

GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA



PROYECTO

**“ESTUDIOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MACAS: TRAMO
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ISIDRO-
TANQUE DE RESERVA R2 DEL CANTÓN MORONA.”**

Ing. Francisco Andramuño
ALCALDE DEL CANTÓN MORONA

OCTUBRE 2024

INDICE

1	ASPECTOS GENERALES E INFORMACIÓN BÁSICA	6
1.1	NOMBRE DEL PROYECTO	6
1.2	ENTIDAD EJECUTORA	6
1.3	ANTECEDENTES	6
1.4	ALCANCE DEL ESTUDIO	7
1.5	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	9
1.6	UBICACIÓN	9
1.6.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	9
1.6.2	DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA	10
1.6.3	SUPERFICIE	10
1.7	SUPERFICIE ACTUAL DEL ÁREA POBLADA Y SUPERFICIE TOTAL FUTURA CUBIERTA POR EL DISEÑO	11
1.8	POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	11
1.9	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, GEOGRÁFICAS Y AMBIENTALES	11
1.9.1	ASPECTOS FÍSICOS	11
1.9.2	MEDIO GEOGRÁFICO	12
1.9.3	ASPECTOS AMBIENTALES	13
1.9.4	ASPECTO SOCIOECONOMICO	14
1.10	SERVICIOS BÁSICOS	15
1.10.1	TELEFONÍA	15
1.10.2	SALUD	15
1.10.3	ENERGÍA ELÉCTRICA	15
1.10.4	AGUA POTABLE	16
2	OFERTA Y DEMANDA	16
2.1	CARACTERÍSTICAS HIDRAULICO SANITARIO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE (OFERTA)	16
2.1.1	Conducción San Isidro (Z1)	16
2.1.2	Red Huacho (Z2)	17
2.1.3	Conducción Jimbitono (Z3)	17
2.1.4	Red San Isidro (Z4)	17
2.1.5	Red Norte (Z5)	17
2.1.6	Red Proaño (Z6)	17
2.1.7	Red Sur-Oeste (Z7)	17
2.1.8	Red Centro (Z8)	17
2.1.9	Red Sur-Este (Z9)	17
2.1.10	Red Baja (Z10)	17
2.2	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA (DEMOGRAFÍA)	19
2.2.1	TENDENCIA HISTÓRICA DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL	19
2.2.2	METODOLOGÍA	20
2.2.3	RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES	21
2.3	DEMANDA DE AGUA POTABLE	24
2.3.1	DOTACIÓN DE AGUA POTABLE	24
2.3.2	ANÁLISIS DE CONSUMOS (RESIDENCIALES Y COMERCIALES)	24
2.3.3	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y RESULTADOS	25
2.4	DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES	27
2.5	CAUDALES DE DISEÑO	28
2.5.1	ESCENARIO 1: AÑO BASE 2022	28
2.5.2	ESCENARIO 2: AÑO HORIZONTE 2030	32
2.5.3	ESCENARIO 3: AÑO HORIZONTE 2047	35

2.5.4	RESULTADOS	38
3	DISEÑO DETALLADO	39
3.1	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	39
3.2	PARÁMETROS DE DISEÑO	41
3.2.1	NORMAS Y CRITERIOS	41
3.2.2	PÉRDIDAS DE CARGA	41
3.2.3	PÉRDIDAS DE CARGA UNITARIA EN LAS TUBERÍAS	42
3.2.4	VELOCIDADES MÁXIMA Y MÍNIMA ADMISIBLES	42
3.2.5	MODELACIÓN HIDRÁULICA	43
4	DISEÑO DE VÁLVULAS	44
4.1	VÁLVULAS DE AIRE	44
4.2	VÁLVULAS DE PURGA	45
4.3	ESTACIONES LIMITADORAS DE CAUDAL	46
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
6	ANEXOS	47

INDICE DE TABLAS	
Tabla 1. Área de influencia actual y futura	11
Tabla 2. Tabla de elevaciones – Pisos bioclimaticos	12
Tabla 3. Tipos de clima	14
Tabla 4. Censo de población 2010 – Establecimientos de enseñanza	14
Tabla 5. Censo de población 2010 - Viviendas	14
Tabla 6. Censo de población 2010 – Nacidos, Fallecidos, Moralidad.....	15
Tabla 7. Censo de población 2010 – Cobertura electrica	15
Tabla 8. Población Ecuador vs Población Macas	20
Tabla 9. Distribución demográfica por sectores censales	22
Tabla 10. Proyección demográfica por parroquias	23
Tabla 11. Media de consumos prediales (Sin valores atípicos)	25
Tabla 12. Estimación de dotación neta doméstica	25
Tabla 13. Dotaciones residenciales netas calculadas	26
Tabla 14. Distribución de Población Servida por PTAP	27
Tabla 15. Distribución caudal medio por PTAP	27
Tabla 16. Distribución de Caudal máximo Diario por PTAP	28
Tabla 17. Cuadro de oferta y demanda	38
Tabla 18. Matriz cualitativa- cuantitativa de idoneidad	39
Tabla 19. Cálculo de válvulas de Purga Conducción de Agua Cruda	46
Tabla 20. Estaciones limitadoras de caudal	47

INDICE DE ESQUEMAS

Ilustración 1. Esquema Sistema de Agua Potable de Macas	10
Ilustración 2. Esquema del sistema de agua potable de Macas.....	18
Ilustración 3. Pirámide poblacional.....	19
Ilustración 4. Proyección poblacional 2010 – 2047 cantón Morona.....	21
Ilustración 5. Distribución de la población CENSO 2010 – Mapa de densidad (hab/Ha).....	21
Ilustración 6. Distribución de la población 2047 – Mapa de densidad (hab/ha).....	22
Ilustración 7. Dotaciones per cápita asumidas.....	26
Ilustración 8. Patrón de consumo (Curva de variación horaria)	28
Ilustración 9. Esquema Actual 2022 Sistema de Agua Potable de Macas.....	30
Ilustración 10. Modulación y operación de reservas 2020	32
Ilustración 11. Esquema Propuesto 2022 - 2030 Sistema de Agua Potable de Macas	33
Ilustración 12. Modulación y Operación de Reservas 2030	35
Ilustración 13. Esquema Propuesto 2030 - 2047 Sistema de Agua Potable de Macas	36
Ilustración 14. Modulo y operación de reservas 2047	37
Ilustración 15. Variación del Caudal Máximo Diario de San Isidro año 2047 vs. Índice de Agua No Contabilizada.....	38
Ilustración 16. Análisis de sensibilidad del costo de inversión	41
Ilustración 17. Perfil esquemático Conducción Agua Cruda y Agua Tratada	45

“ESTUDIOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MACAS: TRAMO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ISIDRO- TANQUE DE RESERVA R2 DEL CANTÓN MORONA ”

1 ASPECTOS GENERALES E INFORMACIÓN BÁSICA

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

ESTUDIOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MACAS: TRAMO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ISIDRO- TANQUE DE RESERVA R2 DEL CANTÓN MORONA

1.2 ENTIDAD EJECUTORA

Gobierno Municipal del Cantón Morona

Dirección: Calle Bolívar, entre 24 de mayo y 9 de octubre, frente al parque central.

PBX (593) 07 2700 040- ALCALDÍA

PBX (593) 07 2700 143/ fax, extensión 107

Teléfono de la Dirección de Obras Sanitarias: (593) 07 2700 143, extensión 171/172

Email: mmorona@macas.gob.ec.

Página WEB: www.macas.gob.ec

1.3 ANTECEDENTES

El Gobierno Municipal del Cantón Morona, consciente de la necesidad de solucionar los múltiples problemas por los que atraviesan los habitantes de las diferentes Barrios de la Parroquia Macas, Proaño y San Isidro, habiendo la voluntad política de sus Autoridades por ejecutar a la brevedad posible los proyectos tanto de construcción de obra, como de estudios para el mejoramiento de los diferentes Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, como una herramienta fundamental para colaborar directamente con el desarrollo económico, social, técnico y ambiental del Cantón Morona, contrató la elaboración de los “ESTUDIOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MACAS: TRAMO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ISIDRO- TANQUE DE RESERVA R2 DEL CANTÓN MORONA”. La cual debe ser ejecutada de manera eficiente, asegurando que los trabajos se lleven a cabo de conformidad con las políticas, lineamientos generales y metodologías desarrolladas por el GADM.

En la actualidad, la tubería de asbesto cemento que se encuentra colocada en el tramo desde la planta de tratamiento de San Isidro y tanque de reserva R2 cumplió con su vida útil. Lo que dificulta enormemente las labores de mantenimiento teniendo constantes daños en la red lo que representa suspensiones periódicas del servicio de agua potable.

Por otro lado, al ser la red principal de asbesto “cemento”, los accesorios, tuberías y conexiones se encuentran descontinuados por lo que se hace arduo conseguir accesorios para esta red y los arreglos toman un tiempo mayor para poder solucionar los desperfectos de la misma.

De igual manera actualmente la red de distribución pasa por los predios privados donde afecta tanto a ciudadanos y a la municipalidad al no poder reubicar la red principal y esto le afecta a la ciudadanía que reside por la ubicación de la red ya que no pueden realizar obras sin afectar la tubería de agua potable, de igual forma existen pasos elevados que se encuentran en mal estado.

En el 2006, el GAD Municipal del cantón Morona contrata los estudios y diseños de los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Macas, los cuales se han venido implementando de manera parcial.

Al GAD Municipal le compete la prestación de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado a la población del cantón y la conservación de las cuencas hidrográficas aprovechables garantizando la prestación de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado para alcanzar el Buen Vivir, previsto en la Constitución de la República.

1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO

El proyecto en mención cumplirá con lo requerido por el gobierno municipal del cantón Morona, en el cual se detallarán los estudios e investigaciones para el desarrollo de la presente consultoría del “SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MACAS: TRAMO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ISIDRO- TANQUE DE RESERVA R2 DEL CANTÓN MORONA” con el visto bueno de los entes rectores en esta área.

El gobierno municipal del cantón Morona, interesado por optimizar las condiciones de vida de la población de la parroquia San Isidro, Proaño y Macas ha considerado prioritario la elaboración de este proyecto, resolviendo los problemas de ubicación de la tubería y fugas en la misma

La presente consultoría detalla el análisis y diseños definitivos de los distintos componentes que conforman el “SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MACAS: TRAMO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ISIDRO- TANQUE DE RESERVA R2 DEL CANTÓN MORONA”,

Los resultados esperados con la presente consultoría se resumen en el listado señalado a continuación.

Fase I:

- Información básica sobre el área del proyecto.
- Datos generales.
- Aspectos económicos y sociales.
- Servicios públicos.
- Recopilación, evaluación y diagnóstico de datos de los sistemas existentes.
- Bases de diseño del proyecto.
- Período de diseño.
- Áreas de servicio.
- Estudios demográficos.
- Demanda futura del servicio de agua potable
- Comparación entre la oferta y la demanda.
- Estudio del cuerpo receptor.

- Levantamiento de información socioeconómica.
- Estudios topográficos
- Evaluación rápida del sistema de agua potable.
- Planteamiento y análisis de alternativas.
- Costos de las alternativas.
- Selección de la alternativa óptima.

Fase II:

- Análisis de viabilidad de la alternativa seleccionada.
- Viabilidad técnica.
- Viabilidad ambiental.
- Viabilidad comunitaria o ciudadana.
- Viabilidad institucional y gestión de servicios.
- Viabilidad económica.
- Viabilidad financiera.
- Estudios y diseños definitivos.

Todos estos parámetros se desarrollan en la presente memoria y en los documentos y capítulos anexos que acompañan al presente informe.

1.5 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar los Estudios Definitivos del Sistema de Distribución de Agua Potable de la Ciudad de Macas: Tramo Planta de Tratamiento de Agua Potable San Isidro – Tanque de Reserva R2 del Cantón Morona.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la evaluación y diagnóstico de las instalaciones existentes del sistema de distribución de agua potable.
- Determinar la mejor alternativa de diseño para la construcción de la obra.
- Realizar los estudios y diseños definitivos de las obras que permitan mejorar los sistemas de distribución de agua potable
- Elaborar un manual para la operación y mantenimiento del sistema de distribución de agua potable.
- Entregar en medios impresos, digitales los estudios adaptados a la realidad de la zona de influencia del proyecto.

1.6 UBICACIÓN

Para la obtención de las elevaciones de los nudos y accesorios de las redes de distribución, mismos que se encuentran geo-referenciados en el sistema de coordenadas UTM, geoide WGS84 zona 17S; se emplea la información cartográfica suministrada por el GAD Municipal de Morona, perteneciente al SIGTIERRAS¹ elaborada en el año 2010.

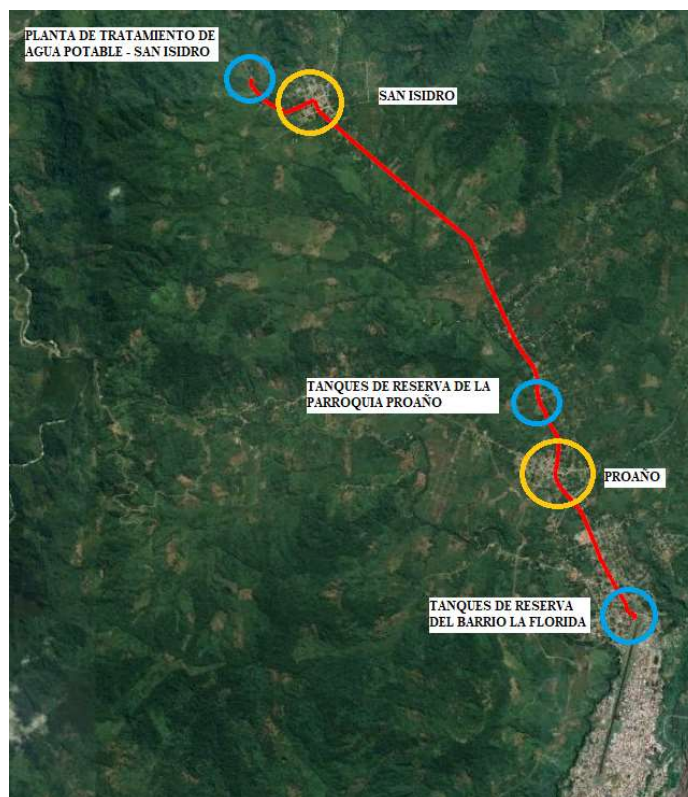
El modelo digital del terreno (MDT) del cual se dispone, se encuentra en escala 1: 5000 lo cual garantiza un nivel de precisión adecuado para los procesos de evaluación de sistemas de acueductos en zonas de relieve irregular como es el caso del sistema de agua potable de la ciudad de Macas.

1.6.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se emplaza en las parroquias San Isidro, Proaño y Macas como se ilustra en la siguiente ilustración.

¹ Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras

Ilustración 1. Esquema Sistema de Agua Potable de Macas



Elaborado por: Equipo Consultor

1.6.2 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA

El cantón Morona políticamente se encuentra dividido en nueve parroquias, una urbana y ocho rurales, que se detalla a continuación:

- Parroquia urbana: Macas, con la cabecera cantonal y provincial.
- Parroquias rurales: Zuñac, 9 de Octubre, Sinaí, General Proaño, San Isidro, Cuchaentza, Sevilla Don Bosco y Río Blanco.

