

Memoria Técnica

**Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de
AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el
Cantón Tulcán, Provincia de Carchi**

INF-TULCÁN-AAPP-2023

Tulcán, Carchi.

MARZO - 2024

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	2	

Contenido

1	Objetivo	7
2	Alcance	7
3	Documentos de referencia	7
3.1	Documentos generales	7
3.2	Normas técnicas.....	7
4	Unidades de medida, abreviaturas y variables	8
4.1	Sistema de unidades	8
4.2	Abreviaturas.....	9
4.3	Variables.....	10
5	Bases y parámetros de diseño	10
5.1	Antecedentes	10
5.2	Condiciones particulares del proyecto	11
5.3	Periodo de diseño	12
6	Proyección de población y demanda	13
6.1	Análisis de la información comercial	13
6.1.1	Suscriptores y uso del agua.....	13
6.1.2	Registros de consumo	13
6.2	Proyección de la demanda a partir de la información comercial	16
6.2.1	Pérdidas de agua en el sistema de agua potable	19
6.2.2	Dotación bruta	19
6.2.3	Caudal medio diario a partir de consumos registrados	20
6.2.4	Coeficientes de consumo	20
6.2.5	Caudal máximo diario a partir de consumos registrados	20
6.2.6	Caudal máximo horario a partir de consumos registrados	21
6.3	Proyección de la demanda a partir del censo INEC 2010	21
6.3.1	Proyección de población	21
6.3.1.1	Densidades actuales y futuras.....	21
6.3.1.2	Métodos de cálculo	22
6.3.1.3	Población de diseño	23

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	3	

6.3.2	Dotación neta por habitante.....	24
6.3.3	Pérdidas de agua en el sistema de agua potable	24
6.3.4	Dotación bruta	24
6.3.5	Caudal medio diario a partir de censo poblacional.....	25
6.3.6	Coeficientes de consumo	25
6.3.7	Caudal máximo diario a partir de censo poblacional.....	25
6.3.8	Caudal máximo horario a partir de censo poblacional	25
6.4	Caudal de diseño.....	26
6.4.1	Demanda de agua potable	26
6.4.2	Caudal de incendio.....	27
6.4.3	Caudal de diseño	27
7	Tanque de Almacenamiento	28
7.1	Introducción.....	28
7.1.1	Ubicación y coordenadas del tanque de almacenamiento	28
7.2	Consideraciones del Diseño	29
7.2.1	Características del tanque VFA	29
7.3	Parámetro para el Volumen de diseño para el Tanque	30
7.3.1	Volumen de diseño	30
7.3.2	Análisis oferta y demanda para establecer el déficit de almacenamiento	31
7.4	Capacidad y Geometría del Tanque	33
7.5	Sistema de Abastecimiento y Distribución	34
8	Modelación hidráulica	34
8.1	Alcance	34
8.2	Caudales de diseño	34
8.3	Zona de presión	34
8.4	Topología de la red de distribución	34
8.5	Software de modelación	35
8.6	Construcción del modelo	35
8.6.1	Topología de las redes.....	35
8.6.2	Usuarios (Customer Meter).....	36
8.6.3	Válvulas	37

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	4	

8.6.3.1	Válvulas de seccionamiento	37
8.6.4	Asignaciones de elevaciones	38
8.7	Asignación de demandas al modelo hidráulico	38
8.8	Pérdidas por fricción	39
8.9	Pérdidas locales (accesorios)	40
8.10	Escenarios de modelación	41
8.11	Simulación de escenarios	41
8.11.1	Balance de caudal	41
8.11.2	Velocidad del flujo	42
8.11.3	Presiones de servicio	43
9	Análisis de elementos operativos de la red	44
9.1	Válvulas de seccionamiento y análisis de criticidad	44
9.2	Macromedidor (caudalímetro)	45
9.3	Válvulas de aire	45
9.4	Válvulas de desagüe	46
9.5	Válvulas reguladoras de presión	46
10	Intervenciones a sistema existente	47
11	Conclusiones y recomendaciones	48
12	Bibliografía	49

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	5	

Índice de Tablas

Tabla 4.1 Unidades de medida.....	8
Tabla 4.2 Abreviaturas	9
Tabla 5.1 Parámetros y condiciones particulares de la línea de conducción	12
Tabla 6.1 Usuarios por categoría año 2023	13
Tabla 6.2 Consumo total mensual (2013-2018).....	13
Tabla 6.3 Consumo anual por categoría (2013-2017).....	15
Tabla 6.4 Porcentaje de consumo anual por categoría (2013-2017).....	15
Tabla 6.5 Consumo total anual (2013-2018).....	17
Tabla 6.6 Expresiones utilizadas para la proyección de consumo	17
Tabla 6.7 Tasas de crecimiento según función	18
Tabla 6.8 Caudal de consumo neto estimado a partir de la micro medición	18
Tabla 6.9: Dotaciones Netas para la Zona Urbana y Zonas Aledañas	19
Tabla 6.10 Estimación de la demanda bruta a partir de registros de consumos.....	20
Tabla 6.11 Caudal medio diario estimado a partir de registros de consumos	20
Tabla 6.12 Caudal máximo diario estimado a partir de consumos registrados.....	20
Tabla 6.13 Caudal máximo horario estimado a partir de consumos registrados	21
Tabla 6.14. Población en el área urbana y rural por sexo.....	21
Tabla 6.15 Tasas de crecimiento y densidad poblacional.....	22
Tabla 6.16 Proyección de población (2018-2043)	23
Tabla 6.17 Dotación definida en el Plan maestro de agua potable y alcantarillado de Tulcán	24
Tabla 6.18 Estimación dotación neta y bruta	24
Tabla 6.19 Caudal medio diario estimado por proyección de población	25
Tabla 6.20 Caudal máximo diario estimado por proyección de población.....	25
Tabla 6.21 Caudal máximo horario estimado por proyección de población	26
Tabla 6.22 Resumen de demanda de agua potable según métodos de proyección	26
Tabla 6.23 Resumen de demandas de dos escenarios a evaluar en modelación hidráulica	27
Tabla 6.24 Caudal de diseño	27
Tabla 7.1 Coordenadas del Tanque proyectado	28
Tabla 7.2 Ventajas del material del tanque proyectado.....	29
Tabla 7.3 Cálculos del Volumen de diseño para el tanque de almacenamiento	31
Tabla 7.4 Cálculos del dimensionamiento para el tanque de almacenamiento.....	33
Tabla 8.1 Longitud de redes por tipo y diámetro	34
Tabla 8.2 Valores de rugosidad absoluta, ϵ (mm).....	36
Tabla 8.3 Resumen de válvulas de seccionamiento.....	38
Tabla 8.4 Coeficientes de pérdidas por accesorios.....	40
Tabla 8.5 Escenarios de modelación	41
Tabla 8.6 Resumen de balance de masa del sistema (caudal).....	42
Tabla 8.7 Resumen de velocidades del sistema.....	42
Tabla 8.8 Presiones máximas y mínimas en el sistema	43

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	6	

Tabla 9.1 Datos hidráulicos caudalímetro	45
Tabla 9.2 Válvulas de aire	46
Tabla 9.3 Válvulas de desagüe	46
Tabla 9.4 Condiciones de selección de VRP	46

Índice de Figuras

Figura 5-1 Implantación general de la línea de conducción	11
Figura 6-1 Histograma de consumos anuales totales de la población.....	14
Figura 6-2 Histograma de consumos anuales totales para determinar tasa de crecimiento de la población.....	14
Figura 6-3 Consumo total mensual interanual máximo, mínimo y promedio (2016-2019; 2021-2022)	15
Figura 5-4 Porcentaje de consumo por categoría (2013-2014)	16
Figura 5-5 Porcentaje de consumo por categoría (2015-2016-2017).....	16
Figura 6-6 Proyecciones de caudal con diferentes métodos.	19
Figura 6-7. Población en el área urbana y rural por sexo	22
Figura 7-1 Implantación de la PTAP y Tanque Existente y Tanque Proyectado.....	28
Figura 7-2 Implantación del Tanque Existente vs Tanque Proyectado.....	29
Figura 7-3 Vista Aérea – Tanques de Reserva.....	31
Figura 7-4 Panorámica de Tanques de Reserva	32
Figura 7-5 Tanque de Reserva – Loma de Taques	32
Figura 6-6 Tanque de Reserva – Jardines del Este.....	32
Figura 8-1 Representación de tramos de tuberías por diámetro en modelo hidráulico	36
Figura 7-2 Representación de usuarios (customer meter) en modelo hidráulico	37
Figura 8-3 Ubicación y diámetro de válvulas de seccionamiento.....	37
Figura 8-4 Curvas de nivel del proyecto.....	38
Figura 8-5 Esquema de carga de demandas a la tubería más cercana.	39
Figura 8-6 Curva de consumo horario.....	39
Figura 8-7 Velocidad del flujo para QMH al final del periodo de diseño (Todos los Casos)	42
Figura 8-8 Presión mínima (Todos los Casos)	43
Figura 9-1 Segmentación del sistema del proyecto.....	44
Figura 10-1 Tramos de tubería existente a reemplazar	47

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	7	

1 Objetivo

Presentar el diseño de acueducto y el dimensionamiento del tanque de reserva complementario al sistema de AAPP para el sector Norte de la ciudad de Tulcán.

2 Alcance

Definir la demanda de agua potable, diámetro de acueducto y el volumen del tanque de almacenamiento que se debe considerar para el período de diseño establecido y verificar las condiciones de operación de cada uno de los componentes del sistema. Se analiza la proyección de la demanda utilizando los registros de los consumos disponibles de la zona y a partir de la proyección de la población del censo del año 2010.

3 Documentos de referencia

3.1 Documentos generales

- Memoria Planta Agua Potable.
- Cad. Topografía final Tulcán 07-08-2023.
- Memoria Técnica “Generación de Geo información para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional Escala 1:25000”.
- Memoria Fase III Agua Potable. (Memoria Técnica-Plan Maestro)
- Estadística de Consumos Mensuales.
- Tasas de Consumo para Evaluar.
- Análisis de Consumos TULCÁN al 2018.
- PDOT Cantón Tulcán 2020_2023

3.2 Normas técnicas

- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5. Parte 9-1:1992 NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.
 - La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS). Código Ecuatoriano de la Construcción. Parte IX. Obras Sanitarias. CO 10.07 – 601. NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.
 - Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [recurso electrónico]: TÍTULO B. Sistemas de acueducto. – 2 ed. / Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.); Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de
-

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	8	

Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados – CIACUA. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017. 480 p.

- Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P [recurso electrónico]. – 2 ed., Medellín: Colombia, 2013. 221 p.

4 Unidades de medida, abreviaturas y variables

4.1 Sistema de unidades

Para el presente proyecto se utilizarán las unidades de medida indicadas en la Tabla 4.1. Aquellas que no se encuentren incluidas, se definirán como lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1:2013 (INEN, 2013)

Tabla 4.1 Unidades de medida

Magnitud	Unidad Básica	Símbolo
Temperatura	Grado Celsius	°C
	Gramo	g
Masa	Kilogramo	kg
	Toneladas	t
	Hora	h
Tiempo	Minuto	Min
	Segundo	seg
Longitud	Metro	m
	Milímetro	mm
Diámetro	Milímetros	mm
Área	Metro cuadrado	m ²
	Metro cúbico	m ³
	Litros	l
Volumen	Centímetros cúbicos	cm ³
	Pies cúbicos	pie ³
	Galones	gal
Velocidad	Metros por segundo	m/s
Densidad	Kilogramo por metro cúbico	kg/m ³
	Metros cúbicos por hora	m ³ /h
Caudal	Litros por segundo	l/s
	Galones por minuto	gal/min (GPM)
Flujo másico	Kilogramo por hora	kg/h
	Libra por hora	lb/h
Fuerza	Newton	N
	Pascal	Pa
Presión	Libra/Fuerza por pulgada cuadrada	PSI
	Metros columna de agua	mca

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	9	

Magnitud	Unidad Básica	Símbolo
Voltaje	Voltio	v
Corriente	Amperios	A
	Vatios	W
Potencia	Kilovatio	kW
	Caballos de potencia	HP
Energía	Vatio-hora	Wh
	Kilovatio-hora	kW/h

4.2 Abreviaturas

Las siguientes abreviaturas se utilizarán para identificar las entidades, asociaciones e institutos encargados de realizar las normas y especificaciones técnicas (o parte de ellas) que aplican para el proyecto.

