la opción sin financiamiento se obtiene un mayor VAN y un menor PSRI en comparación con la opción con financiamiento solo en el caso de tener financiamiento se tiene un valor de TIR mayor que TMAR.

## **CAPÍTULO 4**

### **Resultados**

En este capítulo se presenta un resumen de los resultados finales de la auditoría de agua realizada, así como el balance hídrico según la gestión actual que se tiene en la institución, del mismo modo se muestran los cambios que podrían generarse en el consumo según un nuevo balance hídrico considerando la implementación de algunas reformas en la gestión del recurso hídrico presentadas en el capítulo tres.

#### **4.1 Descripción de la gestión actual del agua en la DNM.**

Con el desarrollo de la auditoría hídrica, se han identificado tanto los usos del agua, como los consumos asociados que se tienen actualmente en la institución, los cuales son: Uso de agua potable para consumo humano, con un consumo anual de 56.54 m<sup>3</sup> representando un 0.66% del consumo total, Uso de servicios sanitarios (específicamente inodoros) con un consumo anual de 3,494.15 m<sup>3</sup> representando un 40.58 % del consumo total, Uso de mingitorios con un consumo anual de 596.52 m<sup>3</sup>, representando un 6.93% del consumo total, Uso de grifos, con un consumo anual de 1,468.81 m<sup>3</sup>, representando un 17.06% del consumo total, Lavandería, con un consumo anual de 54 m<sup>3</sup>, representando un 0.63% del consumo total, Uso de agua para purificar y posteriormente ser usada en los diferentes laboratorios con un consumo anual de 700.01 m<sup>3</sup> representando un 8.13% del consumo total, Lavado de cristalería del laboratorio de análisis fisicoquímico, con un consumo anual de 506.25 m<sup>3</sup> representando un 5.88% del consumo total, la categoría “Otros Consumos” que engloba varios usos detallados, en su mayoría, en el desarrollo de este informe con un consumo anual de 1,542.31 m<sup>3</sup> representando un 17.91% del consumo total y finalmente las pérdidas aparentes con un “consumo” anual de 192.62 m<sup>3</sup> representando un 2.24% del consumo total.

