

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Plan de Trabajo de Integración Curricular Avance del 100%

Tema: Análisis y proposición de una posible solución para la reducción de pérdidas en la red pública de agua potable de la municipalidad de Santo Domingo.

AUTOR:

GABRIELA BELÉN CHACÓN MOROCHO

QUITO DM, SEPTIEMBRE DE 2022

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	4
ÍNDICE DE MAPAS.....	5
ÍNDICE DE ANEXOS.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. ANTECEDENTES.....	7
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.4. OBJETIVOS.....	8
1.4.1. OBJETIVO GENERAL:.....	8
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	8
1.5. ALCANCE.....	8
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
2.1. SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	8
2.1.1. GENERALIDADES.....	8
2.1.1.1. RED DE DISTRIBUCIÓN Y CONEXIONES DOMICILIARIAS.....	9
2.2. PÉRDIDAS DE AGUA.....	10
2.2.1. PÉRDIDAS FÍSICAS.....	11
2.2.2. PÉRDIDAS COMERCIALES.....	12
2.2.3. ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA.....	13
2.3. PLAN DE CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA.....	14
2.3.1. MEDIDAS PARA CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.....	14
2.3.2. EQUIPAMIENTO PARA CONTROL DE PÉRDIDAS.....	18
2.3.3. CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA.....	20
3. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN LA ZONA 1 Y ZONA 2 DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO.....	22
3.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO.....	22
3.2. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA ZONA 1 Y LA ZONA 2.....	30
3.3. CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA.....	31
3.4. DETERMINACIÓN DE CONSUMOS Y DOTACIONES.....	33

3.5.	CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS.	39
3.5.1.	CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS FÍSICAS.	39
3.5.2.	CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES.	42
3.5.3.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA.	42
4.1.	MEDIDAS PARA CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS FÍSICAS.	43
4.3.	CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN DEL USO DEL AGUA.	46
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	48
5.1.	CONCLUSIONES.	48
5.2.	RECOMENDACIONES.	50
	BIBLIOGRAFÍA	51
	ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Terminología estándar para el balance hídrico según la IWA.	14
Tabla 3.1:	División Política Administrativa de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.	22
Tabla 3.2:	Tarifas establecidas para los servicios de agua potable y alcantarillado del EPMAPA-SD.	29
Tabla 3.3:	Número de usuarios con acometidas dependiendo de la zona de Santo Domingo. 29	
Tabla 3.4:	Cobertura de agua potable de Ecuador y Santo Domingo.	29
Tabla 3.5:	Barrios de la zona 1 y 2	30
Tabla 3.6:	Volumen producido y facturado de la Zona 1 y 2 en 2021-JUNIO 2022.	32
Tabla 3.7:	Caudal medio diario suministrado de los tanques MTOP.	32
Tabla 3.8:	Consumo comercial.	35
Tabla 3.9:	Consumo industrial.	35
Tabla 3.10:	Consumo para uso público,	35
Tabla 3.11:	Consumo para uso escolar.	35
Tabla 3.12:	Consumo para uso institucional.	35
Tabla 3.13:	Dotación neta por usuario.	37
Tabla 3.14:	Dotaciones recomendadas.	37
Tabla 3.15:	Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema	37
Tabla 3.16:	Dotación de agua contra incendios.	37
Tabla 3.17:	Nivel de complejidad de los sistemas de agua potable.	37

Tabla 3.18: Acometidas de las zonas 1 y 2.....	38
Figura 3.8: Barras del Dotación Bruta de las zonas 1 y 2.	38
Tabla 3.19: Volumen de agua pérdida de las zonas 1 y 2 en 2021-2022.....	39
Tabla 3.20: Pérdidas físicas de agua 2021-junio 2022 de la Zona 1 y 2.	42
Tabla 3.21: Pérdidas comerciales de agua 2021-junio 2022 de la Zona 1 y 2.....	42
Tabla 3.22: índice de agua no contabilizada.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Tipos de redes de distribución.	10
Figura 2.2: Indicador de agua no contabilizada.....	15
Figura 2.3: Las nuevas tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial	17
Figura 2.4: Impacto de la digitalización de servicios de infraestructura en el PIB	17
Figura 2.5: Datos de hogar registrado por el BID del agua segura con azul y agua básica con celeste- Niveles de Servicio en las regiones mundiales 2020.....	20
Figura 2.6: GRÁFICO 6. Datos de hogar registrado por el BID del agua segura con azul y agua básica con celeste- Niveles de Servicio en América Latina y el Caribe 2020.	21
Figura 2.7: Datos de hogar registrado por el BID- Niveles de Servicio en Ecuador 2020.....	21
Figura 3.1: GRÁFICO 8. Porcentajes de las principales fuentes de captación en Ecuador. ..	25
Figura 3.2: GAD Municipales que cumplen con la Norma INEN 1108, Nacional (%), 2018 – 2020.....	26
Figura 3.3: Costo Unitario Promedio del m ³ de Agua Potable, a nivel provincial (usd/m ³), 2020.....	28
Figura 3.4: Agua facturada por los GAD Municipales, a nivel provincial (%), 2020.....	28
Figura 3.5: Categoría de usuarios.	28
Figura 3.5: Barras del Caudal medio diario suministrado de los tanques MTOP	33
Figura 3.9: Pérdidas por fuga de tanques.	40
Figura 3.10: Pérdidas por fuga de los tanques de la MTOP en 2021	40
Figura 3.11: Pérdidas por fuga de los tanques de la MTOP en 2022	40
Figura 3.12: Curvas del funcionamiento del tanque de llenado y vaciado.....	41

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1.	11
Ecuación 3.1.	34

Ecuación 3.2.	34
----------------------------	----

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 3.1: Ubicación de la ciudad de Santo Domingo	22
Mapa 3.2: Cantón Santo Domingo: división política administrativa.....	23
Mapa 3.3: Ciudad: Parroquias Urbanas.	23
Mapa 3.4: Ciudad: densidades poblacionales.	23
Mapa 3.5: Sistema de Distribución de agua potable.....	24
Mapa 3.6: Sistemas de tratamiento de Agua para consumo a nivel provincial, 2020	26
Mapa 3.7: Distribución de los tanques de almacenamiento y división de las 10 zonas.	27
Mapa 3.8: Sistema de Red de Distribución de agua potable.	27
Mapa 3.9: Cobertura de agua potable de Santo Domingo.	30
Mapa 3.10: Distribución de los tanques de almacenamiento y división de las 10 zonas.	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de la Zonificación Urbana de Santo Domingo.....	56
Anexo 2: Cantón: Proyecciones de Población al 2030 SENPLADES.....	56
Anexo 3: CUADRO 6. Formas de abastecimiento y distribución de agua a la población: 2019.ARCA-AME-INEC. 2019, Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado	56
Anexo 4: Mapa del tipo de suelo de Santo Domingo	57
Anexo 5: Indicadores a escala provincial. INEC, ENEMDU 2012, ENEMDU 2013, ENEMDU 2015, CAM, 2012, ENIGHUR 2011-2012.....	57
Anexo 6: Cantón: viviendas con Servicios Públicos Básicos.INEC Censo 2010(GAD SD, 2015) 58	58
Anexo 7: Objetivos de Desarrollo de la OMS	58
Anexo 8: Prácticas de ahorro de agua realizadas por los hogares (%). INEC Información Ambiental en Hogares ESPND 2018	58
Anexo 9: Prácticas de ahorro de agua realizadas por los hogares (%). INEC Información Ambiental en Hogares ESPND 2018	59
Anexo 10: Consumo mensual de agua potable (Nacional - Provincial). Información Ambiental en Hogares (INEC, 2012).....	59
Anexo 11: Consumo de agua contabilizado mensual por usuario de las zonas 1 y 2. EPMAPA-SD. 59	59
Anexo 12: La tasa del flujo de fuga de un único agujero de 6 mm y el volumen equivalente de agua.....	60
Anexo 13: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	60
Anexo 14: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	60

Anexo 15:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	60
Anexo 16:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	61
Anexo 17:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	61
Anexo 18:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	61
Anexo 19:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	62
Anexo 20:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	62
Anexo 21:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	62
Anexo 22:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	63
Anexo 23:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	63
Anexo 24:	Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.	63

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas inicio con el primer asentamiento de los colonos hace 120 años, cuenta con un clima lluvioso tropical, donde fluyen 3 subcuencas y 257 ríos, siendo el río Lelia el que alimenta a la planta de tratamiento, ha mantenido un crecimiento exponencial debido a su posición estratégica al conectar a la sierra y costa ecuatoriana, dando inicio a la Municipalidad de la provincia en 2006. El primer sistema de agua potable a gravedad del Río Lelia, construido por el Instituto Ecuatoriano De Obras Sanitarias (IEOS) en 1976, mientras que la distribución de agua potable por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EPMAPA-SD toma vigencia en el año de 1985 (GAD SD, 2015). En la actualidad tiene una cobertura poblacional del 74,79 %. Se tiene registro de tres macromedidores del agua potable producida y una base de datos de micromedición.

Dependiendo de la estación climática el caudal de ingreso a la planta de tratamiento puede variar, debido a que en invierno es más enrevesado tratar el agua por el lodo.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La necesidad de satisfacer el abastecimiento continuo, en cantidad y calidad de agua potable ha sido un problema cotidiano de la ciudadanía de Santo Domingo cuya población se ha incrementado significativamente, razón por la cual la mayoría de sus habitantes han optado por usar alternativas adicionales al sistema público. De acuerdo con la Constitución el derecho humano al agua potable es irrenunciable y esencial para la vida. En los sistemas de agua potable un porcentaje importante de agua producida se pierde en el sistema de distribución. En tal sentido, la importancia del presente trabajo de integración curricular radica en que se estimará el nivel de pérdidas de agua en un sector importante de la ciudad de Santo Domingo (Zona 1 y Zona 2) y se propondrán posibles soluciones para la reducción de pérdidas.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática radica en los niveles de pérdidas de agua potable en la red de abastecimiento de la ciudad de Santo Domingo, la cual, entre otros problemas tiene una cobertura de agua potable de alrededor del 74,79 % al año 2020 (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2020), lo que causa inconformidad de la ciudadanía y una deficiente planificación de la distribución integral del recurso hídrico. En el presente

trabajo de integración curricular se estimará el nivel de pérdidas y el Índice de Agua No Contabilizada y se propondrán medidas de mejoras para reducir las pérdidas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar las pérdidas de agua en la red pública de agua potable de la zona 1 y la zona 2 de la ciudad de Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un resumen de los aspectos teóricos más relevantes relacionados con pérdidas de agua y medidas de control de pérdidas.
- Determinar las pérdidas de agua en la red de distribución de la Zona 1 y la Zona 2 de la ciudad de Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Realizar una propuesta de medidas para control y reducción de pérdidas.

1.5. ALCANCE

El presente trabajo se enfocará en la determinación de pérdidas de agua en la zona 1 y la zona 2 de la ciudad de Santo Domingo. Se plantearán medidas para reducir y controlar las pérdidas y mejorar la contabilización de consumos. La propuesta de análisis está sujeta a un área en concreto y no se tomará en cuenta el resto de zonas y tanques de reserva de Santo Domingo por carecer de información suficiente. La información de caudales y consumos será proporcionada por EPMAPA-SD.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. SISTEMA DE AGUA POTABLE.

2.1.1. GENERALIDADES.

Se puede definir de acuerdo Arturo Trapote (2017) como un conjunto de instalaciones hidráulicas con el objetivo de satisfacer las necesidades de agua de una población, desde la perspectiva cualitativa como cuantitativa, transportar el agua desde el lugar o lugares donde está el recurso hasta los puntos de consumo, para lograr este objetivo tiene las siguientes fases o etapas:

- a. Captación: Obtención el agua procedente de diversas fuentes (superficial, subterránea, marina, reutilización, etc.), mediante las correspondientes técnicas de toma.
- b. Conducción: Transporta el agua captada hasta la estación de tratamiento y desde ésta al depósito regulador, generalmente llamado de cabecera. La conducción del

agua puede realizarse en lámina libre (canales de traída), en presión (conducción en alta) o en forma mixta.

- c. Tratamiento: Acondiciona el agua al uso requerido (urbano, agrario, industrial, recreativo o ambiental). El tratamiento no tiene por qué ser necesaria o exclusivamente de potabilización. En Ecuador se usa la normativa: INEN-1108
- d. Depósito: Almacena y regula (cantidad y/o presión) los caudales de agua de abastecimiento.
- e. Distribución: Conduce los caudales de agua desde el(los) depósito(s) hasta el inicio de los puntos de consumo (red de distribución).
- f. Suministro: Reparto a los usuarios finales de los caudales requeridos. En un abastecimiento de agua a una población, correspondería a las redes interiores de los edificios y viviendas.

2.1.1. RED DE DISTRIBUCIÓN Y CONEXIONES DOMICILIARIAS.

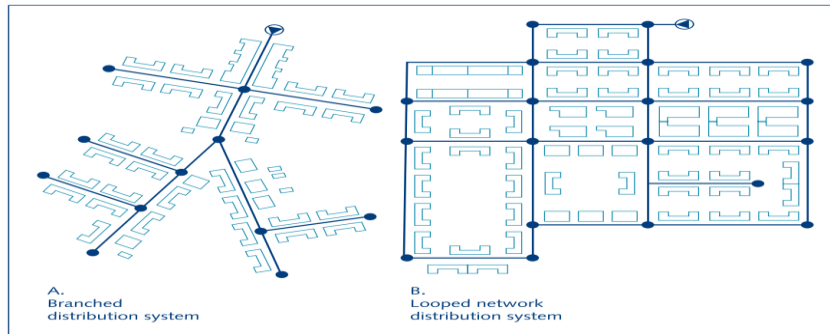
Conforma una parte del Sistema de abastecimiento, transporta agua desde la reserva hasta los consumidores por conexiones domiciliarias, puede ser subdividida en líneas principales o arterias, recomendado de no más de un kilómetro con válvulas a una distancia no mayor de 1,5 km, tales como las válvulas purga en puntos bajos y de vacío o alivio de aire en puntos altos; líneas secundarias y pequeñas conducciones de distribución todas con válvulas para no tener que cerrar la principal. Una red de distribución debe cumplir un servicio continuo, aunque una parte del sistema esté cerrado para reparaciones y proveer un flujo desde dos direcciones para combatir los incendios. Los factores para determinar la red son: La topografía de la zona a abastecer; las características y morfología del tejido urbano; las condiciones urbanísticas y usos del territorio (McGhee, 1999).

Los tipos de redes de distribución según el criterio de Smet & Wijk-Sijbesma (2002).

- a. Redes abiertas: Estructura arbórea de tubos que se ramifican sin formar circuitos, se usa cuando la topografía y la planimetría son irregulares, dificultando la conformación de circuitos, o cuando el poblado es pequeño o muy disperso; el agua siempre circula en una sola dirección. Tiene un menor costo y es más fácil de diseñar, no obstante, se deja sin servicio a los usuarios de abajo al haber reparaciones y tiene puntos muertos que deterioran la calidad de agua al estancarse los sedimentos y las bacterias.
- b. Redes cerradas: Suele tener un esqueleto de redes principales y secundarias que también pueden tener forma de rama, un circuito o varios circuitos, puede tener dos sentidos de

flujo, donde se divide con válvulas los sectores, lo que hace que se reduzca el número de usuarios sin servicio en reparaciones. Cabe resaltar que existen menores pérdidas de carga por fricción, antes de la rotura de la tubería existe seguridad en el suministro por las válvulas y no tiene puntos de estancamiento de agua, sin embargo, requiere un diseño más complejo y costoso, además que no se conoce la dirección del caudal.

Figura 2.1: Tipos de redes de distribución.



Fuente: Small Community Water Supplies, Technology, people and partnership, IRC Technical Paper Series 40.

Se pueden distinguir los siguientes tipos de conexiones de servicio:

- Conexión domiciliaria: Es una tubería de servicio de agua conectada con tuberías internas a uno o más grifos, que recibe agua de la red principal, deben empatar desde un cajón de 1,5 m de profundidad máxima a la red matriz o a canales auxiliares mediante tuberías de 150 mm de diámetro o más, con un ángulo horizontal de 45° a 60° y una pendiente entre el 2% y 11%, se puede usar tubería de hormigón centrifugado, asbesto cemento, o PVC (GAD-SD, 2015).
- Conexión al patio: Es similar a la domiciliaria con diferencia que el grifo se coloca en el patio fuera de la casa.
- Conexión de grupo: Son grifos externos que comparten un grupo claramente definido de hogares, a menudo vecinos y pagan la cuenta juntos.
- Fuente pública: Pueden tener uno o más grifos, son más comunes en las zonas rurales.