1.6.3 SUPERFICIE

La Planta de Tratamiento de Agua Potable de San Isidro se ubica al Norte de la ciudad de Macas en la parroquia San Isidro, en el punto de coordenadas UTM WGS84 17S 814425.27m, 9755361.725m, siendo la cota de salida del tanque de contacto de cloro 1204.86 msnm, y el punto de llegada se ubica en las coordenadas 9745569.66m, 820186.65m, 1057.82msnm

1.7 SUPERFICIE ACTUAL DEL ÁREA POBLADA Y SUPERFICIE TOTAL FUTURA CUBIERTA POR EL DISEÑO

El área de influencia del proyecto corresponde a la parroquia de San Isidro, Proaño y Macas, provincia de Morona Santiago, tiene aproximadamente un área de cobertura de 1,409.9 ha, con 32,813 habitantes .

Tabla 1. Área de influencia actual y futura

Nro .	Año	Área (ha)	Población
1	2022	1409.9	32813
2	2047	1409.9	60315

Fuente y elaboración: Equipo consultor.

1.8 POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

La tasa de crecimiento poblacional del cantón Morona, entre los censos de población y vivienda de los años 2001 y 2010, calculada en alrededor de 3,6452% por año, indica un ritmo acelerado de crecimiento, esperándose para el año 2022 una población cantonal aproximada de 57.988 habitantes. Es evidente el rápido crecimiento de población que tendrán las parroquias Macas y Sevilla Don Bosco, si se considera el número de habitantes; sin embargo, las parroquias de mayor crecimiento proyectado al 2019, respecto a su población actual y si se mantienen condiciones similares, son: General Proaño con el 120,43%, Río Blanco con el 55,26%; Sevilla Don Bosco con el 38,28%, y Macas con el 36,45%. Aspecto a considerar en términos de planificación de la expansión urbana de la capital provincial y el potencial surgimiento de nuevos centros urbanos periféricos. Con un crecimiento proyectado moderado del 26,11% se muestra Alshi (9 de Octubre) y Cuchaentza con el 23,70%. San Isidro tendría un bajo nivel de crecimiento poblacional, se proyecta un incremento de 31 habitantes en 19 años, lo cual significa un 3,97%. De continuar el comportamiento decreciente de la población de Sinaí y Zúñac, estas parroquias tendrían un decremento previsto del 8,48% y 4,70%, respectivamente.

1.9 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, GEOGRÁFICAS Y AMBIENTALES

1.9.1 ASPECTOS FÍSICOS

HIDROGRAFÍA

Los principales sistemas hídricos que abarca el cantón Morona pertenecen a 3 cuencas hidrográficas: Pastaza, Morona y Santiago

La cuenca del río Pastaza

Tiene una longitud total de 256 Km cubriendo una superficie de 560,814 ha, corta la Cordillera Real formando una estrecha garganta y al salir a la llanura amazónica drena sus aguas con una dirección NE-SE, marcando a la vez el límite provincial entre Pastaza y Morona Santiago.

La cuenca del río Morona

Se ubica en la parte centro-oriental de la provincia y drena a los territorios correspondientes de la Cordillera del Cutucú y de la llanura amazónica, recorre una longitud total de 279,924 Km. cubriendo una superficie de 645,335 ha. Está conformada por la subcuencas de los ríos: Mangosiza, Cushuimi-Rakpaimain-Wawani-Wichin, Cangaime, Macuma, Morona-Wichimi-Pumpuentza.

La cuenca del río Santiago

Cubre la mayor parte del cantón con una superficie total de 1,152,808 ha y se forma bajo el aporte principal de los ríos Upano – Namangoza – Paute y Zamora. Esta cuenca hidrográfica esta constituida por las subcuencas de los ríos: Yaupi, Upano, Paute-Negro, Namangoza, Zamora, Changos, Drenaje al río Santiago, Bomboiza, Chuchumbleza (margen izquierdo), Machinaza-Quimi (curso superior río Quimi). El Río Santiago recorre la provincia en una longitud de 58 Km.

1.9.2 MEDIO GEOGRÁFICO

Altitud

En el cantón Morona se han identificado alturas que van desde los 150 m.s.n.m. hasta los 5.250 m.s.n.m., predominando la elevación Piemontano que va desde los 600 a los 1.300 m.s.n.m. con una superficie de 218.999,02 ha. que representan el 47,04 % del territorio Cantonal.

Tabla 2. Tabla de elevaciones – Pisos bioclimaticos

Nro.	RELIEVE (UG)	ALTURA (msnm)	ÁREA (Ha.)	PORCENTAJ E (%)
1	TIERRAS BAJAS	0 - 600	58.405,22	12,54
2	PIEMONTANO	600 - 1300	218.999,02	47,04
3	MONTANO BAJO	1.300 – 2.000	73.522,81	15,79
4	MONTANO	2.000 – 2.900	49.541,19	10,64
5	MONTANO ALTO	2.900 – 3.600	28.568,79	6,14
6	MONTANO ALTO SUPERIOR	3.600 - 4.300	35.297,95	7,58
7	SUBNIVAL	4.300 – 4.900	1.187,71	0,26
8	NIVAL	> 4.900	48,41	0,01
TOTAL			465.571,10	100,00

Fuente: Elevaciones - Pisos Bioclimáticos (MDE), SENPLADES-Zona 6 del SIN (2013)

Elaboración: Equipo consultor.

Orografía

La cordillera central de los Andes, sirve de límite con la provincia de Chimborazo. Sus elevaciones de mayor altura son: el volcán Sangay con 5,230 m.s.n.m, el cerro Galgalán con 4,386

m.s.n.m y el cerro Ayapungo con 4,630 m.s.n.m. De las estribaciones de esta cordillera se desprende un ramal denominado cordillera del Yungallí que rodea la parroquia de San Isidro. Frente a la ciudad de Macas se levanta el cerro Quílamo. Al este, la cordillera del Cutucú conocida también como tercera cordillera, de la que se desprenden pequeños ramales que se dirigen a la llanura amazónica. Entre la cordillera del Cutucú y la cordillera Central de los Andes se encuentra el valle del Upano en donde se asienta la ciudad de Macas. Al este de la cordillera del Cutucú se halla la llanura Amazónica.

1.9.3 ASPECTOS AMBIENTALES

En el cantón Morona existen dos bosques protectores: “Kutukú-Shaimi” y “Abanico”, además del área protegida del “Parque Nacional Sangay”, declarada en el SNAP el 26 de junio de 1979; las tres áreas protectoras ocupan el 59.99 % de la superficie del Cantón que corresponde a 279.273,47 ha.

Recurso Naturales

De acuerdo a los estudios realizados por el COMAGA (Consorcio de Municipios Amazónicos y Galápagos) en el año 2007, se evidenció en el cantón Morona la presencia de 13 minerales con 32 yacimientos, entre los predominantes tenemos yacimientos de cobre, plomo, zinc, hierro, arsénico, molibdeno, tungsteno, pirita, oro, plata, platino, cromo y antimonio, algunos de los cuales se encuentran situados en el área protegida del Parque Nacional “Sangay”, y los bosques protectores “Abanico” y “Kutukú-Shaimi”.

Con relación a los recursos naturales no metálicos se pueden destacar 6 pétreos con 16 yacimientos predominantes de carbón, caolín, talco, arena-grava, yeso y arcilla; destacándose de manera predominante la explotación de pétreos (arena, grava, piedra) a lo largo del río Upano.

Fauna

En el cantón Morona, existen identificadas 120 especies de mamíferos más representativas.

En la fauna, se encuentran: puerco de monte, saíno, tapir, mono araña, mono barizo, mono chichico, capibara, guatusa, cuchucho, cusumbo, guatín, jaguar, tigrillo, gavilán pollero, loros, águila pescadora, pava de monte, tortuga, lagartos, caimán.

Flora

Según datos obtenidos en el PCDOT del cantón Morona existen 110 especies de flora más representativas.

Temperatura

La temperatura es uno de los elementos constitutivos del clima que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados, el rango promedio de temperatura es de 15 °C. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos climáticos. Al interior del Cantón la temperatura es muy variada, según los datos del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología).

Precipitación

La precipitación es considerada como la cantidad de agua en milímetros que cae sobre la superficie terrestre, equivale al espesor de la lámina de agua que se forma, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable de un metro cuadrado, el rango promedio anual de precipitación es de 2,545 mm.

Tabla 3. Tipos de clima

CÓDIGO	TIPO DE CLIMA	RANGO TEMPERATURA (° C)	RANGO PRECIPITACIÓN (mm)	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
Af	MEGATÉRMICO LLUVIOSO	20-28	2,000-4,000	246,546.59	52.96
Aw	TROPICAL MEGATÉRMICO HÚMEDO	14-24	1,750-4,000	87,923.74	18.89
Ch	ECUATORIAL MESOTÉRMICO SEMI-HÚMEDO	6-18	1,250-4,000	70,817.40	15.21
Pf	ECUATORIAL DE LATA MONTAÑA	4-12	750-3,000	58,251.17	12.51
N	NIVAL	2-8	750-1,250	2,032.18	0.44
TOTAL				465,571.08	100.00

Fuente: Tipos de Clima - MAGAP, 2002

Elaboración: Equipo Técnico PCDOT-MORONA, 2014

1.9.4 ASPECTO SOCIOECONOMICO

Este mecanismo analiza cuál es la calidad y cobertura de los servicios sociales, vinculados con: educación, salud, inclusión económica, seguridad, entre otros.

Educación

En el último censo de población y vivienda se identificó el tipo de establecimiento de educación regular al que asiste la población, para el grupo de 5 años de edad, al cual corresponde el primer año de educación básica.

Tabla 4. Censo de población 2010 – Establecimientos de enseñanza

PARROQUIA	ESTABLECIMIENTO DE ENSEÑANZA REGULAR				TOTAL	POBLACIÓN 5 AÑOS	% COBERTURA
	FISCAL	PARTICULAR	FISCOMISIONAL	MUNICIPAL			
ALSHI (9 DE OCTUBRE)	4	0	0	0	4	4	100.00
CUCHAENTZA	55	0	3	1	59	64	92.19
GENERAL PROAÑO	47	6	24	0	77	82	93.90
MACAS	197	49	139	1	386	408	94.61
RÍO BLANCO	51	2	9	0	62	65	95.38
SAN ISIDRO	7	0	6	0	13	13	100.00
SEVILLA DON BOSCO	324	4	73	2	403	450	89.56
SINAI	19	1	2	0	22	23	95.65
ZUÑAC	2	0	0	0	2	2	100.00
TOTAL	706	62	256	4	1,028	1,111	95.70

Fuente: INEC, censo de población y vivienda, 2010

Elaboración: Equipo Consultor

Vivienda

En el cantón Morona existe un total de 9,638 viviendas, distribuidas en las 9 parroquias Macas, Sevilla Don Bosco, General Proaño, Río Blanco, Cuchaentza, San Isidro, Sinaí, Alshi 9 de Octubre y Zúñac.

Tabla 5. Censo de población 2010 - Viviendas

PARROQUIA	VIVIENDAS		HOGARES	
	Nro.	%	Nro.	%
MACAS	4,999	51.87	5,124	52.31
SEVILLA DON BOSCO	2,617	27.15	2,629	26.84
GENERAL PROAÑO	635	6.59	643	6.56
RÍO BLANCO	480	4.98	481	4.91
CUCHAENTZA	361	3.75	361	3.69
SAN ISIDRO	203	2.11	205	2.09
SINAI	188	1.95	189	1.93
ALSHI	102	1.06	109	1.11
ZUÑAC	53	0.55	54	0.55
TOTAL	9,638	100.00	9,795	100.00

Fuente: INEC, censo de población y vivienda, 2010

1.10 SERVICIOS BÁSICOS

El análisis de la situación actual de la parroquia San Isidro en cuanto al acceso de los servicios básicos es fundamental para determinar los posibles déficits en la cobertura y las ampliaciones futuras en función del crecimiento poblacional.

1.10.1 TELEFONÍA

El principal proveedor en el cantón Morona es la empresa pública CNT, cuyo programa de servicio gira en torno a tres tipos de tecnologías convencional o fija: (CDMA 450, CABLE, VSAT). Según el censo del año 2010 de los 9,795 hogares, el 31.62 % posee telefonía convencional y el 68.38 %, no poseen el servicio.

Además, existe el servicio de telefonía móvil en la parroquia San Isidro, pero es deficiente, ya que solo se tiene el 40 % cobertura, existen cuatro operadoras: Claro, Movistar, Tuenti, CNT.

1.10.2 SALUD

Según el último Censo de Población y Vivienda, el cantón Morona presenta 15,47 muertes por cada mil niños y niñas menores de un año, valor muy superior a la tasa de mortalidad infantil del país la cual es 9,75 por mil.

Tabla 6. Censo de población 2010 – Nacidos, Fallecidos, Moralidad

PARROQUIAS	NACIDOS ÚLTIMO AÑO	FALLECIDOS MENORES DE UN AÑO	MORTALIDAD INFANTIL POR MIL NACIDOS VIVOS
ALSHI (9 DE OCTUBRE)	7	0	0,00
CUCHAENTZA	50	1	20,00
GENERAL PROAÑO	65	1	15,38
MACAS	463	7	15,12
RÍO BLANCO	43	1	23,26
SAN ISIDRO	20	0	0,00
SEVILLA DON BOSCO	415	7	16,87
SINAI	13	0	0,00
ZUÑAC	5	0	0,00
TOTAL	1.081	17	10,07

Fuente: INEC, censo de población y vivienda, 2010

Elaboración: Equipo consultor.

1.10.3 ENERGÍA ELÉCTRICA

En función al Censo de Población y Vivienda 2010, se tiene que San Isidro es la segunda parroquia con mayor deficiencia del servicio de energía eléctrica, ya que posee el 66.37 % de cobertura.

Tabla 7. Censo de población 2010 – Cobertura electrica

PARROQUIAS	RED DE EMPRESA ELÉCTRICA DE SERVICIO PÚBLICO	%	OTRA FORMA DE PROCEDENCIA DE LUZ ELÉCTRICA	%	TOTAL
ALSHI (9 DE OCTUBRE)	98	96.08	4.00	3.92	102
CUCHAENTZA	232	64.27	129.00	35.73	361
GENERAL PROAÑO	540	85.04	95.00	14.96	635
MACAS	4.929	98.60	70.00	1.40	4,999
RÍO BLANCO	395	82.29	85.00	17.71	480
SAN ISIDRO	171	84.24	32.00	15.76	203
SEVILLA DON BOSCO	1.737	66.37	880.00	33.63	2,617
SINAI	172	91.49	16.00	8.51	188
ZUÑAC	53	100.00	0.00	0.00	53
TOTAL	8.327	85,38	1.311	14,62	9.638

Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010.

Elaboración: Equipo consultor.

1.10.4 AGUA POTABLE

Al GAD Municipal le compete la prestación de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado a la población del Cantón y la conservación de las cuencas hidrográficas aprovechables garantizando la prestación de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado para alcanzar el Buen Vivir, previsto en la Constitución de la República.

2 OFERTA Y DEMANDA

2.1 CARACTERÍSTICAS HIDRAULICO SANITARIO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE (OFERTA)

El sistema de agua de la Ciudad de Macas se abastece a partir de dos (2) captaciones ubicadas en los sectores Jimbitono y San Isidro que abastecen directamente a sus correspondientes Plantas de Tratamiento, para posteriormente realizar la distribución hacia las reservas y redes de distribución.