La figura 4.1 presenta la gestión del recurso hídrico actual de la DNM

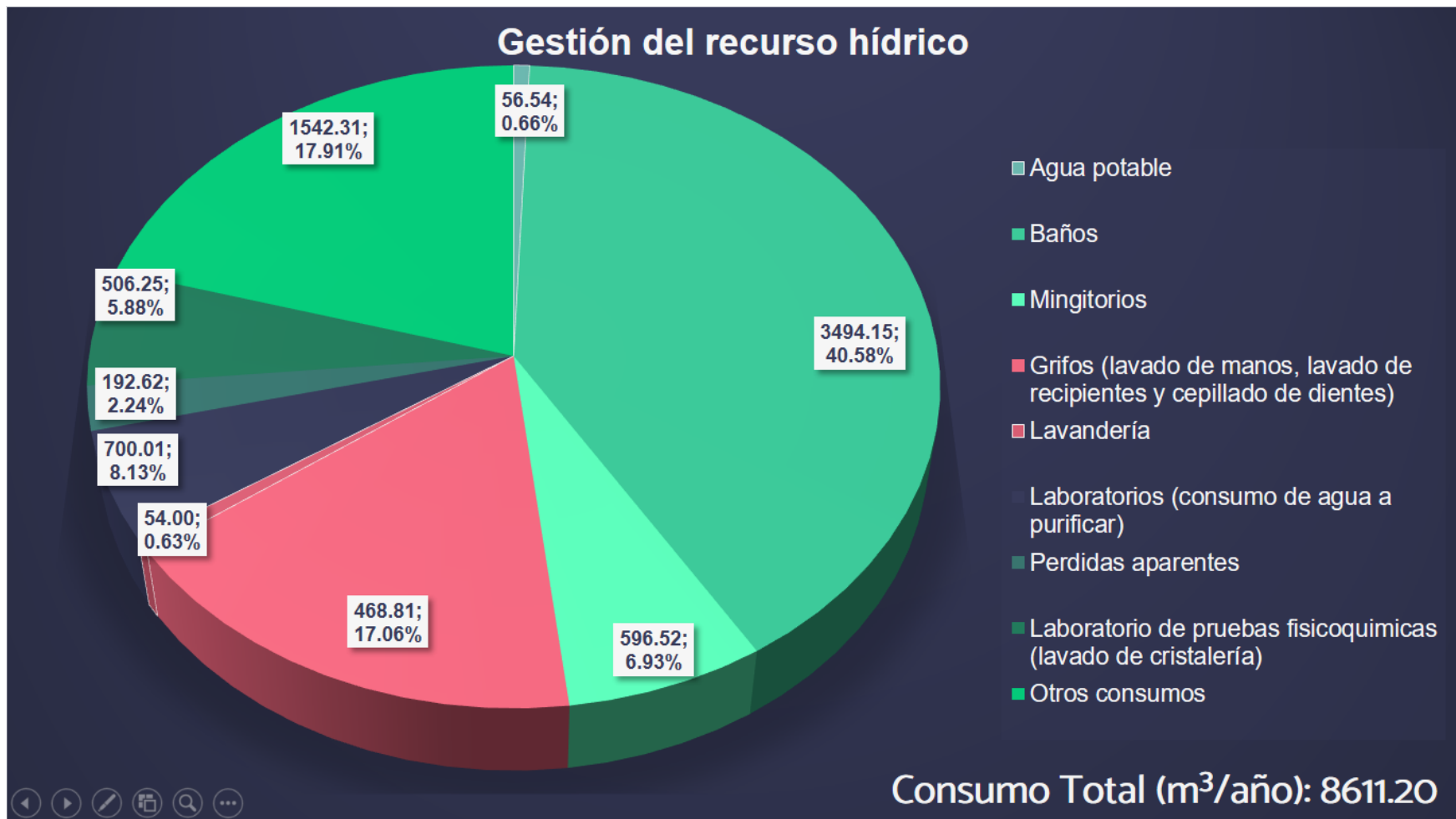


Figura 4.1. Balance hídrico actual de la DNM

En la figura 4.2 se observan todos los procesos que se realizan dentro de la DNM que involucran agua.