2.2. PÉRDIDAS DE AGUA.

Según Damasio (2021) la pérdidas son un desperdicio involuntario de agua potable en el sistema de abastecimiento, varía dependiendo de factores como la longitud de las redes, topografía, niveles de servicio, número de conexiones y la manera que se mantiene y opera el

sistema. Estas tienen consecuencias perjudiciales para la sociedad, dotación que podría ser consumida, pueden ser clasificadas en pérdidas comerciales y físicas.

2.2.1. PÉRDIDAS FÍSICAS.

Pérdidas físicas o reales son las cuales no se consumen, ya que se queda durante el trayecto entre la planta de tratamiento de agua a los usuarios. Se dan por el desgaste de las tuberías, las fugas. Pueden ser visibles, que aparecen en la superficie; o no visibles, ubicadas dependiendo los equipos que escanean las redes. No representan más de 25%, conformadas por reboses y fugas en tramos, la red y conexiones. La fuga es un escape físico de agua dentro del trayecto del sistema de abastecimiento, es la pérdida más común. Se suscita en conducciones, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conexiones domiciliarias y dentro de las casas de los clientes. Si son antes de alcanzar el contador de consumos, no son facturadas por la empresa pública y se clasifican como derroches y sobre-consumos (IMTA, 2007). Las fugas dependiendo el tamaño y el tiempo se pueden clasificar en fugas reportadas o visibles; fugas no reportadas u ocultas, estas poseen caudales mayores a 250 l/h a 50 mca de presión, se puede detectar analizando el consumo y con instrumentos acústicos y no acústicos; y fugas de fondo, con caudal menor a 250 l/h a 50 mca de presión no se detecta con aparatos de sondeo (IWA, 2011). Las causas más comunes de las fugas suele ser la alta presión, normalmente la permisible es de 70 mca y aumenta el consumo y daña los accesorios intradomiciliarios; efectos del tráfico; movimientos del suelo, especialmente en tuberías rígidas y suelos arcillosos que se expanden y contraen con la humedad; mala calidad de materiales y accesorios; mala calidad de mano de obra, cuando hay deficiencia de experiencia y uso inadecuado de herramientas; defectos dentro de los domicilios; edad de las tuberías; el golpe de ariete, debido a las sobrepresiones por cerrar bruscamente la válvula; la corrosión interna, al acumularse sedimentos, óxidos y el crecimiento de bacterias reducen la capacidad hidráulica, y externa; los tipos de fugas son (CEPIS, 1980a):

- a. Fugas en el tanque: Estas suelen darse debido a reboses usualmente controladas con inspección y el mantenimiento de válvulas de control del nivel en el tanque como flotadores o válvulas de altitud o fisuras visibles o no.
- b. Fugas en las conducciones y tuberías principales: Se presenta comúnmente en las uniones y en el cuerpo del tubo, tales como las uniones flexibles gibault o dresser. Las fugas en las tuberías principales se dan por los esfuerzos concentrados y sobrepresiones produciendo rayones en la tubería y también por la corrosión.
- c. Fugas en las acometidas o tuberías de servicio: Ubicadas en las uniones y en el tramo del tubo, suelen ser menores a las fugas en las conducciones y en las redes.

- d. Fugas dentro de los domicilios: Originándose por el desgaste de las válvulas de servicio o los empaques en los grifos, además de tuberías rotas expuestas en alguna construcción.

2.2.2. PÉRDIDAS COMERCIALES.

Pérdidas no físicas, aparentes o comerciales: agua que se consumida que no se contabiliza por la distribuidora, principalmente por errores, especiales, irregularidades, como fraudes y conexiones clandestinas o no legalizadas y conectados sin medidor, no conectados abastecidos por tanqueros y grifos públicos. Una pérdida en la facturación de la empresa de saneamiento, no equivalente a la pérdida física de agua, no suelen superar el 7%, para comprender la diferencia de instalaciones existen dos tipos (Damasio, 2021):

- a. Instalaciones legalizadas: Son aquellas que han cumplido todas las documentaciones exigidas por la Entidad Prestadora de los Servicios Públicos y tiene actualizado un contrato de condiciones reglamentarias.
- b. Instalaciones no legalizadas: Son aquellas que no han cumplido con todos los requerimientos pedidos por la Entidad Prestadora de los Servicios Públicos.

Los principales factores del aumento de pérdidas de acuerdo al Ing. Gil Jaramillo (2009) :

- a. La ausencia o insuficiencia de micromedición, impide el control de los consumos al no funcionar, se suele estimar el consumo de estas viviendas.
- b. Datos erróneos medidos, cuando no existe un mantenimiento y revisión estos tienden a deteriorarse o descalibrarse con el tiempo, también se dan si son de mala calidad o inadecuados para el caudal administrado.
- c. Consumos fraudulentos o clandestinos, originados por asentamientos ilegales de grupos de usuarios concentrados, ya que no se tiene actualizado la información catastral y censos de estos usuarios por parte de las autoridades municipales para el establecimiento legal, jurídico, urbanístico y administrativo. Usualmente crean acometidas paralelas, by-passes y derivaciones internas de una acometida legal con micromedidor, pero simultáneamente tiene una o varias entradas adicionales a la vivienda.
- d. Consumo público, estos se refieren a los desperdicios operacionales como el rebozo de los tanques de reserva y servicios públicos como el riego para áreas verdes, los grifos públicos, limpieza e hidrantes para incendios cuando tienen escapes en la conexión de las mangueras, indicando daño en la válvula o en su silla y también cuando son válvulas

inaccesibles se pierden por nueva pavimentación o relleno; cerradas o inoperables al acumularse sedimento y no poder cerrarlas (McGhee, 1999).

Estimar las pérdidas aparentes resulta complicado por la incertidumbre que existe, se podría contabilizar las conexiones ilegales con un censo y estimar los errores de medición, Thornton (2008) recomienda usar 0,25% del volumen que entra al sistema como dato preliminar, en Alemania se estima en un rango de 1,5 a 2% del volumen que ingresa al sistema (DVGW, 2003), para la IWA los países en desarrollo tienen un 5% del volumen facturado como estimación, mientras que para Lambert (2010) excederán el 5% en sistemas con tanques de reserva de los usuarios (Kropp & Herz, 2005). Se aconseja que cada empresa de agua haga su propia evaluación y cuantificación porque estas estimaciones se basan en datos distintos.

2.2.3. ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA.

Se calcula mediante un indicador, donde se calcula la diferencia entre el volumen producido y el volumen de agua facturado, dividido para el volumen producido, que representa la relación entre el volumen total que se suministra la red y el volumen de agua que se factura a los usuarios de una determinada zona y período (Vindas Villalobos, 2005).

$$IANC(\%) = \frac{Vp - Vf}{Vp} \quad (\text{Ecuación 2.1.})$$

Vp = Volumen de agua producido (m³)

Vf = Volumen de agua facturado (m³)

Se consideran eficientes a los sistemas con niveles de Agua No Contabilizada del 10% y estos se presentan en los sistemas de países desarrollados, aunque los sistemas con porcentajes entre 10% y 20% se siguen considerando eficiente. Según el Banco Mundial el límite superior aceptable es de 25%, valores superiores implica deficiencia en la gestión comercial y operativa de la empresa, estimó que entre 40 y 50% es agua no facturada en los países en vías de desarrollo, en 2015 Ecuador se registró con un 43,3 % de este índice. Mientras que el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000) pone un límite del 20% y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) de un 30%. Para la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA, 2020) en el último Benchmarking publicado para tener una alta eficiencia debe estar entre 4,8% y 30%, una media entre 30% y 45% y una baja de mayor a 45%.

2.3. PLAN DE CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA.

2.3.1. MEDIDAS PARA CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.

Una de las formas de generar medidas de control y reducción de pérdidas son las instituciones y organismos internacionales las cuales tienen como misión regular y fomentar el cuidado del agua, tal es el caso de:

- ❖ La Conferencia Internacional de Dublín sobre Agua y Medio Ambiente (CIAMA), como principal objetivo tenía buscar la regulación del uso del agua de manera sostenible, por lo cual declaró los Principios de la Gestión integrada de los recursos hídricos (1992):
 - El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
 - El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.
- ❖ El Comité de Operación y Mantenimiento de la División de Distribución de la IWA (International Water Association) conformó en 1996 una “Fuerza de Tarea de Pérdidas de Agua”, orienta a revisar las metodologías existentes para la evaluación de las pérdidas en sistemas de distribución, por lo cual se usa el Balance Hídrico para la gestión con dos objetivos principales, o (A. Lambert & Hirner, 2002):
 - Preparar una terminología estándar para el cálculo de pérdidas reales y aparentes.
 - Revisar y recomendar indicadores de gestión para hacer comparaciones internacionales de niveles de pérdidas.

Tabla 2.1: Terminología estándar para el balance hídrico según la IWA

Volumen de entrada al sistema Q_e	Consumo autorizado Q_a	Consumo autorizado facturado Q_{af}	Agua facturada exportada	Agua facturada
			Consumo facturado medido	
		Consumo facturado no medido	Consumo no autorizado	
		Consumo no facturado medido		
	Pérdidas de agua Q_p	Consumo autorizado no facturado Q_{anf}	Consumo no facturado no medido	Agua no facturada
			Consumo no facturado no medido	
		Pérdidas aparentes Q_{pa}	Inexactitudes de los medidores y errores de manejo de datos	
			Fugas en las tuberías de aducción y distribución	
Pérdidas reales Q_{pr}	Fugas y reboses en tanques de almacenamiento			
	Fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente			

Fuente: IWA (International Water Association) (2009)

❖ La Ley Orgánica De Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento Del Agua LORHUyA (2014), es la cual otorga las competencias correspondientes a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) en el Ecuador, por medio de:

Art. 7.- La prestación del servicio público del agua es exclusivamente pública o comunitaria. Excepcionalmente podrán participar la iniciativa privada y la economía popular y solidaria, en los siguientes casos:

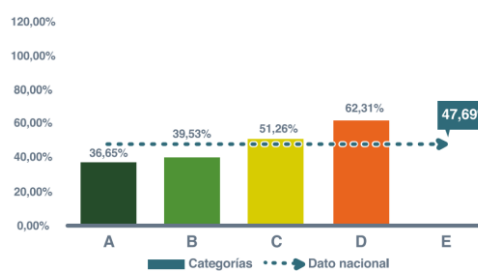
- Declaratoria de emergencia adoptada por la autoridad competente y jurídico.
- Desarrollo de subprocesos de la administración del servicio público. El plazo máximo será de diez años, previa auditoría.

Art. 8.- La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos.

Art. 57.- Disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.

❖ La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), se encarga de regular y controlar a los prestadores de servicios siguiendo la metodología Aquarating (2020) para los procesos de niveles de eficiencia relacionada con las buenas prácticas y tecnologías empleadas en la gestión de la prestación de los servicios; continua con los procedimientos instituidos en el benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento del territorio ecuatoriano, para exponer la herramienta que potencie la participación de los usuarios del agua y de la ciudadanía.

Figura 2.2: Indicador de agua no contabilizada.



Fuente: Agencia de Regulación y Control del Agua (2020).

Este indicador determina que entre menor sea el porcentaje, mejor será el desempeño, el porcentaje nacional se encuentra con un 47,69% dentro de la categoría C.

Para el control y reducción de pérdidas se aplican ciertas medidas, no obstante, no se conoce una red libre de fugas, a pesar de un buen mantenimiento y sistema operado. Por lo cual se presentan formas para controlar y reducir las pérdidas es de manera técnica de acuerdo Ing. Juan Gil Jaramillo (2009) como:

❖ Reducción de pérdidas físicas.

a. Importancia del control de medición: Para conocer el volumen de agua que se pierde se debe tener conocimiento del volumen que entra al sistema, se debe tener en cuenta las mediciones de los caudales mínimos nocturnos para identificar fugas y realizar un buen mantenimiento y presión de micromedidores para los usuarios y los macromedidores para el tanque de reserva.

b. Gestión de las pérdidas reales:

A corto plazo: Control activo de fugas, al usar campañas de localización, velocidad y calidad en reparaciones y a mediano y largo plazo: Gestión en la presión en el sistema y administración de activos (selección, instalación, mantenimiento, renovación y reemplazo de tubos).

c. Mantenimiento de elementos del sistema de abastecimiento de agua: Métodos para controlar fugas (CEPIS, 1980):

- Control no organizado de fugas: Cuando se reparan fugas visibles o las que se observan en la superficie, se distingue al formarse charcos y por las condiciones del suelo que lo permiten.
- Sondeo: Un método donde se pasa una varilla de sondeo, geófono, hidrófono o detector electrónico sobre los accesorios expuestos y las tuberías para encontrar fugas. El ruido causado por la turbulencia ejercida por vibraciones mecánicas en la tubería, el chorro de agua de la fuga con burbujas de aire explotando por la cavitación, y choques del agua contra las paredes de la tubería.
- Medición en sectores: Consiste en subdividir las zonas, donde por un solo punto el agua entra se pone un medidor o un pitómetro, cerrando válvulas al azar desde el punto más alejado del medidor, donde los tramos queden sin agua y se determina las zonas con más fugas.
- Trazadores: Se introduce al tubo una sustancia llamada trazador como el vitroso y el cloro que es detectable en pequeñas cantidades, siendo soluble y que no reaccione en el agua, cumpliendo químicamente sin olor, sabor y toxicidad.
- La aplicación de nuevas tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial (4RI) lo que impulsaría el crecimiento económico como se aprecia en el gráfico 4.

- Combatir las fugas:

En el terreno de la Inteligencia Artificial, WatchTower Robotics lanzó robots para que exploren las tuberías en busca de fugas de hasta 1 galón por minuto y

con un margen de error de 1 pie de distancia, y simultáneamente realicen mapas 3D de las redes de tuberías. Recientemente, Anglian Water empleó drones de escaneo térmico para identificar fugas basándose en la diferencia de temperatura entre el agua que sale de las tuberías y la tierra a su alrededor. Si se aplicara se lograría ahorrar hasta el 20% del agua potable mundial y ayudaría a mejorar el acceso, especialmente en zonas afectadas por sequías (2021).

- Gestionar recursos:

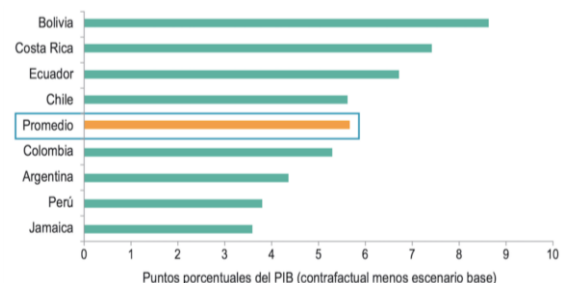
La herramienta HydroBID del BID apoya la gestión y planificación de recursos en toda la región, midiendo los efectos de diferentes escenarios climáticos, de uso de las tierras y de población sobre las reservas de agua. Los especialistas del agua pueden utilizar esta inmensa cantidad de información para definir patrones y diseñar mejores políticas, afirma Basani. En Uruguay, CTAgua se basa en Internet de las Cosas y Big Data para ayudar a enfrentar los principales desafíos hídricos del país (2021).

Figura 2.3: Las nuevas tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial



Fuente: Uso de tecnologías de la 4RI en Agua y Saneamiento en América Latina y el Caribe, BID 2020.

Figura 2.4: Impacto de la digitalización de servicios de infraestructura en el PIB



Fuente: De estructuras a servicios, DIA 2020. BID 2020.

- ❖ Reducción de pérdidas comerciales (Carin, A.A. & Sund & Bhriku K Lahkar, 2011).
 - Reposición y calibración de medidores: Usualmente la vida útil de un medidor es 4 años, por lo cual al generar un plan de cuándo deben ser cambiados reduce la

perdida, así mismo realizar un mantenimiento y calibración de los micromedidores existentes, al menos revisar 1000 medidores y reemplazar 500 al año. También se puede cambiar el modelo de medidores de transmisión mecánica por medidores de transmisión magnética al tener mayor precisión.