El área de estudio tal como se ha descrito cuenta con 2 (DOS) Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y 3 (TRES) centros de reserva.

En este informe, en base a la información disponible presenta una descripción general del sistema de conducción y distribución del sistema de agua incluyendo el sistema de conducciones de agua tratada desde las plantas de tratamiento hasta las correspondientes reservas.

El esquema presentado en la Ilustración 2 resume de manera esquemática las condiciones actuales de operación del sistema.

Para tal efecto se ha identificado la subdivisión del sistema de agua potable acorde a la factibilidad de zonificar el sistema

2.1.1 Conducción San Isidro (Z1)

La conducción 1 inicia en la captación de San Isidro en el punto de coordenadas (E814267 N 9,755,655) WGS84 17S, desde la cual parte la conducción de agua cruda de 250mm de Asbesto

Cemento (AC) hasta la PTAP convencional con capacidad de tratamiento de 80 lps ubicada en las coordenadas (E814401 N9755418).

Desde la PTAP parte una conducción de 250 mm AC de la cual se bifurca una tubería de 160mm AC desde la cual se deriva la conducción de 160mm PVC llegando hasta la reserva Huacho.

2.1.2 Red Huacho (Z2)

La red Huacho corresponde a los usuarios que se abastecen desde la red secundaria de 160mm PVC comprendida entre la PTAP y la reserva Huacho.

2.1.3 Conducción Jimbitono (Z3)

La zona 3 teóricamente no cuenta con usuarios corresponde únicamente a la red principal entre la PTAP Jimbitono y a las reservas ubicadas en la cabecera norte del aeropuerto.

2.1.4 Red San Isidro (Z4)

El subsistema San Isidro se abastece directamente desde la PTAP a través de la tubería de 160mm de AC.

2.1.5 Red Norte (Z5)

La red Norte se alimenta desde la reserva Huacho que a su vez alimenta a la red Proaño.

2.1.6 Red Proaño (Z6)

Corresponde a un subsector de la red norte interconectada mediante un anillo de distribución de 250mm y alimentada desde la red de 90mm que sale de la reserva Huacho.

2.1.7 Red Sur-Oeste (Z7)

Se alimenta desde la tubería de 250mm de PVC que sale de la reserva Aeropuerto R2, tiene múltiples interconexiones con la red Sur Este.

2.1.8 Red Centro (Z8)

La red centro se alimenta desde la cabecera del Aeropuerto desde la línea de 315mm de PVC que sale de la reserva R2 y tiene interconexiones con los sectores colindantes.

La red centro abastece al tanque de cola de 100m³ que abastece a la red baja.

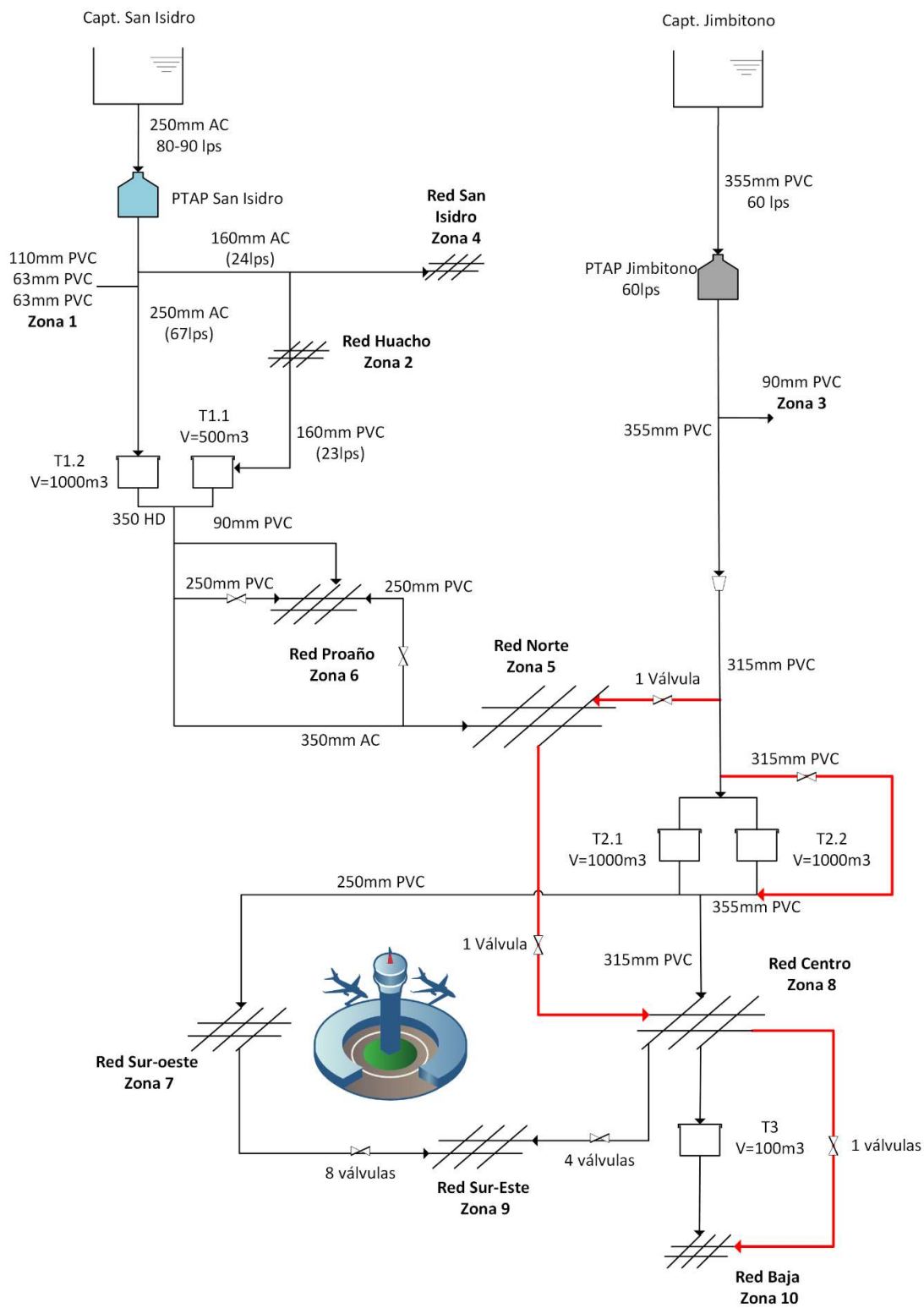
2.1.9 Red Sur-Este (Z9)

La red sureste se alimenta desde la línea de 355mm que sale de la reserva R2, las interconexiones a los sectores suroeste y centro forman un macro anillo de distribución.

2.1.10 Red Baja (Z10)

La red baja es una subred de la red centro y se alimenta desde el tanque de cola de 100m³

Ilustración 2. Esquema del sistema de agua potable de Macas



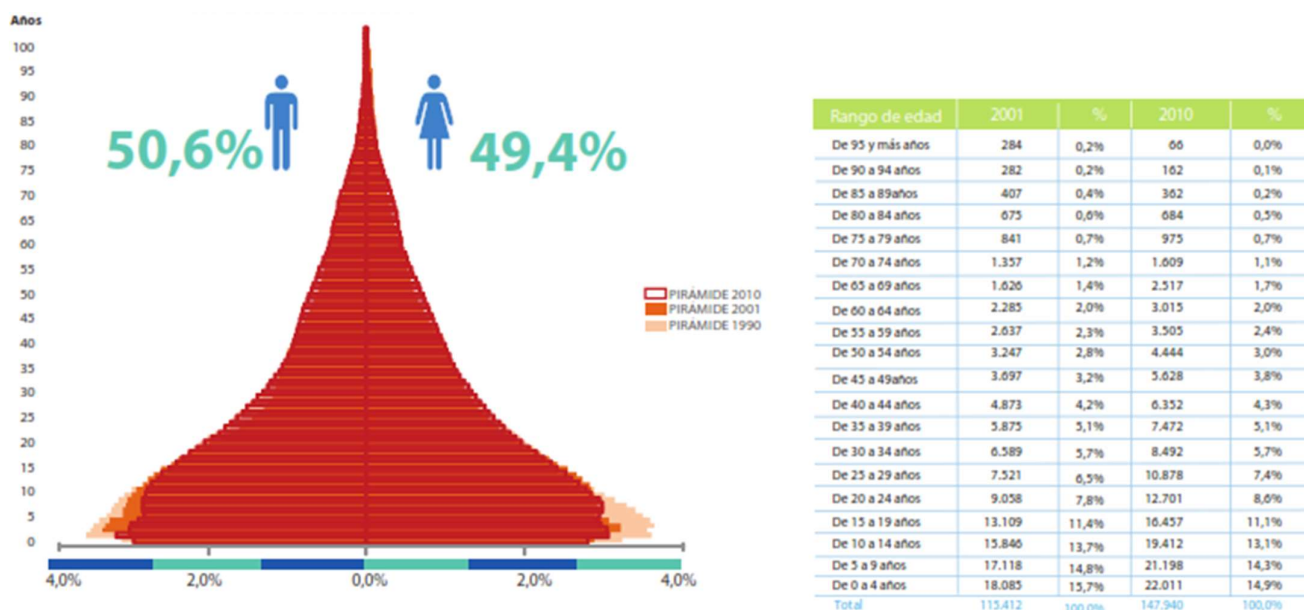
Elaboración: Equipo consultor.

2.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA (DEMOGRAFÍA)

2.2.1 TENDENCIA HISTÓRICA DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL

La población urbana dentro del área del proyecto (Macas, General Proaño y San Isidro) para el año 2001 es de 15,984 habitantes, mientras que para el año 2010 asciende a 22,551 habitantes. La población masculina es el 50,6% y la población femenina corresponde al 49,4%.

Ilustración 3. Pirámide poblacional



Los estudios disponibles tanto a nivel nacional como mundial, muestran que los componentes del crecimiento de la población acusan una tendencia sostenida hacia la reducción de parámetros fundamentales (i.e., la tasa global de fecundidad, TGF), por otra parte, debido al mejoramiento en las condiciones de salud y de vida en general, en la actualidad la esperanza de vida se ha incrementado sustancialmente si se compara con la evidencia observada a mediados del siglo anterior. Para el caso de Ecuador, por ejemplo, la TGF en los sesenta era de 7, actualmente es ligeramente superior a 3; la esperanza de vida a mediados del siglo anterior no superaba los 50 años, actualmente se encuentra en niveles cercanos a 70 años como promedio.

Por otra parte, la distribución espacial de la población ha sufrido cambios dramáticos, mientras a mediados del siglo anterior, la población se concentraba fundamentalmente en el medio rural, ahora cerca de las dos terceras partes de la población de Ecuador vive en ciudades, en la tasa de crecimiento intercensal para San Isidro es apenas del 0.7% y 0.43% en los periodos 1990-2001-2010 mientras que en el área periurbana de Macas específicamente en General Proaño la tasa es de 1.84% y 8.78% para los mismos periodos.²

De acuerdo con la información de los Censos de Población (INEC) entre 1990 y el año 2010, la ciudad más que duplicó su población, en términos porcentuales va ganando en importancia respecto a la población total del Ecuador; en efecto, mientras en 1990 representaba el 0,12% del

² Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, 2022

total nacional, para el año 2010 en ella se concentra el 0,16% de la población total del Ecuador (ver Tabla 1).

Tabla 8. Población Ecuador vs Población Macas

Año	Ecuador	Macas	Proaño	San Isidro	Río Blanco	TOTAL
1990	9,648,189	9,720	960	699	-	11,379
2001	12,156,608	14,054	1,175	755	1,283	17,267
2010	14,483,499	19,176	2,590	785	1,992	24,543

Elaboración: Equipo consultor.

Durante el período comprendido entre 1990 y el 2010, la población de la ciudad se incrementó con tasas de crecimiento superiores a la tasa media nacional teniendo una tendencia media de 3.86 – 3.98% para los períodos intercensales. Este comportamiento señala que se trata de una ciudad con una tendencia de crecimiento dinámico.

Este comportamiento demográfico, se explica por una disminución sostenida de las tendencias reproductivas de la población que se expresa en menores tasas de natalidad y mortalidad, sumado a la tendencia migratoria.

2.2.2 METODOLOGÍA

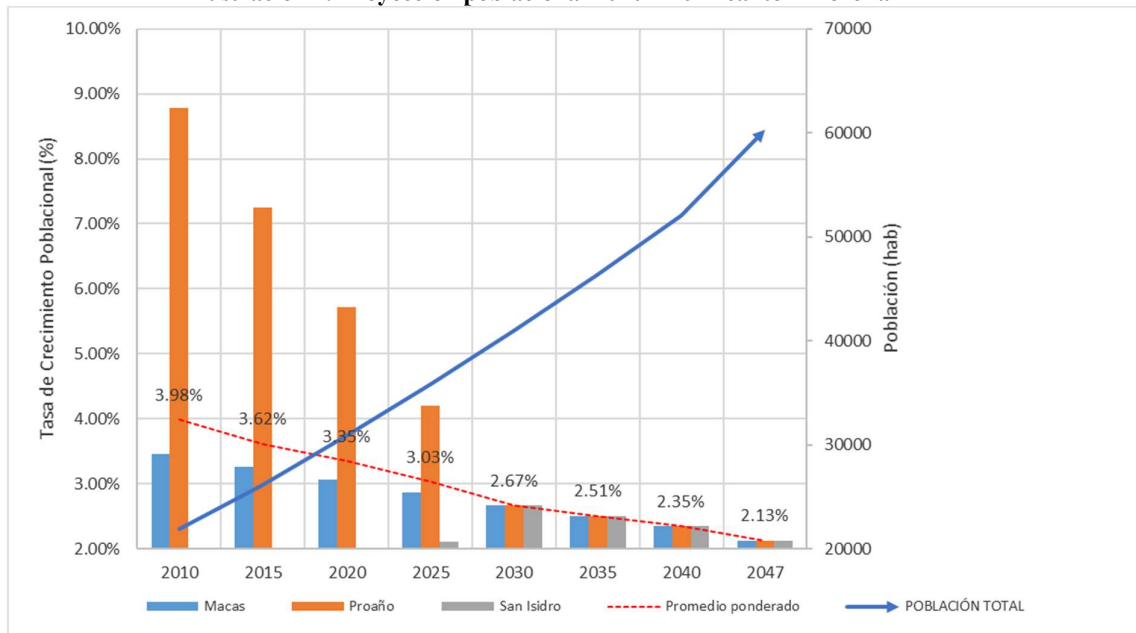
Existen diferentes métodos de proyección (matemáticos, económicos y demográficos), de estos el que mejor refleja el comportamiento y/o explica las tendencias de crecimiento poblacional, es el demográfico.

En general este método es relativamente sencillo, sin embargo, es muy importante que la base de información que se utilice para la proyección contenga datos adecuados y confiables, además que deben ser actualizados.

Es importante señalar que, los parámetros que se utilizaron en las proyecciones demográficas, corresponden a las últimas estimaciones realizadas por el INEC para las proyecciones de población de Ecuador.

Las proyecciones realizadas en el presente estudio, consideraron los datos del INEC que considera el crecimiento demográfico estimado para el cantón Morona desde el censo 2010 hasta el año 2047 basado en los criterios en cuanto a la estructura y nivel de la mortalidad tanto para los primeros cinco años de vida como para la mortalidad adulta.