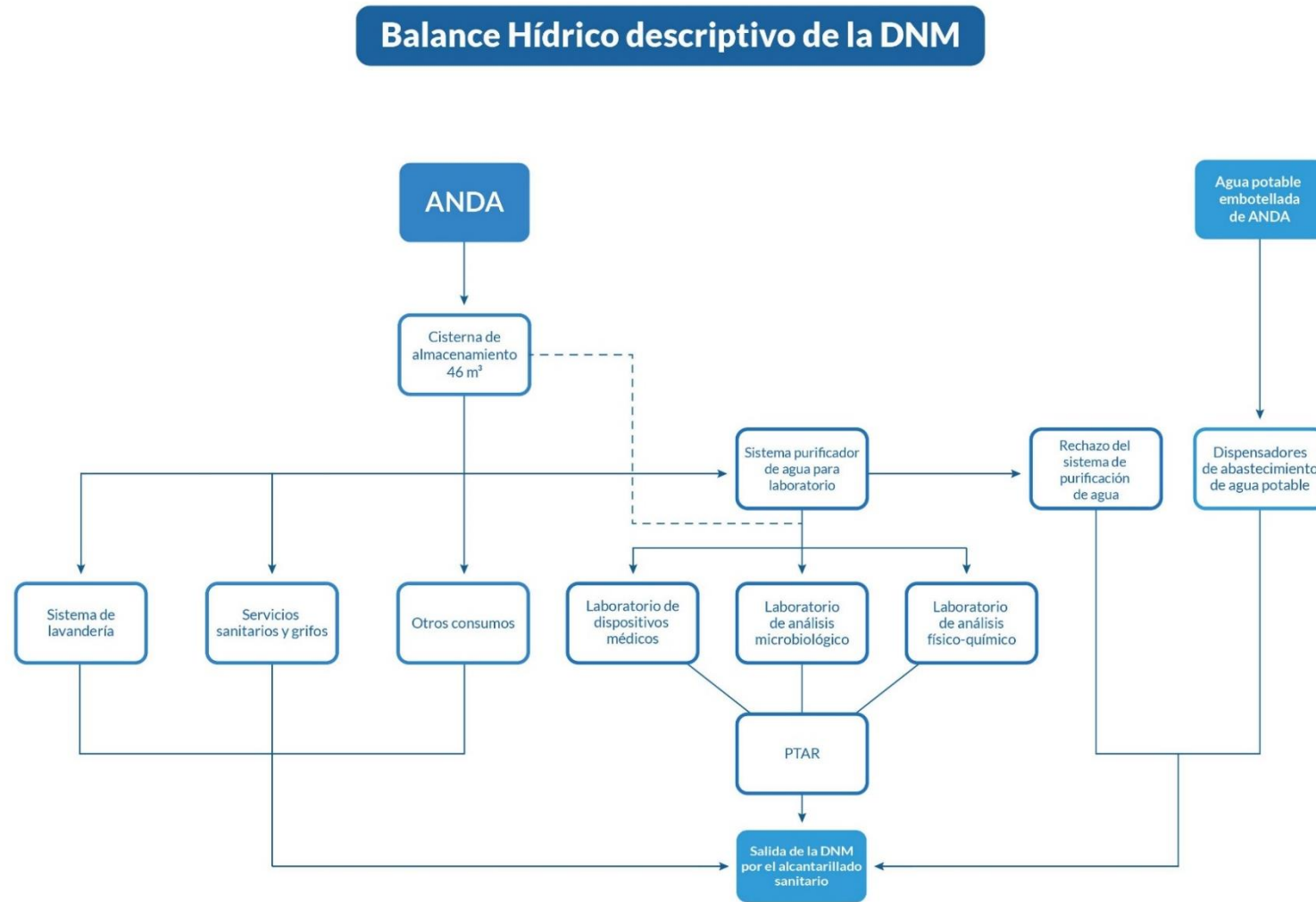


Figura 4.2. Balance hídrico descriptivo actual de la DNM.

#### **4.2 Perspectiva del uso del agua en las instalaciones de la DNM posterior a la implementación de las reformas en su gestión.**

Una vez establecido el posible ahorro con cada una de las propuestas, se calculará un nuevo balance hídrico teórico, dentro del cual se considerarán aplicadas todas las medidas más factibles y que requieran menos inversión inicial, es decir que para este caso se tomará en consideración las propuestas 1, 2, 5 y 6. Los nuevos consumos quedarán presentados en la tabla 4.1:

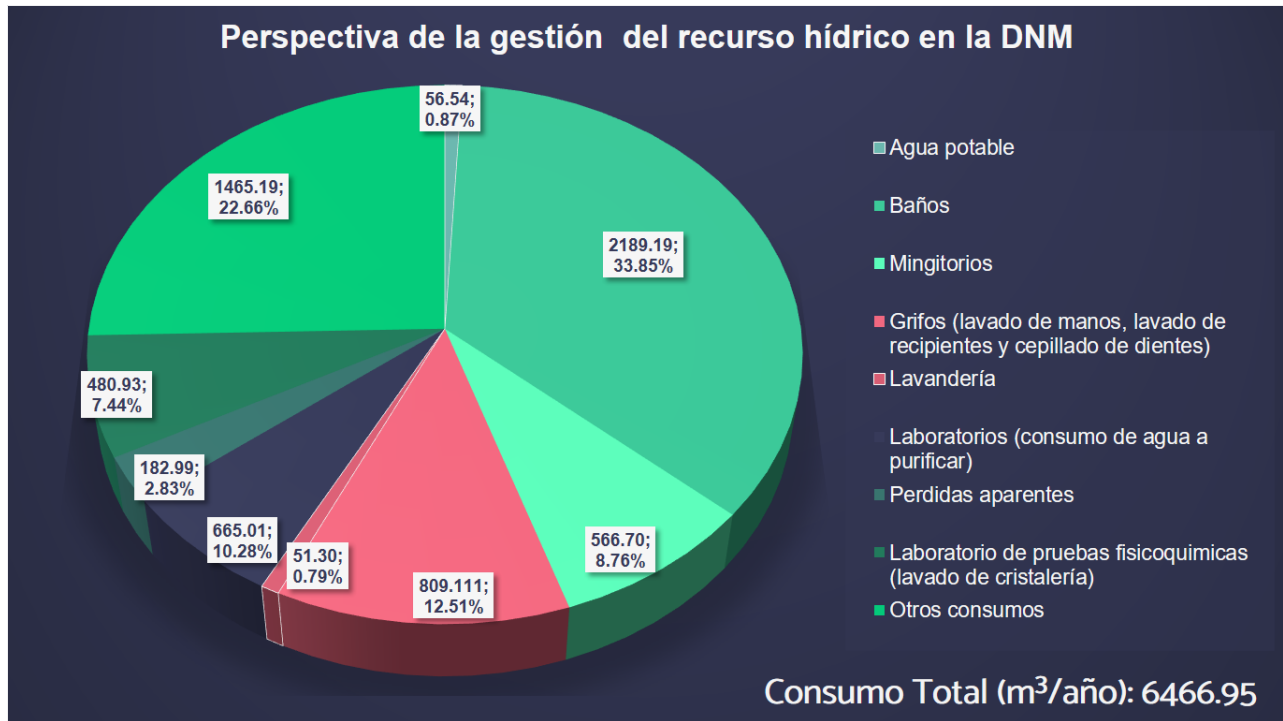
**Tabla 4.1.**  
***Cálculo del nuevo balance hídrico.***