- Censo catastral de usuarios y medidores: Reconocer y legalizar la colocación de nuevos medidores mediante un levantamiento predial de los usuarios, de una forma correcta la instalación de las acometidas domiciliarias.
- Detección y disminución de fraudes: Campañas en zonas localizadas como críticas, al patrullar para encontrar conexiones fraudulentas e instalar un recubrimiento o cambio de material en las válvulas para disminuir los robos.
- La aplicación de nuevas tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial (4RI): Brindar acceso con el Banqu emplea tecnología de blockchain para conectar a personas en condiciones de extrema pobreza con cadenas de suministro mundiales, les permiten realizar un seguimiento de sus transacciones a través de internet. AquaRating, ofrece una evaluación de desempeño completa de los servicios tomando indicadores, mejores prácticas e información fiable. En 2019, 90 empresas en 27 países de ALC utilizaron AquaRating. Al asociarse con DroneDeploy, Techo, una compañía brasileña, fue capaz de mapear y contabilizar la cantidad de familias en un asentamiento específico, para garantizar que tuvieran acceso a agua dulce (2021). De esta manera reducir las acometidas ilegales.

2.3.2. EQUIPAMIENTO PARA CONTROL DE PÉRDIDAS.

El equipo de medición de fugas de agua por rebozo en el tanque de reserva es el Datalogger LevelVent 5, es un sistema de monitoreo y registro de mediciones de la presión y el nivel del caudal presente en el tanque que está conectado en la tubería, tiene un sensor hidrostático, donde la presión precisa el centímetro donde está el agua, en caso que el nivel de agua sobrepase y se tenga un rebozo de agua se muestra en la gráfica un pico y con esto se podrá avisar al maquinista para que controlen y eviten las pérdidas. El equipo es capaz de tomar lecturas cada 15 minutos, memoria para 150,000 lecturas y un filtro hidrofóbico adentro de un cilindro de acero inoxidable de 22 mm x 173 mm con revestimiento que resiste la corrosión, pero debido a que la batería dura 5 años se toma el dato cada hora (Solinst, 2022).

De acuerdo a Resolución 151(2001) y el Decreto 209 (2002) de la Comisión de Regulación de Agua Potable, el medidor: Dispositivo encargado de medir y acumular el consumo de agua, se clasifican en:

- a. Medidor general o totalizador: Dispositivo instalado en unidades inmobiliarias para medir y acumular el consumo total de agua.
- b. Medidor individual: Dispositivo que mide y acumula el consumo de agua de un usuario del sistema de acueducto.
- c. Medidor de Control: Dispositivo propiedad del prestador del servicio de acueducto, empleado para verificar o controlar temporal o permanentemente el suministro de agua y la existencia de posibles consumos no medidos a un suscriptor o usuario. Su lectura no debe emplearse en la facturación de consumos.
- d. Medidor chorro único. Es aquel medidor de velocidad que tiene una hélice con cuatro paletas que se accionan gracias a un solo chorro que impacta sobre ellas.
- e. Medidor de velocidad. Es aquel dispositivo que tiene una parte móvil llamada hélice y que infiere el caudal de la velocidad con que es movida por el agua.
- f. Medidor electromagnético. Es el medidor que utiliza el principio de electromagnetismo, para determinar el caudal con base en el tiempo empleado por la señal para viajar entre los electrodos. El margen de error en todo el rango de consumo debe ser igual o menor al uno por ciento del caudal.
- g. Medidor Hélice Woltmann. Es aquel medidor de velocidad cuya hélice está conformada por una gran cantidad de aletas en forma helicoidal que garantizan registrar hasta los pequeños caudales.
- h. Medidor Mecánico. Es el medidor que utiliza un dispositivo de medida, ya sea de tipo volumétrico o de tipo inferencial (velocidad) con el cual mide el caudal que pasa y tiene, además, un dispositivo donde acumula o registra dichos caudales. La unión entre los dispositivos se hace a través de una transmisión que puede ser mecánica o magnética.
- i. Medidor Ultrasónico de Caudal. Es el medidor que, utilizando el principio de la velocidad del sonido en el medio acuoso, permite establecer la velocidad del agua por el conducto cuya sección transversal es conocida y, de esta forma, establece el caudal que pasa por ella. Pueden ser intrusivos o por contacto y su margen de error, en todo el rango de consumo, es igual o menor al uno por ciento del caudal.
- j. Micromedidor. Es un medidor instalado en la acometida del usuario o suscriptor.

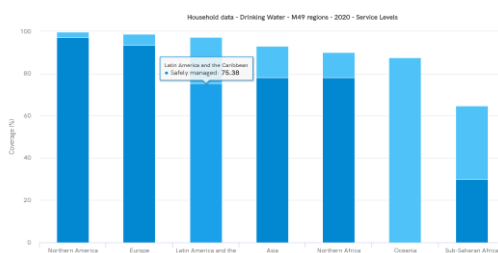
2.3.3. CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA

Las campañas de concientización o de ahorro tienen el objetivo de crear un mensaje que invite a los usuarios a realizar un consumo responsable del agua, permitiendo recordar la importancia para el ser humano por medio de distintos medios como comerciales, carteles o redes sociales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2022) considera que el 80% de todas las enfermedades del mundo en desarrollo, son a causa de falta de agua limpia y con un saneamiento idóneo, provocando enfermedades y muertes sobre todo en los niños, si se carece de esta, por lo cual se debe controlar el abastecimiento y la calidad que se brinda por lo cual se debe controlar y reducir las pérdidas de agua para que se tenga un abastecimiento continuo, cantidad suficiente para las necesidades básicas de las personas y calidad necesaria para que no represente ningún peligro para su salud. Las principales acciones más urgentes son:

- Medidas correctivas para mejorar la calidad del agua.
- Vigilancia y control de la calidad del agua.
- Comunicación a la población de medidas de higiene y prácticas apropiadas relacionadas con el manejo de agua.
- Estructura de coordinación

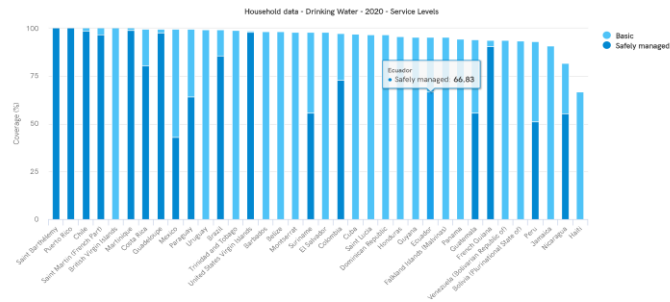
A pesar de que América Latina y el Caribe (ALC) posee aproximadamente un tercio del agua potable mundial, muchos países luchan por alcanzar la seguridad de uso hídrico, Ecuador cuenta con 375 Km³ de recursos hídricos (Benavides Muñoz, 2019). Apenas el 75% de la población de ALC cuenta con agua potable administrada de manera segura, y tan solo el 31% goza de saneamiento gestionado de manera segura, donde el 45% del agua no se contabiliza en América Latina, según el Banco Mundial de Desarrollo (BID), cada país debería invertir US\$114.000 millones al año para ampliar los servicios de agua y saneamiento de calidad a toda la población para 2030 (Ortiz, 2021). En el siguiente gráfico se muestra la situación registrada del agua por el BID de por regiones mundiales, dentro de los países de Latinoamérica y el Caribe y Ecuador en 2020:

Figura 2.5: Datos de hogar registrado por el BID del agua segura con azul y agua básica con celeste- Niveles de Servicio en las regiones mundiales 2020.



Fuente: BID-JMP 2021.

Figura 2.6: GRÁFICO 6. Datos de hogar registrado por el BID del agua segura con azul y agua básica con celeste- Niveles de Servicio en América Latina y el Caribe 2020.



Fuente: BID-JMP 2021.

Figura 2.7: Datos de hogar registrado por el BID- Niveles de Servicio en Ecuador 2020.



Fuente: BID-JMP 2021.

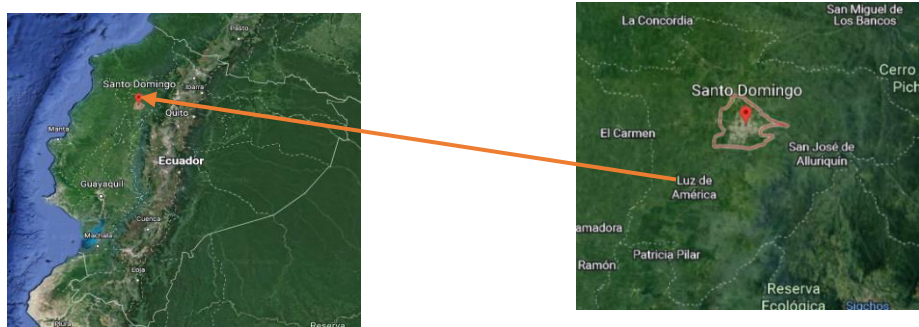
Se estima que usaban un servicio de suministro de agua segura para consumo humano, 5800 millones de personas y 2000 millones de personas estaban sin servicios (Organización Mundial de la Salud, 2022). El desperdicio de agua puede generar un problema grande, especialmente cuando los usuarios no cierran los grifos, el drenaje deficiente de agua derramada puede causar charcos de agua sucia estancada con los peligros para la salud, otra razón es cuando las personas dañan los grifos y a veces se producen hurtos. Según el INEC siete de cada diez hogares en Ecuador no realizan ninguna práctica de ahorro de agua, siendo apenas el 27,94% de hogares ecuatorianos que ahorran agua (2013). Conforme al ENEMDU las acciones pro-ambientales más realizadas en los hogares son: cerrar la llave mientras jabonan los platos, se cepillan los dientes o se bañan (92,70%) en 2018 y en 2019 de 93,77% ducharse en menos de diez minutos (70,50%), revisar regularmente las tuberías (61,20%), usar balde en vez de manguera para ciertas actividades (56,40%) reusar el agua (38,50%). Además, disponen de economizadores de chorro (17,80%) e inodoros de doble descarga/botella de agua en el tanque (19,40%) (2019). Por ello las campañas de concientización debe basarse en el objetivo 6 de la ODS de Agua limpia y saneamiento, donde se garantice la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

3. LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN LA ZONA 1 Y ZONA 2 DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO.

3.1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO.

La ciudad de Santo Domingo está situada al centro norte del país, ubicado en la Región Costa, a lado externos de la cordillera occidental de los Andes, tiene una extensión de 3.453,848 Km², es el sector geográfico donde convergen las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos y Cotopaxi, a una altura que va desde 120 m.s.n.m. hasta los 3020 m.s.n.m., y una temperatura promedio de 22° C. La precipitación anual que radica entre 2.280 mm cerca de la cordillera y 3.500 mm en las partes bajas, consiguiendo un promedio de 287 días de lluvia que equivalen a 9,4 meses (GAD SD, 2015).

Mapa 3.1: Ubicación de la ciudad de Santo Domingo



Fuente: Tomado de Google Earth, 2022

- Población abastecida por el sistema de agua de Santo Domingo.

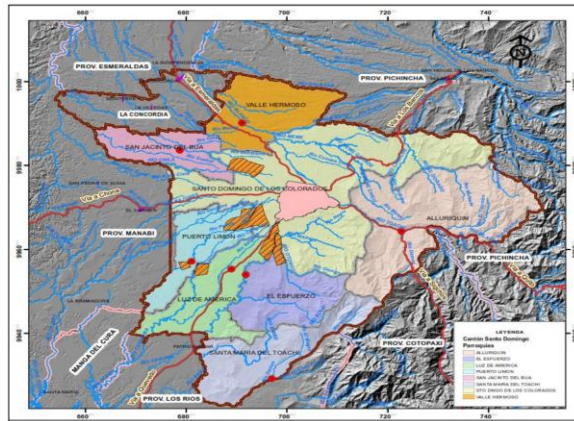
Siendo de 287018 habitantes en 2001 (INEC) y 368.013 habitantes conforme al último Censo de 2010 (INEC) y con una tasa de crecimiento del 2,7% siendo la cuarta ciudad más poblada, en 2021 y 2022 se registran 458 580 habitantes (Torres, 2021). La provincia se conforma por 7 parroquias rurales y una zona urbana concentrada en el canton de Santo Domingo.

Tabla 3.1: División Política Administrativa de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

CANTON/ CIUDAD/PARROQUIAS RURALES	Población	Superficie Km ²	Densidad Hab/Km ²
Alluriquín	9.725	664,289	14,7
El Esfuerzo	5.763	282,795	20,3
Luz de América	10.881	310,785	35,0
Puerto Limón	9.344	239,373	39,0
San Jacinto del Búa	11.718	204,482	57,3
Santa María del Toachi	5.615	351,811	15,9
Santo Domingo (ciudad)	305.632	1.090,537	280,2
Valle Hermoso	9.335	309,776	30,1
TOTAL	368.013	3.453,848	106,5

Fuente: INEC- CELIR, Elaboración: Equipo Consultor (GAD SD, 2015)

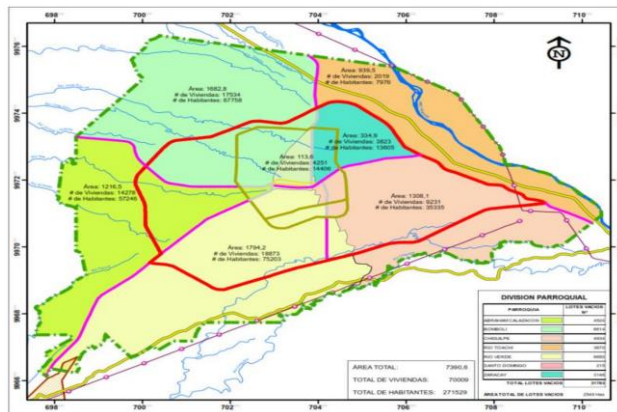
Mapa 3.2: Cantón Santo Domingo: división política administrativa.



Fuente: IINEC-CELIR (GAD SD, 2015)

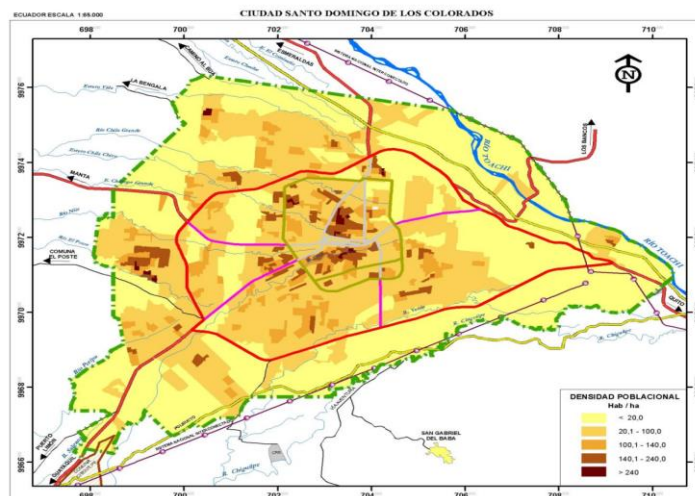
La ciudad de Santo Domingo está conformada por 7 parroquias urbanas las cuales son: Santo Domingo, Chigüilpe, Río Verde, Bombolí, Zaracay, Abraham Calazacón y Río Toachi.

Mapa 3.3: Ciudad: Parroquias Urbanas.



Fuente: IINEC-CELIR (GAD SD, 2015)

Mapa 3.4: Ciudad: densidades poblacionales.



Fuente: IINEC-CELIR (GAD SD, 2015)

- Tipo de suelo.

Poseen un origen volcánico, con una textura franca a limosa de color pardo y 80 a 150 cm de profundidad, derivados de lapilli y cenizas recientes que cubren suelos amarillos, con textura arcillosa y buenos contenidos de materia orgánica (MAE-CONDESAN, 2010). En la zona de las parroquias urbanas el suelo es arcillo-limoso, siendo infértil, poroso, pedregoso y en el que se filtra el agua con facilidad, ya que el invierno dura seis meses, por eso las estructuras de las casas mantienen humedad, lo cual genera fugas en la red de distribución de agua (EL COMERCIO, 2012).

- Sistema de agua potable de Santo Domingo.

Mapa 3.5: Sistema de Distribución de agua potable.



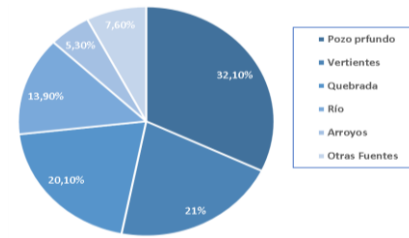
Fuente: GEOPORTAL EPMAPA-SD

a. Captación

La ciudad tiene una gran intensidad precipitaciones pluviales, permitiendo la vertiente del Océano Pacífico: la cuenca del río Esmeraldas y Guayas, con una superficie de 352.145,00 Ha, 3 sub cuencas, 87 microcuencas y 257 ríos. En Ecuador la fuente más común de captación son los pozos con un 32,1%, aunque en Santo Domingo la principal es la del río Lelia, ubicado en el kilómetro 19,5 de la vía a Quito, baja por una tubería de 12 km y PVC de 630 mm de diámetro la planta de tratamiento por gravedad con un caudal promedio de 1020 y 1150 l/seg, según el ex gerente del EPMAPA, Freddy Sánchez para procesar el agua y distribuirla se necesitan 1000 l/seg., sin embargo suelen haber épocas de estiaje, disminuciones de producción de un 10 % a 15%, llegando a 850 a 900 l/seg (La Hora, 2018). Se estima una capacidad máxima en invierno de 1230 a 2200 l/seg y una capacidad máxima en verano de 1070 l/seg. La planta pequeña de

Chigüilpe es alimentada por el río Chigüilpe en el kilómetro 9,5 vía a Quito con una capacidad máxima en invierno de 25 l/seg y una capacidad máxima en verano de 15 l/seg (GAD SD, 2014). En Ecuador usualmente

Figura 3.1: Porcentajes de las principales fuentes de captación en Ecuador.