Ilustración 4. Proyección poblacional 2010 – 2047 cantón Morona

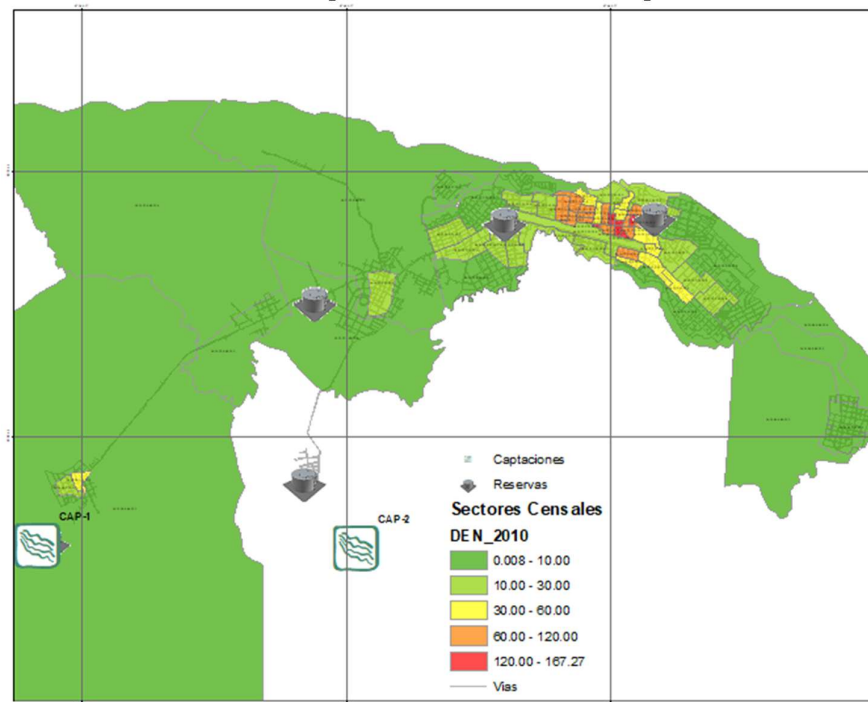


Elaboración: Equipo consultor.

2.2.3 RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES

Una vez precisados los parámetros establecidos en la metodología y realizado la distribución espacial de la población se procede a realizar el mapeo de la población fija tanto de la información base (censo 2010) ver Ilustración 5

Ilustración 5. Distribución de la población CENSO 2010 – Mapa de densidad (hab/Ha)



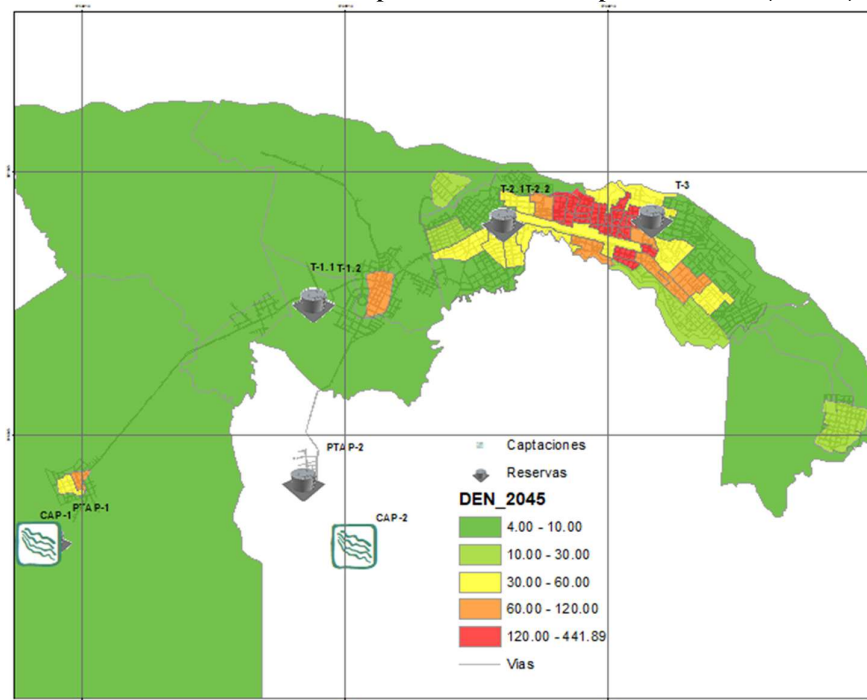
Elaboración: Equipo consultor.

Es evidente que la población se encuentra asentada principalmente dentro del casco urbano, mientras que dentro de las áreas de servicio de la zona norte se nota la conformación de núcleos de crecimiento

Los procesos migratorios locales producen que la población emplazada en zonas saturadas o en proceso de saturación, busquen emplazar en zonas periurbanas en proceso de consolidación que cuenten con las facilidades para cubrir sus necesidades básicas, de educación y transporte, por lo que se considera pertinente el realizar las proyecciones poblacionales a nivel de sectores censales con la finalidad de poder evidenciar de mejor manera los procesos antes descritos.

En este contexto se ha realizado el análisis demográfico por sectores censales y rutas de lectura para el año (2047) obteniendo los resultados que se detallan en la Tabla 2 y se esquematizan en la Ilustración 6.

Ilustración 6. Distribución de la población 2047 – Mapa de densidad (hab/ha)



Elaboración: Equipo consultor.

Tabla 9. Distribución demográfica por sectores censales

PARROQUIA	CÓDIGO CENSAL	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2047
		DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD
MACAS	140150001001	17.942	21.06	24.49	28.20	32.17	36.41	40.90	47.40
	140150001002	10.990	12.90	15.00	17.27	19.71	22.31	25.05	29.03
	140150001003	2.353	2.76	4.00	4.00	4.22	4.78	5.36	6.22
	140150001004	19.086	22.40	26.05	30.00	34.22	38.74	43.51	50.42
	140150001005	15.420	18.10	21.04	24.24	27.65	31.30	35.15	40.74
	140150001006	14.969	17.57	20.43	23.53	26.84	30.38	34.13	39.55
	140150001007	13.608	15.97	18.57	21.39	24.40	27.62	31.02	35.95
	140150001008	12.499	14.67	17.06	19.65	22.41	25.37	28.49	33.02
	140150001009	24.041	28.22	32.81	37.79	43.11	48.79	54.81	63.51
	140150002001	25.933	30.44	35.39	40.76	46.50	52.64	59.12	68.51
	140150002002	61.701	72.42	84.21	96.98	110.63	125.23	140.66	163.00
	140150002003	84.473	99.15	115.29	132.78	151.46	171.45	192.57	223.16
	140150002004	61.272	71.92	83.62	96.31	109.86	124.36	139.68	161.86
	140150002005	50.764	59.59	69.28	79.79	91.02	103.03	115.73	134.11

PARROQUIA	CÓDIGO CENSAL	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2047
		DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD
	140150002006	84.340	99.00	115.11	132.57	151.23	171.18	192.27	222.81
	140150002007	106.399	124.89	145.21	167.24	190.78	215.95	242.56	281.08
	140150002008	112.310	131.83	153.28	176.53	201.38	227.95	256.03	296.70
	140150003001	130.783	153.51	178.49	205.57	234.50	265.44	298.14	345.50
	140150003002	46.978	55.14	64.11	73.84	84.23	95.35	107.09	124.10
	140150003003	14.019	16.46	19.13	22.04	25.14	28.45	31.96	37.04
	140150003004	84.283	98.93	115.03	132.48	151.12	171.06	192.14	222.66
	140150003005	123.969	145.51	169.19	194.85	222.28	251.61	282.61	327.49
	140150003006	93.495	109.74	127.60	146.96	167.64	189.76	213.14	246.99
	140150003007	167.267	196.34	228.28	262.91	299.92	339.49	381.31	441.88
	140150003008	163.769	192.23	223.51	257.41	293.65	332.39	373.34	432.64
	140150003009	48.352	56.76	65.99	76.00	86.70	98.14	110.23	127.73
	140150003010	46.748	54.87	63.80	73.48	83.82	94.88	106.57	123.50
	140150004001	95.483	112.08	130.31	150.08	171.20	193.80	217.67	252.24
	140150004002	141.139	165.67	192.62	221.84	253.07	286.46	321.75	372.85
	140150004003	77.561	91.04	105.85	121.91	139.07	157.42	176.81	204.90
	140150004004	77.809	91.33	106.19	122.30	139.52	157.93	177.38	205.55
	140150004005	12.435	14.60	16.97	19.55	22.30	25.24	28.35	32.85
	140150004006	2.517	2.95	4.00	4.00	4.51	5.11	5.74	6.65
	140150004007	15.487	18.18	21.14	24.34	27.77	31.43	35.31	40.91
	140150004008	28.929	33.96	39.48	45.47	51.87	58.72	65.95	76.42
	140150004009	16.586	19.47	22.64	26.07	29.74	33.66	37.81	43.82
	140150005001	128.936	151.34	175.97	202.66	231.19	261.69	293.93	340.62
	140150005002	79.887	93.77	109.03	125.57	143.24	162.14	182.12	211.04
	140150005003	31.620	37.11	43.15	49.70	56.70	64.18	72.08	83.53
	140150005004	47.571	55.84	64.92	74.77	85.30	96.55	108.45	125.67
	140150005005	30.531	35.84	41.67	47.99	54.74	61.97	69.60	80.66
	140150005006	74.558	87.52	101.75	117.19	133.69	151.33	169.97	196.96
	140150005007	51.858	60.87	70.78	81.51	92.98	105.25	118.22	137.00
	140150005008	4.832	5.67	6.59	7.59	8.66	9.81	11.01	12.76
	140150005009	33.688	39.54	45.98	52.95	60.40	68.37	76.80	88.99
	140150999001	1.042	1.22	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
PROAÑO	140153001001	18.074	25.65	33.89	41.62	47.48	53.74	60.36	69.95
	140153907001	5.639	8.00	10.57	12.99	14.81	16.77	18.83	21.83
	140153999003	1.281	1.82	4.00	4.00	4.00	4.00	4.28	4.96
	140153999004	0.177	0.25	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	140153999005	0.389	0.55	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	140153999006	0.671	0.95	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
SAN ISIDRO	140156001001	18.140	19.06	20.58	22.85	26.06	29.50	33.14	38.40
	140156001002	45.113	47.40	51.19	56.82	64.82	73.37	82.41	95.50
	140156999001	0.008	0.01	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Elaboración: Equipo consultor.

Tal como se describe en líneas anteriores los procesos migratorios constituyen un factor primordial en la dinámica de la población, para lo cual se considera fundamental los procesos migratorios al interior de la ciudad.

Tabla 10. Proyección demográfica por parroquias

PARROQUIA (QUINQUENIO)	2010	2015	2020	2022 AÑO 0	2025	2030	2035	2040	2047 AÑO FIN
POBLACIÓN MACAS	19092	22410	26056	27571	30009	34233	38750	43524	50436
POBLACIÓN PROAÑO	2181	3095	4089	4439	5022	5729	6485	7284	8441
POBLACIÓN SAN ISIDRO	679	713	770	803	855	976	1104	1240	1437
POBLACIÓN TOTAL	21952	26219	30916	32813	35886	40938	46339	52048	60315

2.3 DEMANDA DE AGUA POTABLE

2.3.1 DOTACIÓN DE AGUA POTABLE

Se refiere al caudal de agua potable consumido diariamente, en promedio, para satisfacer las necesidades de cada habitante.

La dotación de agua potable en la ciudad de Macas, se determinó en el estudio de Control de Agua No Contabilizada de la ciudad de Macas en el año 2020, en base a los datos de facturación entregados por la Municipalidad, correspondientes a los años 2015 – 2019 y el periodo enero – mayo del 2020 en donde se detallan los consumos prediales mensuales por cada sector de servicio.

Los consumos fueron fijados e identificados para cada sector del sistema general de distribución de agua potable de la ciudad de Macas, considerando los siguientes aspectos:

- Hábitos de consumo doméstico en cada sector del sistema.
- Consumos de servicios públicos: mercados, camales, plazas, calles, piletas, etc.
- Consumo de industrias y comercios.

Con los resultados obtenidos de la estimación de consumos se procede a estimar la dotación y demanda total para cada sector considerando los criterios que se describen a continuación:

- La población total del sector fue obtenida del análisis poblacional efectuado en el presente estudio.
- El número de predios, en base del catastro predial proporcionado por la dirección de agua potable y saneamiento.
- La dotación calculada corresponde a la dotación neta es decir no considera pérdidas físicas ni comerciales
- El factor máximo diario es obtenido de la relación entre el mes de máximo consumo y el promedio de consumo del periodo de análisis.
- Para la estimación del factor máximo horario se consideran los registros continuos de caudal en la red de distribución a estimarse en la siguiente fase del presente proyecto para efectos del análisis inicial se asume el factor recomendado en las normas del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

2.3.2 ANÁLISIS DE CONSUMOS (RESIDENCIALES Y COMERCIALES)

La evaluación de consumos se realizó por ruta de lectura en 13 sectores y a nivel general.

Dentro del área de cobertura se procesa la información correspondiente al periodo enero 2015 a mayo 2020. Dentro de este registro se reportan 454,367 lecturas de las cuales de acuerdo a los criterios antes descritos el 18,7% (85,192 lecturas) corresponden a consumos directos o conexiones domiciliarias inhabilitadas.

La media de consumo con lecturas filtradas y sin valores atípicos es de 20.98m³/predio, representa el 74.7% del total de lecturas. Resultando un consumo doméstico más correcto, al no tomar en cuenta los valores altos de consumos correspondientes a otras categorías. La Tabla 3, presenta su variación en el periodo de análisis:

Tabla 11. Media de consumos prediales (Sin valores atípicos)

AÑO	MES (m3)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	25.21	26.27	19.39	22.92	20.44	21.80	22.91	21.54	22.12	22.79	21.49	20.41
2016	22.66	23.00	20.51	21.03	22.35	27.04	20.51	18.39	22.10	20.18	21.42	19.64
2017	21.01	23.02	18.54	19.37	22.44	19.47	19.95	22.57	20.71	22.83	18.87	20.03
2018	20.62	26.76	14.27	16.30	24.66	19.33	18.31	24.10	17.71	21.71	20.30	15.44
2019	22.87	20.03	20.35	15.37	20.69	18.49	20.21	20.24	17.86	24.04	17.38	18.58
2020	20.62	19.73	19.73	31.21	24.51							
MEDIA	22.17	23.13	18.80	21.03	22.52	21.22	20.38	21.37	20.10	22.31	19.89	18.82
	20.98											

Elaboración: Equipo consultor.

El consumo medio doméstico para el sistema de agua potable de Macas es de 20.98m³/predio, en la Tabla 4 Estimación de dotación neta doméstica se presentan los parámetros necesarios para estimar la dotación neta de agua potable.

Tabla 12. Estimación de dotación neta doméstica

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Población 2020	30073	hab
Número de predios	7669	adim.
Consumo doméstico	20.98	m3/pred.mes
Dotación neta	178.33	l/hab*día

Elaboración: Equipo consultor.

2.3.3 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y RESULTADOS

Sobre la base de los análisis realizados en la sección 2.3.2 se proyecta los parámetros para evaluación de las redes de distribución de agua potable de la ciudad de Macas.

Como se puede observar en la Tabla 5, los sectores de distribución del sector norte a lo largo de las líneas de conducción presentan un porcentaje bajo de lecturas válidas a la vez que el espectro de variación de caudales a lo largo del tiempo es bastante amplio por lo que se asume la dotación media general como parámetro para la evaluación.