<b>Área</b>	<b>Consumo</b>	<b>Ahorro propuesta 1</b>	<b>Ahorro propuesta 2</b>	<b>Ahorro propuesta 5</b>	<b>Ahorro propuesta 6</b>	<b>Nuevo consumo</b>
	<b>(m<sup>3</sup>/año)</b>					
<b>Agua potable</b>	56.54	N/A	N/A	N/A	N/A	56.54
<b>Baños</b>	3,494.15	174.71	602.75	N/A	527.51	2,189.19
<b>Mingitorios</b>	596.52	29.83	N/A	N/A	N/A	566.70
<b>Grifos (lavado de manos, lavado de recipientes y cepillado de dientes)</b>	1,468.81	73.44	N/A	586.26	N/A	809.11
<b>Lavandería</b>	54.00	2.70	N/A	N/A	N/A	51.30

**Tabla 4.1. Cálculo del nuevo balance hídrico. (Continuación).**

Área	Consumo	Ahorro propuesta 1	Ahorro propuesta 2	Ahorro propuesta 5	Ahorro propuesta 6	Nuevo consumo
	(m <sup>3</sup> /año)					
<b>Laboratorios (consumo de agua a purificar)</b>	700.01	35.00	N/A	N/A	N/A	665.01
<b>Perdidas aparentes</b>	192.62	9.63	N/A	N/A	N/A	182.99
<b>Laboratorio de pruebas fisicoquímicas (lavado de cristalería)</b>	506.25	25.31	N/A	N/A	N/A	480.93
<b>Otros consumos</b>	1,542.31	77.12	N/A	N/A	N/A	1,465.19
<b>Total</b>	8,611.20	427.73	602.75	586.26	527.51	6,466.95

En la figura 4.3 se presenta la perspectiva del uso del agua en las instalaciones de la DNM posterior a la implementación de las reformas en la gestión del recurso hídrico.



**Figura 4.3.** Perspectiva del uso del agua en las instalaciones de la DNM posterior a la implementación de las reformas en su gestión

Con estos nuevos consumos, se calcularon de nuevo los porcentajes que representan cada una de las actividades que involucran agua en la DNM. La tabla 4.2 se presentan estos resultados

**Tabla 4.2.**  
**Cálculo en porcentaje del nuevo balance hídrico.**

Área	Consumo (m³/año)	Porcentaje
Agua potable	56.54	0.87%
Baños	2,189.19	33.85%
Mingitorios	566.70	8.76%
Grifos (lavado de manos, lavado de recipientes y cepillado de dientes)	809.11	12.51%

**Tabla 4.2.** *Cálculo en porcentaje del nuevo balance hídrico (Continuación).*

Lavandería	51.30	0.79%
Laboratorios (consumo de agua a purificar)	665.01	10.28%
Perdidas aparentes	182.99	2.83%
Laboratorio de pruebas fisicoquímicas (lavado de cristalería)	480.93	7.44%
Otros consumos	1,465.19	22.66%
Total	6,466.95	100%

Con la implementación de las reformas propuestas, se generaría un cambio significativo en los consumos, manteniéndose siempre los mismos descritos en la auditoría, pero con caudales anuales diferentes, los cuales son: uso de agua potable para consumo humano con un consumo anual de 56.54 m<sup>3</sup> representando un 0.87% del consumo total, el uso de servicios sanitarios (específicamente inodoros) con un consumo anual de 2189.19 m<sup>3</sup> representando un 33.85% del consumo total, el uso de mingitorios con un consumo anual de 566.70 m<sup>3</sup> representando un 8.76% del consumo total, el uso de grifos con un consumo anual de 809.11 m<sup>3</sup> representando un 12.51% del consumo total, la lavandería con un consumo anual de 51.30 m<sup>3</sup> representando un 0.79% del consumo total, el uso de agua para purificar y posteriormente ser usada en los diferentes laboratorios con un consumo anual de 665.01 m<sup>3</sup> representando un 10.28% del consumo total, el lavado de cristalería del laboratorio análisis físico-químico con un consumo anual de 480.93 m<sup>3</sup> representando un 7.44% del consumo total, la categoría otros consumos que engloba varios usos los cuales se han detallado en el desarrollo de este informe con un consumo anual de 1465.19 m<sup>3</sup> representando un 22.66% del consumo total y finalmente las perdidas aparentes con un “consumo” anual de 182.99 m<sup>3</sup> representando un 2.83% del consumo total.