Otras Fuentes: Esteros, Embalse o Canal, Lago, Pozo perforado, Pozo somero, Pozo excavado, Manantiales y Galerías.

Fuente: ARCA -AME-INEC. Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2019.

b. Red de Conducción Agua Cruda

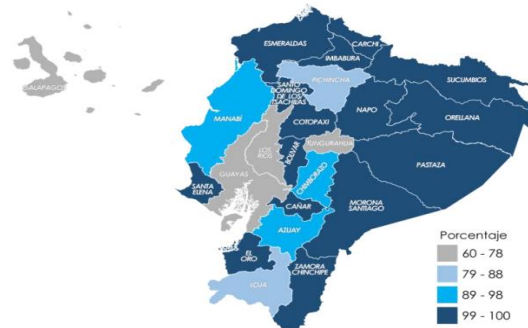
Cuenta con un sistema de agua a gravedad, antes las presiones eran tan bajas que no llegaban al segundo piso de las residencias por lo cual la mayoría de casas necesitaba de bombas, debido a un tanque rompe presiones en la red de conducción, no obstante actualmente fue quitado, aumentando la presión, la toma a la Planta, tiene una longitud 31,8 Km conformado por 17,8 Km tubería de asbesto cemento o AC de 600-500mm con un caudal de diseño de 350 l/seg y 14 Km en tubería de PVC 600 y 500 mm con caudal de diseño de 450 l/seg.

c. Planta de Tratamiento

Se tiene una planta principal en el km 7,5 vía a Quito, conformada por tres plantas de tratamiento construidas en diferentes periodos una de 40 años, otra de 15 años y una de tres años que inauguró el anterior alcalde Manuel Quirola, donde el caudal total es mandado a un tanque de contacto de 950 lts/seg, de este salen 4 tuberías, tres de 600 mm y una de 500 mm de diámetro que reparten para los 11 tanques de reserva, pero dos tuberías no tienen medición se planea instalar una cámara de control para los dos tubos restantes a finales de 2022, por lo cual actualmente el caudal de salida de la planta es estimado. También hay una planta de 100 lts/seg que alimenta solo a la zona de Chigüilpe km 8,5 vía a Quito en el Batallón Montufar donde se encuentran los militares debido a la difícil topografía que tiene al tener mayor altura el área que la planta principal, y una planta modular de 250 lts/seg que está descontinuada. En el Mapa 5 se observa que se tiene entre 99% a 100 % del servicio de tratamiento para el agua., así mismo se ejecuta el cumplimiento de la normativa INEN 1108 para garantizar la calidad

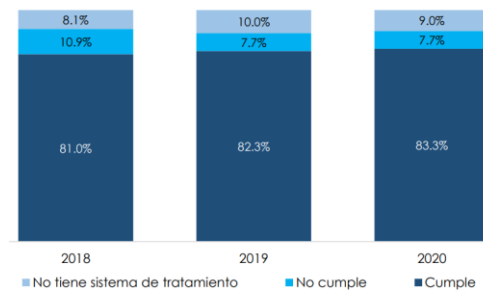
del agua como se muestra en el Figura 9, aunque entre más llueve es más difícil el tratamiento por la gran cantidad de turbiedad y lodo.

Mapa 3.6: Sistemas de tratamiento de Agua para consumo a nivel provincial, 2020



Fuente: AME-INEC-ARCA-BDE, Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2020

Figura 3.2: GAD Municipales que cumplen con la Norma INEN 1108, Nacional (%), 2018 – 2020.



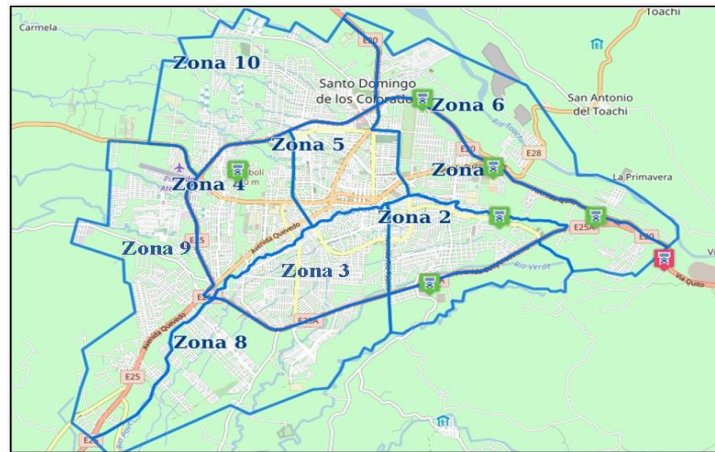
Fuente: AME-INEC-ARCA-BDE. Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2018 – 2020.

En la mayoría de hogares santodomingueños se hace un tratamiento de agua en el hogar, a nivel nacional se estima que el 40,3% la hierven, el 33,48% la beben como llega, el 21,94% compran agua purificada, el 2,96% le ponen cloro y el 1,29% la filtran, así mismo el 30,21% consume agua en botellón (INEC, 2013a)

d. Reserva

De todos los 11 tanques de reserva los cuales se dividen en 6 áreas como lo es el tanque Río Verde abarca la zona 8 y 3, la Lorena con 2 tanques distribuye en la zona 6 y 5, el Bombolí con dos tanques alimenta a la zona 4 y parte de la 9, el Ramia opera para la zona 10 y parte de la 9, y 4 tanques en el MTOP brindan agua a la zona 1 y 2, pero solo los tanques del Bombolí y dos de la MTOP tienen macromedidor, es el caso del tanque Bombolí y dos tanques del MTOP. Los tanques que cuentan con un control de fugas de reboso de agua con un sistema de Data Logger que funciona con una válvula de altitud que sirve como sensor hidrostático, este permite detectar el nivel del agua y se sabe que hay reboso si pasa de la altura límite del tanque, este es el caso de los tanques de la MTOP, Bombolí y Ramia.

Mapa 3.7: Distribución de los tanques de almacenamiento y división de las 10 zonas.

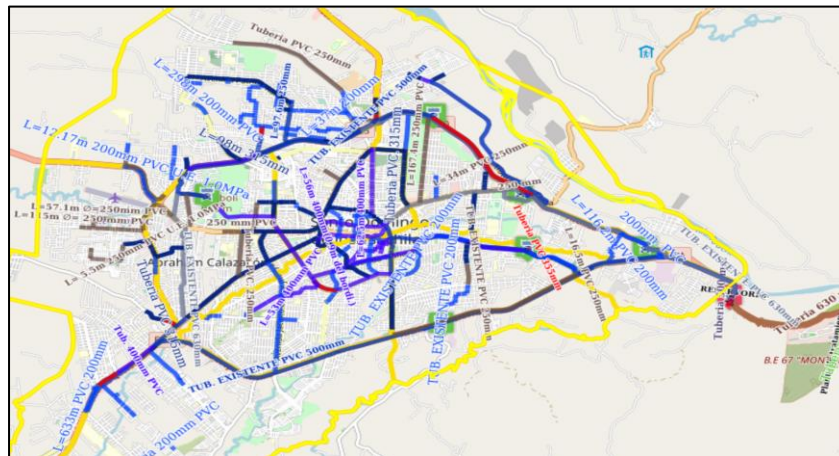


Fuente: EPMAPA-SD

e. Red de Distribución

Constituida por tubería de 459,7 Km AC 93,7 Km (6,2 Km 200-400 mm; 18,3 Km 150-250 mm; 69,2 Km 50-110 mm) PVC 319,5 Km (6,4 Km 300 a 400 mm; 7 Km 160 a 250 mm; 306 Km 50-110 mm) HF 14,7 Km (14,7 Km 250-300 mm).

Mapa 3.8: Sistema de Red de Distribución de agua potable.



Fuente: GEOPORTAL EPMAPA-SD

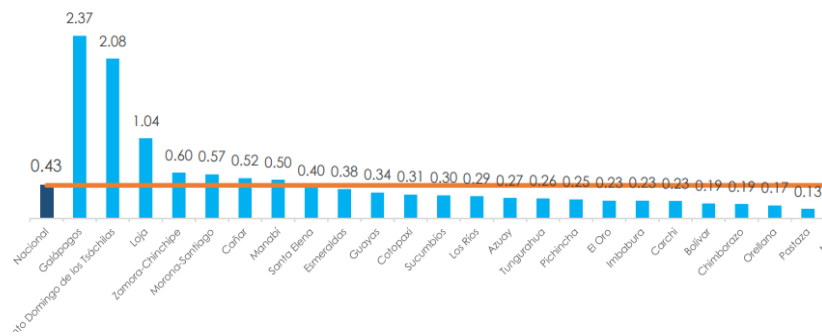
f. Horario de Servicio

Es racionado, pues la ciudad está dividida en 10 zonas, con un promedio de servicio de tres a seis horas, pasando un día por sector.

g. Tarifa y Facturación

En el Ecuador, el costo promedio del servicio a nivel provincial de agua del m³ es de 0,43 centavos de dólar, se observa la mayor que Santo Domingo de los Tsáchilas tiene la segunda tasa más alta con 2,08 USD/m³ a nivel nacional en 2020, mientras que el costo del tanquero esta entre 15 a 30 USD/m³ en domicilio.

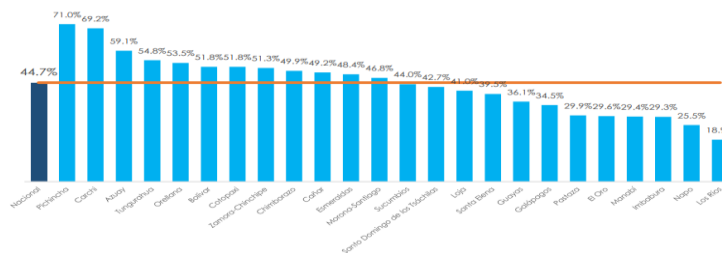
Figura 3.3: Costo Unitario Promedio del m3 de Agua Potable, a nivel provincial (usd/m3), 2020



Fuente: AME-INEC-ARCA-BDE, Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2020

A nivel nacional existe el 44,7% de facturación del agua distribuida por los GADM, siendo Pichincha la provincia con mayor facturación, mientras que Santo Domingo de los Tsáchilas está por debajo del promedio nacional con 42,7% (ARCA, 2021).

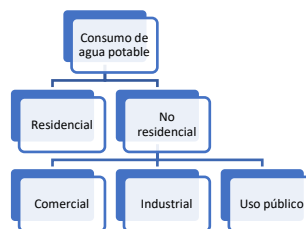
Figura 3.4: Agua facturada por los GAD Municipales, a nivel provincial (%), 2020.



Fuente: AME-INEC-ARCA-BDE, Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado, 2020.

Es necesario categorizar el consumo de los usuarios con la finalidad de estimar la dotación de un sector, en el siguiente gráfico se diferencia los tipos de consumo:

Figura 3.5: Categoría de usuarios.



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2016.

En la normativa de la del ARCA se indica que cada cinco años se debe revisar la tarifa, el reajuste significará un pago adicional de USD 0,5 para cada santodomingueño por cada m3 consumido. Actualmente, la tarifa general es de USD 0,20 por m3 para el cantón de Santo Domingo. El concejal, Jhonny Espinosa, propone este cambio y establece que la tarifa entrará en vigencia en enero de 2022, normalmente es de USD 0,35 por m3 al consumir de 20 a 40 m3 (ARCA, 2021).

Tabla 3.2: Tarifas establecidas para los servicios de agua potable y alcantarillado del EPMAPA-SD.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CONSUMO M ³	COSTO M ³	COSTO ALCANTARILLADO	COSTO BÁSICO
RESIDENCIAL	A	1 -19	0,20	75% DEL VALOR DEL AGUA	3.00
	B	20-40	0,35		
	C	Más de 40	0,50		
COMERCIAL	A	Menor a 20	0,35	75% DEL VALOR DEL AGUA	3.00
	B	Mayor a 20	0,50		
INDUSTRIAL	A	CADA m ³	1,05	75% DEL VALOR DEL AGUA	3.00
SECTOR PÚBLICO	A	CADA m ³	0,35	75% DEL VALOR DEL AGUA	3.00

Fuente: EPMAPA-SD

Tabla 3.3: Número de usuarios con acometidas dependiendo de la zona de Santo Domingo.

CICLO	NÚMERO DE ACOMETIDAS O USURIOS
CICLO 01	7012
CICLO 02	7437
CICLO 03	11472
CICLO 04	8765
CICLO 05	11011
CICLO 06	4650
CICLO 07	560
CICLO 08	5100
CICLO 09	7279
CICLO 10	11448
CICLO 11	130
TOTAL	74864

Fuente: EPMAPA-SD.

h. Cobertura de agua

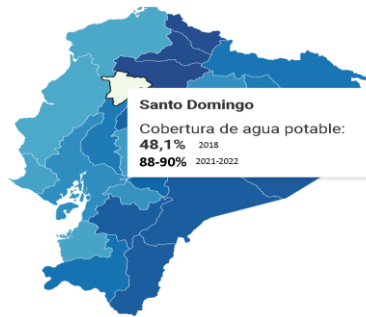
Según la Agencia de Regulación y Control del Agua en 2018 Santo Domingo de los Tsáchilas tenía los registros más bajos de cobertura de agua potable, con el 48% (Torres, 2021), pero con el transcurso del tiempo aumentó la cobertura en la actualidad registra EPMAPA-SD de 90%. Sin embargo, de acuerdo la consultora Sibhialta la cobertura en las parroquias rurales llegando a 2 de cada 10 personas el agua tratada, por lo cual recurren a otras fuentes como ríos y pozos, como manifiesta Cristina Zambrano, habitante de El Esfuerzo que utiliza el río Otongo (EL COMERCIO, 2022). Estando Santo Domingo en un régimen Costa, se aprecia que en su mayoría se abastece de la red pública, pero es la segunda zona donde más se usan tanqueros o tanques repartidores de agua (ARCA, 2021a).

Tabla 3.4: Cobertura de agua potable de Ecuador y Santo Domingo.

AÑO	COBERTURA DE SERVICIO AGUA POTABLE %	
	SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	NIVEL NACIONAL
2018	48,89	89,01
2019	48,05	83,35
2020	74,76	79,28
2021	88	-
2022	90	-

Fuente: EPMAPA-SD.

Mapa 3.9: Cobertura de agua potable de Santo Domingo.

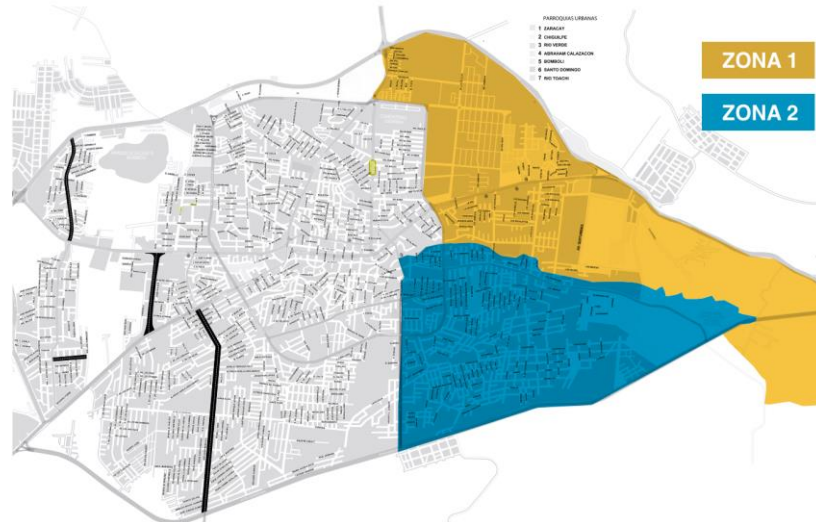


Fuente: Eduardo Cobos- Primicias. Agencia de Regulación y Control del Agua

3.2. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA ZONA 1 Y LA ZONA 2.