Resalta las dotaciones obtenidas para el sector sur estos consumos elevados se asocian a las elevadas presiones registradas en el sector

En lo referente a los sectores céntricos (Ruta 2, 5, 8) se evidencia un cambio en el régimen de consumo donde la demanda doméstica se ve disminuida, considerando la elevada actividad económica del sector, el índice de lecturas consideradas para la estimación del consumo per cápita superan el 81% de los datos lo cual refleja una homogeneidad en el comportamiento de

La distribución de la dotación per cápita se presenta en la Ilustración 7

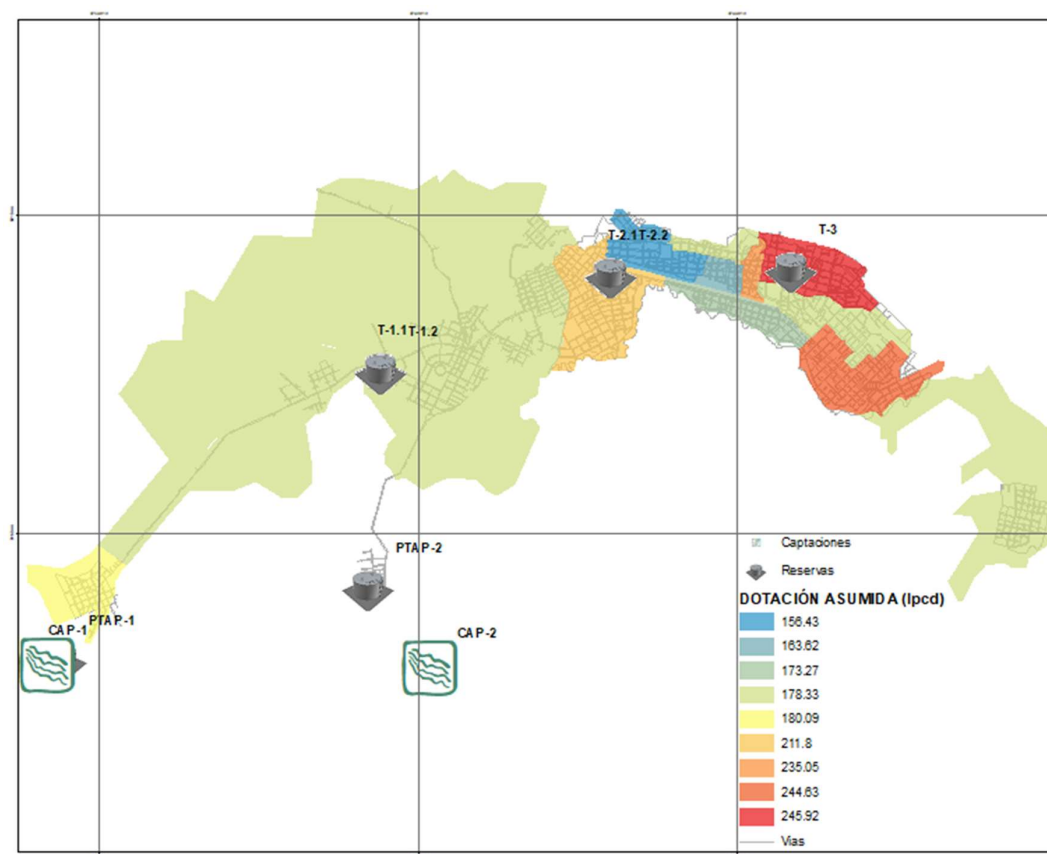
Tabla 13. Dotaciones residenciales netas calculadas

RUTA	CONSUMO (m3/mes)	DOTACIÓN (lpcd)	DOTACIÓN ASUMIDA (lpcd)	FACTOR MÁXIMO DIARIO
1	25.38	235.05	235.05	1.65
2	25.72	163.62	163.62	1.65
3*	22.47	122.57	178.33	1.77
4	24.63	245.92	245.92	1.45
5	22.18	156.43	156.43	1.50
6*	21.48	102.67	178.33	1.40
7	20.00	244.63	244.63	1.35
8	23.90	173.27	173.27	1.51
9	19.33	211.80	211.80	1.37
10*	15.94	167.07	178.33	1.28
11*	16.02	124.38	178.33	1.38
12*	16.42	136.81	178.33	1.30
13	17.40	180.09	180.09	1.71

* Rutas donde el espectro de variación de caudales es tan amplio que no es posible tipificarlo, para estos sectores se asume la dotación media general

Fuente: Estudio de control de agua no contabilizada de la ciudad de Macas, 2020

Ilustración 7. Dotaciones per cápita asumidas



Elaboración: Equipo consultor.

2.4 DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

Sobre la distribución espacial de la población y dotación se establece la demanda total del sistema para realizar el balance de caudales para establecer las áreas de servicio que serán abastecidas por cada una de las plantas de tratamiento.

Se plantea la redistribución de caudal en etapas bajo las siguientes premisas:

- Se pretende aprovechar la capacidad instalada en los sistemas de distribución
- El índice general de pérdidas en la red para el proyecto será 30% asumiendo que las redes de distribución hayan sido rehabilitadas.
- Se proyecta la distribución de caudales en fases permitiendo en primera instancia la implementación de la PTAP Jimbitono con la consecuente expansión de redes
- Se pretende aliviar la carga de servicio de la PTAP San Isidro para su rehabilitación y repotenciación hasta el año 2030.
- A partir del año 2030 hasta el final del periodo de diseño se redistribuye los caudales para aliviar la carga del sistema brindar redundancia e incrementar la vida útil del sistema.

Tabla 14. Distribución de Población Servida por PTAP

DESCRIPCIÓN	POB 2010	POB 2015	POB 2020	POB 2025	POB 2030	POB 2035	POB 2040	POB 2047
San Isidro	1722	2215	7656	7983	8282	8602	8993	9612
Jimbitono-San Isidro	2838	3498	7621	8119	8633	9202	9802	10672
Jimbitono	16574	19501	23787	27043	30651	34530	38629	44565
TOTAL	21134	25214	39064	43145	47567	52334	57424	64848

Elaboración: Equipo consultor.

Tabla 15. Distribución caudal medio por PTAP

DESCRIPCIÓN	Qm 2010	Qm 2015	Qm 2020	Qm 2025	Qm 2030	Qm 2035	Qm 2040	Qm 2047
San Isidro	5.10	6.55	22.61	23.57	24.46	25.41	26.56	28.39
Jimbitono-San Isidro	9.14	11.22	23.63	25.25	26.92	28.77	30.73	33.56
Jimbitono	53.32	62.73	76.29	86.74	98.36	110.85	124.05	143.16
TOTAL	67.56	80.50	122.53	135.56	149.74	165.03	181.34	205.11

Elaboración: Equipo consultor.

Como puede observarse en la Tabla 14, los datos presentados se discretizan en 3 componentes; primero el área de distribución exclusiva de la PTAP San Isidro, la segunda fila corresponde al área de transición es decir este sector correspondiente al área céntrica de Proaño será abastecido por Jimbitono hasta el año 2025 fecha proyectada para que se concluya los trabajos de construcción de la conducción San Isidro, y finalmente, la tercera zona denominada Jimbitono que corresponde al área exclusiva de distribución con PTAP Jimbitono.

Siendo así se estima una población servida de 20,284 habitantes, para el sistema San Isidro para el año 2047.

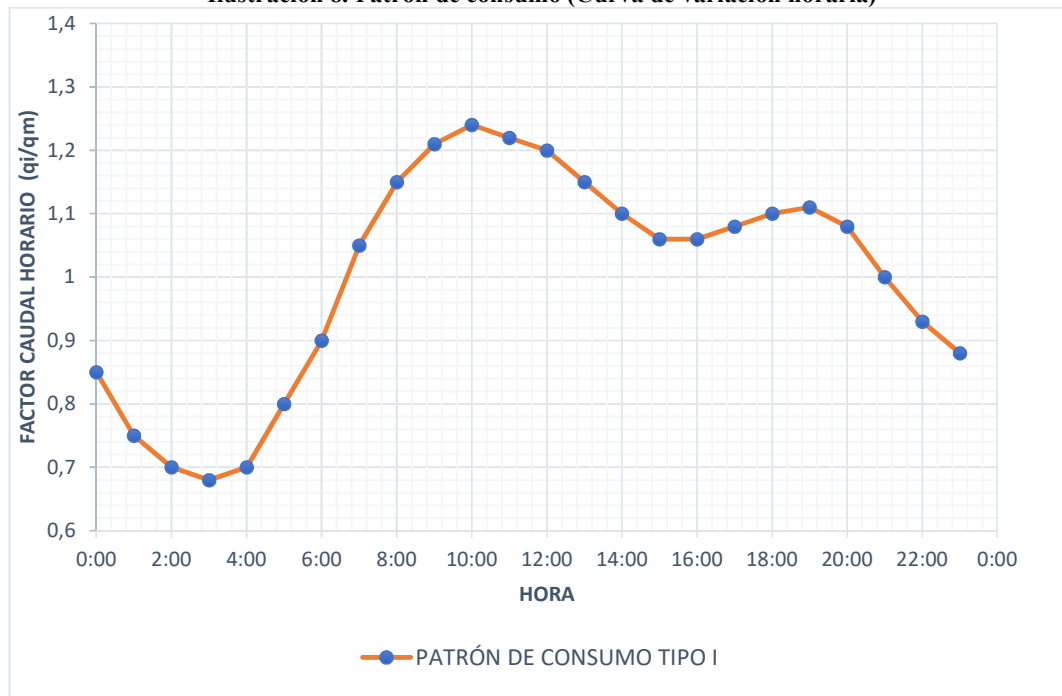
Para el cálculo de los caudales máximo diario se emplea el coeficiente de mayoración por área de servicio con base en los registros históricos de micro medición, mientras que para determinar el caudal de hora pico se emplea la curva de variación horaria calculada en los Estudios para la reducción de pérdidas del sistema regional de agua potable, que se presenta en la Ilustración 8.

Tabla 16. Distribución de Caudal máximo Diario por PTAP

DESCRIPCIÓN	QMD 2010	QMD 2015	QMD 2020	QMD 2025	QMD 2030	QMD 2035	QMD 2040	QMD 2047
San Isidro	7.52	9.51	31.07	32.48	33.80	35.22	36.93	39.59
Jimbitono-San Isidro	12.20	14.96	31.23	33.39	35.63	38.10	40.72	44.51
Jimbitono	80.57	94.75	114.59	130.46	148.05	166.95	186.92	215.84
TOTAL	100.30	119.23	176.89	196.32	217.48	240.27	264.57	299.95

Elaboración: Equipo consultor.

Ilustración 8. Patrón de consumo (Curva de variación horaria)



Fuente: CDCIngeniería: Registros de Campo para el control de agua no Contabilizada, 2020

2.5 CAUDALES DE DISEÑO

2.5.1 ESCENARIO 1: AÑO BASE 2022

Este escenario considera la topología presentada en la Ilustración 9, tal como se describe a continuación:

La PTAP de San Isidro se limita a servir a los sectores San Isidro, Proaño y el sector del mercado en el costado oeste del aeropuerto, así como también el área Sur.

La PTAP de Jimbitono abastecerá de manera directa a las reservas del aeropuerto R2 y a los sectores Norte y Centro del casco urbano

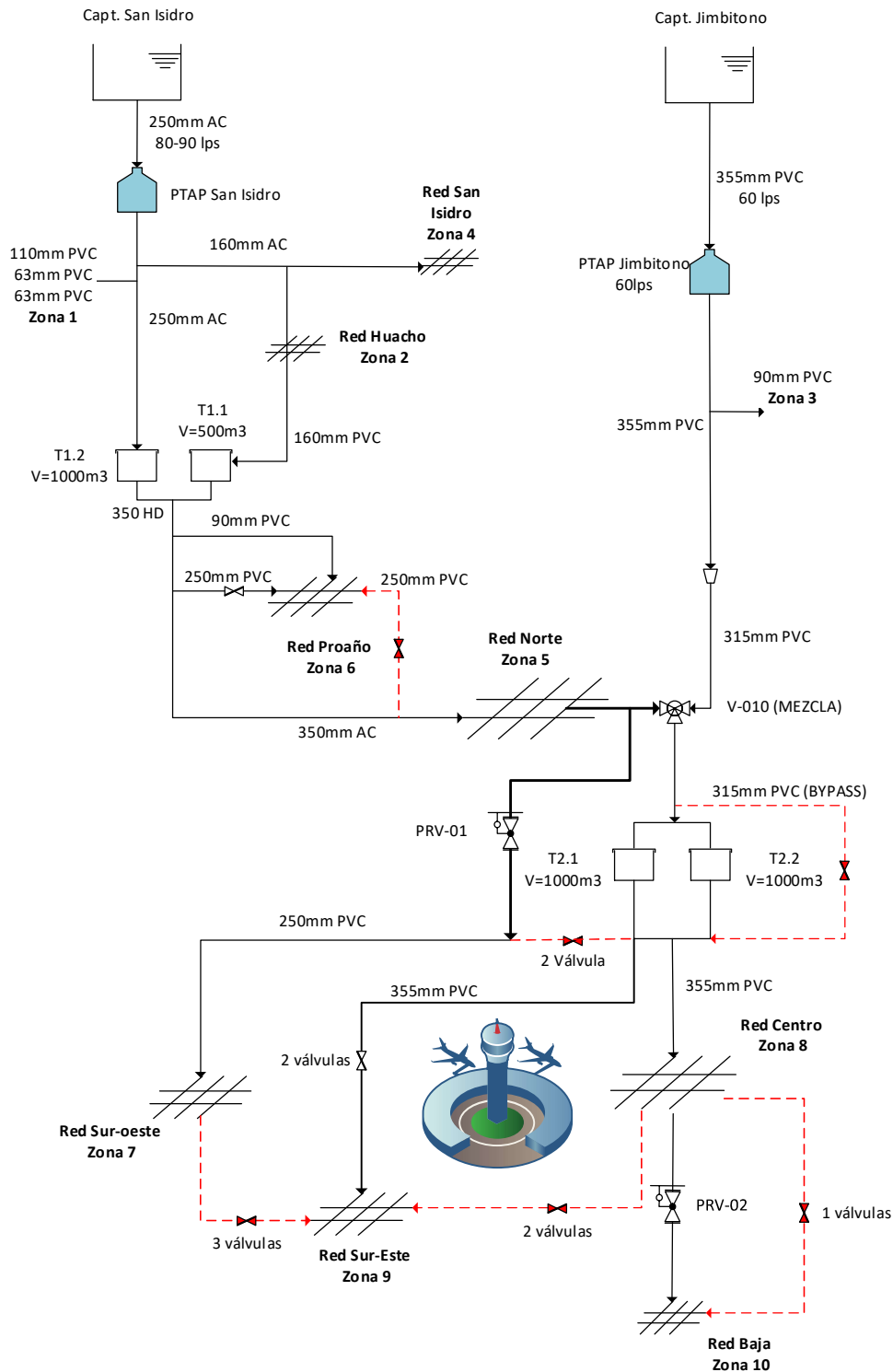
Las intervenciones realizadas para este escenario son las recomendadas en el estudio de CANC, es decir:

- Se elimina la conexión del tramo de tubería de 250 AC de la Av. 13 de abril y Luisa Jaramillo desde la cámara de interconexión con la conducción Jimbitono hasta el sector

el mercado. En su lugar se propone interconectar una línea de 250mm PVC de 1MPa con la tubería de salida de 250mm PVC de la reserva Aeropuerto R-2.