Tabla 4.2 Abreviaturas

Abreviatura	Descripción
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
AISC	American Institute of Steel Construction
ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society of Testing and Materials
AWS	American Welding Society
AWWA	American Water Works Association
CEN	Comité Europeo de Normalización
CNEL EP	Corporación Nacional de Electricidad
CONELC	Consejo Nacional de Electricidad
IBC	International Building Code
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGM	Instituto Geográfico Militar
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISA	International Society of Automation
ISO	International Organization for Standardization
MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
MTOP	Ministerio del Transporte y Obras Públicas
NEC	National Electrical Code
NEC-15	Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NFPA	National Fire Protection Association

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	10	

Abreviatura	Descripción
OSHA	Occupational Safety and Health Administration

4.3 Variables

- **IANC:** Índice de agua no contabilizada, se refiere a toda pérdida aparente y real en un sistema de agua.
- **Tanque de Almacenamiento:** estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usadas para guardar y/o preservar líquidos.
- **Caudal:** cantidad de fluido que circula por unidad de tiempo en determinado sistema o elemento.
- **Gradiente hidráulico:** pérdida de carga (altura piezométrica) por unidad de longitud recorrida.
- **Presión:** fuerza que hace que un flujo de agua sea fuerte o débil (alto / bajo).
- **Sectorización:** formación de zonas de suministro autónomas, más no independientes, dentro de una red de distribución.
- **Aguas abajo:** es el nivel de presiones de servicio de suministro de agua medido en un punto adelante en el sentido del flujo, es decir, desde la salida del ensamblaje mecánico de la VRP hacia la zona de consumo (presión baja).
- **Aguas arriba:** es el nivel de presiones de servicio de suministro de agua, medido en un punto anterior en el sentido del flujo, es decir, antes de la entrada del agua al ensamblaje mecánico de la VRP (presión alta).
- **Válvula Reductora de Presión (VRP):** es el componente hidráulico principal de la estación reductora de presión. Es la válvula que genera la pérdida o quiebre de presión, estableciendo claramente dos niveles de presión, uno de valor alto aguas arriba y uno de valor bajo aguas abajo.

5 Bases y parámetros de diseño

5.1 Antecedentes

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tulcán en colaboración con la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T) requiere de la elaboración del estudio para la Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi. El presente informe se elabora con

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	11	

base a la información suministrada en los estudios del plan maestro de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tulcán, reportando los resultados para la población del proyecto, con proyección al año 2043 considerando 20 años como periodo de diseño para el tanque. La ubicación y el trazado se visualiza en la Figura 5-1.

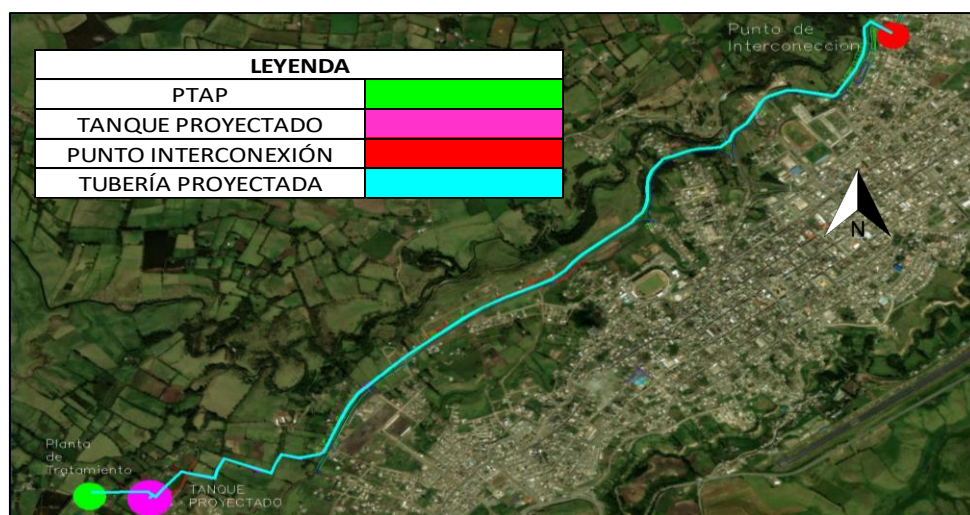


Figura 5-1 Implantación general de la línea de conducción

5.2 Condiciones particulares del proyecto

El proyecto parte de los lineamientos generales definidos en los Términos de Referencia (TDR), resumidos a continuación:

- El entendimiento y dimensionamiento del sistema se hará considerando un horizonte de al menos 20 años de periodo de diseño.
- Todas las bases y criterios deberán respetar la Norma INEN, las normas Ecuatorianas de Construcción (NEC) y las recomendaciones y tablas incluidas en el Plan maestro de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial de la ciudad de Tulcán.
- El abastecimiento se realizará del Tanque proyectado el cual es alimentado por el caudal proveniente de la PTAP.
- La operación hidráulica será por gravedad y las presiones al interior de la línea estarán en función de la presión disponible en el acueducto de abastecimiento.
- Las poblaciones establecidas se tomarán de referencia las del Plan maestro de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial de la ciudad de Tulcán, mismas que están proyectadas hasta el año 2050y son los siguientes valores: 24.556 hab, 52.105 hab, 25.913 hab, 14.991 hab y 6.120 hab., para los sistemas Norte, Norte-Rumichaca, Centro Sur, Loma de Taques y Santa Rosa respectivamente.
- Para el proyecto se tomarán de referencia las dotaciones establecidas en el Plan maestro de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial de la ciudad de Tulcán. Se utilizará una

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	12	

dotación bruta para la Zona de Servicio Urbano de 280 l/hab/día para el periodo de diseño (20 años).

- Las tasas o índices de crecimiento poblacional definidas para la zona en estudio corresponden a los valores entre 1.36%-1.35% para los periodos 2010-2023 y valores entre 1.35%-1.31% para los periodos 2023-2043.
- La modelación hidráulica se realizará para periodo de diseño inicial y final considerando régimen permanente y régimen no permanente, bajo las condiciones de demanda y rugosidad de las tuberías extendida al periodo de diseño.

Tabla 5.1 Parámetros y condiciones particulares de la línea de conducción

Periodo de diseño	20 años
Punto de abastecimiento	• Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) • Tanque Proyectado
Operación del sistema	Gravedad
Material tubería	Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) ▪ Excelente flexibilidad. ▪ Excelente resistencia a la fisuración. ▪ Excelente estanqueidad. ▪ Impermeabilidad a los gases. ▪ Excelente resistencia al impacto, resistencia a bajas y altas temperaturas. ▪ Bajo coeficiente de rugosidad. ▪ No es necesaria cama de arena. ▪ Relleno de la zanja con suelo nativo. ▪ Seguridad en las uniones (soldadas). ▪ No es necesario realizar anclajes.
Velocidad en tuberías	Vel. Max: 4,0 m/s Vel min: 0,3 m/s
Rugosidad tuberías	TUB al año 2043: 0,13 mm
Presión en el sistema	Presión mínima: 1,5 Bar
Dotación neta	Año 2023: 200 L/hab/día Año 2043: 210 L/hab/día

5.3 Periodo de diseño

Para el dimensionamiento de todos los componentes del sistema de agua potable se adoptará un periodo de diseño de 20 años. Este parámetro tiene correspondencia con lo establecido en la (Normativa para diseños de sistemas agua potable para poblaciones superiores a 5000 habitantes) y con los lineamientos del (INEN, 1992).

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	13	

6 Proyección de población y demanda

6.1 Análisis de la información comercial

El proyecto cuenta con información de consumos mensuales y categorización de usuarios por uso para los años 2013 a 2017 y ocho meses del año 2018.

6.1.1 Suscriptores y uso del agua

En el área del proyecto se ha muestreado 5000 cuentas las mismas que han sido identificadas con el mayor déficit de servicio en cuanto a horas de suministro de agua, bajas presiones, ausencia de servicio por condiciones topográficas, categorizadas por usos del agua en residenciales, comerciales, industriales, especiales y oficiales. En la Tabla 6.1 se presenta la distribución de usuarios por categoría para el año 2023.

Tabla 6.1 Usuarios por categoría año 2023

Categoría	Cuentas	Porcentaje de conexiones
Comercial	4192	83,83%
Residencial	270	5,40%
Industrial	25	0,49%
Especial	486	9,71%
Oficial	27	0,57%
Total	5000	100%

6.1.2 Registros de consumo

A partir de los datos suministrados para el periodo 2013 - 2018, se llevó a cabo el análisis multitemporal de consumos del sector de la ciudad de Tulcán. En la Tabla 6.2 y Figura 6-1 se presentan el consumo total mensual registrado para cada año.

Tabla 6.2 Consumo total mensual (2013-2018)

Año	Consumo Totales Mensuales (m3/mes)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	29970	30113	29755	30200	28443	31328	29707	27766	34550	25925	28287	32409
2014	26367	32682	30493	31428	25055	32225	26869	27182	30587	25716	27921	32369
2015	24987	34908	21748	24770	28836	28133	25499	29256	26861	25906	26705	29663
2016	22669	31884	26190	25518	31332	26243	27269	28637	25966	30556	29472	30608
2017	18887	30340	27495	22496	28559	24888	24811	26129	25174	26613	25834	27165
2018	28397	25621	25197	21749	28988	20531	23020	23343				

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi		Revisión:	[Estado]
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023		Página	14

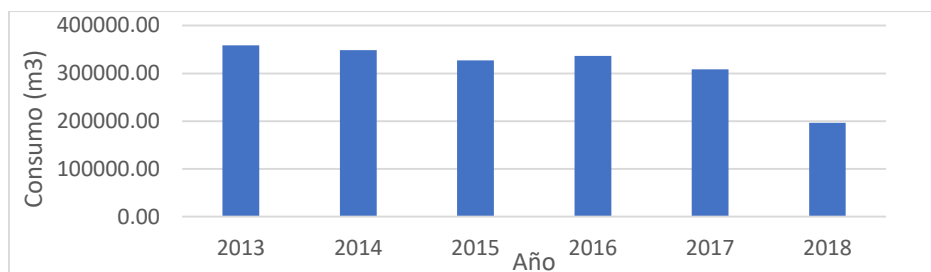


Figura 6-1 Histograma de consumos anuales totales de la población

Con base en la información suministrada de las estadísticas para las tasas de consumos de la población, se evidencia que en el año 2018 existe menos consumo debido a que solo se tiene registro hasta el mes de agosto del 2018. De manera general se puede observar un descenso de consumo, aunque en el año 2016 se observa un aumento puntual del consumo anual en comparación con el año 2015.

Por lo anterior, no se incluyen los consumos registrados en los años 2013, 2014, 2017 y 2018 para evaluar la tasa de crecimiento de la demanda anual. Los consumos resultantes se pueden observar en el histograma de la Figura 6-2, donde los años 2015 y 2016 generan un crecimiento de la demanda anual constante.

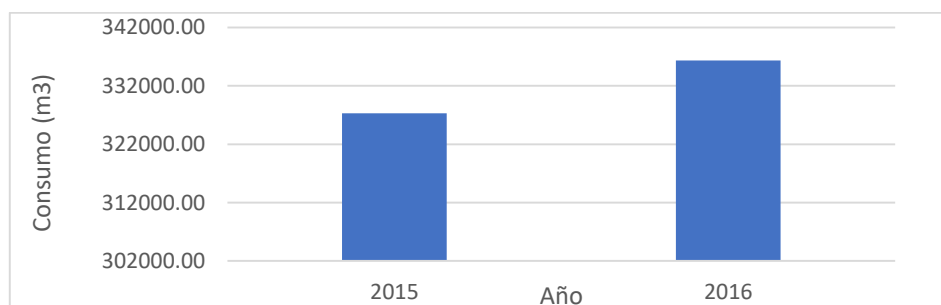


Figura 6-2 Histograma de consumos anuales totales para determinar tasa de crecimiento de la población

A nivel mensual se analiza los consumos máximos, medios y mínimos registrados entre el año 2013 y 2018. A partir de dicha figura se puede establecer que a nivel mensual multianual los valores promedio se encuentran más cercanos a los consumos máximos que a los mínimos y que el rango de variación mensual de los consumos máximos se encuentran entre los 34908 y 29256 m³. (ver Figura 6-3)

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	15	

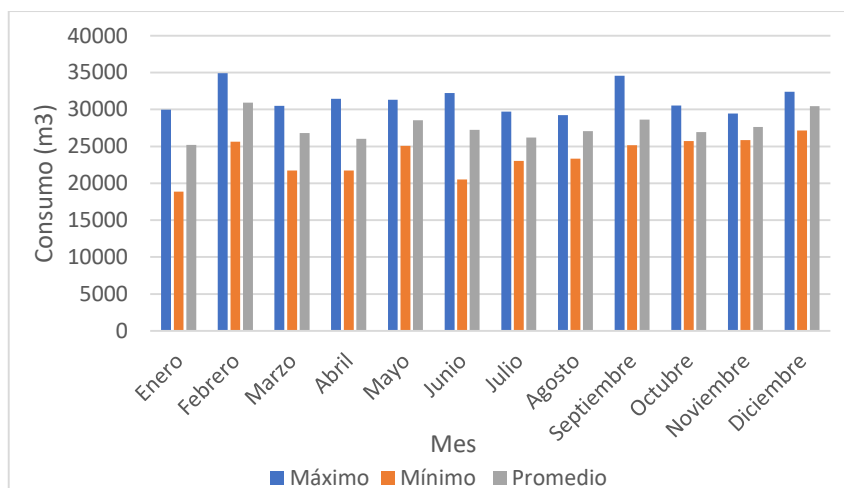


Figura 6-3 Consumo total mensual interanual máximo, mínimo y promedio (2016-2019; 2021-2022)

En la Tabla 6.3 se presenta el consumo anual registrado por categorías de usuarios. Se omiten los datos del año 2018 por corresponder a los registros de solo ocho meses.