- Población abastecida por el sistema de agua para la zona 1 y 2.

Mapa 3.10: Distribución de los tanques de almacenamiento y división de las 10 zonas.



Fuente: Informativo Chilachi'to, EPMAPA-SD

Estas dos áreas abarcan varios barrios urbanos de la ciudad, donde se aprecia:

Tabla 3.5: Barrios de la zona 1 y 2

Zona 1	Zona 2
9 de Diciembre, Banco de Fomento, Chigüilpe, El Centenario etapa 1 y 2; Los Laureles 2, Portal de Lago, Santo Domingo, Mutualista Benalcázar, Vista Hermosa, Torres Carrera, 29 de Septiembre, El Círculo, Brisas del Zaracay, Virgen del Cisne, Nuevo Camino Bahía Colorada - etapa 1, Emanuel, Los Fundadores, Maya Moncayo, entre otras.	La Colegiala, Las Guadúas, Luis María Burneo, Dilpo, Marina Peñaherrera, Abdón Calderón, Asistencia Municipal, San Ignacio, Las Islas, Nuevo Santo Domingo, María del Carmen, Aquepí, Galo Plaza, El Cóndor, Miraflores, Trabajadores Municipales, Madrigal, IERAC 69, Los Unificados, Diocelina de la Cueva y San José de Río Verde.

Fuente: GAD-SD,

- Sistema de agua

Funciona con un sistema a gravedad, captando agua del río Lelia con caudal promedio de 1020 y 1150 l/seg, cuenta con la planta de tratamiento principal de la ciudad de Santo Domingo en el km 7,5 vía a Quito donde el caudal total es mandado a un tanque de contacto de 950 lts/seg, además la zona 1 y 2 es abastecida por dos tanques de reserva.

a. Tanques de reserva de la zona 1 y 2.

Los tanques son los de la MTOP, está conformado de 4 tanques cada uno con una capacidad de 2000 m³, dos cuadrados unidos y separados por una pared construidos con macromedidor por una empresa coreana recientemente y dos redondos con mayor antigüedad. Estos tanques cumple con el requerimiento de la norma INEN (2012) 9.1 (Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes), donde para poblaciones mayores de 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño. El funcionamiento de estos tanques radica que mientras un tanque se vacía, el otro se llena como se puede apreciar en el GRÁFICO 13.

3.3. CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA.

La zona 1 y 2 se abastece de dos tanques de reserva los cuales son los de la MTOP, cada tanque con una capacidad de 2000 m³, los cuales funcionan en simultaneo, mientras uno se vacía el otro se llena según los datos entregado por la entidad suministradora de agua ente 2021 hasta junio de 2022, el mes de abril del 2022 donde más se entregó fluido, aunque se debe considera que las mediciones carecen en ocasiones de cierto grado de exactitud por errores en la cuantificación. El promedio de volumen entregado por mes es de 566550,56 m³ y el volumen promedio facturado es de 251991,56 m³ al mes siendo casi apenas de la mitad de la producción, considerando que estas zonas son urbanas, es probable que el sobrante de agua potable recaiga en pérdidas ya sean físicas o comerciales. Por lo tanto, se estima un caudal medio diario para ambas zonas de 18636,53 m³/d que se recibe del tanque de contacto de la Planta de Tratamiento principal con 950 l/s que equivale a 82080 m³/d para toda la ciudad de Santo Domingo. En el mes de febrero de 2022 se entregó menor cantidad de agua de la que se facturó, debido a que en invierno los lodos se incrementan y la que dificulta la entrega de caudal, así miso como en ciertas zonas no hay medidor, pero si una tarifa fija se procede a facturar, también pudo ser por una mala lectura del medidor y aire en las tuberías.

Tabla 3.6: Volumen producido y facturado de la Zona 1 y 2 en 2021-JUNIO 2022.

ZONAS 01 Y 02 - AÑO 2021-JUNIO 2022		
MES	VOLUMEN ENTREGADO A DISTRIBUCIÓN (m3)	VOLUMEN FACTURADO POR CICLO (m3)
Enero	496830	243593
Febrero	398332	227095
Marzo	510500	245516
Abril	385800	228005
Mayo	652166	242609
Junio	580290	246800
Julio	618485	249656
Agosto	673005	250782
Septiembre	535610	248719
Octubre	775000	244863
Noviembre	356196	242994
Diciembre	615196	245208
Enero	521224	212425
Febrero	225028	441679
Marzo	746642	226609
Abril	819474	227058
Mayo	619689	262024
Junio	668443	250213

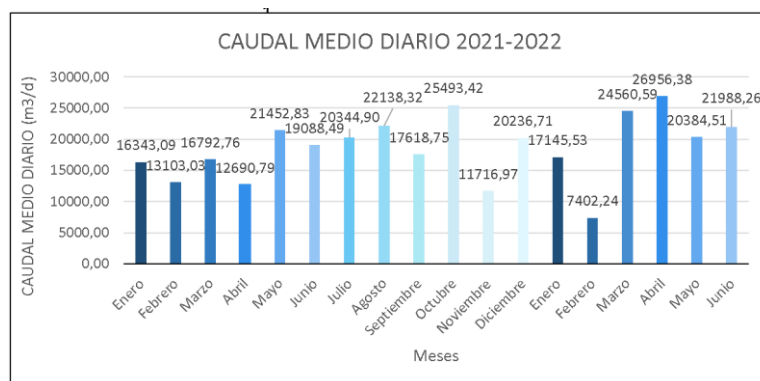
Fuente: EPMAPA-SD.

Tabla 3.7: Caudal medio diario suministrado de los tanques MTOP.

ZONAS 01 Y 02 - AÑO 2021- JUNIO 2022	
MES	CAUDAL MEDIO DIARIO (m3/d)
Enero	16343,09
Febrero	13103,03
Marzo	16792,76
Abril	12690,79
Mayo	21452,83
Junio	19088,49
Julio	20344,90
Agosto	22138,32
Septiembre	17618,75
Octubre	25493,42
Noviembre	11716,97
Diciembre	20236,71
Enero	17145,53
Febrero	7402,24
Marzo	24560,59
Abril	26956,38
Mayo	20384,51
Junio	21988,26

Fuente: EPMAPA-SD.

Figura 3.5: Barras del Caudal medio diario suministrado de los tanques MTOP



Fuente: EPMAPA-SD. Elaborado por el autor.

3.4. DETERMINACIÓN DE CONSUMOS Y DOTACIONES.

- Consumo o demanda de agua.

Es la cantidad de agua gastada, en un tiempo determinado, en una localidad o una de sus casas. Implica tres elementos: uno el sujeto que gasta el agua; otro que indica el volumen involucrado y el que expresa el tiempo durante el cual se produce el gasto, muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias, ya que pueden ser máximos o mínimos.

Este consumo medio diario (Q_m) es el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, expresándolo en l/s; el Consumo Máximo Diario, como el día de máximo consumo de una serie de registros durante 365 días de un año; y el Consumo Máximo Horario, como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo (Ravelo, 2013).

El consumo es la parte del suministro de agua potable que usan los usuarios, sin considerar las pérdidas de agua, se cuantifica en unidades de l/d o m³/d, cuando es consumo per cápita se utiliza l/hab/día y las entidades prestadoras de servicio en m³/toma/mes; este suele variar si es rural la zona se recomienda de 100 l/hab como dotación doméstica y en zonas urbanas se divide según el tipo de usuario doméstico y no doméstico (Comisión Nacional del Agua, 2015).

La demanda corresponde al volumen o cantidad de agua extraída o que se almacena de los recursos hídricos y es usada por la población y los sectores económicos como materia prima, insumos y el retornado a los sistemas hídricos (SIAC, 2012).

La demanda municipal es comúnmente clasificada por la naturaleza del usuario, las clasificaciones ordinarias según McGhee (1999), son:

- a. Domestico es el suministro de casas, hoteles higiénicos y otros, variando dependiendo del nivel económico, estando en el rango de 75 y 318 L por habitante-día. Para López (2014) el consumo rural es de 30 a 50 l/hab.día, en peñas poblaciones 100 l/hab. día, medianas de 100 a 200 l/hab.día, grandes de 220 a 350 l/hab.día y gran urbe de más de 350 l/hab.día.

- b. El comercial e industrial va para establecimientos polígonos industriales y centros comerciales como fábricas, oficinas y almacenes, dependiendo del tamaño de la industria y el área,
- c. Uso público suministro para instalaciones, edificios públicos y para servicios públicos como colegios, riego y protección contra incendios donde la entidad no recibe un pago, suele estar entre 50 a 75 L por habitante-día; por ultimo están las pérdidas y desperdicios que es el agua no contabilizada por fugas en la red de distribución, conexiones fraudulentas, etc. Suelen estar entre 15 y 40 %.

En Ecuador el promedio nacional el consumo de los hogares según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en 2012 fue de 26,7 m³/mes.hogar en el área urbana, tomando en cuenta que existe 3,72 habitantes por hogar, se estima un consumo per capital de 236 l/hab.día. Sin embargo en 2020 disminuyó a 19,31 m³/mes.hogar y con un consumo per capital de 170,75 l/hab.día datos dados por los reportes de los municipios y sus empresas de agua potable y alcantarillado (INEC, 2015).

Mientras que en Santo Domingo de acuerdo al (INEC) en 2020, se estima un consumo de 15,6 m³/mes.hogar y un consumo per capital de 137,95 l/hab.día estando por debajo del promedio nacional, donde en la área de estudio que es la zona 1 y 2 de Santo Domingo se registra un del suministro de agua potable de 131,58 m³/día, ya que los 2 tanques de la MTOP cada uno de 2000m³ que abastece esta zona abastecen con 4000 m³ al mes y al haber 14449 acometidas se calcula 9,11 l/día.acometida dando un consumo per capital de 2,45 l/hab.día (EL COMERCIO, 2022)

El mínimo recomendado por la OMS es de 143 m³/año.hogar, siendo menor que el promedio nacional de 231,72 m³/año.hogar y santodomingueño de 187,2 m³/año.hogar. La OMS para garantizar que se cumplan las necesidades más básicas estima entre 50 y 100 litros de agua por persona por día, normalmente suele ser de 70 l/hab·día, pero si se encuentra en una situación de emergencia o crisis, deben garantizarse por lo menos 15 litros de agua al día por persona, se recomienda que una persona debe tomar dos a tres litros por día, para realizar las funciones del organismo y asegurar el buen funcionamiento de los riñones (Carvajal et al., 2019).

En Ecuador la norma INEN CPE 5 parte 9-1:1992 no establece según la categoría de usuario datos de consumos, pero en Colombia el Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico en su Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, TITULO B, Sistemas de Acueducto indica datos recomendados en los siguientes Cuadros siguientes:

Tabla 3.8: Consumo comercial.

Tipo de instalación	Consumo de agua
Oficinas (cualquier tipo)	20 litros /m ² /día
Locales comerciales	6 litros /m ² /día
Mercados	100 litros /local/día
Lavanderías de autoservicio	40 litros /kilo de ropa seca
Clubes deportivos y servicios privados	150 litros /asistente/día
Cines y teatros	6 litros /asistente/día

Fuente: (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2010)

Tabla 3.9: Consumo industrial.

Industria	Rango de consumo (m ³ /día)
Azucarera	4,5 - 6,5
Química	5,0 - 25,0
Papel y celulosa	40,0 - 70,0
Bebidas	6,0 - 17,0
Textil	62,0 - 97,0
Siderúrgica	5,0 - 9,0
Alimentos	4,5 - 5,0

Fuente: (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2010)

Tabla 3.10: Consumo para uso público,

Tipo de instalación	Consumo de agua
Entrenamiento (teatros públicos)	6 litros/asiento/día
Deportes al aire libre, con baño y vestidores	150 litros/asiento/día
Recreación social (deportivos municipales)	25 litros/asiento/día

Fuente: (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2010)

Tabla 3.11: Consumo para uso escolar.

Tipo de instalación	Consumo de agua
Educación elemental	20 litros/alumno/jornada
Educación media y superior	25 litros/alumno/jornada

Fuente: (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2010)

Tabla 3.12: Consumo para uso institucional.

	Tipo de instalación	Consumo de agua
Salud	Hospitales, clínicas y centros de salud	800 litros/cama/día
	Orfanatos y asilos	300 litros/ huésped/día
Seguridad	Cuarteles	150 litros /persona/día
	Cárceles	150 litros /interno/día

Fuente: (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2010)

- Demanda.

El agua es necesaria para el consumo de la higiene, ingesta y agricultura, la demandad es la cantidad de agua a suministrar a la población y esta será mayor dependiendo el número de habitantes y al igual que el servicio e instalaciones públicas para mejorar la calidad de vida y la necesidad (López, 2014). La demanda hídrica es una extracción del sistema hídrico usada para satisfacer las necesidades de consumo humano, la producción y las demandas de los

ecosistemas no antrópicos; está limitado en los sectores manufacturero, agrícola, pecuario, servicios y doméstico a tenor del ENA (González et al., 2010).

Conforme establece González, Saldarriaga & Jaramillo (2010) el consumo de agua depende la población servida y el consumo facturado de los usuarios residenciales, siendo la demanda doméstica determinada por la siguiente fórmula:

$$DUD = Población \times Intensidad + pérdidas técnica \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

DUD = Demanda de agua para uso doméstico (m3)

Pérdidas técnicas = En el sistema que abastece a la población considerada (m3)

Población = Número de habitantes correspondientes a la población de estudio (habitantes)

Intensidad = Cantidad de agua que para suplir sus necesidades diarias (m3/hab)

- Dotación del sistema.
 - a. Dotación bruta.

Consiste en el consumo netos siendo las dotaciones domésticas, comerciales, industriales y públicas e incluyendo las perdidas, se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1-\%p} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde:

dbruta: dotación bruta

dneta: dotación neta

%p: pérdidas máximas admisibles. El porcentaje de pérdidas máximas admisibles no deberá superar el 25%.

- b. Dotación neta.

Siendo la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un de un habitante, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto (González et al., 2010). Caudal de agua potable consumido diariamente, en promedio, por cada ciudadano. Conlleva las dotaciones domésticas, comerciales, industriales y públicas (CPE INEN 5, 1992). La Dotación neta es el consumo de agua requerida para diferentes usos del ser humano, la OMS establece una dotación neta mínima entre 50 y 100 L/hab.d, la norma INEN no establece una para diseño. De acuerdo a las bases de diseño de la Dirección de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización (DAPAC) del GAD Municipal de Santo Domingo la dotación de agua potable recomendada es de 250 l/hab.día

- Dotación neta por suscriptores: La dotación por suscriptor establecida en el siguiente cuadro:

Tabla 3.13: Dotación neta por usuario.

NIVEL DE COMPLEJIDAD	DOTACIÓN NETA (m ³ /usuario.mes) CLIMAS TEMPLADOS Y FRÍOS	DOTACIÓN NETA (m ³ /usuario.me) CLIMA CÁLIDO
	Bajo	10,8
Medio	13,8	15
Medio Alto	15,8	16
Alto	16,8	18

Fuente: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) de Colombia.

- Dotación neta por habitante: Se considera como clima cálido aquella zona del territorio nacional que se encuentre por debajo de 1000 m.s.n.m.

Tabla 3.14: Dotaciones recomendadas.

Población (habitantes)	Clima	Dotación Media Futura (L/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposiciones de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes

Tabla 3.15: Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema

NIVEL DE COMPLEJIDAD	DOTACIÓN NETA (L/hab.día) CLIMAS TEMPLADOS Y FRÍOS	DOTACIÓN NETA (L/hab.día) CLIMA CÁLIDO
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) de Colombia.

Tabla 3.16: Dotación de agua contra incendios.

NÚMERO DE HABITANTES (en miles)	NÚMERO DE INCENDIOS SIMULTÁNEOS	DOTACIÓN POR INCENDIO (l/s)
5	1	10
10	1	10
25	2	10
50	2	20
100	2	25
200	3	25
500	3	25
1000	3	25
2000	3	25

Fuente: Reglamento INEN, 1992

Tabla 3.17: Nivel de complejidad de los sistemas de agua potable

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACIÓN EN LA ZONA (HABITANTES)	CAPACIDAD ECONÓMICA DE LOS USUARIOS
Bajo	<2500	Baja
Medio	2500 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) de Colombia.