- Es importante anotar que la interconexión es factible con la implementación de la válvula reductora de presión PRV-1, y siempre y cuando se cumpla con las determinantes del apartado 2.5.1.1.
- De la red de 250mm de PVC se le suma el área de servicio al sur de las calles Capitán Francisco Flor y Manuel Moncayo.
- Por otro lado, el abastecimiento del sub sector comprendido desde la esquina de la calle Guamote y Kiruba, hasta Rodrigo Núñez de Bonilla y Patrocinio Jaramillo para a servirse desde la red Sureste reduciendo el caudal requerido en la red Centro.
- El caudal afluente a la reserva R-2 debe ser regulado y medido al ingreso, se recomienda que el caudal se limite en el rango 85 lps.
- Debe evaluarse periódicamente las variaciones de la demanda para recalibrar la regulación de caudal afluente.

Ilustración 9. Esquema Actual 2022 Sistema de Agua Potable de Macas



Elaboración: Equipo consultor.

2.5.1.1 CONTROL DE PRESIÓN

El control de presión es clave para reducir el índice de agua no contabilizada, en términos generales la red de distribución de Macas cuenta con presiones de servicio dentro de los rangos aceptables, por lo que las válvulas reguladoras de presión implementadas son resultado del control de caudal (PRV-1 / Set: 10 mca).

Por otro lado, las precarias condiciones de la reserva de 100m³, la cual presenta fisuras, problemas en las válvulas de control, sumado a que la alimentación de la reserva se realiza desde una red terciaria, promueve a que la alimentación de la red baja se realice desde la red secundaria con una válvula reguladora de presión (PRV-2 / Set: 15 mca)

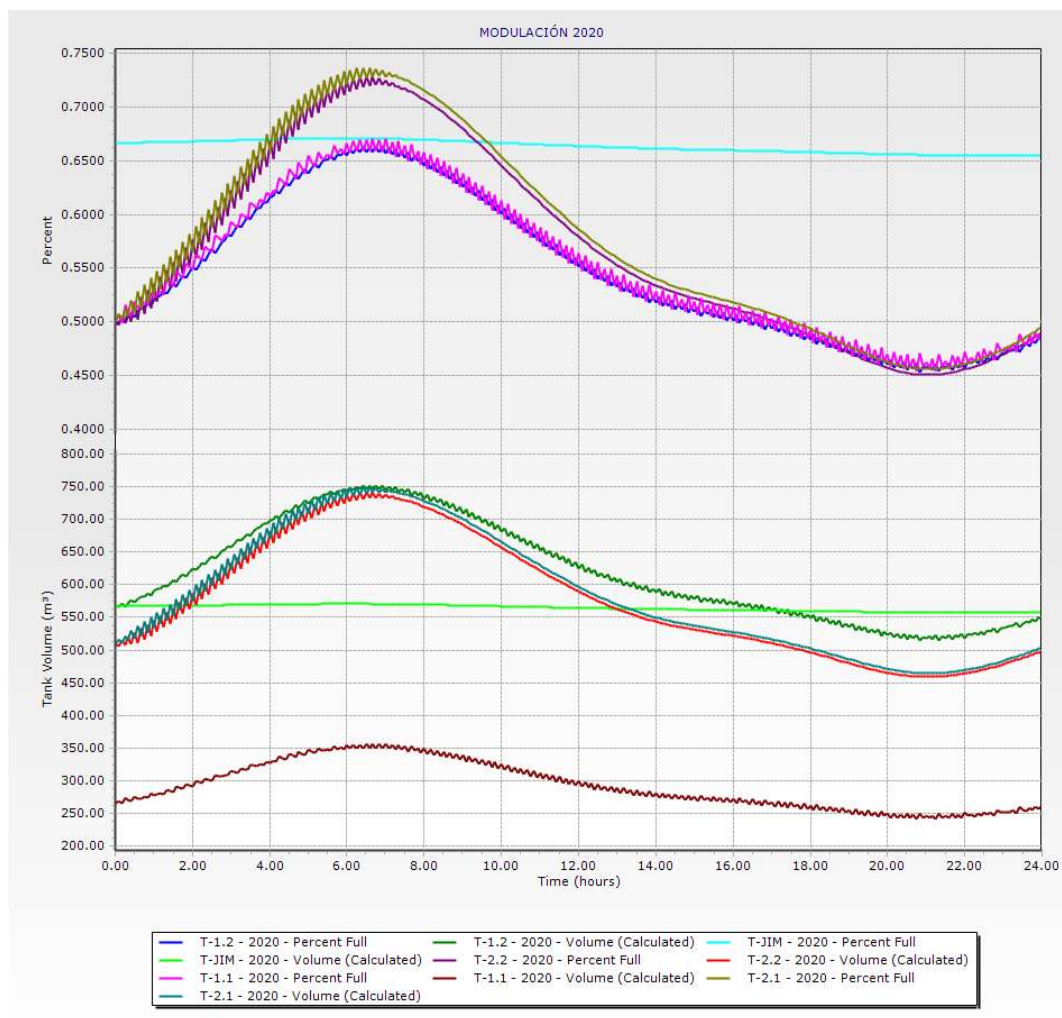
La regulación de las válvulas debe ser testeada en primera instancia en el modelo hidráulico para posteriormente implementarse, procurando en todos los casos que la condición de operación de la válvula sea de tipo ON/OFF.

2.5.1.2 RESULTADOS

- Caudal producido en PTAP San Isidro 62 lps
- Caudal producido en PTAP Jimbitono 86 lps (las condiciones iniciales pueden balancearse con la manipulación de la válvula de mezcla V-136 coordenadas E820422.32, N9746860.84)
- Caudal que debe ingresar a la reserva Huacho 50 lps
- Caudal que debe ingresar a la reserva Aeropuerto 85 lps
- Caudal máximo demandado desde la reserva Huacho 60.5+1.7 lps
- Caudal máximo demandado desde la reserva Aeropuerto 105.5 lps
- Volumen diario empleado en la reserva Huacho 382 m³ (Se recomienda emplear este periodo para dar mantenimiento a las reservas) ver Ilustración 10 Modulación y Operación de Reservas 2020
- Volumen diario empleado en la reserva Aeropuerto 568 m³ (Se recomienda emplear este periodo para dar mantenimiento a las reservas) ver Ilustración 10

En la PTAP Jimbitono no se necesita una reserva, aunque su implementación permitirá cubrir los picos de demanda mientras se realizan las intervenciones en la red de distribución y conducciones, el volumen necesario de reserva se define en los escenarios siguientes.

Ilustración 10. Modulación y operación de reservas 2020



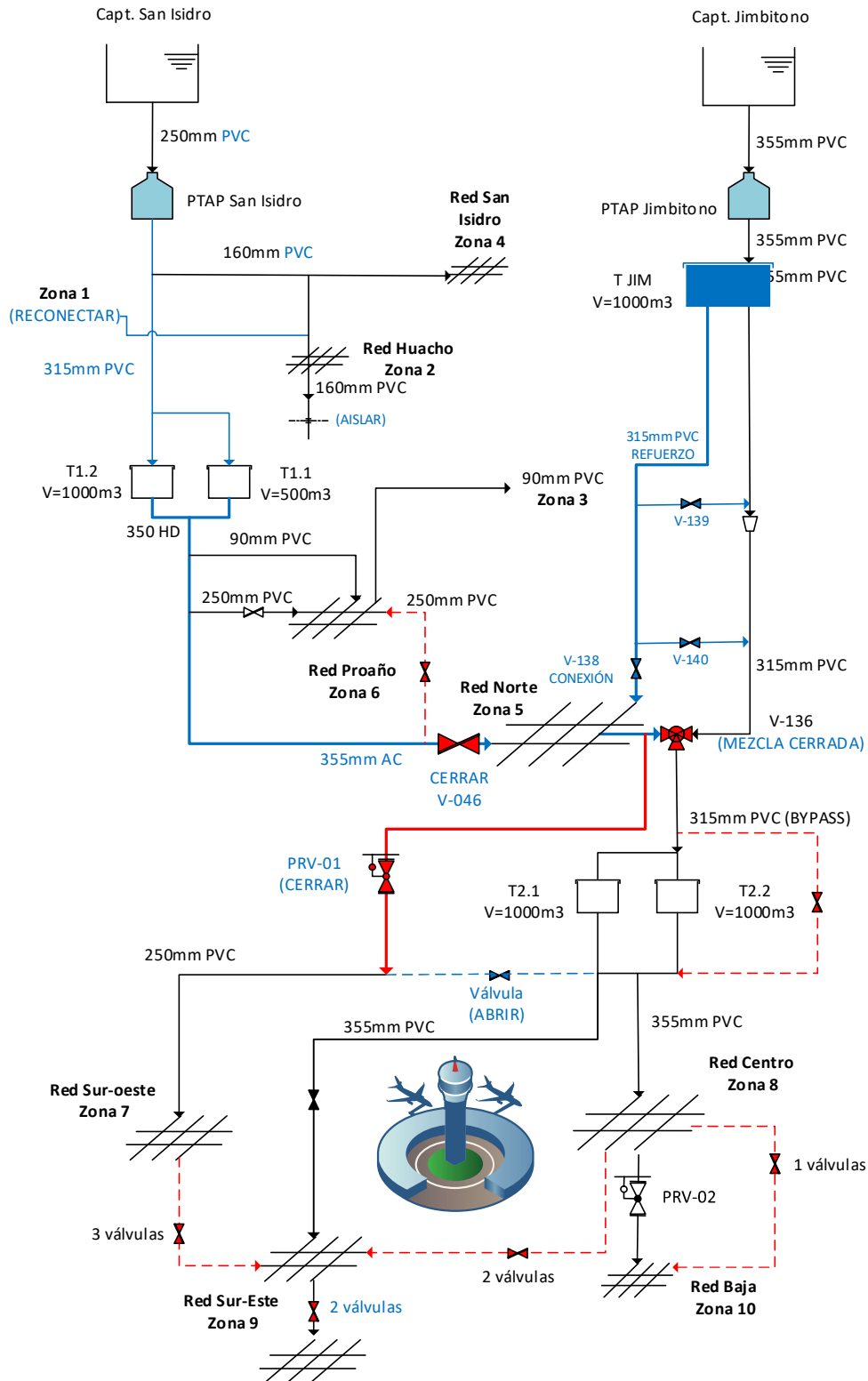
Elaboración: Equipo consultor.

2.5.2 ESCENARIO 2: AÑO HORIZONTE 2030

Este escenario considera la topología presentada en la Ilustración 11, tal como se describe a continuación:

La PTAP de San Isidro se limita a servir a los sectores San Isidro, Proaño.

Ilustración 11. Esquema Propuesto 2022 - 2030 Sistema de Agua Potable de Macas



Elaboración: Equipo consultor.

Se proyecta construir un tanque de reserva con capacidad de 1000 m³ en la PTAP Jimbitono que permita cubrir las variaciones horarias de la demanda en el sector norte y cubrir eventuales fallos en la producción de agua potable.

La PTAP de Jimbitono abastecerá a las reservas del aeropuerto R2, al sector Norte del casco urbano.

Las intervenciones realizadas para este escenario son las que se recomendadas a continuación:

- Tanque de reserva Jimbitono 1000 m³
- Conducción de refuerzo 315mm PVC o equivalente
- Conducción de 250mm PVC o equivalente hasta reserva sur
- Interconexión 250mm PVC desde la reserva sur con red de distribución sur
- Se cierra la conexión del tramo de tubería de 250 PVC de la Av. 13 de abril y Luisa Jaramillo desde la cámara de interconexión con la conducción Jimbitono hasta el sector el mercado en la válvula reductora de presión PRV-1. En su lugar se reestablece la tubería de salida de 250mm PVC de la reserva Aeropuerto R-2.
- Debe evaluarse periódicamente las variaciones de la demanda para recalibrar la regulación de caudal afluente.

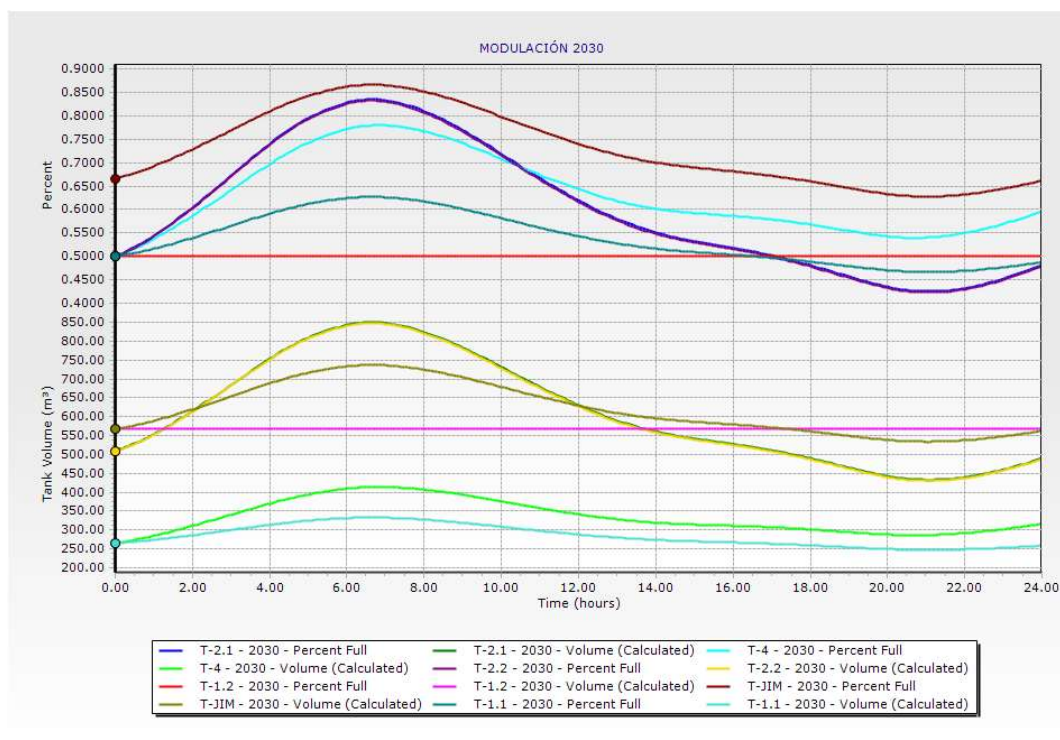
En esta etapa con la nueva PTAP de Jimbitono operando con un caudal máximo de 185 lps se debe intervenir en el subsistema San Isidro realizando las siguientes intervenciones:

- Repotenciación de la PTAP de San Isidro garantizando el 50% de caudal de operación
- Repotenciación de las reservas de Huacho
- Implementación de las nuevas líneas de conducción desde San Isidro Huacho 315 mm PVC
- Implementación de la línea de distribución Huacho – Proaño- Sector Norte 355mm PVC o equivalente.
- Implementar la línea de refuerzo de 200mm PVC o equivalente en el sector centro norte sobre la Av. Amazonas

2.5.2.1 RESULTADOS

- Caudal producido en PTAP San Isidro 36 lps
- Caudal producido en PTAP Jimbitono 181 lps
- Caudal que debe ingresar a la reserva Huacho 12.5 lps
- Caudal que debe ingresar a la reserva Aeropuerto 125 lps
- Caudal máximo demandado desde la reserva Huacho 13.8+1.7 lps
- Caudal máximo demandado desde la reserva Aeropuerto 140.1+15.4 lps
- Volumen diario empleado en la reserva Huacho 85 m³ (Se recomienda emplear este periodo para dar mantenimiento a las reservas)
- Volumen diario empleado en la reserva Aeropuerto 834 m³
- Volumen diario empleado en la reserva Jimbitono 203 m³

Ilustración 12. Modulación y Operación de Reservas 2030



Elaboración: Equipo consultor.