## **CONCLUSIONES**

1. Después de recopilar información sobre la disponibilidad y gestión del recurso hídrico tanto a nivel internacional como nacional, se puede observar que la disponibilidad del agua está directamente relacionada con los usos que se le da en los diferentes tipos de industrias y sus actividades y al nivel de contaminación que puede generarse al llevar a cabo cada uno de estos procesos. Por consiguiente, en El Salvador, la disponibilidad del agua está directamente relacionada a todas aquellas actividades que se realicen dentro del territorio nacional que involucren un gasto del recurso hídrico y que generen aguas residuales, desechos o residuos que necesiten de una adecuada disposición para evitar la contaminación de los mantos acuíferos. Por lo tanto, ya que la correcta gestión del recurso hídrico implica la planificación, distribución, dirección y uso óptimo del mismo, es correcto afirmar que la buena gestión del recurso hídrico, en cualquier nivel, es una de las herramientas que ayuda a disminuir la problemática relacionada con el estrés hídrico que ocasiona el difícil acceso al agua.

2. Las actividades que involucran agua dentro de la Dirección Nacional de Medicamentos, junto con su volumen y porcentaje aproximado, para el año 2022, son: Uso de agua potable para consumo humano, con **56.54 m<sup>3</sup>** (0.66%); Uso de servicios sanitarios, específicamente inodoros con **3,494.15 m<sup>3</sup>** (40.58 %); Uso de mingitorios con **596.52 m<sup>3</sup>** (6.93%); Uso de grifos **1,468.81 m<sup>3</sup>** (17.06%); Lavandería con **54 m<sup>3</sup>** (0.63%); Consumo de agua por el sistema de purificación de los diferentes laboratorios de control de calidad con **700.01 m<sup>3</sup>** (8.13%); Lavado de cristalería del laboratorio de análisis fisicoquímico con **506.25 m<sup>3</sup>** (5.88%); Pérdidas Aparentes con **192.62 m<sup>3</sup>** (2.24%); y finalmente, “Otros Consumos”, como la preparación de soluciones y medios de cultivo en los laboratorios de análisis fisicoquímico y microbiológico, lavado de cristalería en el laboratorio de dispositivos médicos y en el laboratorio de análisis microbiológico, limpiezas no programadas en cualquiera de los niveles de la DNM, etc., con **1,542.31 m<sup>3</sup>** (17.91%).

3. Al realizar la evaluación técnica, ambiental y económica de las opciones de mejora resultantes de la auditoría de agua para la DNM, se concluye que todas las propuestas resultan viables bajo los tres tipos de criterio. Sin embargo, cabe destacar que en el caso de la opción cuatro: “*Cambio de sanitarios de descarga única a doble descarga*” se tuvo que evaluar económicamente con una facturación con perspectiva a futuro, ya que, si se llegara a mantener la facturación fija actual, esta medida a pesar de traer beneficios ambientales no implicaría beneficios económicos.