Tabla 6.3 Consumo anual por categoría (2013-2017)

Categoría	Consumos Anuales (m³)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Residencial	300491,78	292477,9	274353,73	281957,11	258524,24
Comercial	19356,5	18840,28	17672,79	18162,57	16653,12
Industrial	1756,42	1709,58	1603,64	1648,09	1511,12
Especial	34805,86	33877,61	31778,3	32658,99	29944,77
Oficial	2043,19	1988,7	1865,46	1917,16	1757,83
Total	358453,75	348894,07	327273,92	336343,92	308391,08

Tabla 6.4 Porcentaje de consumo anual por categoría (2013-2017)

Categoría	Consumos Anuales (m³)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Residencial	83,83%	83,83%	83,83%	83,83%	83,83%
Comercial	5,40%	5,40%	5,40%	5,40%	5,40%
Industrial	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%	0,49%
Especial	9,71%	9,71%	9,71%	9,71%	9,71%
Oficial	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%	0,57%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

En las siguientes figuras, se muestra el comportamiento del consumo, de acuerdo con su categoría, para cada año de consumo histórico.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	16	

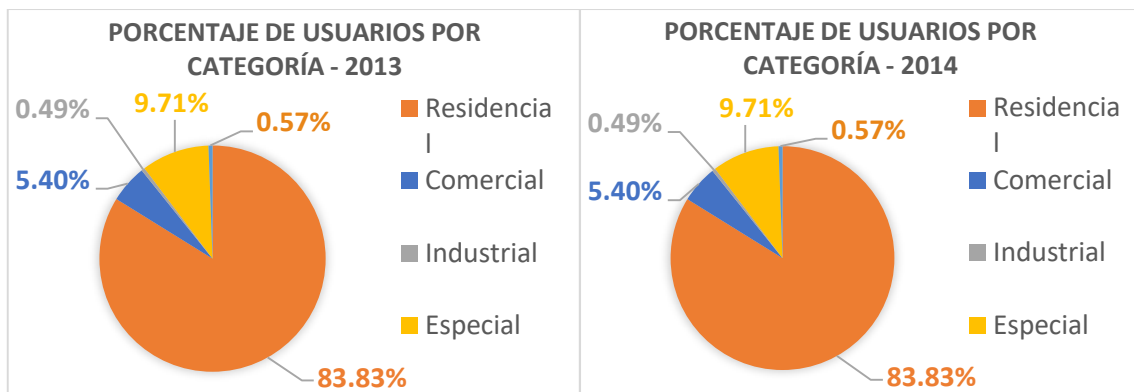


Figura 6-4 Porcentaje de consumo por categoría (2013-2014)

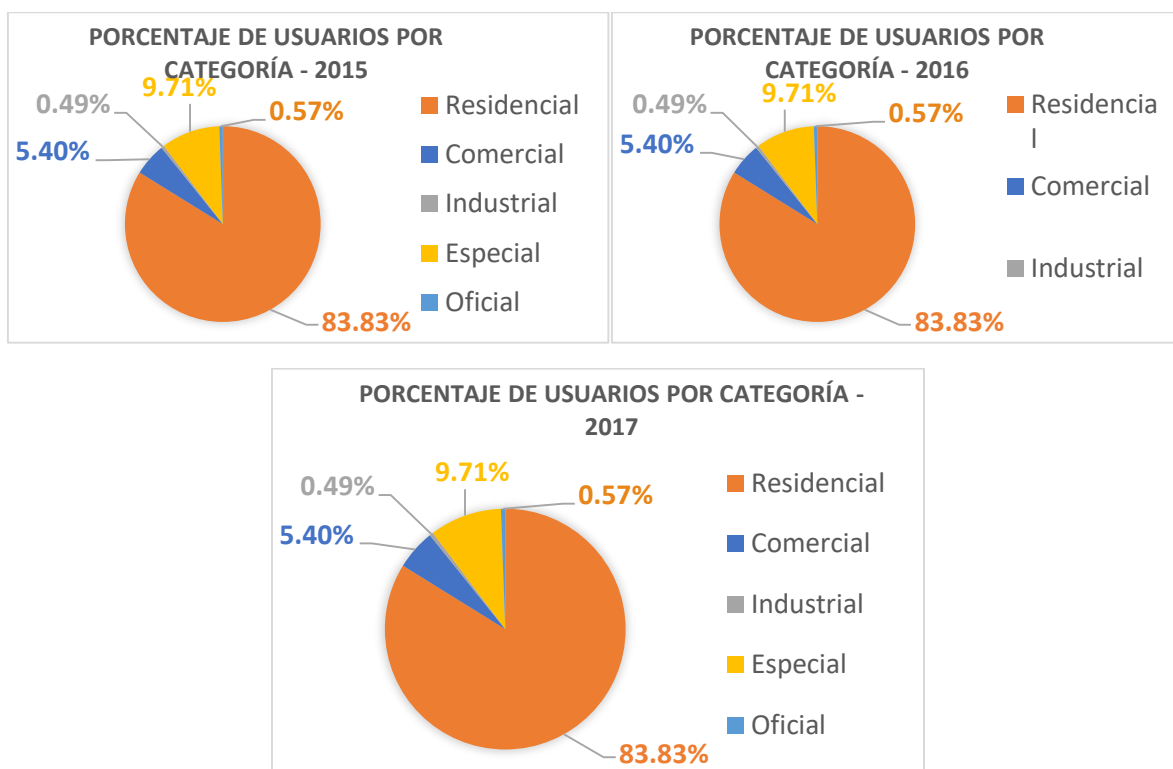


Figura 6-5 Porcentaje de consumo por categoría (2015-2016-2017)

6.2 Proyección de la demanda a partir de la información comercial

El análisis de la información comercial permite concluir que los consumos de la población presentan una tasa decreciente de variación interanual, a excepción del año 2015 a 2016 que, si presenta tasa de crecimiento de variación interanual, considerando la información registrada en los años 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	17	

Tabla 6.5 Consumo total anual (2013-2018)

Año	Consumo Total (m³/año)
2013	358454
2014	348894
2015	327274
2016	336344
2017	308391
2018	196844

Teniendo en cuenta los consumos totales anuales se procede a establecer la proyección del consumo para los años 2023 y 2043, haciendo uso de las expresiones matemáticas presentadas en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6 Expresiones utilizadas para la proyección de consumo

Función	Ecuación	Variables
Aritmética	$Q_f = Q_i + k_a (T_f - T_i)$	Q_f : consumo correspondiente al año para el cual se requiere proyectar el consumo Q_i : consumo correspondiente al último año registrado T_i : año correspondiente al último año registrado con información T_f : año al cual se requiere proyectar la información k_a : crecimiento promedio del consumo anual
Geométrica	$Q_f = Q_i(1 + r)^{(T_f - T_i)}$	Q_f : consumo correspondiente al año para el cual se requiere proyectar el consumo Q_i : consumo correspondiente al último año registrado T_i : año correspondiente al último año registrado con información T_f : año al cual se requiere proyectar la información r : tasa de crecimiento promedio anual en forma decimal
Exponencial	$Q_f = Q_i \times e^{k \times (T_f - T_i)}$	Q_f : consumo correspondiente al año para el cual se requiere proyectar el consumo Q_i : consumo correspondiente al último año registrado T_i : año correspondiente al último año registrado con información T_f : año al cual se requiere proyectar la información k : tasa de crecimiento promedio en forma decimal
Modelo de Crecimiento Logístico	$\frac{\Delta P_i}{\Delta t} = (kP_i)(1 - \frac{P_i}{K})$	P_i : Es la población o parámetro inicial (debe ser mayor a 0) k : la velocidad o tasa de crecimiento (1/año) K : límite al que se puede llevar el crecimiento del parámetro a proyectar

De acuerdo con lo anterior se determinan las tasas de crecimiento para la función aritmética, geométrica, exponencial y el modelo de crecimiento logístico enunciadas en la

Tabla 6.7.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	18	

Tabla 6.7 Tasas de crecimiento según función

Función	Tasa	Valor	unidades
Aritmética	K_{a1} (2016-2015)	9070	m ³ /año
Geométrica	r_1 (2016-2015)	2,77	%
Exponencial	K_1 (2016-2015)	2,73	%
Crecimiento Logístico	k	0,18	%

Se aplicará el modelo matemático de crecimiento logístico, en donde la tasa de crecimiento se reduce conforme aumenta el tamaño de población o parámetro a proyectar. Cuando se acerque a un máximo impuesto por los recursos limitados del entorno, se conoce como capacidad máxima de carga K. En comparación con el modelo exponencial que produce una curva en forma de J sin limitación, el crecimiento logístico produce una curva en forma de S, pues en este modelo, la tasa de aumento disminuye a medida que la población alcanza su límite máximo.

Para realizar la proyección de los caudales, se realizó una iteración para que el error entre el dato observado y el dato proyectado, fuera el menor posible, de esta manera, determinando así el K y el k.

De acuerdo con las tasas estimadas se calculan los consumos netos para las funciones matemáticas mencionadas, los resultados obtenidos son presentados dentro de la Tabla 6.8.

Tabla 6.8 Caudal de consumo neto estimado a partir de la micro medición

Función	Aritmético		Geométrico		Exponencial		Crecimiento Logístico	
Año	Consumo Neto		Consumo Neto		Consumo Neto		Consumo Neto	
	(m ³ /año)	(L/s)	(m ³ /año)	(L/s)	(m ³ /año)	(L/s)	(m ³ /año)	(L/s)
2023	399834	12,85	407276	13,09	407276	13,09	379271	12,19
2043	581234	18,69	703611	22,62	703611	22,62	387556	12,46

Como el sector presenta datos de consumos en decrecimiento, la alternativa que más se ajusta a un escenario donde el aumento de consumo sea, aunque sea mínimo, es el modelo de crecimiento logístico. Su proyección es moderada y no exagerada, se puede visualizar esta comparativa en la Figura 6-6. Por lo tanto, los caudales de estudio se obtendrán mediante el consumo 379271 m³/año para el año 2023 y 387556 m³/año para el año 2043.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi		Revisión:	[Estado]
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023		Página	19

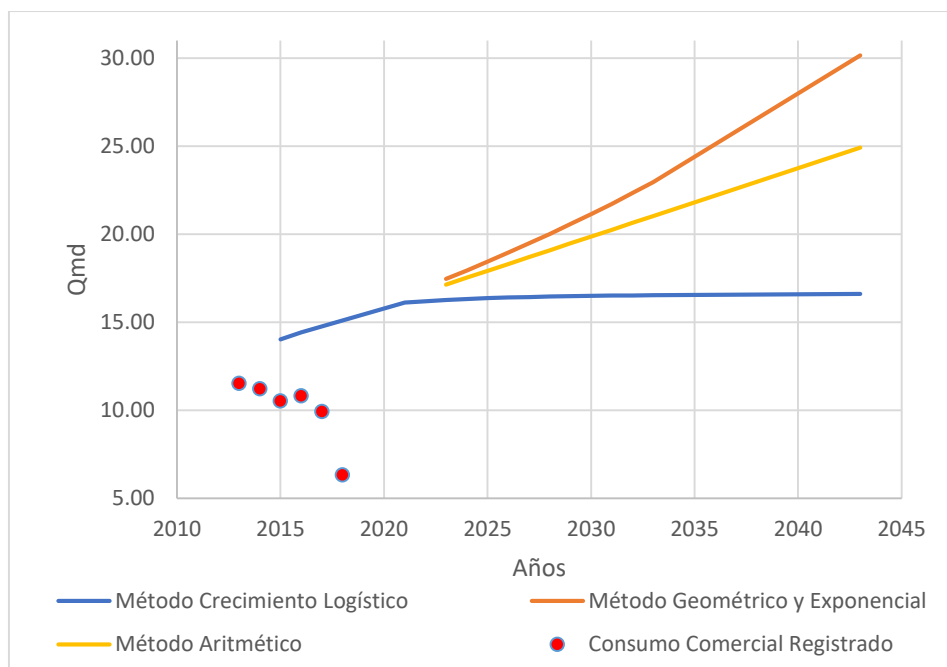


Figura 6-6 Proyecciones de caudal con diferentes métodos.

6.2.1 Pérdidas de agua en el sistema de agua potable

Para el cálculo de las pérdidas totales futuras de la red de distribución se utilizó un índice de **Agua No Contabilizada de 25%**, con base en la Tabla 6.9 donde se indica el porcentaje de pérdidas según la Zona de Servicio Urbana.