2.5.3 ESCENARIO 3: AÑO HORIZONTE 2047

Este escenario considera la topología presentada en la Ilustración 13, tal como se describe a continuación:

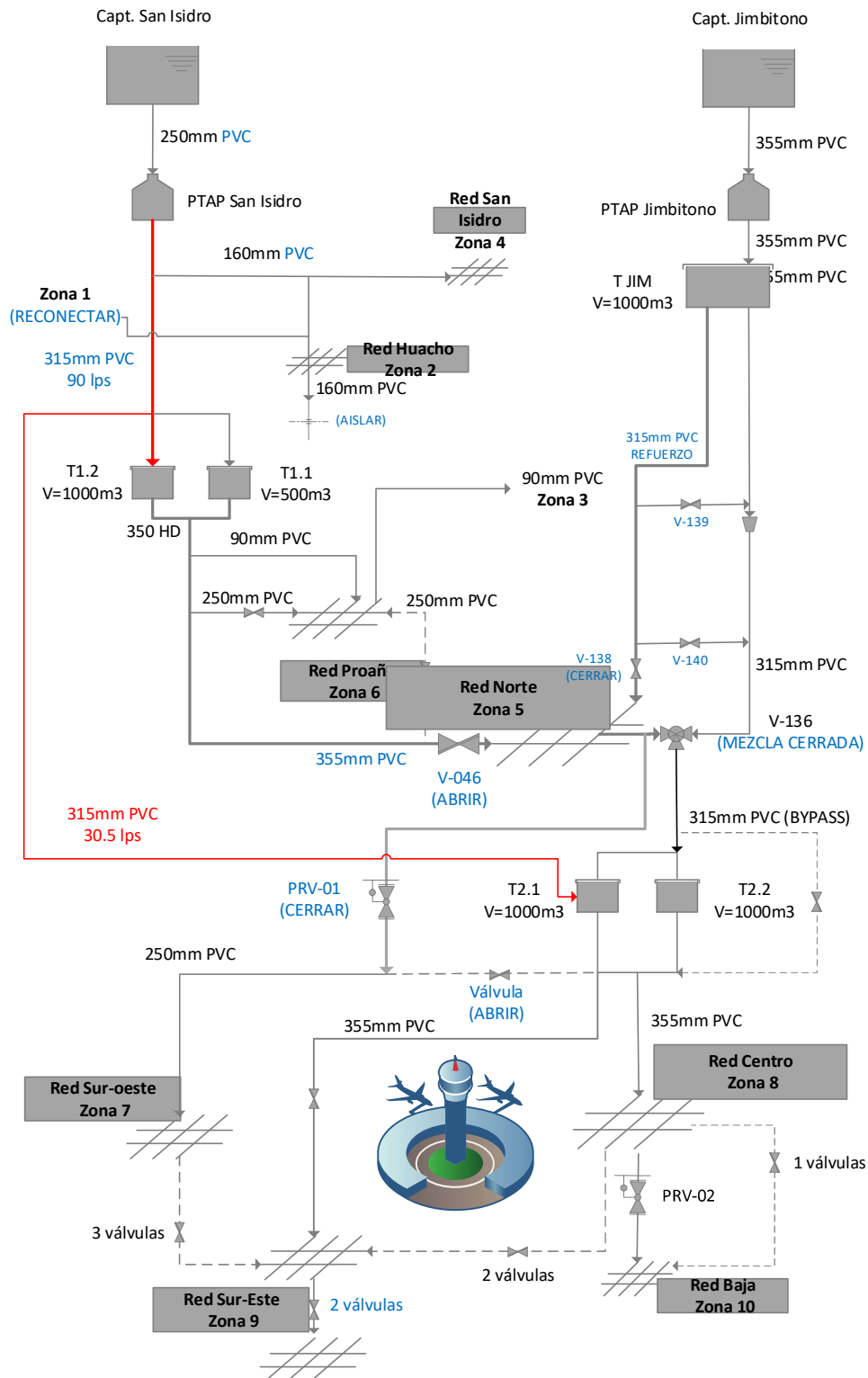
La PTAP de San Isidro REPOTENCIADA servirá los sectores San Isidro, Proaño y el Norte del Casco Urbano, también se suma el área de servicio Sur-oeste.

La PTAP de Jimbitono abastecerá a las reservas del aeropuerto R2.

Para esta etapa se considera las macro intervenciones realizadas, por lo que se realiza únicamente el re direccionamiento de caudales y el reemplazo de tuberías terciarias a secundarias para incremento de capacidad del sistema de distribución.

En la **Ilustración 13** se presenta el esquema de distribución propuesto para el sistema de distribución de Agua Potable de Macas, donde se resalta la línea de conducción a implementar.

Ilustración 13. Esquema Propuesto 2030 - 2047 Sistema de Agua Potable de Macas



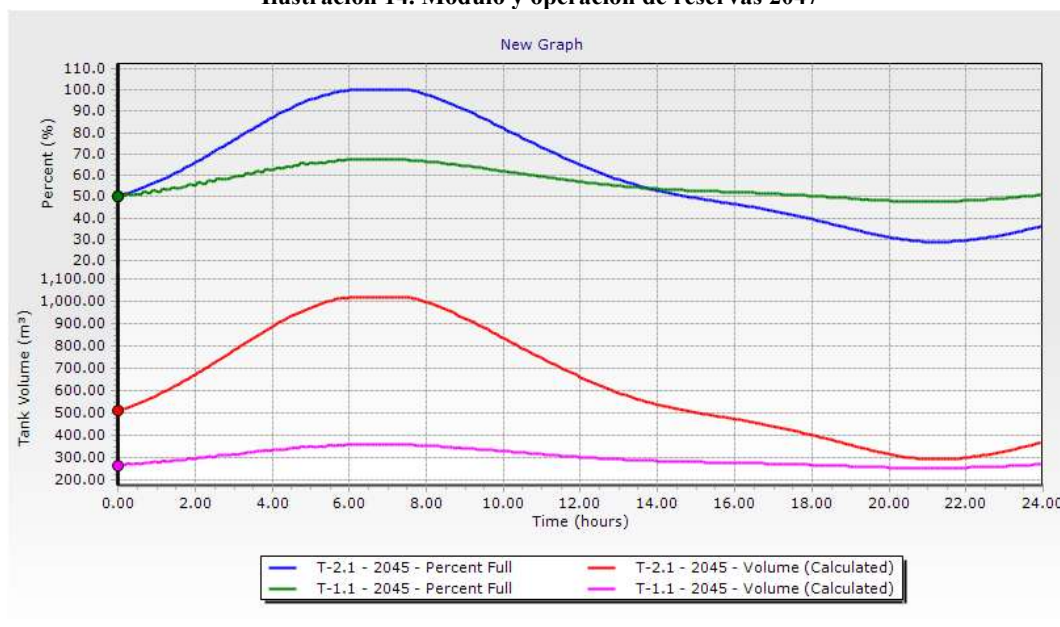
Elaboración: Equipo consultor.

Las intervenciones realizadas para este escenario son las que se recomendadas a continuación:

- Apertura de válvula de conexión Proaño – Zona Norte (V-046)
- Se cierra la conexión Jimbitono – Zona Norte (V-138).
- Sustitución de redes secundarias y terciarias según demanda.
- Debe evaluarse periódicamente las variaciones de la demanda para recalibrar la regulación de caudal afluente.

En esta etapa con la nueva PTAP de Jimbitono operando con un caudal mínimo de 199 lps y la repotenciada PTAP San Isidro con un caudal de 90 lps se puede abastecer de manera continua hasta el final del periodo 2047:

Ilustración 14. Modulo y operación de reservas 2047



Elaboración: Equipo consultor.

2.5.3.1 RESULTADOS

- Caudal producido en PTAP San Isidro 90 lps
- Caudal producido en PTAP Jimbitono 199 lps
- Caudal que debe ingresar a la reserva Huacho 53 lps
- Caudal que debe ingresar a la reserva Aeropuerto 164 lps + 37 lps (de San Isidro)
- Caudal máximo demandado desde la reserva Huacho 63.2+2.3 lps
- Caudal máximo demandado desde la reserva Aeropuerto 202.5 lps+49.7 lps
- Volumen diario empleado en la reserva Huacho 212.74 m³
- Volumen diario empleado en la reserva Aeropuerto 1449.76 m³
- Volumen diario empleado en la reserva Jimbitono ninguno

2.5.4 RESULTADOS

Sobre la base de los escenarios planteados se obtiene el siguiente cuadro de oferta demanda

Tabla 17. Cuadro de oferta y demanda

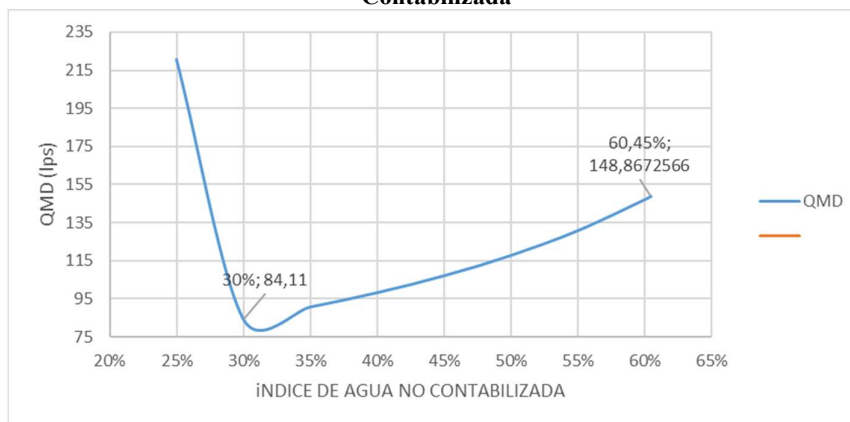
HORIZONTE DE DISEÑO	PLANTA	OFERTA (lps)	DEMANDA (lps)	DEFICIT (lps)
2020	San Isidro	90	31.11	-58.89
2020	Jimbitono	60	146.5	86.5
2020	TOTAL	150	177.61	27.61
2030	San Isidro	90	34.11	-55.89
2030	Jimbitono	170	186.81	16.81
2030	TOTAL	260	220.92	-39.08
2047	San Isidro	90	84.11	-5.89
2047	Jimbitono	170	215.85	45.85
2047	TOTAL	260	299.96	39.96

Elaboración: Equipo consultor.

En resumen, la conducción desde la PTAP de San Isidro, debe ser capaz de abastecer el caudal máximo diario futuro requerido por la población más el déficit de caudal de la reserva R2, es decir 100 lps (capacidad máxima de producción prevista para la PTAP San Isidro según se describe en el numeral 2.5.3.1).

Las estimaciones realizadas suponen un índice de agua no contabilizada del 30%, sin embargo, el índice de ANC actual establecido en El Programa de Reducción y Control de Pérdidas, 2020 es de 60.45% por lo que la demanda puede variar conforme se muestra en la Ilustración 15.

Ilustración 15. Variación del Caudal Máximo Diario de San Isidro año 2047 vs. Índice de Agua No Contabilizada



Elaboración: Equipo consultor.

Evidentemente el control de ANC es fundamental para garantizar el correcto dimensionamiento de la conducción, por lo que la hipótesis planteada para el caudal de diseño nos permite suplir hasta una demanda propia con un IANC cercano al 50%.

3 DISEÑO DETALLADO

3.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El planteamiento de alternativas considera el sistema de producción de agua tratada, que incluye captación, conducción de agua cruda y planta potabilizadora; y el sistema de distribución, que incluye conducción de agua tratada, tanques de reserva o distribución, y redes de distribución. Para el planteamiento de alternativas, además se tienen en cuenta los siguientes hechos evidentes:

- En la actualidad existe un sistema de abastecimiento que cubre la demanda de la ciudad de Macas, las parroquias Proaño y San Isidro, además a las poblaciones aledañas a lo largo de las líneas de conducción.
- El sistema de Regional es totalmente deficitario, por cuanto solo presta un servicio parcial y racionado, además los componentes del sistema presentan fuertes deficiencias en cuanto a capacidad y estado.
- Los tanques de reserva son puntos obligados a los cuales debe llegar con el agua potable.
- Existe una única 315 de conexión entre la Planta de San Isidro y las reservas R0 y R2 por lo que la alternativa de trazado es única.

Por tanto, se parte de sus cotas más las pérdidas de carga, para establecer como alternativas el diámetro y materiales a emplear como único parámetro variable para definir la alternativa óptima.

Con la definición del trazado y diámetro óptimo las alternativas se enmarcan en el material por utilizar que incluye los siguientes criterios de selección:

- Experticia local y nacional
- Disponibilidad en el mercado
- Facilidad constructiva
- Costos de inversión
- Vulnerabilidad del sistema
- Adaptabilidad a condiciones del terreno
- Mantenimiento

Para una selección objetiva se desarrolla para los criterios antes descritos una matriz cualitativa-cuantitativa que permita evidenciar la idoneidad de la alternativa

Tabla 18. Matriz cualitativa- cuantitativa de idoneidad

CRITERIO	INCIDENCIA	PVC	PEAD	HD
Experticia local	5%	Alta experiencia local, se maneja fácilmente por personal calificado y no calificado	Ninguna experiencia local, se requiere capacitar al personal respecto al manejo del material	Ninguna experiencia local, se requiere capacitar al personal respecto al manejo del material
Experticia Nacional	4%	Ampliamente difundido en sistemas de distribución de Agua potable en ciudades pequeñas, medianas y grandes	Ampliamente difundido en sistemas de distribución de Agua potable en ciudades medianas y grandes	Ampliamente difundido en sistemas de distribución de Agua potable en ciudades medianas y grandes