- Determinación de consumos en la Zona 1 y Zona 2 en Santo Domingo:

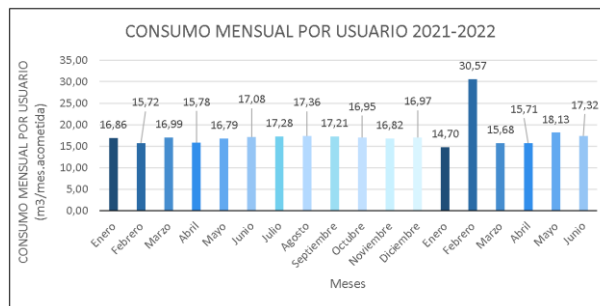
El consumo mensual promedio por usuario es de 17,44 m³/mes. Acometida, con un consumo per capital de 154,22 Litros/habitante.día y una dotación bruta Litros/habitante.día y 346,71 Litros/habitante.día. Según el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000), al estar en la región Costa y tener un consumo de 17,44 m³/usuario.mes tiene un nivel de complejidad alto.

Tabla 3.18: Acometidas de las zonas 1 y2

CICLO	NÚMERO DE ACOMETIDAS O
CICLO 01	7012
CICLO 02	7437
TOTAL	14449

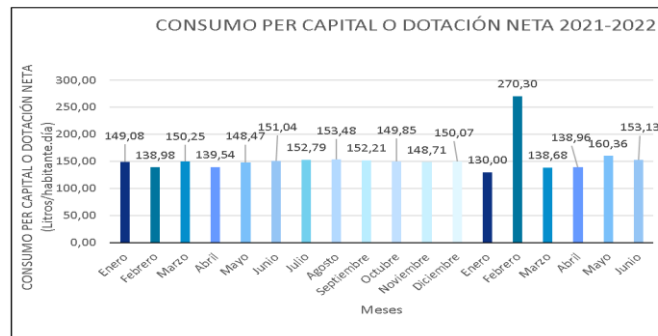
Fuente: EPMAPA-SD.

Figura 3.6: Barras del Consumo de agua contabilizado mensual por usuario de las zonas 1 y 2.



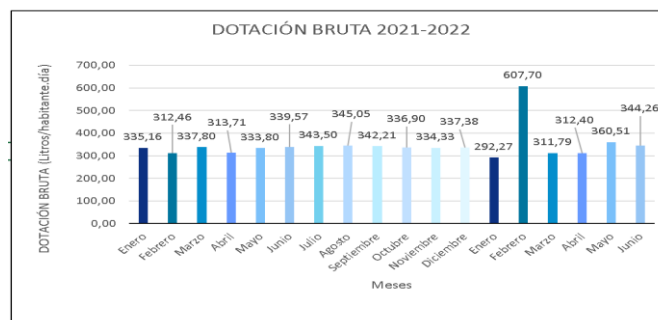
Fuente: EPMAPA-SD.

Figura 3.7: Barras del Consumo Per Capital O Dotación Neta 2021-2022 de las zonas 1 y 2.



Fuente: EPMAPA-SD.

Figura 3.8: Barras del Dotación Bruta de las zonas 1 y 2.



Fuente: EPMAPA-SD.

3.5. CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS.

Dentro de las pérdidas totales cuenta las perdidas físicas y comerciales como se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 3.19: Volumen de agua pérdida de las zonas 1 y 2 en 2021-2022.

ZONAS 01 Y 02 - AÑO 2021-JUNIO 2022			
MES	VOLUMEN ENTREGADO A DISTRIBUCIÓN	VOLUMEN FACTURADO POR CICLO	VOLUMEN PÉRDIDO POR CICLO (m3)
Enero	496830	243593	253237
Febrero	398332	227095	171237
Marzo	510500	245516	264984
Abril	385800	228005	157795
Mayo	652166	242609	409557
Junio	580290	246800	333490
Julio	618485	249656	368829
Agosto	673005	250782	422223
Septiembre	535610	248719	286891
Octubre	775000	244863	530137
Noviembre	356196	242994	113202
Diciembre	615196	245208	369988
Enero	521224	212425	308799
Febrero	225028	441679	-216651
Marzo	746642	226609	520033
Abril	819474	227058	592416
Mayo	619689	262024	357665
Junio	668443	250213	418230

Fuente: EPMAPA-SD.

3.5.1. CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS FÍSICAS.

a. Fugas por reboso de tanque de reserva.

Se debe considerar que intervienen componentes como deficiente facturación, los errores de medición y las fugas de agua en la red de distribución. A continuación, se presentarán las fugas de agua debido a los reboses de los tanques de reserva en Santo Domingo, se observa que el primer tanque del MTOP tiene la menor pérdida, pero el segundo tiene una de las mayores pérdidas. Para la medición de pérdidas del tanque se posee el equipo de medición Data Logger es una válvula de altitud que funciona con un sensor hidrostático que regula el nivel de agua que registra cada hora la altura, implementado en 2017. En el gráfico 9 Se puede apreciar que el tanque Río Verde que alimenta a la zona 8 y 3 tiene mayor reboso de fuga de 23133 m³ y malgasto de \$8097 por día; aunque el siguiente con mayor fuga pertenece a uno del tanque del MTOP siendo de 16597 m³ y 1734 m³ el otro tanque, dando una pérdida de \$ 5809 y \$607, así da un total de 1833m³ y \$642 por hora en la zona 1 y 2. Los tanques que salen sin pérdida es debido a que en pandemia no se tuvo un buen control y no de tomaron datos como lo es el tanque Bombolí.

Figura 3.9: Pérdidas por fuga de tanques.



Fuente: EPMAPA-SD

Para tabular las pérdidas en específico de los tanques MTOP se vio las pérdidas presentadas cada mes en 2021 y de 2022 hasta junio. Según los datos en 2021 el mes con mayor pérdida fue en enero con 3970 m3 y en 2022 hasta junio, el mes con mayor desperdicio fue en febrero con 18793 m3. Se ha logrado controlar ya que, a la altura de 4,8m empieza a haber reboso de agua. El tanque MTOP 1 tuvo un desperdicio total de 20170 m3 y el tanque MTOP 2 de 66620 m3, esto equivale 68690 m3.

Figura 3.10: Pérdidas por fuga de los tanques de la MTOP en 2021



Fuente: EPMAPA-SD

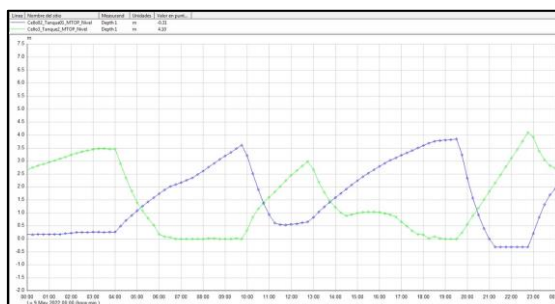
Figura 3.11: Pérdidas por fuga de los tanques de la MTOP en 2022



Fuente: EPMAPA-SD

Así mismo debido a la discontinuidad al momento de llenarse y vaciarse los tanques, se empuja aire por la tubería, como consecuencia se tiene errores en la medición de la lectura del caudal, alterando la exactitud de la cuantificación de pérdidas.

Figura 3.12: Curvas del funcionamiento del tanque de llenado y vaciado.



Fuente: EPMAPA-SD.

b. Pérdidas por lecturas erróneas o mala calibración del macromedidor.

En 2017 se pudo crear una unidad de pérdidas en EPMAPA-SD, por lo que años anteriores la institución no tenía un control y gestión de las pérdidas de agua; al tener un presupuesto limitado se tiene un escaso acceso a las tecnologías para el control de pérdidas y rediseños para la red de distribución. Como afirma el ingeniero Guillermo Silva encargado de la Unidad, se ha logrado cuantificar el caudal por medio de macromedidores que poseen los tanques de la MTOP y Bombolí, no obstante el resto de tanques aún no se ha instalado, ya que no se ha logrado terminar la compra de todos los implementos para su instalación, pues se han comprado las varillas de inserción las cuales fueron comprados hace 2 años a \$12000 cada una para el control del caudal del tanque, pero no se han instalado debido a la falta de los collarines que tienen un valor aproximado de \$300. En la zona 1 y 2 si está instalado, pero se debe considerar las pérdidas físicas que puede haber si no se toma bien la lectura, además usualmente el caudalímetro presenta un error en la lectura por fluctuaciones fuerte debido a la sumergibilidad cuando no está el tubo lleno, por lo cual se ponen estas varillas en la tubería que alimenta al tanque en la parte superior.

c. Pérdidas por presión en las tuberías.

Anteriormente en Santo Domingo era común que la presión del agua fuera tan baja que no lograra llegar al segundo piso de una casa, esta es la razón por la que la mayoría de hogares tienen algún o varios dispositivos para potenciar y almacenar el agua con bombas, tanques de reserva y cisternas. Sin embargo, al quitar el tanque rompe presiones que iba antes de que lleguen a los tanques de reserva de la ciudad, se logró aumentar la presión, pero también en ciertas zonas fue demasiada y el agua empezó a romper tuberías y collarines, creando fugas.

Tabla 3.20: Pérdidas físicas de agua 2021-junio 2022 de la Zona 1 y 2.

PÉRDIDAS FÍSICAS DE AGUA							
VOLUMEN ENTREGADO A DISTRIBUCIÓN (m3)	VOLUMEN FACTURADO POR CICLO (m3)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS (m3)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS FÍSICAS (m3)	VOLUMEN DE FUGA DE REBOSO DE TANQUE MTOP 1 (m3)	VOLUMEN DE FUGA DE REBOSO DE TANQUE MTOP 2 (m3)	VOLUMEN POR FUGA DE REBOSO DE AMBOS TANQUES MTOP (m3)	FUGA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN, ACCESORIOS, CONEXIONES DOMICILIARIAS Y OTROS (m3)
10197910	4535848	5662062	5509980,21	2070,00	59986,00	62056,00	5447924,21

Fuente: EPMAPA-SD. Elaborado por el autor.

3.5.2. CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES.

Una de las problemáticas más alarmantes es el crecimiento poblacional de la ciudad, esto transcurrido ya que está en una zona estratégica que conecta a la Sierra con la Costa ecuatoriana. Además, una de las problemáticas son las conexiones clandestinas donde las personas no son conscientes de la mala distribución de agua que están generando y fugas las cuales suelen dejar que fluya el agua en caso que no afecte al usuario, ya que no valoran este recurso hídrico, una de las problemáticas es el robo de los medidores y componentes de la red de distribución ya que cuando existen piezas de bronce y metálicas, los delincuentes se las llevan. La ausencia o insuficiencia de micromedición ha generado deterioro operativo y la intermitencia del servicio de servicio en el sistema. Así mismo EPMAPA no cuenta con un registro de la antigüedad de los micromedidores, también falta la actualización de un catastro de redes completo, sectorizado y planificado, las válvulas usualmente se pierden debido a que cuando cambian de administración no dejan un registro de las válvulas, las cuales se abren y malgastan el agua, se ha intentado crear un departamento de geosis para detectarlas, pero apenas son 3 personas para toda la ciudad. Mediante los siguientes criterios se estimarán las pérdidas aparentes: Thornton (2008) recomienda usar 0,25% del volumen que entra al sistema como dato preliminar; para la IWA los países en desarrollo tienen un 5% del volumen facturado como estimación, para Lambert (2010) excederán el 5% en sistemas con tanques de reserva de los usuarios (Kropp & Herz, 2005) y el criterio alemán en un rango de 1,5 a 2% del volumen que ingresa al sistema (DVGW, 2003).

Tabla 3.21: Pérdidas comerciales de agua 2021-junio 2022 de la Zona 1 y 2.

PÉRDIDAS COMERCIALES DE AGUA 2021-JUNIO 2022						
VOLUMEN ENTREGADO A DISTRIBUCIÓN (m3)	VOLUMEN FACTURADO POR CICLO (m3)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS (m3)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS COMERCIALES SEGÚN ALEMANIA (m3)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS COMERCIALES SEGÚN THORNTON (m3)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS COMERCIALES SEGÚN LA IWA Y LAMBERT (m3)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS COMERCIALES PROMEDIO (m3)
10197910	4535848	5662062	25494,775	203958,2	226792,40	152081,79

Fuente: EPMAPA-SD. Elaborado por el autor.

3.5.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA.

Tabla 3.22: índice de agua no contabilizada

PÉRDIDAS TOALES DE 2021 A JUNIO 2022				
VOLUMEN ENTREGADO A DISTRIBUCIÓN (m ³)	VOLUMEN TOTAL FACTURADO POR CICLO (m ³)	VOLUMEN DE PÉRDIDAS (m ³)	NÚMERO DE ACOMETIDAS O USURIOS	ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA (%)
10197910	4535848	5662062	14449	55,52

Fuente: EPMAPA-SD. Elaborado por el autor.

4. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.

4.1. MEDIDAS PARA CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS FÍSICAS.

A corto plazo:

- Programa de detección activo de fugas.
 - a. Mejoramiento del equipo de geosis

Para encontrar fugas en la red de distribución de agua mediante un método acústico basado en la propagación de ondas sonoras con el equipo de un geófono, una varilla de sondeo o un hidrófono, son instrumentos mecánicos fáciles de usar y económicos, cuando se usa la propagación se puede detectar el ruido de la fuga y con una frecuencia entre 100 y 3000 Hz, las personas pueden detectar el sonido entre 250 y 8500 Hz, este difiere dependiendo la presión, es más detectable cuando aumenta la velocidad del caudal; el material, tiene mayor sonido el metal que el hormigón y asbesto cemento, menor en PVC; el diámetro, en tuberías pequeñas aumenta el ruido; el tipo de suelo, entre más compacto sea el relleno; la profundidad de la tubería; la geometría y el tamaño de la fuga (Carin, A.A. & Sund & Bhriku K Lahkar, 2011). Además, a veces las fugas en la red, son confundidas por reducciones, válvulas parcialmente abiertas, codos, juntas e hidrantes.

Otro aparato muy útil es el detector de metales, se puede realizar la búsqueda de válvulas extraviadas dichas fugas por lo cual se puede recomendar hacer una búsqueda al menos una vez a la semana en vez de una al mes, de tal manera que se genere un catastro del inventario de válvulas que existen y sean de utilidad o de cambio en caso de ser obsoletas y generar desperdicio. También se podría aumentar el personal de búsqueda que en vez de 3 personas para toda una ciudad se un equipo para cada zona que abastece el correspondiente tanque de reserva.

- b. Disminuir y controlar las fugas de los tanques de reserva.

De los 11 tanques de reserva que posee Santo Domingo, solo 3 tienen macromedidor y en su mayoría se ha logrado comprar las varillas de inserción para el control del caudal del tanque, pero sin funcionamiento por la ausencia de un collarín, por lo cual se podría realizar

un presupuesto donde se estipule que al menos cada mes se compre un collarín para la instalación de una varilla y la gestión de la compra de un macromedidor. En el caso de la zona 1 y 2 los dos tanques de reserva poseen macromedidor y una válvula de altitud para el control de reboso, esto ha logrado ahorrar un gran desperdicio, según la EPMPA-SD antes se perdía 100 mil m³ de agua en los tanques, suficiente como para llenar 50 tanques al mes. Sin embargo, ya que usualmente estos tanques rebosan y el encargado debe estar pendiente de la gráfica cuando pasa de la altura límite se avisa al operador, pero al depender de una persona el sistema tiene su grado de error pues si se descuida la lectura habrá reboses indetectables, como fue el caso en pandemia que no se tomaron lecturas, por lo cual se recomendaría gestionar un mantenimiento de los equipos cada mes y quien se encargue de su control tenga una capacitación y experiencia manejando el equipo. También se pueden colocar válvulas de aire para controlar el problema de lecturas erróneas debido a esto.

c. Método de observación.

Se puede planificar la búsqueda de fugas visibles, al menos una vez a la semana, donde se asigne a un grupo numeroso de los encargados de la Unidad de Pérdidas para que detecte el desperdicio de agua en la calle, hundimientos de pavimento, sectores de baja presión y quejas concentradas de usuarios por corrimiento de agua. Para ello se debe subdividir la zona ordenada y sistemáticamente, señalando los sitios con mayores pérdidas.

- Medición en Sectores.

Se puede subdividir la zona 1 y 2 de manera que se ubique un solo punto donde el agua entre y se asegura que tenga un medidor, al azar se empieza cerrar válvulas en un subsector desde la parte más alejada del medidor, en las partes que aun corra el agua se sabrá que hay menos fugas, entonces en los tramos con más fugas se pasa el equipo de sondeo, de esta manera se logrará registrar las zonas de desperdicio para lograr solucionarlas.

A mediano y largo plazo:

- Mapeo de presiones, sectorización y modelación de una red de distribución cerrada.