Tabla 6.9: Dotaciones Netas para la Zona Urbana y Zonas Aledañas

ZONA DE SERVICIO	DOTACIÓN NETA, l/hab-día	% DE PÉRDIDAS	DOTACIÓN BRUTA, l/hab-día
Urbana	210	25	280
Zonas Aledañas	90	25	120

Fuente: EPMAPA-T

6.2.2 Dotación bruta

Para el cálculo de la dotación bruta se utilizó la Ecuación 6.1; donde C_{neto} es consumo neto y ANC es el valor de pérdidas totales.

$$D_{bruta} = \frac{C_{neto}}{100\% - ANC} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 6.9 del presente informe, se estiman las demandas brutas del método seleccionado, mostradas dentro de la Tabla 6.10.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	20	

Tabla 6.10 Estimación de la demanda bruta a partir de registros de consumos

Año	D _{neto} (m ³ /año)	D _{bruta} (m ³ /año)
2023	379271	505694
2043	387556	516741

6.2.3 Caudal medio diario a partir de consumos registrados

A partir de la demanda bruta se establecen los caudales medios diarios para el inicio y final del periodo de diseño, de acuerdo con lo indicado dentro de la Tabla 6.11.

Tabla 6.11 Caudal medio diario estimado a partir de registros de consumos

Año	D _{bruta} (m ³ /año)	Q _{md} (L/s)
2023	505694	16,26
2043	516741	16,61

6.2.4 Coeficientes de consumo

Según los criterios en la Memoria Técnica Fase III de los **Estudios de evaluación, diagnóstico y diseño definitivos del plan maestro de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial de la ciudad de Tulcán**, para el proyecto se considerará un coeficiente de variación de consumo máximo diario (K_{md}) de 1,30 y un coeficiente de variación de consumo máximo horario (K_{mh}) de 2,3.

6.2.5 Caudal máximo diario a partir de consumos registrados

El caudal máximo diario Q_{MD} se calculó a partir de la Ecuación 6.2; la cual corresponde a la propuesta en el literal 4.6.2. de la **MEMORIA TÉCNICA DE LOS DISEÑOS DEFINITIVO DE AGUA POTABLE – FASE III**; donde Q_{md} es el caudal medio diario, y K_{md} es el coeficiente de variación de consumo máximo diario.

$$Q_{MD} = K_{md} Q_{md} \quad \text{Ecuación 6.2}$$

En la Tabla 6.12, se presenta el caudal máximo diario estimado a partir de los consumos registrados, para el inicio y el final del periodo de diseño.

Tabla 6.12 Caudal máximo diario estimado a partir de consumos registrados

Q _{MD} 2023 (L/s)	Q _{MD} 2043 (L/s)
21,14	21,60

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	21	

6.2.6 Caudal máximo horario a partir de consumos registrados

El caudal máximo horario Q_{MH} se calculó a partir de la Ecuación 6.3, propuesta en el literal 4.6.3. la **MEMORIA TÉCNICA DE LOS DISEÑOS DEFINITIVO DE AGUA POTABLE – FASE III**; donde Q_{md} es el caudal medio diario, y K_{mh} es el coeficiente de variación de consumo máximo horario.

$$Q_{MH} = K_{mh} Q_{md} \quad \text{Ecuación 6.3}$$

En la Tabla 6.13, se presenta el caudal máximo horario para el inicio y el final del periodo de diseño.

Tabla 6.13 Caudal máximo horario estimado a partir de consumos registrados

QMH 2023 (L/s)	QMH 2043 (L/s)
37,39	38,21

6.3 Proyección de la demanda a partir del censo INEC 2010

6.3.1 Proyección de población

A continuación, se presenta un análisis de los datos demográficos a partir del censo de población del INEC del año 2010, así como el análisis de las proyecciones de población y caudal para el área de la población.

6.3.1.1 Densidades actuales y futuras

En el documento (INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO, 2014, pág. 7) en el literal 1.2.1 indica que los datos del censo INEC 2010, el cantón Tulcán presenta una población total de 86 498 habitantes en las áreas urbanas y rural. En el área urbana la población es de 53558 habitantes, de los mismo 25957 son hombres y 27601 son mujeres; en cuanto al área rural la población es de 32,940 habitantes, de los cuales 16,627 son hombres y 16,313 son mujeres.

A continuación, en la Tabla 6.14 y en el gráfico Figura 6-7 se observan los datos mencionados.

Tabla 6.14. Población en el área urbana y rural por sexo

Sexo	2001-2010			
	Variación RURAL		Variación URBANA	
	Absoluto	Relativo %	Absoluto	Relativo %
Hombre	1579	10,49%	2680	11,51%
Mujer	1545	10,46%	3519	14,61%
Total	3124	10,48%	6199	13,09%

Fuente: Censos INEC 2001 y 2010

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	22	

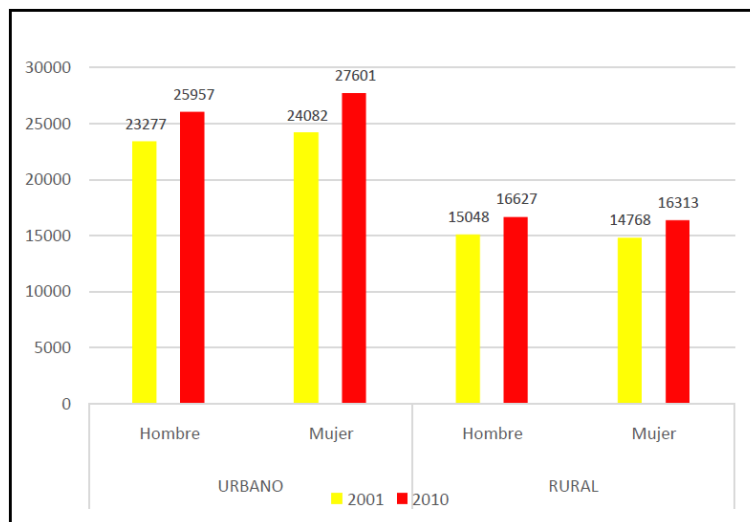


Figura 6-7. Población en el área urbana y rural por sexo

Fuente: Censos INEC 2001 y 2010

Cabe recalcar que el análisis dado en el documento es de manera general, en este caso solo usaremos el porcentaje de la tasa interanual para proyectar a los habitantes en el área de intervención hasta el año límite del proyecto.

Para los cálculos se considerarán las tasas de variación interanual para poblaciones consolidadas, se adoptará el valor de 1,31% definido en el Plan Maestro de Agua Potable y alcantarillado para el periodo 2023-2043.

En la Tabla 6.15 se presentan los parámetros utilizados para la proyección de la población a través del periodo de diseño. Si bien las proyecciones parte del 2023 y se extiende el horizonte de análisis hasta el año 2043 con las mismas tasas de crecimiento y densidad poblacional.

Tabla 6.15 Tasas de crecimiento y densidad poblacional

Tasa interanual de variación 2010-2023	Tasa interanual de variación 2023-2043
1,36%	1,31%

6.3.1.2 Métodos de cálculo

Para el cálculo de la población futura se realizaron proyecciones de crecimiento utilizando el método geométrico, dado que el mismo se considera útil para la proyección de poblaciones que muestran un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración.

$$Pf = Puc * (1 + r)^n$$

Ecuación 6.4

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	23	

Donde, P_f es la población correspondiente al año para el cual se requiere proyectar la población, P_{uc} es población actual, r tasa de crecimiento, n número de años entre el último censo y año del periodo de diseño.

6.3.1.3 Población de diseño

A partir de la población del sector para el año 2018, las tasas de crecimiento y método de proyección adoptado, se estimó la población a través del periodo de diseño. En la Tabla 6.16 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 6.16 Proyección de población (2018-2043)

Año	Tasa interanual	Población proyectada Tulcán	Población proyectada Sector Norte-Rumichaca
2018	1.36	74120	31225
2020	1.36	83089	35003
2021	1.36	84219	35479
2022	1.35	85364	35962
2023	1.35	86517	36447
2024	1.35	87685	36939
2025	1.35	88869	37438
2026	1.35	90068	37943
2027	1.34	91284	38455
2028	1.34	92507	38971
2029	1.34	93747	39493
2030	1.34	95003	40022
2031	1.33	96276	40558
2032	1.33	97557	41098
2033	1.33	98854	41644
2034	1.33	100169	42198
2035	1.33	101501	42760
2036	1.32	102851	43328
2037	1.32	104209	43900
2038	1.32	105584	44480
2039	1.32	106978	45067
2040	1.31	108390	45662
2041	1.31	109810	46260
2042	1.31	111249	46866
2043	1.31	112706	47480

Fuente: Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Tulcán

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	24	

6.3.2 Dotación neta por habitante

Para el área de estudio se consideró una dotación de 210 l/hab/día para el periodo 2024-2043.

6.3.3 Pérdidas de agua en el sistema de agua potable

Para el cálculo de las pérdidas totales futuras de la red de distribución se utilizó un índice de **Agua No Contabilizada de 25%**.

6.3.4 Dotación bruta

Para el cálculo de la dotación bruta se utilizó la Ecuación 6.5; donde D_{neta} es la dotación neta y ANC es el valor de pérdidas totales.

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{100\% - ANC} \quad \text{Ecuación 6.5}$$

Tabla 6.17 Dotación definida en el Plan maestro de agua potable y alcantarillado de Tulcán

AÑO	DOTACIÓN POR CATEGORÍA, l/hab/día					TOTAL TASA DE CONSUMO l/hab-día	PÉRDIDAS FÍSICA + mm %	DOTACIÓN BRUTA l/hab-día
	RESI- DENCIAL	COMER- CIAL	INDUS- TRIAL	ESPECIAL	OFICIAL			
2020	160	15	4	21	10	210	35	323
2025	160	15	4	21	10	210	35	323
2030	160	15	4	21	10	210	32	309
2035	160	15	4	21	10	210	28	292
2040	160	15	4	21	10	210	25	280
2045	160	15	4	21	10	210	25	280
2050	160	15	4	21	10	210	25	280

Elaboración: Equipo Consultor, 2019; Fuente: EPMAPA-T

De acuerdo con lo anterior, se estiman las dotaciones brutas mostradas dentro de la Tabla 6.18.

Tabla 6.18 Estimación dotación neta y bruta

Año	D_{neta} (L/hab/día)	D_{bruta} (L/hab/día)
2023	200	323,00
2043	210	280,00

Fuente: Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Tulcán

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	25	

6.3.5 Caudal medio diario a partir de censo poblacional

Para el cálculo del caudal medio diario Q_{md} se consideró la Ecuación 6.6, cuyas variables son la dotación bruta (D_{bruta}) y la población P para el año considerado, es decir, 20000 habitantes para el año 2023 y 5064 habitantes para el año 2043.

$$Q_{md} = \frac{D_{bruta} \times P}{86400} \quad \text{Ecuación 6.6}$$

En la Tabla 6.19 se presenta los caudales medios diarios calculados para el inicio y final del periodo de diseño.

Tabla 6.19 Caudal medio diario estimado por proyección de población

Año	D _{bruta} (L/hab/día)	Población (hab)	Q _{md} (L/s)
2023	323,08	36447	136.29
2043	280,00	47480	153.87

6.3.6 Coeficientes de consumo

Según los criterios de diseño hidráulico, para el proyecto se considerará un coeficiente de variación de consumo máximo diario (K_{md}) de 1,30 y un coeficiente de variación de consumo máximo horario (K_{mh}) de 2,3.

6.3.7 Caudal máximo diario a partir de censo poblacional

El caudal máximo diario Q_{MD} se calculó a partir de la Ecuación 6.7; la cual corresponde a la propuesta en el literal 4.6.2. de la **MEMORIA TÉCNICA DE LOS DISEÑOS DEFINITIVO DE AGUA POTABLE-FASE III**; donde Q_{md} es el caudal medio diario, y K_{md} es el coeficiente de variación de consumo máximo diario.

$$Q_{MD} = K_{md} Q_{md} \quad \text{Ecuación 6.7}$$

En la Tabla 6.20, se presenta el caudal máximo diario para el inicio y el final del periodo de diseño.

Tabla 6.20 Caudal máximo diario estimado por proyección de población

Q _{MD} 2023 (L/s)	Q _{MD} 2043 (L/s)
177.17	200.03

6.3.8 Caudal máximo horario a partir de censo poblacional

El caudal máximo horario Q_{MH} se calculó a partir de la Ecuación 6.8, propuesta en el literal 4.6.3. de la **MEMORIA TÉCNICA DE LOS DISEÑOS DEFINITIVO DE AGUA POTABLE-FASE III**; donde Q_{md} es el caudal medio diario, y K_{mh} es el coeficiente de variación de consumo máximo horario.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	26	

$$Q_{MH} = K_{mh} Q_{md}$$

Ecuación 6.8

En la Tabla 6.21, se presenta el caudal máximo horario para el inicio y el final del periodo de diseño.

Tabla 6.21 Caudal máximo horario estimado por proyección de población

QMH 2023 (L/s)	QMH 2043 (L/s)
271.67	353.90

6.4 Caudal de diseño

6.4.1 Demanda de agua potable

De acuerdo con las proyecciones de demanda realizadas, existe una similitud entre dos métodos tradicionales de proyección mediante el registro de consumos, y existe una considerable diferencia entre el método de crecimiento logístico mediante registro de consumo y el método exponencial mediante proyección de población, por lo tanto, se considerarán dos escenarios de demanda en la modelación hidráulica para definir su impacto a nivel de dimensionamiento y condiciones de operación del sistema. Uno es el promedio de los tres métodos tradicionales de proyección mediante el registro de consumos, y el otro el método exponencial mediante proyección de población ya que es el valor más conservador y posee información más confiable debido al censo poblacional.