## **RECOMENDACIONES**

1. Partiendo de los resultados del nuevo balance hídrico realizado durante la auditoría de agua, se recomienda implementar todas las opciones de mejora en la gestión del recurso hídrico actual de la Dirección Nacional de Medicamentos, esto con la finalidad de empezar a promover la cultura de protección, conservación y reutilización del agua para obtener tanto beneficios socio-económicos como ambientales que pueden ser monitoreados por el auditado.
2. Después de la evaluación técnica, económica y ambiental de las posibles reformas en la gestión del recurso hídrico dentro de la DNM, se recomienda empezar por implementar las propuestas cuya inversión económica es mínima, es decir: “Buenas prácticas en el consumo de agua” y “Aplicación de tecnología reductora de volumen en los tanques de los inodoros”.
3. Debido a que la DNM tiene visualizado mudarse permanentemente de edificio administrativo para el año 2025, se recomienda que durante la etapa del diseño de las nuevas instalaciones se evalúe la posibilidad de instalar un sistema de captación de aguas lluvias para generar ahorros potenciales en el consumo de agua facturada.
4. De acuerdo con las visitas realizadas al laboratorio de análisis fisicoquímico y al laboratorio de dispositivos médicos de la Dirección Nacional de Medicamentos, se recomienda que se investigue, ya sea con el proveedor o con otras fuentes confiables, la cantidad exacta de agua que consumen sus equipos junto con su unidad de medida.
5. Las aguas residuales de los laboratorios de control de calidad de la DNM varían en función de los medicamentos que son analizados, por lo que se recomienda realizar con más frecuencia los estudios de caracterización de estas aguas, esto con el objetivo de incrementar la efectividad de la PTAR y coadyuvar al cumplimiento de las directrices ambientales en el territorio salvadoreño.

6. Asimismo, se recomienda realizar un análisis del agua rechazada en la purga del sistema purificador de los laboratorios de control de calidad de la Dirección Nacional de Medicamentos, esto con la intención de completar y asegurar su factibilidad de uso para otras actividades porque en la cartera de proyectos se ha evaluado de forma teórica.
  
7. Dentro del proyecto se catalogaron como “otros consumos” a las actividades que ya sea por la limitante temporal o por su dificultad para cuantificarlas con exactitud o su frecuencia de carácter esporádico no se consideraron como significativas, sin embargo, se recomienda diseñar e implementar un nuevo sistema de control que permita caracterizar mejor estas actividades para ampliar la veracidad del balance hídrico y así generar nuevas auditorías de agua que evalúen su estatus.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). (2016). *Zamboanga city special economic zone authority water audit report*. Zamboanga, Filipinas. <https://www.globalwaters.org/sites/default/files/besecure-philippines-zamoanga-water-audit.pdf>. Consultado el 2 de noviembre de 2022.

American Water Works Association (AWWA). (2022). *El Estado del Control de Pérdidas de Agua en las Empresas de Agua Potable*. Estados Unidos. <http://www.awwa.org/resources-tools/water-knowledge/water->. Consultado el 20 de noviembre de 2022.

American Water Works Association (AWWA). (sf). *Water Audits and Loss Control Programs Fourth Edition*. Estados Unidos. <https://engage.awwa.org/PersonifyEbusiness/Store/ProductDetails/productId/51439782>. Consultado el 8 de octubre de 2022.

Argueta Portillo, I. J., Cornejo Acosta, M. C., y Navarro Gaitán, K. J. (2019). *El reconocimiento del derecho humano al agua en la república de El Salvador, a través de la aprobación de una ley de aguas, integral con enfoque de cuencas y su relación con el objetivo de desarrollo sostenible número 6; período 2010-2018*. Trabajo de grado para obtener el título de licenciatura en relaciones internacionales, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20408/>. Consultado el 8 de agosto de 2022.

Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015). "Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015". New York, Estados Unidos. [https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1\\_es.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf). Consultado el 20 de noviembre de 2022.

Asamblea Legislativa (1983). "Constitución República de El Salvador". [www.asamblea.gob.sv](http://www.asamblea.gob.sv). El Salvador. Consultado el 07 de septiembre de 2022. Asociación Internacional del Agua (IWA). (sf). *Cálculo del balance hídrico estandarizado de la IWA*. Estados Unidos. <https://docplayer.es/112103583-Material-suplementario-4-3-calculo-del-balance-hidrico-estandarizado-de-la-iwa-objetivo-grupo-destinatario.html>. Consultado el 9 de julio de 2022.

Cárcamo Cortez, M. E., Martínez Lara, J. M., y Pérez Castillo, A. E. (2022). *Elaboración de una guía técnica para la gestión de residuos de aparatos*

*eléctricos y electrónicos (raee) basada en la metodología de producción más limpia aplicada a empresas recicladoras de El Salvador.* Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/26853/>. Consultado el 5 de junio de 2022.

Castillo De la O, M. B., Cerna Chávez, J. R., y Urrutia Romero, L. A. (2021). *Diseño de laboratorio de arquitectura bioclimática Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.* Universidad de El Salvador. San Salvador, el Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/23357>. Consultado el 8 de julio de 2022.