La modelación hidráulica por medio del software Epanet de una red cerrada, ya que una de las principales causas del desperdicio de agua en las redes de distribución, es el hecho de que es un sistema abierto porque aumenta el consumo, la calidad del agua se degrada al estancarse, pérdidas en la capacidad hidráulica cuando se quieren llenar los tanques, no se contabiliza ciertamente las pérdidas, el cambio permitirá sectorizar las zonas donde circula el agua y poder controlar de mejor manera las áreas donde existan mayores fugas, ya que al mandaron suministro de agua específico a cierta zona y facturar menos de lo que se ha

mandado se sabrá de forma más rápida para encontrar una solución. Por lo cual se debe introducir de ante mano las demandas de agua en el programa usando presiones donde de acuerdo a Gil la presión mínima durante la demanda pico es de 20 m.c.a, en ocasiones la presión del sistema es mayor a la requerida generando mas fugas, este diseño permitirá disminuir los caudales por fugas existentes, la frecuencia de nuevas fugas y aumentar la vida útil de la infraestructura.

La sectorización permitirá independizar los circuitos y reponer la infraestructura en caso de averías en sus puntos más críticos, delimita la red logrando homogenizar, independizar y aislar el servicio; aumentar la presión del índice de agua no contabilizado; identificar el origen de las pérdidas, actuar y controlar más rápido estas, ya que al ser un sistema cerrado se puede cerrar ciertas válvulas hasta encontrar la causa de la fuga; y optimizar el sistema operacional de la entidad. Para poder realizar esta alternativa las zonas 1 y 2 deben cumplir con lo siguiente: Poseer una red de distribución, optimizar el número de tuberías, usar como ventaja el relieve, evitar dividir las manzanas con leas irreales, considerar las cuencas y subcuencas hidrológicas de drenaje y colocar rutas para los micromedidores donde los sectores se dividan por circuitos, según expertos es necesario designar primero un sector pilote de manera que se aprenda de las fallas y aciertos del criterio hidráulico y comercial.

- Cambio de elementos

Los materiales comúnmente usados en las tuberías para la red de distribución según el (CPE INEN 5) son de: asbesto-cemento, policloruro de vinilo (PVC), fibra de vidrio, hierro fundido, hierro dúctil, hierro galvanizado y acero. La vida útil del PVC es de 20 a 25 años y asbesto de 40 50 años. Dependiendo del proyecto debe tener protección contra la corrosión tanto interna como externamente, depende de la calidad del agua, calidad del suelo y la economía.

A través de los años de uso, las tuberías de agua se corroen y se van depositando minerales en el interior de las cañerías, que generan una mayor resistencia al flujo de agua y por lo tanto requieren de mayor poder de bombeo (y consecuente gasto de electricidad). Esto realza la importancia de la realización de adecuadas tareas de mantenimiento y reemplazo de viejas tuberías corroídas (Denig-Chakroff, 2008).

- Control de fugas por altas presione en las tuberías.

Una medida que se podría implementar es la colocación de válvula reductora de presión modelo 720, se colocaría aguas arriba para que logre controlar la presión la que se manda por gravedad a los tanques de reserva.

4.2. MEDIDAS PARA CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES.

- Identificación y control de fraudes.

Es necesario que un grupo asignado de la Unidad de Control de Pérdidas, vayan a las zonas más críticas, usualmente son las zonas con mayor índice de pobreza, para que patrullen la zona y encontrar conexiones ilegales, también colocar un recubrimiento en las llaves las cuales usualmente son robadas porque son de metal.

- Censo catastro de usuarios y medidores.

Para poder controlar el consumo es necesario el control y mantenimiento de los micromedidores y el usuario asignado, identificando su ubicación y la información de uso como doméstico, comercial e industrial por la entidad prestadora de servicio quien se encarga de la facturación.

De manera que se logre obtener la información de ambas zonas se debe realizar primero un levantamiento predial, donde se actualice el mapeo municipal de micromedidores, logrando detectar ciertas conexiones clandestinas como acometidas con tuberías ilícitas que van a ciertas casas y donde colocar otro equipo, en caso de ya haber revisado la residencia se puede colocar una etiqueta o adhesivo para saber que ya se hizo el respectivo inventario; recolección de información de la ciudadanía donde en la página del EPMAPA se podría agregar una sección donde las personas denuncien conexiones clandestinas, medidores averiados y fugas de agua; promoción y divulgación del programa a los habitantes donde sepan de las visitas del encuestador y del nuevo servicio en la página web; verificación de datos de catastro con los que se tiene en el sistema de la Unidad Comercial y de Facturación; y finalmente crear la base de datos reciente.

La encuesta puede contar con el nombre del propietario o quien conste en la facturación; cédula; uso del servicio, domestico, comercial o industrial; estado del predio si es habitado; unidad habitacional en caso de anexo; número de habitantes; tipo de cliente en caso de ser legal o clandestino; estado del cliente; almacenamiento; estado de la caja, acometida y tapa; diámetro de la acometida, colocar con o sin medidor; tipo, estado y ubicación del micromedidor.

4.3. CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN DEL USO DEL AGUA.

Se puede iniciar planteando la campaña mediante el criterio de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para la América Latina (CEPAL) (Ferro & Lentini, 2015), mostrando primero

alternativas que se pueden ejecutar para realizar las mismas actividades, pero de forma que se logre reducir el uso del agua con el uso de electrodomésticos con mayor eficiencia hídrica y energética como el aireador de grifo; descarga baja de inodoros, comúnmente entre 19 y 26 litros y estos usan 3 por descarga; lavarropa de eje horizontal que ahorra un 40% de agua, dique para inodoros disminuye el 10% de agua; y en la ducha se usa un cabezal de bajo flujo que consume menos de 9,5 l/minuto, normalmente 17 a 30.

- Optimización del uso del agua:
 - a. Buenos hábitos: El uso de baños de inmersión por ducha, intentar evitar usar agua caliente, bañarse por menos tiempo, utilización de electrodomésticos que no pase de los 30°C; evitar plantas con riego suplementario propio de una planta no nativa, cerrar la llave cuando se realice una actividad como lavar los platos y los dientes.
 - b. restricciones del consumo obligatorias o voluntarias, como normas sobre electrodoméstico, reglamentos para las instalaciones internas y de los aparatos sanitarios en la vivienda, comercio, industrial y general.
 - c. Conciencia ambiental: Al tener un registro del consumo y publicar información sobre el impacto ambiental que tiene la escasez de agua y las consecuencias en la calidad de la vida, prenderá la conciencia para cambiar malos hábitos.
 - d. Alternativas de fuentes de agua: Enseñar cómo aprovechar el agua de lluvia, aguas grises o extracción directa del acuífero, para otras actividades como el riego de plantas.
- Económicos.

La empresa de agua potable podría añadir incentivos para los usuarios que tengan un límite de consumo, de tal forma de que las personas normalicen ahorrar agua por un beneficio monetario. También se podría poner en la hoja de facturación de agua un porcentaje que indique cuanto consumo y dinero se ahorró a diferencia del anterior mes.

- Promoción y divulgación de la campaña.

Realizar un panfleto físico y digital donde conste cuanto se ahorraría una persona por el reducir el consumo de agua por medio de aparatos domésticos más amigables con el ambiente, Además de representar el gran daño que puede generar las pérdidas de agua sin control como lo plantea el IWA (2011), en este caso si hay una fuga de 6 mm de diámetro con una presión de 50 mca, habría un desperdicio de 43,2 m³/d, equivale a 2500 m³ de una piscina olímpica, lo cual abastecería teniendo en cuenta que el consumo per capital de la

zona 1 y 2 es de 154,22 L/ha.d, esto es igual a 280 personas que están dejando de recibir agua.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- Al realizar la diferencia entre el volumen producido y el volumen facturado se puede obtener el índice de agua no contabilizada en la zona 1 y 2 el índice es de 55,52%, esto es mayor al promedio nacional de 47,69% en 2021, además se considera un porcentaje deficiente en la gestión comercial y operativa de la empresa según el Banco Mundial ya que supera el 25%, además supera el porcentaje entre 40 % y 50% establecido para países en vías de desarrollo. Mientras que para el Benchmarking del ARCA se tiene una baja eficiencia ya que. es mayor a 45% del índice de agua no contabilizada. El volumen de agua que se desperdició durante el año de 2021 a junio de 2022 fue de 566.2062 m³ como cada tanque de reserva tiene una capacidad de 2000 m³, esto quiere decir que con esa cantidad se podría llenar 2831 tanques al mes y si se coloca una tarifa estándar de \$0,35 por cada m³, se estuvo perdiendo \$ 1'981.721,7. Mediante una estimación se determinó que el volumen de pérdidas comerciales es de 152.081,79 m³ equivale 1,49% de los 55,2% del total y las pérdidas físicas son de 5'509.980,21m³ que es 54,03% del índice de agua no contabilizado.
- En el caso de la zona 1 y 2 las pérdidas físicas de agua más relevantes son las fugas en las conducciones y tuberías principales, esta es provocada por las altas presiones que generó retirar el tanque rompe presiones llegando a valores mayores que los permisibles de 70 mca, generando el aumento de consumo por la velocidad del agua y daña los accesorios intradomiciliarios; el efecto del trafico al ubicarse en una zona urbana concentrada; el movimiento del suelo que se incrementa si son arcillosos al expandirse cuando llueve y en esta área es franco, arcilloso y limoso; el golpe de ariete es cuando el trabajador carecer de experiencia y cierra bruscamente las válvulas; y la corrosión interna esto ocurre porque se tiene una red de distribución abierta con puntos muertos que deterioran la calidad de agua acumulándose sedimentos que reduce la capacidad hidráulica, mediante el índice de Langelier se clasifica la corrosión. La siguiente fuga más común es el derroche del reboso de agua de los tanques de la MTOP dando 68690 m³ de pérdidas y fugas por válvulas extraviadas debajo del pavimento. Por otro lado las pérdidas aparentes más fuertes se dan por la ausencia de micromedidores que logren estimar el consumo, ya que al no haber se estipula una tarifa fija, además de que colocan en la acometida principal crean by-passes,

acometidas paralelas y derivaciones internas, también es común que se roben las llaves metálicas y dejen que se corra el agua en las calles, existen errores en la medición debido a la falta de mantenimiento, calibración de micromedidores y debido a la discontinuidad del llenado de los dos tanques lo cual hace que ingrese el aire creando fluctuaciones en la lectura.

- La alternativa más viable que se ha escogido para la ejecución de esta área es primero la medición de sectores donde se subdivide la zona para un mayor control; el programa de detección activa de fugas, donde se fortalezca al equipo de geosis para la búsqueda de fugas por un equipo de sondeo y un detector de metales para encontrar válvulas extraviadas, para mejorar la exactitud de las lecturas se puede colocar válvulas de aire, ya que al ser discontinuo el llenado y vaciado de los tanques se origina esto, además los encargados pueden ir una vez por semana y reconocer fugas visibles al detectar hundimientos de pavimento, agua corriendo en las calles, sectores de baja presión y quejas concentradas de usuarios por corrimiento de agua; el Censo catastro de usuarios y medidores, consiste en que los encargados visiten los subsectores e identifiquen las zonas que es necesario instalar micromedidores y el estado de estos, tener un registro del catastro y revisar las acometidas en caso de conexiones fraudulentas y recubrir las llaves de paso para evitar robos, además sería de mucha utilidad clasificar una sección en la página web de la entidad donde dependiendo el caso lo pueda atender la Unidad de Control de Pérdidas como lo son conexiones clandestinas, medidores averiados y fugas de agua.
- Finalmente realizar una campaña de concientización del uso del agua, dar incentivos visuales en la factura donde conste el porcentaje que se ahorró el anterior mes de agua y el dinero que significó, la divulgación mediante panfletos y redes sociales que muestren las alternativas de aparatos electrónicos y sanitarios amigables con el planeta, las buenas prácticas para el ahorro en el hogar y las consecuencias del desperdicio de agua como lo es en la zona 1 y 2 que si hubiera una fuga de apenas 6mm de diámetro se perdería 43,2 m³/d lo que equivale a que 280 personas sufran escasez de agua al tener un consumo per capital de 154,22 L/ha.d, se debe tomar en serio la gravedad de esta problemática ya que al ser una de las ciudades con mayor crecimiento poblacional por su ubicación estratégica entre la Costa y Sierra ecuatoriana, se reduciría la cobertura de la demanda si se sigue manteniendo con un 55,52% de índice de agua no contabilizada, ya que afectaría a la calidad de vida como lo es la proliferación de enfermedades de la población; de tal forma que al extraer más recursos hídricos se necesitará de mayor energía permitiendo la

propagación de emisiones de dióxido de carbono. Para lograr un cambio y lograr combatir y reducir las pérdidas de manera sostenible y exitosa, es necesario el apoyo político, gerencial y financiero que permitan la ejecución de las alternativas planteadas, esto sería beneficiosos ya que a pesar de significar usar una parte del presupuesto se ha demostrado que a largo plazo se convierte en una recuperación significativa, se reducen los costos de reparaciones, mayor vida útil de los activos, mejor medición y facturación, menos quejas de la ciudadanía, menor riesgo para la salud, eficiencia en el costo operativo y de capital.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Se debe considerar que para la implantación, gestión y control de una o varias de las alternativas presentes, se debe contar con personal bien capacitado y con experiencia en el manejo ya que en algunas de estas soluciones para reducir las pérdidas de agua se deben usar equipos los cuales si no se calibran adecuadamente los valores de estimación existirá una diferencia entre los datos reales y los cuantificados, como es el caso de los micromedidores, los macromedidores, las varilla de inserción, válvulas, el detector de metales y el geófono. Además, se debe mantener una gestión programada del mantenimiento y la actualización del equipo, junto a la capacitación de los operarios asignados a manejar el implemento.
- Resulta de gran utilidad mantener una eficiente organización y clasificación de información independientemente de la autoridad en turno dentro de la entidad prestadora de servicio de agua potable, esto es debido a que cuando se realizan ciertas obras como la ampliación de la red de tuberías de agua potable, el reemplazo o aumento de un micromedidor y una acometida, la colocación de válvulas nuevas; se suele tener el registro, pero una vez que se cambie de administración esa información tiende a disiparse, por lo cual se recomienda subir esta información a una plataforma segura donde la institución garantice su alcance cuando se necesite ya sea por algún proyecto, para detectar fugas o la actualización del mapeo catastral.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Regulación y Control del Agua. (2020). *BENCHMARKING DE PRESTADORES PÚBLICOS DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL ECUADOR*. <http://www.regulacionagua.gob.ec/>

ARCA. (2021a). *2021-Boletín-informativo-STCTEA.pdf*.