En la Tabla 6.22 se resume la demanda de agua potable estimada bajo las dos metodologías consideradas.

Tabla 6.22 Resumen de demanda de agua potable según métodos de proyección

Método de Proyección	Año	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
CONSUMOS	Método Aritmético			
	2023	17,14	22,28	39,42
	2043	24,92	32,39	57,31
	Método Geométrico			
	2023	17,46	22,7	40,15
	2043	30,16	39,21	69,37
	Método Exponencial			
	2023	17,46	22,7	40,15
	2043	30,16	39,21	69,37
	Método Crecimiento Logístico			
	2023	16,26	21,14	37,39
	2043	16,61	21,60	38,21
POBLACIÓN	Método Geométrico			
	2023	118,12	153,55	271,67
	2043	153.87	200.03	353,90

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	27	

En la Tabla 6.23 se presentan las demandas de los escenarios a evaluar en la modelación hidráulica.

Tabla 6.23 Resumen de demandas de dos escenarios a evaluar en modelación hidráulica

Método de Proyección	Año	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
Consumos	2023	17,35	22,56	39,91
	2043	28,41	36,94	65,35
Población	2023	118,12	153,55	271,67
	2043	153,87	200,03	353,90

6.4.2 Caudal de incendio

El caudal de incendio se estableció en función de la población de diseño, considerando las diferentes hipótesis de funcionamiento de hidrantes establecidas en el MA-OED-004 y CPE INEN 5.

Para el área de estudio, con una población de diseño de 47480 habitantes para el año 2043, se establece un escenario de operación con un hidrante y caudal de incendio de **12 l/s**.

6.4.3 Caudal de diseño

Para el dimensionamiento del volumen de agua potable del proyecto **tiene prioridad el caudal basado en la población, esto se debe a que se están empleando datos reales provenientes de censos, en contraste con los registros de consumo que presentan variaciones irregulares.**

Se utiliza el consumo máximo diario para la población del año del 2043, QMD = 200,03 lt/s.

También el caudal basado en la población se utilizará para el dimensionamiento del diámetro del acueducto de agua potable del proyecto, se demostrará con la modelación hidráulica que dicha tubería operará también de manera eficiente con la demanda proveniente de los promedios de los tres métodos tradicionales de proyección mediante el registro de consumos.

Se utilizará el mayor caudal entre el caudal máximo diario más incendio, y el caudal máximo horario, en la Tabla 6.24 se resume el caudal de diseño estimado bajo las dos metodologías consideradas.

Tabla 6.24 Caudal de diseño

Método de Proyección	Año	QMD+ Q _{incendio} (L/s)	QMH (L/s)	Q _{diseño} (L/s)
Consumos	2043	48,94	65,35	65,35
Población	2043	212,03	353,90	353,90

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	28	

7 Tanque de Almacenamiento

7.1 Introducción

Un elemento de almacenamiento es vital en un sistema de agua potable, esto ayuda a contrarrestar los efectos negativos de los casos fortuitos donde se interrumpe la distribución. Por ello se dimensionará este elemento que se abastece desde la PTAP e impulsará mediante gravedad hasta el sector de estudio. Se abordarán ciertos criterios de diseño y especificaciones técnicas necesarias constructivamente. Dicho tanque se situará junto al existente y se verá considerado en la modelación hidráulica del sistema.

Se ha realizado un estudio de suelos que garantiza la construcción del tanque de almacenamiento y se lo encuentra en el Informe Geotécnico, Perfil Estratigráfico, Geología De Zona Análisis De Los Estados Límites De Resistencia Y Servicio, Zonificación Sísmica, Tipo De Suelo Y Espectro Elástico.

7.1.1 Ubicación y coordenadas del tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento será ubicado en el Barrio Santa Rosa de Taques en el Sur Occidente de la ciudad de Tulcán, cantón Tulcán, provincia del Carchi.

Tabla 7.1 Coordenadas del Tanque proyectado

PUNTOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS84 18N			DESCRIPCIÓN
	Este (X)	Norte (Y)	COTA (msnm)	
1	194644.208	86678.268	3030	Tanque proyectado

La configuración y disposición de estas estructuras se visualizan en la Figura 7-1 y la Figura 7-2.

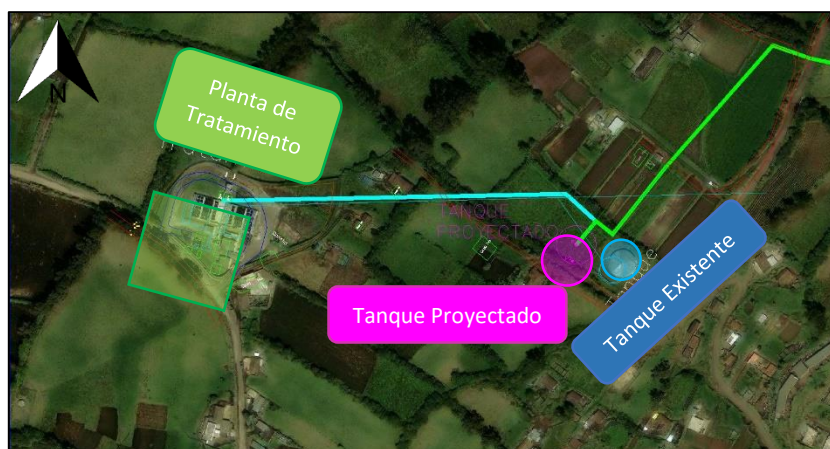


Figura 7-1 Implantación de la PTAP y Tanque Existente y Tanque Proyectado

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	29	

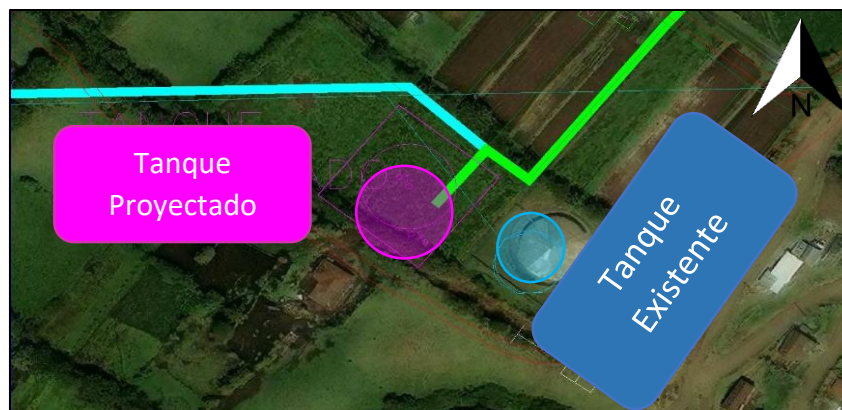


Figura 7-2 Implantación del Tanque Existente vs Tanque Proyectoado

7.2 Consideraciones del Diseño

Se destaca que los tanques de almacenamiento de agua potable de Vidrio Fundido en Acero (VFA) son preferibles debido a su mayor economía, menor tiempo de instalación y una mejor capacidad estructural a largo plazo, se encuentran documentados en las siguientes fuentes de referencia:

- (Norma Técnica de Construcción NC-AS-IL01-58, 2021)
- (AWWA D-103, 2019)
- (Norma Técnica de Construcción)
- (Características técnicas garantizadas Domo godesico autoportante en Aluminio para tanque en VFA.)
- (Formulario Características tecnicas garantizadas Tanque en VFA)

7.2.1 Características del tanque VFA

En la Tabla 7.2 presenta el cuadro comparativo de las bondades del material con el que se va a construir el nuevo tanque.

Tabla 7.2 Ventajas del material del tanque proyectado.

CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE RESPECTO A SU MATERIAL	
TANQUE DE VIDRIO FUNDIDO EN ACERO	TANQUE DE HORMIGÓN
NORMA: AWWA D103-19	NORMA: ACI 318-19
Etapa constructiva en corto tiempo, disminuyendo tardanzas debido al mal tiempo en el campo.	Considerable tiempo de construcción, en función de sus dimensiones y de las condiciones ambientales.
No necesita de maquinaria pesada para su instalación.	Requiere mayor mano de obra, materiales, equipos y herramientas.
Diseñados para una futura expansión de almacenamiento o reubicación. Optimización de espacio de construcción.	Diseñado y construido para una sola condición de almacenamiento y ubicación.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	30	

Menor costo de operación y mantenimiento a largo plazo.	Mayor costo de operación y mantenimiento a lo largo de su vida útil.
Parcialmente poroso	Extremadamente poroso
No se corroe ni se oxida, evitando la contaminación del agua.	Desarrollo de grietas y fisuras facilitando la generación de bacterias

7.3 Parámetro para el Volumen de diseño para el Tanque

Se obtienen los siguientes parámetros, una vez determinados cada uno en capítulos anteriores:

Período de Diseño: 20 años (Año horizonte 2043)

Población de diseño: 47480 habitantes

Caudal medio diario: 153.87 l/s

Volumen diario: 17283 m³

Dotación Bruta: 280 l/hab/día

7.3.1 Volumen de diseño

El volumen de diseño para dimensionar el tanque de almacenamiento a aplicar se expresa en la

$$V_{Total} = (V_{regulación} + V_{emergencia} + V_{incendio}) \quad \text{Ecuación 7.1.}$$

$$V_{Total} = (V_{regulación} + V_{emergencia} + V_{incendio}) \quad \text{Ecuación 7.1}$$

Cada Volumen se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$V_{regulación} = 25\% * V_{md} \quad \text{Ecuación 7.2}$$

$$V_{regulación} = 0.25 * 17283 = 4321 \text{ m}^3$$

$$V_{incendio} = 50 * \sqrt{\frac{\text{Población proyectada}}{1000}} \quad \text{Ecuación 7.3}$$

$$V_{incendio} = 50 * \sqrt{\frac{47480}{1000}} = 345 \text{ m}^3$$

$$V_{emergencia} = V_{regulación} * 25\% \quad \text{Ecuación 7.4}$$

$$V_{emergencia} = 4321 * 0.25 = 1080 \text{ m}^3$$

Se optará por redondear el valor calculado del volumen para ser más conservador en el volumen del tanque de almacenamiento, a continuación, la tabla con los valores obtenidos.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	31	

Tabla 7.3 Cálculos del Volumen de diseño para el tanque de almacenamiento

Descripción	Valor	Unidad
Año:	2043	año
Población:	47480	hab
Dotación:	280,00	l/hab/día
Volumen diario:	17283	m ³
Volumen de regulación:	4321	m ³
Volumen de incendios:	345	m ³
Volumen de emergencias:	1080	m ³
Volumen Total:	5745	m³

Nota: Volumen (5745 m³) necesario para cubrir la demanda de la población del sector norte de la ciudad de Tulcán proyectada al año 2043.

7.3.2 Análisis oferta y demanda para establecer el déficit de almacenamiento.

En el sector Central la ciudad cuenta con 4 tanques de reserva, **dos tanques antiguos que sirven a la zona Norte con una capacidad de 1500 m³ cada uno**, y dos que sirven a la zona Sur con 2000 m³ de capacidad cada uno. A más de los indicados anteriormente, se tiene un tanque circular de hormigón armado de 1200 m³, ubicado en Loma de Taques, que abastece al sector Sur. También existen dos reservas pequeñas, una de 20 m³ ubicada en Jardines del Este y un tanque de 80 m³ ubicado en la parte alta de la planta de tratamiento. Teniendo como volumen total de reserva para la ciudad de Tulcán de 8300 m³.



Figura 7-3 Vista Aérea – Tanques de Reserva

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	32	



Figura 7-4 Panorámica de Tanques de Reserva

En la Figura 7-4, de izquierda a derecha: Tanque de Reserva del Sur 1 (2000 m3), Tanque de Reserva del Sur 2 (2000 m3); Tanque de Reserva del Norte 1(1500 m3) y Tanque de Reserva del Norte 2 (1500 m3). Su estado actual en general es bueno, sin embargo, se debe realizar reposición de enlucido en uno de ellos, como se puede ver en la siguiente fotografía.

En la Figura 7-5, se tiene el tanque circular de hormigón armado de 1200 m3, ubicado en Loma de Taques, que abastece al sector Sur.



Figura 7-5 Tanque de Reserva – Loma de Taques

Existen dos reservas pequeñas, una de 20 m3 ubicada en Jardines del Este y que precisamente es para dar servicio a ese sector; y, finalmente un tanque de 80 m3 ubicado en la parte alta de la planta de tratamiento, y que es para proporcionar el líquido vital a este sector.