Centre for Science and Environment (CSE). (sf). *Water Audit For Centre for Science and Environment (CSE). Centre of Excellence- Sustainable Water Management Ministry of Urban Development.* India. [https://cdn.cseindia.org/userfiles/CSE\\_water\\_audit\\_report.pdf](https://cdn.cseindia.org/userfiles/CSE_water_audit_report.pdf). Consultado el 10 de octubre de 2022.

Chakwalia, B. K. (2017). Innovative Methods to Create Awareness on Water Hygiene & Sanitation (WASH) among School Students of Punjab. *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*, 2349-4476. Consultado el 16 de septiembre de 2022.

Department of Environmental Protection. (sf). *Water audit procedure for large water consumers.* Estados Unidos. <https://files.dep.state.pa.us/water/bsdw/Drought/Audit.pdf>. Consultado el 9 de agosto de 2022.

Environmental Finace Center Network (EFCN). (2013). *The Water Audit Handbook for Small Drinking Water Systems.* Estados Unidos. <https://efcnetwork.org/tools-publications/water-audit-handbook-for-small-drinking-water-systems/>. Consultado el 8 de julio de 2022.

García Muñoz, K. V., Ramírez Sánchez , K. G., y Romualdo Quintanilla, J. R. (2021). *Gestión del recurso hídrico a través de la economía doméstica de El Salvador: avances para lograr el ODS 6 "agua y saneamiento para todos", para el área metropolitana de San Salvador (AMSS) 2008-2012.* Trabajo de grado para optar al título de licenciatura en relaciones internacionales,

Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/27263/>. Consultado el 8 de julio de 2022.

Grover, A., Grover, A., y Sharma, A. (2017). Saving blue gold – methods and solutions. *Discovery*, 279-285. Chandigarh, India. [http://www.discoveryjournals.org/discovery/current\\_issue/v53/n256/A7.pdf?](http://www.discoveryjournals.org/discovery/current_issue/v53/n256/A7.pdf?). Consultado el 9 de agosto de 2022.

Hidrologiasostenible.com. *Hidrología sostenible*. Obtenido de Hidrología sostenible: <http://www.hidrologiasostenible.com/control-y-seguimiento-del-consumo-de-agua-de-una-edificacion/>. Consultado el 7 de septiembre de 2022.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., y Mekonnen, M. M. (2011). *Manual de evaluación de la huella hídrica*. Water Footprint Network, AENOR Confía. Madrid, España. [https://waterfootprint.org/media/downloads/Water\\_Footprint\\_Assessment\\_Manual\\_Spanish.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/Water_Footprint_Assessment_Manual_Spanish.pdf). Consultado el 8 de julio de 2022.

Khedikar, I. P. (2011). Water audit. *International journal of advanced engineering sciences and technologies*, 8, 39-48. India. [https://www.researchgate.net/publication/268508201\\_WATER\\_AUDIT](https://www.researchgate.net/publication/268508201_WATER_AUDIT). Consultado el 8 de julio de 2022.

Lopera, R. A. (2015). *Agua y desarrollo sostenible*. World Council of Civil Engineers (WCCE). Estados Unidos. [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/WM\\_IIIESP.pdf](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/WM_IIIESP.pdf). Consultado el 10 de octubre de 2022.

International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 19011:2018: Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión*. Ginebra, Suiza. Consultado el 2 de agosto de 2022.

Martínez Jarquín, C. D., Morales Montejó, F. J., y Reyes Hernández, G. A. (2019). *Estudio de evaluación de impacto ambiental en la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad de El Salvador*. Universidad de El

Salvador. San Salvador, El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19512/>. Consultado el 8 de julio de 2022.

Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales de El Salvador (MARN). (2013). *Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias*. El Salvador. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/elaboracion-plan-nacional-de-gestion-integrada-del-recurso-hidrico-de-el-salvador-con-énfasis-en-zonasprioritaria-s/>. Consultado el 9 de agosto de 2022.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN). (2020). *Informe de calidad del agua de los ríos de El Salvador*. El Salvador. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/informe-de-calidad-de-agua-de-los-ri-os-de-el-salvador-ano-2020/>. Consultado el 10 de agosto de 2022.

Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales de El Salvador (MARN). (2021). *Conceptos básicos*. El Salvador. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/conceptos-basicos-serieaprendamos-sobre-la-gestion-integrada-del-recurso-hidrico/>. Consultado el 10 de agosto de 2022.

Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales de El Salvador (MARN). (2021). *Participemos en la gestión del agua 4*. El Salvador. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/aprendamos-sobre-la-gestion-integrada-del-recurso-hidrico-4-participemos-en-la-gestion-del-agua-es-nuestro-derecho/>. Consultado el 10 de agosto de 2022.

Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales de EL Salvador (MARN). (2021). *Protejamos y conservemos el recurso hídrico 3*. El Salvador. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/protejamos-y-conservemos-el-recurso-hidrico/>. Consultado el 10 de agosto de 2022.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2003). *Informe de las naciones unidas sobre recursos hídricos en el mundo*. España. <https://gestionsostenibledelagua.files.wordpress.com/2009/01/i-informe-nu-rrhh-mundo.pdf>. Consultado el 10 de agosto de 2022.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). *Informe anual de resultados*. Colombia. <https://colombia.un.org/sites/default/files/2022-05/Informe%20Anual%20de%20Resultados%202021.pdf>.

Consultado el 10 de agosto de 2022.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2022). *Marco de cooperación de las naciones unidas para el desarrollo sostenible*. El Salvador. <https://elsalvador.un.org/es/143682-marco-de-cooperacion-de-las-naciones-unidas-para-el-desarrollo-sostenible-2022-2026>. Consultado el 10 de agosto de 2022.

Organización de las Naciones Unidas. (2014). *Tercer avance de los objetivos del desarrollo del milenio El Salvador*. [https://www.undp.org/es/el-salvador/publications/undp\\_sv\\_tercerinformeodm](https://www.undp.org/es/el-salvador/publications/undp_sv_tercerinformeodm). Consultado el 10 de agosto de 2022.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA). (2021). *Progresos en el nivel de estrés hídrico: Estado mundial y necesidades de aceleración del indicador 6.4.2 de los ODS*. Roma, Italia. [https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/06/SDG6\\_Indicador\\_Report\\_642\\_Progress-on-Level-of-Water-Stress\\_2018\\_SPANISH\\_LR.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/06/SDG6_Indicador_Report_642_Progress-on-Level-of-Water-Stress_2018_SPANISH_LR.pdf). Consultado el 10 de agosto de 2022.

Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UNHABITAT). (2012). *Water audit manual volume 4*. Lake Victoria Water and Sanitation Initiative. Kenia. <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Water%20Audit%20Manual%20Volume%204.pdf>. Consultado el 10 de noviembre de 2022.

Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia de la República de El Salvador. (2019). *ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El Salvador. [https://cepei.org/wp-content/uploads/2020/01/Informe\\_ODS-1.pdf](https://cepei.org/wp-content/uploads/2020/01/Informe_ODS-1.pdf). Consultado el 10 de agosto de 2022.

Shakti, J. (2021). *Water audit report As per the guidelines of CGWA*.

Jharkhand. India. <https://www.hindalco.com/upload/pdf/water-audit-final-report-2021.pdf>. Consultado el 12 de septiembre de 2022.

Torres Rivera, T. (2015). *Evaluación del sistema de gestión de la calidad de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de El Salvador*. Tesis doctoral, Universidad de El Salvador. El Salvador. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/43472>. Consultado el 12 de agosto de 2022.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *Water audits and water loss control for public water systems*. Estados Unidos. <https://www.epa.gov/sites/default/files/201504/documents/epa816f13002.pdf>.

Consultado el 10 de octubre de 2022.

Varquero Andrade, N. M. (sf). *Nota Técnica Metodología de Ecoeficiencia y/o Producción Más Limpia para la Formulación de un Proyecto Sostenible, material facilitado dentro del Curso de Especialización Eco-eficiencia de procesos industriales*. Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador (CNPML). El Salvador. Consultado el 10 de julio de 2022.

Wayne Morgan, P. E. (2017). *Introduction to water audits and loss control programs*. Estados Unidos. [https://thethrashergroup.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/05/wayne\\_morgan\\_water\\_loss\\_ttpresentation\\_062917.pdf](https://thethrashergroup.com/wordpress/wp-content/uploads/2017/05/wayne_morgan_water_loss_ttpresentation_062917.pdf). Consultado el 20 de septiembre de 2022.

Will Jernigan, P. E., Bodwell, J., Carter, D., Kubala, D., Lebone Moeti, P. D., Mullins, A., Brian Skeens, P. E. (2014). *Georgia Water System Audits and Water Loss Control Manual*. Georgia. <https://epd.georgia.gov/document/publication/ga-water-system-audits-and-water-loss-control-manual-v20/download>. Consultado el 8 de noviembre de 2022