ARCA. (2021b). *Boletín Técnico No 04-2020-GAD Municipales Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales Gestión de Agua Potable y Saneamiento. 04*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Agua_potable_alcantarillado_2020/Boletin_tecnico_APA_2020_VF.pdf

- Benavides Muñoz, H. (2019). *¿En Ecuador dónde se concentra la mayor demanda de agua? ¿Es realmente en el sector agrícola?* [https://dialoguemos.ec/2019/05/en-ecuador-donde-se-concentra-la-mayor-demanda-de-agua-es-realmente-en-el-sector-agricola/#:~:text=El país cuenta con un,la producción industrial \(8.0%25\).](https://dialoguemos.ec/2019/05/en-ecuador-donde-se-concentra-la-mayor-demanda-de-agua-es-realmente-en-el-sector-agricola/#:~:text=El país cuenta con un,la producción industrial (8.0%25).)
- Carin, A.A. & Sund, R. ., & Bhriku K Lahkar. (2011). PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN GIL. *Journal of Controlled Release*, 11(2), 430–439.
- Carvajal, A., Rísquez, A., Echezuría, L., Fernández, M., Castro, J., & Aurentis, L. (2019). Recomendaciones sobre el consumo de agua. *Bol Venez Infectol*, 30(1), 5–9.
- CEPIS. (1980a). *Manual sobre control de fugas y mediciones en redes de distribución de agua potable*.
- CEPIS. (1980b). *Prevencion de fugas y metodos empleados en la localizacion de las mismas* (Universida).
- Comisión de Regulación de Agua Potable. (2002). *DECRETO 229 DE 2002*. 2002(44). https://www.academia.edu/23478353/SCHERMERHORN_Jr_John_R_HUNT_James_G_and_OSBORN_Richard_N_Organizational_Behavior
- COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. (2001). *RESOLUCION 151*. 44, 11.
- Comisión Nacional del Agua. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable. In *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Libro 4* (Tomo 4). www.conagua.gob.mx
- CPE INEN 5. (1992). Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposicion de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 291.
- Damasio, S. (2021). *Causas y consecuencias de las pérdidas en los sistemas de suministro de agua*. <https://www.novus.com.br/blog/causas-y-consecuencias-de-las-perdidas-en-los-sistemas-de-suministro-de-agua/?lang=es>
- DVGW. (2003). *Arbeitsblatt W 392 Rohrnetzinspektion und Wasserverluste - Maßnahmen, Verfahren und Bewertung* (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (ed.)).
- EL COMERCIO. (2012, September 8). *Santo Domingo padece por la falta de agua potable*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/santo-domingo-padece-falta-agua.html>
- EL COMERCIO. (2022, March 10). *En Santo Domingo y Ambato impacta el déficit de agua*

- potable. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/santo-domingo-ambato-agua-potable.html>
- Ferro, G., & Lentini, E. J. (2015). Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado. In *Cepal* (Vol. 17, Issue 3). <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169e.pdf>
- GAD-SD. (2015). *Ordenanza de Gestión del Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Santo Domingo. No 328*, 172. <https://intranet.santodomingo.gob.ec/wp-content/uploads/2018/06/REGISTRO-OFICIAL-PDOT-2015.pdf>
- GAD SD. (2014). *INFORMACION GENERAL SOBRE EL AGUA POTABLE DE SANTO DOMINGO*. <http://santodomingodeloscolorados.blogspot.com/2014/02/informacion-general-sobre-el-agua.html>
- GAD SD. (2015). *Pdot 2030*. 1–455. www.santodomingo.gob.ec
- Gil Jaramillo, J. C. (2009). *Sistema de distribución de agua con intermitencia de servicio* (Lemoine).
- González, Saldarriaga, Sánchez, F., Jaramillo, O., & Verdugo, N. (2010). *Estudio Nacional del Agua: Agua Superficial*. http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2010.compressed.pdf
- IMTA. (2007). *Conceptos de reducción y control de pérdidas, y de sectorización de redes de distribución*. 1–20.
- INEC. (2001). *Censo 2001*.
- INEC. (2010). Resultados Censo. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Fascículo Provincial Sto. Domingo*, 0–7.
- INEC. (2012). *Información Ambiental en Hogares Junio 2012*. 1–44.
- INEC. (2013a). *3 de cada 10 hogares realizan prácticas de ahorro de agua*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/3-de-cada-10-hogares-realizan-practicas-de-ahorro-de-agua/>
- INEC. (2013b). *Siete de cada diez hogares en Ecuador no realizan ninguna práctica de ahorro de agua*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/siete-de-cada-diez-hogares-en-ecuador-no-realizan-ninguna-practica-de-ahorro-de-agua/>
- INEC. (2015). *Análisis por servicio – Tipología de agua*. <https://servicios.dpe.gob.ec/unidad-2-ejercicio-de-derechos-en-cada-servicio-publico/capitulo-1-agua-por-red-publica/analisis-multicriterio/>
- INEC. (2019). *Buenas Prácticas Ambientales en Hogares del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*.

- IWA. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*.
- Kropp, I., & Herz, R. (2005). *Bewertung von Leitungsnetzen*. wwt wasserwirtschaft wassertechnik
- La Hora. (2018). *Estiaje en el río Lelia*. <https://www.pressreader.com/ecuador/la-hora-santo-domingo/20181013/281496457246584>
- Lambert, A., & Hirner, W. (2002). The “blue pages.” *Test Engineering and Management*, 64(5), 20.
- Lambert, A. O., & Fantozzi, M. (2010). *Recent Developments in Pressure Management. Proceedings of the IWA International Specialised Conference ‘Water Loss 2010*.
- López, A. (2014). *Instalaciones eficientes de Suministro de agua y Saneamiento e edificios* (IC Editori).
- LORHUyA. (2014). LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. *Registro Oficial Suplemento N° 305*, 43. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/623>
- MAE-CONDESAN. (2010). *PROYECTO SOCIO BOSQUE* (SENPLADES).
- McGhee, T. (1999). *Abastecimiento-de-Agua-y-Alcantarrillado* (McGRAW (ed.); 6th ed.). Lafayette.
- Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. (2009). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*.
- NTE INEN 5. (2012). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 21.
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Ortiz, R. (2021). *BID Innovando en Agua y Saneamiento en 2021 en América Latina y el Caribe*. <https://blogs.iadb.org/agua/es/innovando-en-agua-y-saneamiento-en-2021/>
- Ravelo, S. A. (2013). Abastecimiento de Agua (Teoría y Diseño). In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- SIAC. (2012). *Sistema de información Ambiental de Colombia*. <http://www.ideam.gov.co/web/siac/demandaagua>
- Smet, J., & Wijk-Sijbesma, C. Van. (2002). Small community water supplies : technology, people and partnership. In *IRC - International Water and Sanitation center*. https://www.ircwash.org/sites/default/files/Smet-2002-Small_TP40.pdf
- Solinst. (2022). *Datalogger de Nivel de Agua LevelVent 5 Modelo 3250*.

<https://www.solinst.com/espanol/productos/registradores-automaticos/3250-levelvent/datasheet.php#:~:text=El datalogger altamente preciso está,subterráneas someras o aguas superficiales.>

Thornton, J., Sturm, R. Kunkel, G. (2008). *Water Loss Control* (McGraw-Hill (ed.)).

Torres, W. (2021, July 4). Nueve provincias de Ecuador con bajo acceso a agua potable.

Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/provincias-ecuador-acceso-agua-potable/>

Trapote Jaume, A. (2017). *Infraestructuras hidráulico-sanitarias* (U. De Alicante (ed.); 3rd ed.). <https://bibliotecavirtual.puce.edu.ec/reader/infraestructuras-hidraulico-sanitarias-tomo-1-arturo-trapote-jaume?location=54>

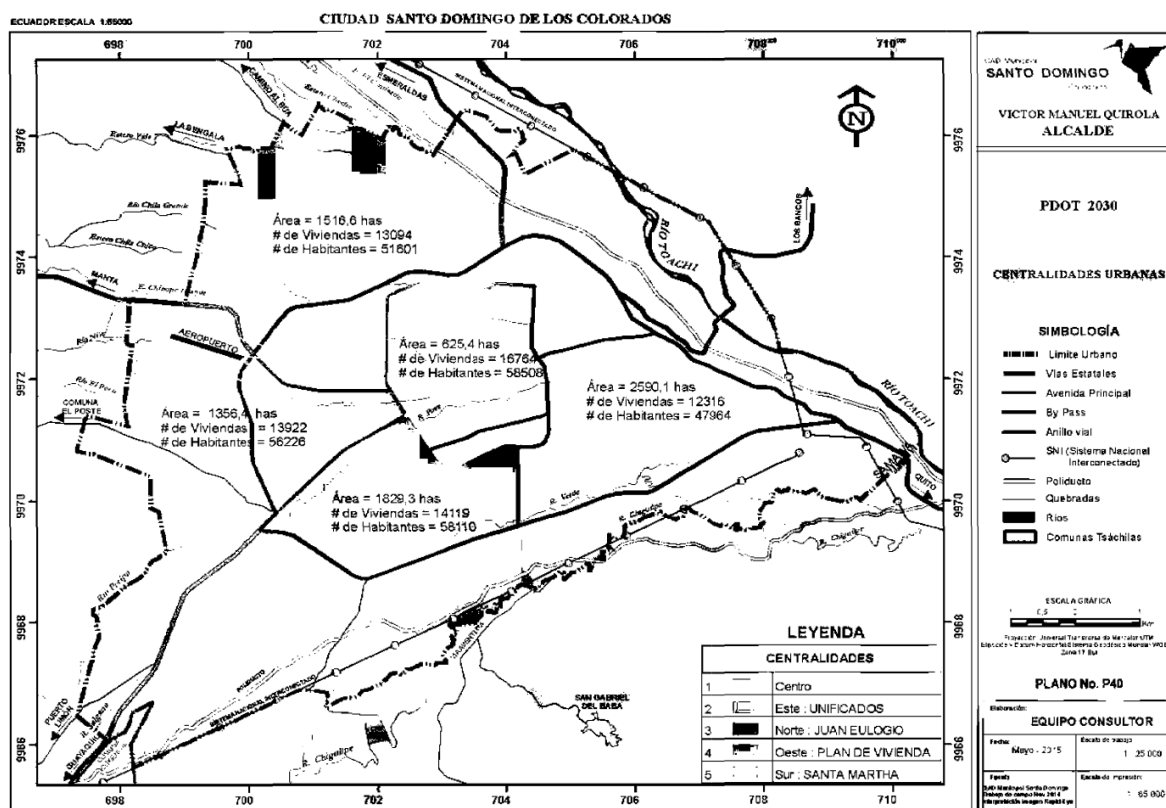
UNEP. (1992). *Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente: Declaración de Dublín*. 10. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/30961>

Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2010). RAS 2000 Título “B” Sistemas de Acueducto. In *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000*. <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOBO30714.pdf>

Vindas Villalobos, J. (2005). *Modelo para la cuantificación y desagregación de las pérdidas en sistemas de agua potable como herramienta para el establecimiento de un programa eficiente de reducción de pérdidas*.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de la Zonificación Urbana de Santo Domingo.



Anexo 2: Cantón: Proyecciones de Población al 2030 SENPLADES

CANTÓN/ CIUDAD/PARROQUIAS	PROYECCIONES				
	2010	2015	2020	2025	2030
Alluriquín	9.725	11071	12118	13144	14125
El Esfuerzo	5.763	6561	7181	7789	8371
Luz de América	10.881	12387	13559	14706	15804
Puerto Limón	9.344	10637	11644	12629	13572
San Jacinto del Búa	11.718	13340	14602	15837	17020
Santa María del Toachi	5.615	6392	6997	7589	8156
Santo Domingo de los Colorados	305.632	347941	380847	413074	443924
Valle Hermoso	9.335	10627	11632	12617	13559
TOTAL	368.013	418957	458580	497385	534531

Anexo 3: CUADRO 6. Formas de abastecimiento y distribución de agua a la población: 2019. ARCA-AME-INEC. 2019, Registro de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado

Año	Desagregación	Red Pública		Pila/Pileta/Llave pública		Carro repartidor		Total
		Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto
2018	Nacional	221	100%	57	25,8%	51	23,1%	221
	Sierra	93	100%	25	26,9%	14	15,1%	93
	Costa	84	100%	18	21,4%	27	32,1%	84
	Amazonía	41	100%	13	31,7%	9	22,0%	41
	Región Insular	3	100%	1	33,3%	1	33,3%	3

Anexo 6: Cantón: viviendas con Servicios Públicos Básicos. INEC Censo 2010 (GAD SD, 2015)

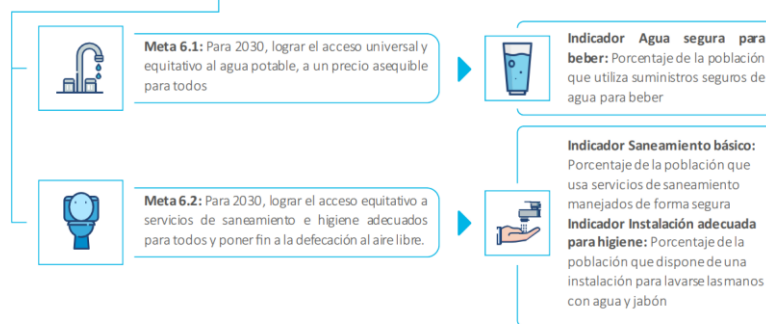
Cantón-Parroquia-Ciudad	Agua por red dentro de la Vivienda	
	%	Número
Alluriquín	16.9	427
El Esfuerzo	27.4	407
Luz de América	25.6	693
Puerto Limón	18.7	425
San Jacinto del Búa	32.2	937
Santa María del Toachi	25.5	368
Santo Domingo (ciudad)	53.8	42.169
Valle Hermoso	23.2	556
TOTAL		45.982

Anexo 7: Objetivos de Desarrollo de la OMS

Objetivo de Desarrollo, Metas e Indicadores



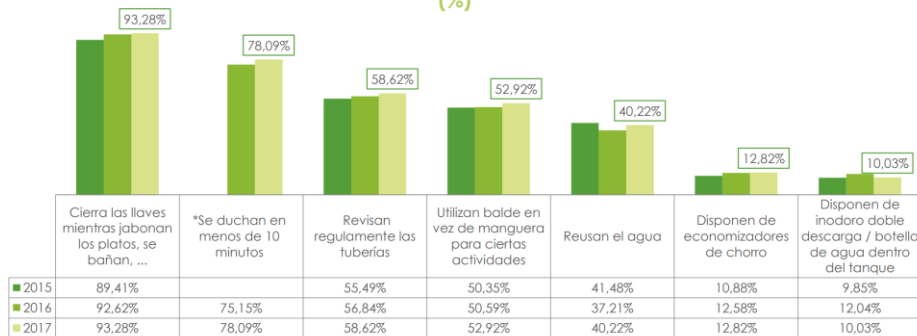
Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos



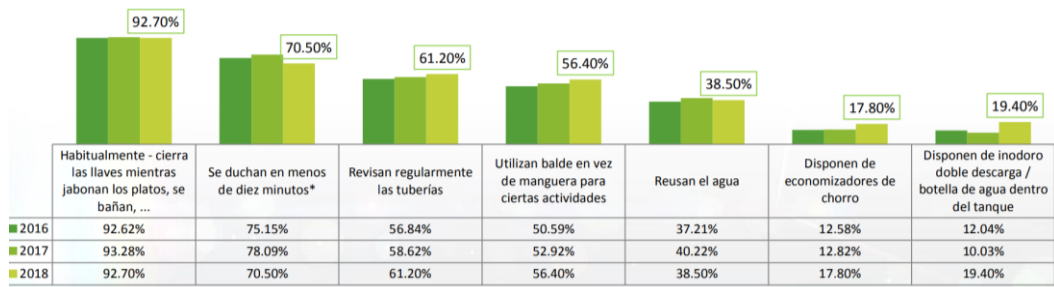
Medición de los indicadores ODS de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH) en el Ecuador

Anexo 8: Prácticas de ahorro de agua realizadas por los hogares (%). INEC Información Ambiental en Hogares ESPND 2018

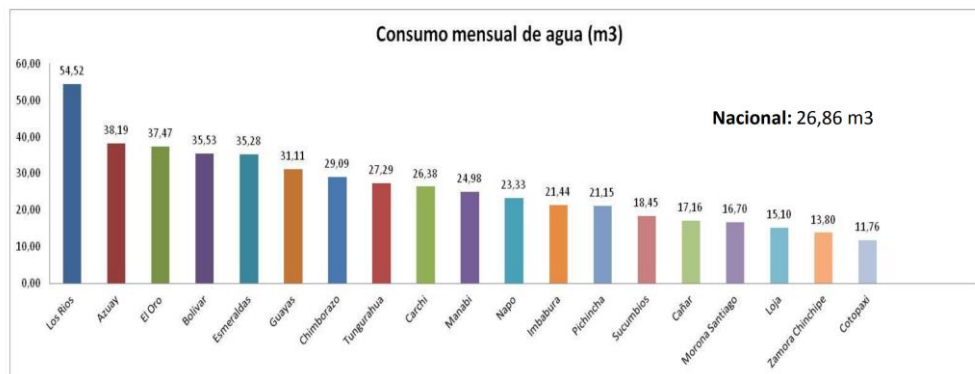
Prácticas de ahorro de agua realizadas por los hogares (%)



Anexo 9: Prácticas de ahorro de agua realizadas por los hogares (%). INEC Información Ambiental en Hogares ESPND 2018



Anexo 10: Consumo mensual de agua potable (Nacional - Provincial). Información Ambiental en Hogares (INEC, 2012)



Anexo 11: Consumo de agua contabilizado mensual por usuario de las zonas 1 y 2. EPMAPA-SD.

ZONAS 01 Y 02 - AÑO 2021- JUNIO 2022	
MES	CONSUMO MENSUAL POR USUARIO (m3/mes.acometida)
Enero	16,86
Febrero	15,72
Marzo	16,99
Abril	15,78
Mayo	16,79
Junio	17,08
Julio	17,28
Agosto	17,36
Septiembre	17,21
Octubre	16,95
Noviembre	16,82
Diciembre	16,97
Enero	14,70
Febrero	30,57
Marzo	15,68
Abril	15,71
Mayo	18,13
Junio	17,32

Anexo 12: La tasa del flujo de fuga de un único agujero de 6 mm y el volumen equivalente de agua.

Anexo 13: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 14: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 15: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 16: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 17: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 18: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 19: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 20: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 21: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 22: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 23: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.



Anexo 24: Fotografía de la Planta de Tratamiento Principal de Santo Domingo.