Figura 7-6 Tanque de Reserva – Jardines del Este

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi		Revisión:	[Estado]
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023		Página	33

Para el año 2023 toda la ciudad de Tulcán cuenta con un volumen de 8.300 m³ de almacenamiento, sirviendo a una población de 86.517 habitantes aproximadamente, teniendo un déficit de 2.006 m³. Para el año 2043 la ciudad proyecta un crecimiento en su población cuyo número es de 112.706 habitantes para este caso el déficit ascendería a 5.051 m³.

Bajo este contexto en el Sector Norte de la ciudad el volumen de almacenamiento en el año 2023 es de 3000 m³ y sirve a una población de 36.447 habitantes, teniendo un déficit de 1.448 m³. Volumen a ser cubierto por el Tanque de Almacenamiento de 2.000 m³ del presente proyecto.

Para el periodo de diseño (año 4043) se establece una población en el Sector Norte de la ciudad de 47.480 habitantes aproximadamente, existiría un déficit de 2745 m³, déficit que será atendido en su momento mediante la proyección del mismo Tanque de 2.000 m³. Visto que este tanque tiene la capacidad de proyectar su ampliación a futuro, puede llegar a almacenar hasta 3000 m³.

7.4 Capacidad y Geometría del Tanque

Para establecer las dimensiones del tanque de Vidrio Fundido en Acero (VFA), se utiliza como punto de partida el diámetro de este tipo de tanque para el volumen calculado. Luego se calcula el área y, posteriormente, se determina la altura mediante la relación entre el volumen elegido y el área calculada. Las siguientes expresiones contienen las $\text{Área}_{\text{Tanque}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

$$\text{Ecuación 7.5 y } \emptyset_{\text{Tanque}} = \frac{V_{\text{adoptado}}}{\text{Área}_{\text{Tanque}}} \quad \text{Ecuación 7.6}$$

empleadas para el cálculo.

$$\text{Área}_{\text{Tanque}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{Ecuación 7.5}$$

$$\emptyset_{\text{Tanque}} = \frac{V_{\text{adoptado}}}{\text{Área}_{\text{Tanque}}} \quad \text{Ecuación 7.6}$$

En la Tabla 7.4 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 7.4 Cálculos del dimensionamiento para el tanque de almacenamiento

Descripción	Valor	Unidad
Diámetro	28	m
Área	615,75	m ²
Volumen Inicial Adoptado	2000	m ³
Altura	3,25 + 0,56	m
Borde Libre	0,56	m

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	34	

7.5 Sistema de Abastecimiento y Distribución

Un tramo de acueducto de aproximadamente 0,3km recorre desde la PTAP hasta el tanque de almacenamiento, luego, desde este parte otro tramo de aproximadamente 5.5 km hasta el punto de interconexión con el sector de estudio. Se detallan los elementos para controlar el flujo y la presión en la red.

8 Modelación hidráulica

8.1 Alcance

Mediante modelación hidráulica se valida el diseño propuesto y se analizan las condiciones de operación que tendrá el sistema, considerando condiciones de flujo permanente y no permanente, y condiciones de demanda y de rugosidad de las tuberías al final del periodo de diseño. Incluye una descripción general de la información base utilizada para los análisis y describe la representación de los principales componentes del modelo.

8.2 Caudales de diseño

El dimensionamiento de la red de distribución se realizó en función de los caudales de diseño definidos en el capítulo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** donde se indica también el caudal medido diario, caudal máximo diario más incendio y caudal máximo horario para el inicio y final del periodo de diseño de los dos escenarios a analizar.

8.3 Zona de presión

La red de conducción transportará el flujo a una red de distribución que tiene una única zona de presión, por lo cual, debe cumplir con una presión dinámica mínima de 10 metros y una presión estática máxima de 40 metros en todos los puntos de la red. La presión en el punto de interconexión se diseñará para aproximadamente 15 m.c.a.

8.4 Topología de la red de distribución

El sistema de conducción de agua potable hasta el sector de estudio está compuesto por dos tramos de PEAD, que en total suman una longitud de 5.76 km, ver

Tabla 8.1 Longitud de redes por tipo y diámetro

Red	Diámetro Nominal (mm)	Longitud (m)	%
PTAP - TANQUE	315	293.65	5.09%

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	35	

TANQUE - ZONA URBANA	315	5013.92	87,01%
ZONA URBANA - SECTOR	315	455	7,90%
Total		5762,57	100,00%

El trazado de las redes se definió a partir de la información topográfica levantada para el desarrollo del proyecto. Serán tuberías expresas (sin conexión directa a suscriptores) con diámetro de 315mm, proyectadas desde el punto de abastecimiento hasta la conexión con el sector de estudio. Contarán con seccionamientos principales y un caudalímetro para facilitar el cálculo de los balances de agua necesarios para controlar el IANC.

Las redes contarán con elementos operativos adicionales como ventosas, desagües y válvulas reguladoras de presión, para garantizar el correcto funcionamiento y operación del sistema en todos los escenarios previsibles.

8.5 Software de modelación

Para el desarrollo de la modelación matemática hidráulica se utilizó el Software WaterGems, que ofrece una solución de modelación completamente dinámica y multiplataforma (AutoCAD, MicroStation, ArcGIS, Stand Alone). Adicionalmente el software soporta la sincronización bi-direccional con geo-bases de datos creadas en entornos GIS para ser importadas en la construcción automática de modelos y/o asignación de demandas, que permite el análisis hidráulico de redes a presión en flujo permanente y flujo no permanente.

WaterGems incluye herramientas complementarias tales como:

- Centro de Control de Demandas (Demand Control Center)
- Administrador de Escenarios y Comparación (Scenario Management & Scenario Comparison)
- Construcción Inteligente de Modelos a partir de archivos externos (ModelBuilder)
- Asignación Automática de Elevaciones a partir de Modelos Digitales de Terreno (Trex)
- Asignación Automática de Demandas basada en Análisis Espacial (LoadBuilder).

8.6 Construcción del modelo

8.6.1 Topología de las redes

La topología del sistema se montó en el software a través de la herramienta ModelBuilder, utilizando la información de redes proyectadas en planos. Mediante este proceso se generaron en forma automática y georreferenciada los tramos de tuberías y nodos del sistema, y se asignaron los atributos contenidos en los planos como diámetro, material, entre otros. La longitud de los tramos de tuberías se calculó automáticamente de acuerdo con las coordenadas x,y de los nodos de inicio y fin. En la Figura 8-1 se presenta la topología del sistema.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	36	

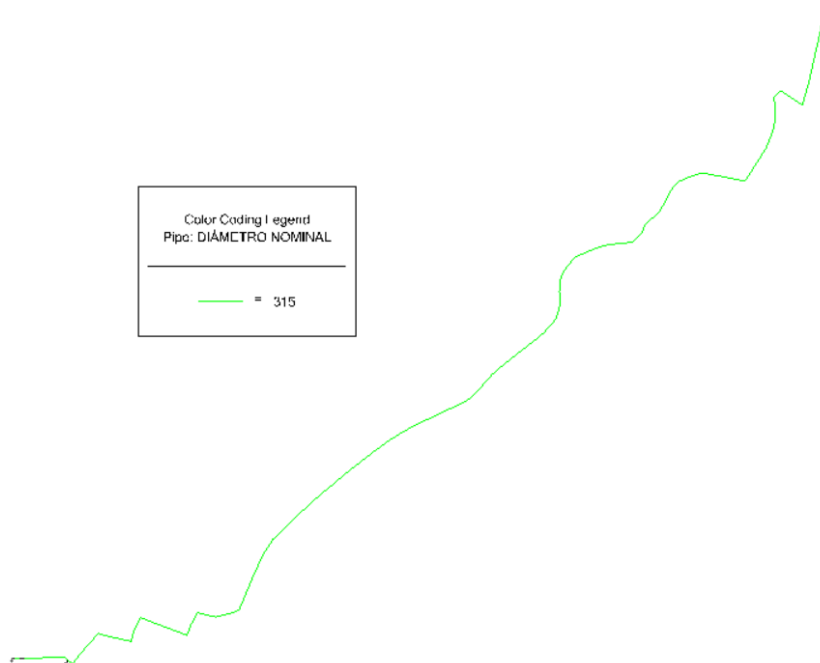


Figura 8-1 Representación de tramos de tuberías por diámetro en modelo hidráulico

La información complementaria de las tuberías como diámetro interior, coeficiente de rugosidad, coeficientes de pérdidas localizadas, entre otros, fue ingresada al modelo en forma manual. La rugosidad se asignó a partir de los valores propuestos en Tabla 8.2 teniendo en cuenta el material y el tiempo de servicio.

Tabla 8.2 Valores de rugosidad absoluta, ϵ (mm).

Material	Rugosidad absoluta (mm)	
	2023	2053
Acero	0,15	1,50
HD	0,15	1,50
PEAD	0,007	0,13
PVC	0,0015	0,15

Fuente: Catálogos casas comerciales.

8.6.2 Usuarios (Customer Meter)

Las 5000 cuentas de muestreo fueron representadas en el modelo como un solo “customer meter”, respetando su distribución espacial (referenciación de las coordenadas X, Y y Z de cada suscriptor) a fin de representar los usuarios, su demanda y condiciones del servicio en los escenarios analizados.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	37	



Figura 8-2 Representación de usuarios (customer meter) en modelo hidráulico

8.6.3 Válvulas

8.6.3.1 Válvulas de seccionamiento

Las 7 válvulas de seccionamiento se representaron con elementos tipo “Isolation Valve”. Fueron ubicadas en el punto de alimentación del sistema y puntos de entrada y salida del tanque de almacenamiento. (Ver Figura 8-3).

Debido a la longitud de la red las futuras ampliaciones, se ha considerado seccionar la red para evita cortar el servicio completamente.

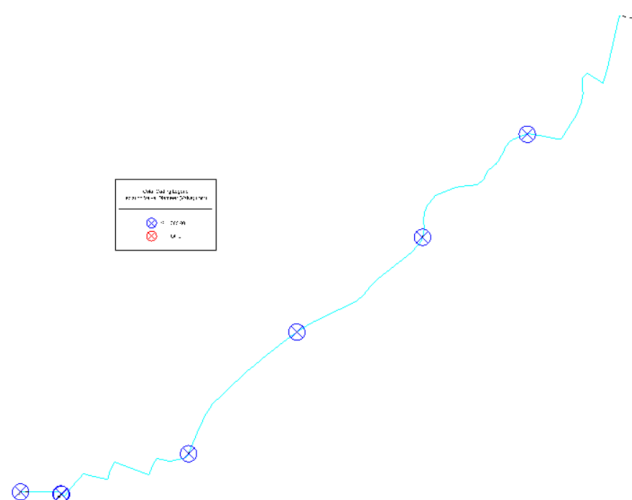


Figura 8-3 Ubicación y diámetro de válvulas de seccionamiento

El estatus o posición por defecto de las válvulas es abierto, excepto casos particulares en escenarios de abastecimiento directo desde la PTAP sin utilización de tanque de almacenamiento donde la

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	38	

posición de operación normal sería cerrada. En la Tabla 8.3 se muestra un resumen de las válvulas de seccionamiento.

Tabla 8.3 Resumen de válvulas de seccionamiento

DN (mm)	Cantidad (und)	Ubicación	Observación
315	1	Línea de conducción	Salida de la PTAP
315	1	Línea de conducción	Entrada al tanque de almacenamiento
315	1	Línea de conducción	Salida del tanque de almacenamiento
315	4	Línea de conducción	En el transcurso de la red de conducción

8.6.4 Asignaciones de elevaciones

Las cotas de los componentes del sistema se asignaron en forma automática mediante la herramienta TRex, considerando las elevaciones de la topografía. Este criterio es conservador en términos de presiones mínimas del sistema, debido a que las tuberías van a estar enterradas al menos 1 metro, y representa de la mejor manera la presión disponible de cada usuario.

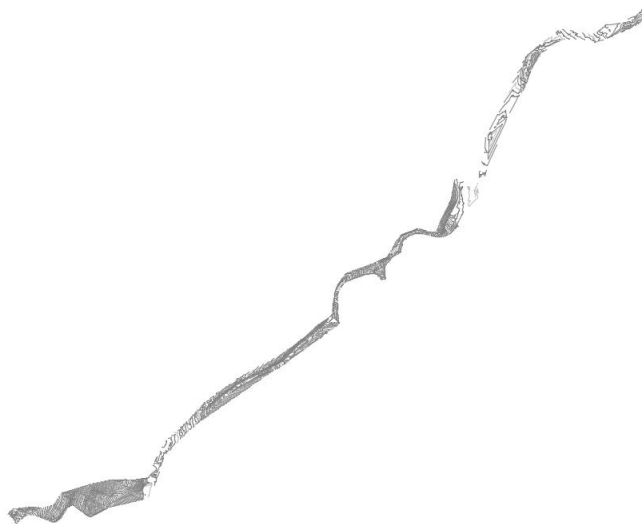


Figura 8-4 Curvas de nivel del proyecto

8.7 Asignación de demandas al modelo hidráulico

La asignación de las demandas a los nodos de la red se realizó con la ayuda de la información en formato shape, correspondiente a la georreferenciación del sector, adoptando el método de carga de caudales a partir de los puntos de las cuentas de los clientes registrados en la base de datos y asignando la demanda a la tubería o al nodo más cercano del modelo hidráulico, como se ilustra en la Figura 8-5.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	39	

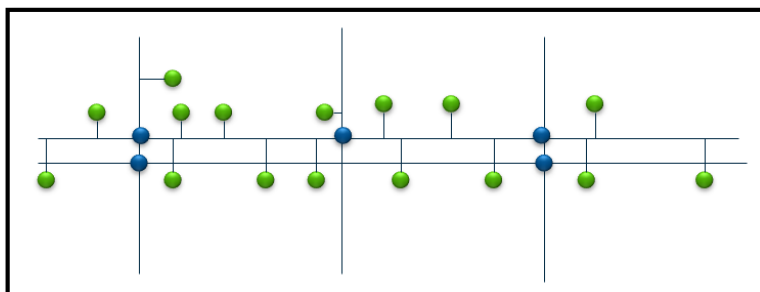


Figura 8-5 Esquema de carga de demandas a la tubería más cercana.

Para los escenarios de operación en periodo extendido se consideró la demanda media diaria afectada por el patrón de consumo horario, tomado como referencia a la tipología para este tipo de proyectos, presentado en la Figura 8-6.

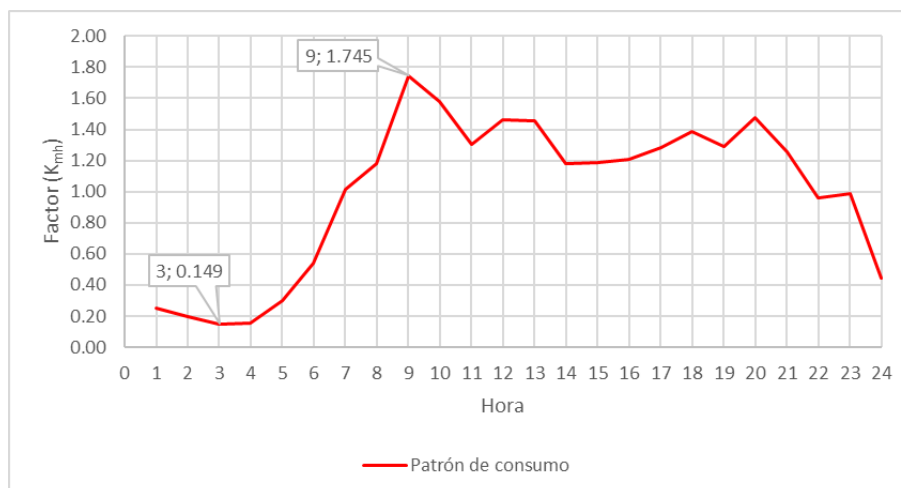


Figura 8-6 Curva de consumo horario

NOTA: Se evidencia este factor (Kmh) es bajo en relación con el factor de la norma ($k_{hm} = 2 - 2.3$) debido a que en su cálculo solo se considera el consumo regular mas no el irregular (conexiones clandestinas).

Por ende, es necesario utilizar el factor $k=2.3$ para que no exista déficit en el consumo máximo horario.

8.8 Pérdidas por fricción

Las pérdidas de carga por fricción se determinaron mediante la formulación de Darcy-Weisbach, utilizando el coeficiente de fricción definido por la ecuación de Colebrook & White.

- Ecuación de Darcy-Weisbach:

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi		Revisión:	[Estado]
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023		Página	40

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 8.1

- Ecuación de Colebrook-White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Ecuación 8.2

Donde, h_f corresponde a las pérdidas de carga por fricción (m), f al coeficiente de fricción de Darcy (adimensional), L a la longitud de la tubería (m), D al diámetro interior de la tubería (m), $V^2/2g$ a la altura de velocidad (m), ε a la rugosidad absoluta (m), Re al número de Reynolds (adimensional), V a la velocidad del agua (m/s) y ν a la viscosidad cinemática del agua a una temperatura de 20°C ($1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

La rugosidad absoluta adoptada para el presente proyecto es conservadora, se definió en un valor de 0,13 mm, asumiendo que se tratasen de tuberías plásticas con más de 20 años de operación (condición de diseño).

8.9 Pérdidas locales (accesorios)

Las pérdidas locales se calculan en función de la altura de velocidad multiplicada por un coeficiente de pérdida local (K) propio para cada tipo de accesorio que las produce:

$$\sum h_m = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 8.3

Donde, h_m corresponde a las pérdidas locales (m), K al coeficiente de pérdidas locales (adimensional) y $V^2/2g$ a la altura de velocidad (m).

Como referencia para los coeficientes de pérdidas menores se tuvieron en cuenta la referencia según la Tabla 8.4 (Jones, Sanks, Tchobanoglous, & Bosserman II, 2008):

Tabla 8.4 Coeficientes de pérdidas por accesorios

Accesorio	K
Válvula de globo, completamente abierta (regulación)	5,00
Válvula de mariposa, completamente abierta	0,35
Válvula de compuerta, completamente abierta	0,20
Válvula de pie de cola	5,00
Filtro de baja pérdida	3,30
Codo de 90°	0,25
Codo de 45°	0,20
Tee paso directo	0,30
Tee paso lateral	0,75
Ampliación	0,25
Reducción	0,05

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	41	

8.10 Escenarios de modelación

Para evaluar las diferentes condiciones de operación del sistema se consideraron los siguientes escenarios de operación:

- Caso 1. Condiciones de consumo al final del período de diseño en flujo permanente, rugosidad para tubería vieja y abastecimiento desde el tanque de almacenamiento.
 - Caso 1.1. Caso 1 pero con demanda calculada mediante proyección de consumos registrados.
 - Caso 1.2. Caso 1 pero con demanda calculada mediante proyección poblacional.
- Caso 2. Condiciones de consumo al final del período de diseño en flujo permanente, rugosidad para tubería vieja y abastecimiento directamente desde la PTAP.
 - Caso 2.1. Caso 2 pero con demanda calculada mediante proyección de consumos registrados.
 - Caso 2.2. Caso 2 pero con demanda calculada mediante proyección poblacional.
- Caso 3. Condiciones de consumo al final del período de diseño en flujo no permanente (variación horaria de la demanda del año 2043 en un periodo de 24 horas), rugosidad para tubería vieja y abastecimiento desde el tanque de almacenamiento utilizando demanda calculada mediante proyección poblacional.

En la Tabla 8.5 se resumen los escenarios de modelación implementados y su identificación en el modelo hidráulico.

Tabla 8.5 Escenarios de modelación

ID	Nombre Modelo	Alternativa demanda	Alternativa topología
Caso 1.1	2043-TQ-QMH-Consumo	2043-QMH-Consumo 1	2043-TQ-Consumo
Caso 1.2	2043-TQ-QMH-Población	2043-QMH-Población 1	2043-TQ-Población
Caso 2.1	2043-PTAP-QMH-Consumo	2043-QMH-Consumo 2	2043-PTAP-Consumo
Caso 2.2	2043-PTAP-QMH-Población	2043-QMH-Población 2	2043-PTAP-Población
Caso 3	2043-TQ-Qmd-Población	2043-Qmd-Población	2043-TQ-Población

8.11 Simulación de escenarios

En este numeral se analizan en conjunto los escenarios, tomando en consideración las condiciones límite para los principales parámetros hidráulicos como caudal, velocidad y presión.

8.11.1 Balance de caudal

En la Tabla 8.6 se presentan los caudales obtenidos en el modelo hidráulico en los puntos de alimentación del sistema (salida radial 1 y salida radial 2) y los puntos de abastecimiento de los sectores hidráulicos para las condiciones de demanda máxima (9h) y mínima (3h) al final del periodo de diseño. La evolución del caudal a lo largo del día se presenta en la siguiente tabla.

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	42	

Tabla 8.6 Resumen de balance de masa del sistema (caudal)

Tramo	Caso 1.1	Caso 1.2	Caso 2.1	Caso 2.2	Caso 3	
	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Qmin (l/s)	Qmax (l/s)
PTAP - TANQUE	65.35	353.90	65.35	353.90	4.12	353.90
TANQUE - SECTOR	65.35	353.90	65.35	353.90	4.12	353.90

Los resultados obtenidos evidencian el efecto del flujo operando en estado permanente y no permanente. Los órdenes de magnitud se mantienen a causa de las demandas base de los usuarios y siempre se garantiza el balance de masa en el sistema (caudal entregado por la PTAP y/o almacenado en el tanque = caudal demandado por los usuarios del sector de estudio).

8.11.2 Velocidad del flujo

Mediante modelación matemática se verificó la velocidad del flujo para condiciones de caudal máximo horario al momento de entrada en operación de la red. De acuerdo con los criterios de diseño, se debe garantizar una velocidad mínima del flujo de 0,5 m/s.

Las velocidades de flujo obtenidas para las condiciones mencionadas (QMH) se presentan en la Tabla 8.7 y se puede identificar que está por debajo del rango máximo.

Tabla 8.7 Resumen de velocidades del sistema

Escenario	Velocidad Máxima (m/s)
Caso 1.1, Caso 2.1	1.15
Caso 1.2, Caso 2.2, Caso 3	0.85

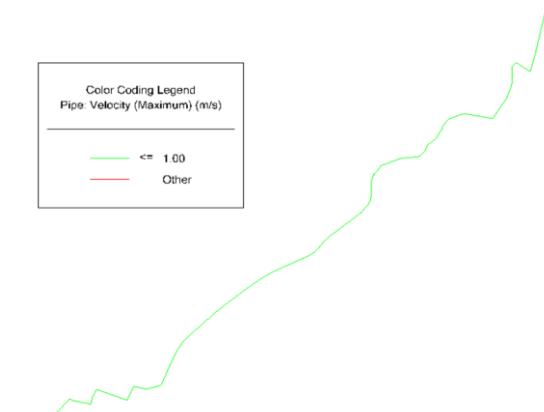


Figura 8-7 Velocidad del flujo para QMH al final del periodo de diseño (Todos los Casos)

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	43	

8.11.3 Presiones de servicio

Mediante modelación matemática se verificó que las presiones de servicio oscilaran en un valor cercano a 15 m.c.a., esta condición se logró mediante la proyección de un sistema con velocidades de flujo y pérdidas de energía bajas y al colocar de una válvula reguladora de presión debido a la diferencia considerable entre cotas de abastecimiento y punto de interconexión, por esta razón en todos los Casos se cumple la misma condición, ver Figura 8-8 .

Se cumple la presión de servicio en el customer meter del sistema para condiciones de máxima demanda a final del periodo de diseño, se indican las presiones máximas y mínimas resultantes en los usuarios del sistema.



Figura 8-8 Presión mínima (Todos los Casos)

Tabla 8.8 Presiones máximas y mínimas en el sistema

Variable	Caso 1.1	Caso 1.2	Caso 2.1	Caso 2.2	Caso 3
Presión mínima en sistema (m.c.a)	2.72	2.77	22.27	22.33	2.82
Presión máxima en sistema (m.c.a)	54.03	59.16	58.29	68.13	59.12
Presión mínima en interconexión (m.c.a)	15.01	15.06	15.05	15.06	15.06
Presión máxima en interconexión (m.c.a)	15.01	15.06	15.05	15.06	15.12

Los resultados obtenidos indican que las presiones de servicio al final del periodo de diseño son las óptimas, y que debido a la presencia de valores críticos se justifica la instalación de dos VRP, una a la mitad del trayecto de la red de conducción y la otra antes de la interconexión.

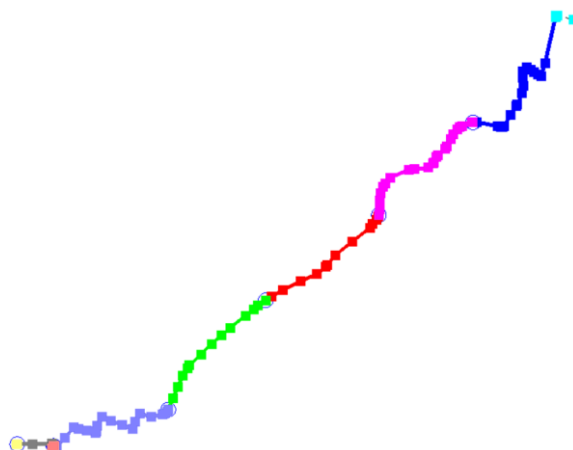
		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	44	

9 Análisis de elementos operativos de la red

9.1 Válvulas de seccionamiento y análisis de criticidad

Las 7 válvulas de seccionamiento pueden conformar 9 segmentos al interior de la red de conducción, para maximizar la flexibilidad operativa y minimizar su vulnerabilidad ante cualquier intervención.

- Segmento 1. Segmento interno de línea de conducción.
- Segmento 2. Segmento interno de línea de conducción.
- Segmento 3. Segmento interno de línea de conducción.
- Segmento 4. Segmento desde la VRP hasta el punto de interconexión.
- Segmento 5. Segmento desde el interior de la línea de conducción hasta la válvula ubicada en la salida del tanque de almacenamiento.
- Segmento 6. Segmento interno de línea de conducción.
- Segmento 7. Segmento desde la válvula de entrada del tanque de almacenamiento hasta la válvula de salida de la PTAP.
- Segmento 8. Segmento desde las válvulas de entrada y salida del tanque de almacenamiento hasta el propio tanque de almacenamiento.
- Segmento 9. Segmento desde la válvula de salida de la PTAP hasta la propia PTAP.



Segment	Affected Elements <Count>	Isolation Nodes <Count>	Pipes <Count>	Affected Customer Meters <Count>	Segment Length (m)	Water Volume of Segment (m³)	Segment Color
Segment - 1	12	2	13	0	1,015.96	57.57	255,0,0
Segment - 2	19	2	20	0	1,236.93	70.09	0,0,255
Segment - 3	12	2	13	0	1,055.83	59.83	0,255,0
Segment - 4	2	1	2	1	23.65	1.34	0,255,255
Segment - 5	20	2	21	0	1,061.66	60.16	28,128,255
Segment - 6	21	2	22	0	1,035.39	58.67	255,0,255
Segment - 7	3	2	4	0	267.92	15.18	28,128,128
Segment - 8	1	2	2	0	40.40	2.29	55,128,128
Segment - 9	1	1	1	0	4.90	0.28	55,255,128

Figura 9-1 Segmentación del sistema del proyecto

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	45	

9.2 Macromedidor (caudalímetro)

La interconexión entre la red de conducción y la red de distribución existente del sector debe contar con un caudalímetro electromagnético de electrónica compacta alimentado por baterías, DN 200.

La selección del equipo se realizó en función de los resultados de presión y caudal del modelo hidráulico, buscando, en lo posible, un rango de velocidad del flujo entre 1 m/s y 3 m/s para obtener la mayor precisión de los equipos y evitar pérdidas de carga excesivas con diámetros menores.

En la Tabla 9.1 se presenta las condiciones de flujo máximo y mínimo para la selección de los equipos. La presión nominal se estableció en 10 bar debido a que la máxima presión del sistema, sin regulación, es de 3,5 bar.

Tabla 9.1 Datos hidráulicos caudalímetro

Q_{min}	Q_{MH}	Presión	D	PN	V_{max}	V_{min}
l/s	l/s	bar	mm	Bar	m/s	m/s
4.12	353.90	3.5	200	10	1.53	0.10

9.3 Válvulas de aire

La selección de válvulas de aire se realizó de acuerdo con los criterios del manual AWWA M-51 (American Water Works Association, 2001) descritos a continuación:

- **Criterio de desagüe:** se debe verificar que a una velocidad máxima de desagüe recomendada (0,6 m/s) y un diferencial de presión igual a la presión de colapso de la tubería calculada o - 3,4 mca, la más baja, la válvula provea suficiente aire para compensar el caudal de agua descargado durante el desagüe.
- **Criterio de ruptura:** similar al criterio de desagüe, se debe verificar que el caudal de admisión de aire posible sea mayor que el caudal de agua a ser descargado por la tubería en caso de romperse y tener flujo libre por gravedad. Se debe tener en cuenta el área de rotura, pérdidas de energía por fricción y accesorios, y al estar enterrada, se deben hacer supuestos sobre la capacidad de descarga.
- **Criterio de llenado o de expulsión de aire por orificio grande:** durante el proceso de llenado de una sección de tubería se debe garantizar la expulsión de aire en la tubería. De no ser así se pueden generar bolsas de aire que reducen drásticamente el desempeño de la tubería. Este criterio es de gran importancia cuando la válvula se ubica en un punto alto. La AWWA recomienda una velocidad máxima de llenado de 0,3 m/s y una presión de llenado de 1,4 mca. Con esta información y la ficha correspondiente a la válvula seleccionada se debe verificar si el caudal de aire a ser expulsado por el orificio grande satisface las necesidades de llenado.
- **Criterio de expulsión de burbujas finas:** durante la operación regular de la línea se debe expulsar un volumen de aire correspondiente al 2% del volumen de agua. Este valor del 2% corresponde al porcentaje de solubilidad de aire en agua a condiciones estándar. Cabe

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	46	

mencionar que esto corresponde a la capacidad total de expulsión de todas las ventosas del sistema y es de mayor importancia en los puntos altos donde dichas burbujas se pueden acumular. De igual manera el valor de 2% es conservador dado que considera que todo el tiempo se está escapando de solución todo el aire disuelto. No siempre se puede lograr cumplir con este criterio y subir un tamaño de válvula puede no ser la solución dado que el orificio pequeño varía cada dos o tres diámetros nominales.

Como resultado de los análisis se proyectaron 7 válvulas de aire de función doble. Estas se pueden identificar en el ANEXO PLANOS. En la Tabla 9.2 se presentan las principales características de las ventosas propuestas.

Tabla 9.2 Válvulas de aire

DN Ventosa (mm)	DN tubería (mm)	Función	Cantidad
25	315	DOBLE	7

9.4 Válvulas de desagüe

La ubicación de estas válvulas se realiza en función del punto de menor altimetría aprovechando los cauces que se forman naturalmente por la escorrentía superficial. En el diseño se han considerado 4 cámaras para válvulas de desagüe.

Las válvulas de desagüe proyectadas son de 80 mm y operan de manera controlada manipulando la válvula y modificando la apertura de esta. Estas se pueden identificar en el ANEXO PLANOS. En la Tabla 9.3 se presentan las principales características de las ventosas propuestas.

Tabla 9.3 Válvulas de desagüe

DN desagüe (mm)	DN tubería (mm)	Cantidad
80	315	4

9.5 Válvulas reguladoras de presión

Las Válvulas de Regulación de Presión (VRP) se seleccionaron para el Caso 1.2., donde todo el caudal de diseño pasa a través de las VRP. En la Tabla 9.4 se resumen los parámetros de selección.

Tabla 9.4 Condiciones de selección de VRP

VRP	Q _{max} (l/s)	Q _{min} (l/s)	P _{min_from} (mca)	P _{max_from} (mca)	P _{objetivo} (m)	DN (mm)
1	353.90	4,12	48,53	54,93	15,00	100
2	353.90	4,12	59,12	65,40	15,00	100

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	47	

El sector de estudio posee un elemento crítico en el sistema, es decir, la presión extremadamente alta. En este caso se garantiza una presión estática de 15 m.c.a. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa el resumen de los datos de las válvulas reguladoras de presión seleccionadas mediante software a partir de las condiciones iniciales de la modelación hidráulica.

10 Intervenciones a sistema existente

Además de la intervención que se debe ejecutar en el punto de interconexión entre el acueducto de 315mm PEAD y la red existente de 110mm PVC, para que este diseño se lleve a cabo, también dentro de las proyecciones del plan maestro se considera como siguiente fase de ejecución del plan maestro, cambiar dos tramos de tuberías que ya han cumplido su vida útil. Se van a reemplazar 500 metros de tubería de 110mm AC y 500 metros de tubería de 160mm AC, esto es, en el transcurso de la Av. San Francisco desde Calle Rubén Darío hasta Calle Brasil. En base a las proyecciones del plan maestro y a las calibraciones hidráulicas de la red de distribución en el sector Norte.

En la Figura 10-1 se visualizan los tramos cuya intervención es necesaria.

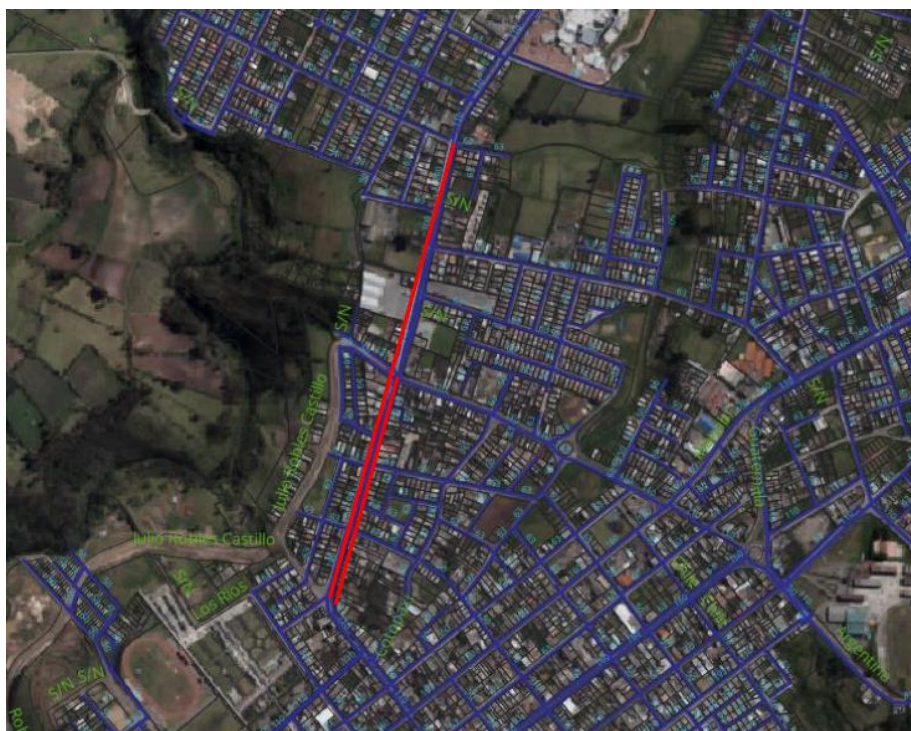


Figura 10-1 Tramos de tubería existente a reemplazar

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	48	

11 Conclusiones y recomendaciones

Como resultado de la modelación hidráulica del sistema proyectado se concluye lo siguiente:

- El sistema de AAPP proyectado tiene la capacidad hidráulica para atender las demandas al inicio y final del periodo de diseño, garantizando presiones de servicio mínimas en valores cercanos a 15 metros.
- Las velocidades mínimas y máximas se cumplen, por tal motivo las pérdidas son sumamente bajas y se pierde poca energía hasta el punto de conexión con la VRP.
- El sistema proyectado ofrece una alta flexibilidad operativa y baja vulnerabilidad ante intervenciones debido a que se pueden conformar 9 segmentos con posibilidad de aislamiento individual.
- Mediante la implementación del Tanque de Almacenamiento se solucionará el déficit de agua en el sector Norte de la ciudad y a la vez aliviará a la red global del sistema de agua potable del resto de la ciudad.
- En base a las proyecciones del plan maestro y a las calibraciones hidráulicas de la red de distribución en el sector Norte se efectuarán cambios en los sectores aledaños al empate entre la nueva línea de conducción y la red existente.
- Se ha aptado la construcción del tanque de almacenamiento con material de vidrio fundido en acero debido a las ventajas que presenta este sobre el de hormigón armado, a fin de cumplir con los parámetros de calidad del agua y brindar un servicio correcto a la ciudadanía.

ELABORADO POR



Firmado electrónicamente por:
**JULIO EDUARDO
CHIRIBOGA**



Firmado electrónicamente por:
**JEAN PIERRE LOPEZ
MARTINEZ**

Ing. Julio Chilibogga - Ing. Jean López

ANALISTAS GESTIÓN TÉCNICA EPMAPA- T

REVISADO Y APROBADO POR



Firmado electrónicamente por:
**LUIS FERNANDO TOBAR
ESPINOZA**

Ing. Fernando Tobar

DIRECTOR GESTIÓN TÉCNICA EPMAPA- T

		Memoria Técnica	Código:	
			Versión:	
			Fecha:	11/03/2024
Nombre del proyecto:	Construcción de acueducto y tanque de almacenamiento de AAPP (para una población aprox. de 5000 usuarios), en el Cantón Tulcán, Provincia de Carchi	Revisión:	[Estado]	
Código documento:	INF-TULCÁN-AAPP-2023	Página	49	

12 Bibliografía

- American Water Works Association. (2001). *Manual of Water Supply Practices-M51. Air release, Air/Vacuum and Combination Air Valves.*
- AWWA D-103. (2019). *NORMA Y ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN.*
- (s.f.). *Características técnicas garantizadas Domo godesico autoportante en Aluminio para tanque en VFA.*
- FLORIDA AQUASTORE. (2017). *MONTAJE DE UN TANQUE PASO A PASO.*
- (s.f.). *Formulario Características tecnicas garantizadas Tanque en VFA.*
- INEN. (1992). *CPE INEN 5 Parte 9-1:1992 Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.*
- (s.f.). *Informe Comparativo. Concreto vs VFA. Florida Aquastore.*
- INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO. (2014). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1: 25 000. TULCÁN.*
- Jones, G. M., Sanks, R. L., Tchobanoglous, G., & Bosserman II, B. E. (2008). *Pumping Station Design (3rd Edition).* BH.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 de 2017.* Bogotá.
- Norma Técnica de Construcción. (s.f.). *Instalación de tanques de VFA - vidrio fusinado al acero y obras complementarias.*
- Norma Técnica de Construcción NC-AS-IL01-58. (2021). *Cimentación de tanques para almacenamiento de agua potable.*