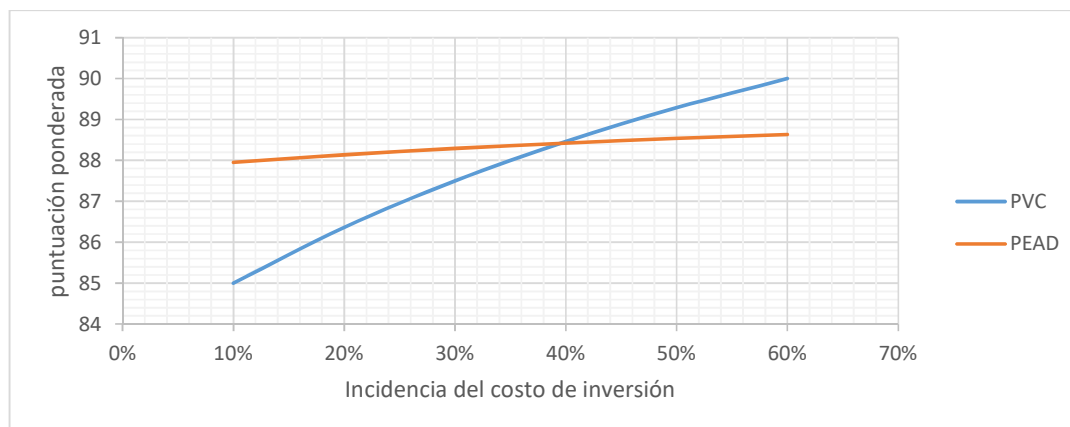
CRITERIO	INCIDENCIA	PVC	PEAD	HD
Disponibilidad en el mercado	10%	Inmediata de fabricación local 100	Rápida de fabricación local 80	Producto de importación 0
Tiempo de adquisición	5%	Entre 15 a 30 días, accesorios de fabricación estándar 75	Entre 15 a 60 días, los accesorios pueden fabricarse a medida 100	Todos los elementos son importados de 120 a 210 días 25
Facilidad constructiva	10%	Instalación rápida, fácil y económica 100	Instalación rápida, fácil y económica 100	Alto peso, por lo cual es difícil su manejo 50
Interacción con otros materiales	6%	Puede emplearse de Hierro Fundido con bridas o mediante unión Gibault 75	dispone de accesorios de fabricación estándar para interconexión en PEAD 100	Puede emplearse de Hierro Fundido con bridas o mediante unión Gibault 50
Costos de inversión	10%	La más económica se estima un costo de inversión de 1.97 millones de dólares 100	Coste intermedio un costo de inversión de 2.19 millones de dólares 90	La más costosa se estima un costo de inversión de 2.77 millones de dólares 71
Vulnerabilidad del material	5%	Susceptible a daños durante su manejo, La exposición prolongada a los rayos solares afecta sus propiedades mecánicas 70	Puede instalarse en zanjass poco profundas, alta capacidad de deformación, puede sufrir daños 85	Susceptible a la corrosión eléctrica o química si no es protegida, Altamente resistente al impacto, resistente al aplastamiento o fracturas por cargas externas 100
Vulnerabilidad del sistema	10%	Material de uso frecuente, altamente vulnerable a la construcción de instalaciones clandestinas 50	Manipulación por personal adiestrado, vulnerable a instalaciones clandestinas por personal calificado 75	Alta resistencia, requiere de personal altamente calificado para ser intervenido 100
Adaptabilidad a condiciones del terreno	15%	Tubería poco flexible, requiere protección en uniones y anclaje de accesorios 75	Tubería flexible de unión soldada, altamente adaptable a condiciones topográficas, morfológicas 100	Tubería rígida, requiere un análisis minucioso para adquisición e importación de accesorios 50
Mantenimiento	20%	Libre de mantenimiento, requiere control y atención a daños 90	Nulo 100	Casi nulo, requiere revisión de corrosión 90
PUNTUACIÓN PONDERADA TOTAL		85	87.95	60.05

Elaboración: Equipo consultor.

Como puede observarse los materiales más idóneos para implementar la línea de conducción San Isidro tanque Aeropuerto R2 son el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y el PVC.

Sin embargo, siempre resulta un elemento rector el buen uso de los fondos públicos, por lo que se procede a efectuar un análisis de sensibilidad de la selección respecto al costo de inversión inicial, obteniendo que para que el punto de quiebre en la selección se ubica al considerar una incidencia del 40% del costo de inversión sobre los criterios técnicos operativos.

Ilustración 16. Análisis de sensibilidad del costo de inversión



Elaboración: Equipo consultor.

Sobre la base del informe de alternativas presentado el GAD Municipal del cantón Morona luego de un análisis minucioso ha seleccionado como alternativa favorable a los intereses institucionales la conducción de PVC de 315 mm de diámetro.

3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Con base en los caudales descritos en el apartado 2.5.4 se establecen los requerimientos hídricos de la Conducción. Entiéndase por requerimientos hídricos la cantidad de agua definida en el presente estudio y aprobada por el GAD Municipal de Morona como caudal de diseño, es decir, entre 84 - 100 lps, con el cual se garantizará el correcto funcionamiento de la línea de conducción.

3.2.1 NORMAS Y CRITERIOS

Para establecer los requerimientos de caudal, se hace uso de las normas nacionales e internacionales aplicables para cada caso de estudio y las recomendaciones de los fabricantes de equipos y criterios de diseño:

En resumen, la línea de conducción será capaz de transportar como mínimo 124 lps en condiciones de funcionamiento óptimo.

3.2.2 PÉRDIDAS DE CARGA

Para el cálculo de tuberías a presión, se adopta la fórmula experimental de Darcy-Weisbach, para el cálculo de las pérdidas de carga, cuya fórmula es:

$$h_r = \frac{8\lambda L Q^2}{\pi^3 g D^5}$$

Donde:

- h_r = pérdida de carga
- λ = factor de fricción de Colebrook
- Q = Caudal en m³/s
- D = Diámetro en mm

λ se calcula con la formulación de Colebrook-White en base a las características físicas de los materiales utilizados y a las nuevas tecnologías para la elaboración de tuberías.

Para el caso de tuberías de PVC se adopta un valor para la rugosidad de 0,009 mm constante e igual al recomendado en los criterios generales de fabricantes de tuberías.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot D} \right]$$

3.2.3 PÉRDIDAS DE CARGA UNITARIA EN LAS TUBERÍAS

La adopción de pérdidas de carga unitaria constituye un criterio general durante el diseño, puesto que la misma no garantiza que el resultado sea el óptimo desde el punto de vista hidráulico y de costos del sistema, especialmente cuando el sistema cuenta con variaciones importantes de presión a lo largo de su trazado permitiendo emplear la energía hidráulica del sistema.

Debido a lo anterior es útil y necesario adoptar el criterio de pérdidas de carga unitaria en las tuberías, y definir en función de las características del sistema, un rango que permita relacionarla a la capacidad de las tuberías y determinar el diámetro adecuado para transportar el caudal determinado.

Del resultado de varias simulaciones se determinó un rango adecuado de pérdidas de carga unitaria, aplicables al proyecto entre los valores de 3,0 m/km a 30,0 m/km. La adopción del diámetro de las tuberías, luego del cálculo hidráulico, se realizó tomando como referencia los aspectos antes mencionados.

3.2.4 VELOCIDADES MÁXIMA Y MÍNIMA ADMISIBLES

De acuerdo a los criterios generales de diseño, se recomendó en el caso de las redes de acueductos una velocidad máxima de 7 m/s y mínima de 0,3 m/s, en este último caso, para evitar la sedimentación de partículas en suspensión.

Conforme al criterio de pérdida unitaria y velocidad admisible se establece que el diámetro idóneo de tubería para materiales termoplásticos (PVC y PEAD) es 315mm para los cuales se espera una velocidad mínima de 1.39 m/s para 84 lps y máximo 1.63 m/s para 100 lps.

3.2.5 MODELACIÓN HIDRÁULICA

Una de las principales aplicaciones de los modelos enfocados a la hidráulica se centra en el análisis de sistemas de acueductos para distribución de agua.

Dentro de las redes de distribución existe un conjunto de 5 parámetros (Demandas Desconocidas, Fugas, Diámetros, Rugosidad y Pérdidas menores), los cuales gobiernan el comportamiento hidráulico de la misma. El conocimiento pleno de estas variables resulta imposible por lo cual se realiza una primera estimación de las variables sobre la base de la información recopilada, para posteriormente realizar el ajuste mediante el proceso de calibración a través de una suerte de ensayo y error que nos permita tener un modelo que se ajuste a las condiciones reales de operación.

Las condiciones iniciales empleadas para realizar el cálculo, tendrán en cuenta los parámetros definidos en el estudio, que se resume a continuación:

- Distribución espacial de la población y la demanda
- Tipología y topología de red
- Calibración inicial de elementos de control
- Pérdidas en la red de distribución

Para la estimación de los caudales mínimos que deben ingresar a los centros de reserva se parte de la modelación hidráulica de las redes de distribución que permiten evidenciar la dinámica poblacional.

En el presente capítulo se hace una breve descripción del proceso metodológico realizado durante el diseño de los sistemas; así como la aplicación de los criterios generales del cálculo de los elementos de control del sistema, como: cámaras automáticas de regulación de presión y caudal; así como, de los elementos de protección y mantenimiento del sistema: válvulas de seguridad, las válvulas de aire.

El procedimiento metodológico se puede resumir en los siguientes pasos fundamentales:

Generación del modelo matemático de la red de agua. El modelo matemático de las redes de distribución se realizó mediante el programa WATER GEMS V8i, desarrollado por Bentley. Mediante este software, se importó directamente desde la base de datos del modelo preparado para este efecto, la geometría de las tuberías y sus principales accesorios; así como, las propiedades hidráulicas conocidas del sistema (coeficiente de rugosidad, diámetro). Es importante indicar que la información del modelo está referenciada al levantamiento topográfico de la consultoría, y por lo tanto al importarla, se realizó en las mismas coordenadas. Las longitudes de los tramos se calculan automáticamente a partir de esta información.

Trazado de las redes de acuerdo al esquema final de servicio del sistema.

Definición de los nudos de consumo, en sitios característicos de la red y en los extremos donde se abastece a la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Identificación de puntos críticos y ubicación de válvulas de aire y puntos para control de presión.

Una vez desarrollado el modelo matemático, con todos sus parámetros, se calculó el mismo mediante el programa WATER GEMS V8i, usándose el modelo de pérdidas de carga de Darcy Weisbach.

La primera simulación tiene la finalidad de aproximarse a los caudales que transitan por las tuberías; bajo una condición de diámetros establecidos a priori por el diseñador. Después de la primera simulación, los diámetros de los tubos inicialmente impuestos, son ajustados bajo el criterio de pérdidas de carga unitaria, que relaciona la capacidad con el diámetro de la tubería, conforme fue explicado en los criterios de diseño y la presión de trabajo de cada tramo.

Se verifica mediante un nuevo cálculo del modelo, las condiciones de presión de servicio en la red y se ajustan, en caso de requerirse, nuevamente los diámetros de los tubos.

Los resultados del dimensionamiento de la red de acueductos se presentan en el Anexo 1-A

4 DISEÑO DE VÁLVULAS

El análisis y dimensionamiento de válvulas y elementos de control hidráulico.

- Válvulas de aire
- Válvulas de desagüe
- Válvulas reguladoras de presión y caudal
- Cámaras de medición de caudal

4.1 VÁLVULAS DE AIRE

Para establecer las condiciones mínimas de funcionamiento de la línea de conducción, es necesario definir el dimensionamiento y selección del tipo de las válvulas de aire; para este análisis se parte con la determinación del caudal máximo de llenado, a partir de la condición de una sobrepresión máxima $\Delta h_{m\acute{a}x}$ de 5 mca, para el "Golpe de ariete inducido por el escape del último aire":

$$\Delta h_{m\acute{a}x} = c V / g$$

Donde:

- $\Delta h_{m\acute{a}x}$ 5 mca
- c Celeridad – para tubería de PVC
- V Velocidad máxima de llenado
- g Aceleración de la gravedad 9,81 m/s

Para el cálculo de la celeridad se consideran las propiedades físicas y mecánicas de la tubería y fluido, así como también las características de unión y anclaje de tuberías y accesorios, calculando la velocidad de onda.

Diámetro exterior	315	Mm	
Temperatura	20	°C	
Módulo de elasticidad	33E+08	Pa	
Densidad	1000	kg/m3	
Módulo de elasticidad del agua	2.50E+09	Pa	
Clase	1MPa	1.25MPa	1.60MPa

Espesor de pared	12.1	15	20	mm
Velocidad de onda	399.52	368.45	512.75	m/s

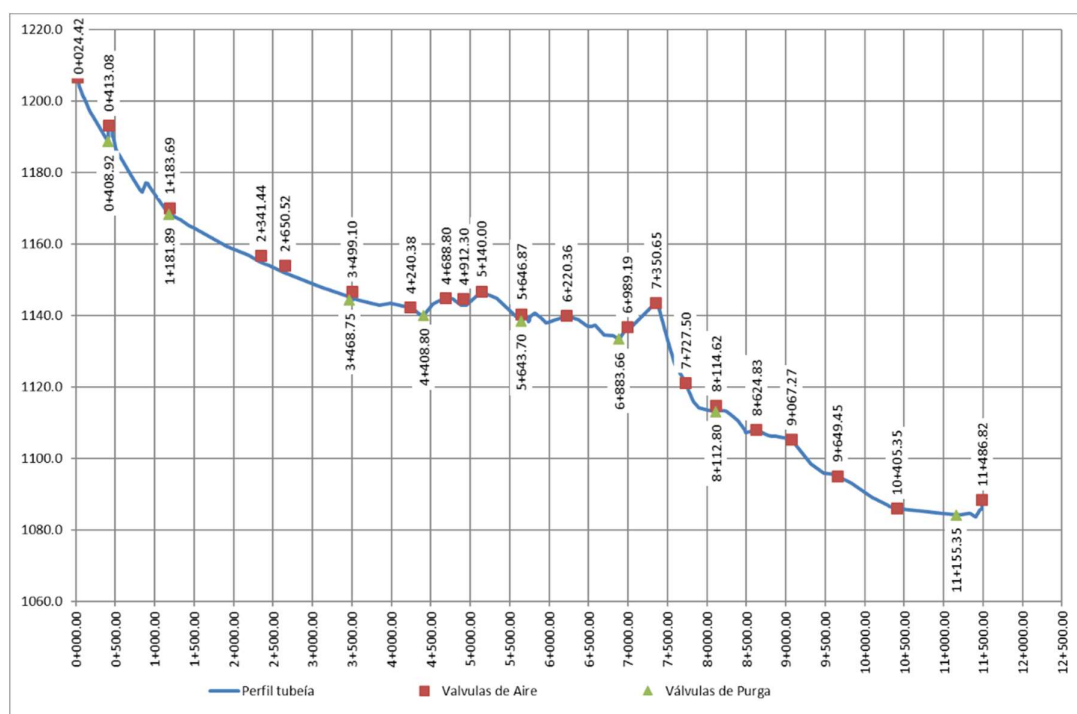
Considerando la celeridad media de 368.45 m/s para la tubería de PVC se obtiene una velocidad máxima de llenado de 0.13m/s, a sección llena admite un caudal máximo de llenado de 10.4lps.

Con este caudal se procede a realizar la simulación inicial; para ese efecto se utilizó el programa AIRVALVE versión 10, que basándose en el cálculo de aire que debe expulsarse o admitirse para evitar su colapso, permite determinar la localización, tamaño y tipo de las válvulas de aire requeridas, al igual que las válvulas de vacío en los puntos donde el mismo se podría producir. Ver Anexo 1-B.

Los resultados obtenidos utilizando el software indicado, fueron comparados con las recomendaciones AWWA M51.

Adicionalmente, como buena práctica, también se revisó que no exista una longitud mayor de un kilómetro entre las válvulas de aire.

Ilustración 17. Perfil esquemático Conducción Agua Cruda y Agua Tratada



Elaboración: Equipo consultor.

4.2 VÁLVULAS DE PURGA

Es necesario disponer de cámaras y válvulas de desagües en los puntos bajos, para limpieza de sedimentos y vaciado total de la tubería, en caso de reparación o mantenimiento de la instalación, garantizando de esta manera el normal funcionamiento, como se puede observar en el trazado vertical de la conducción (ver Ilustración 16), la misma mantiene una pendiente variable, que

forma sifones, razón por la que las válvulas de desagüe serán ubicadas en las abscisas donde existan alcantarillas o drenajes naturales, que permitan la evacuación del volumen existente en la tubería.

En general las válvulas de desagüe se diseñan bajo el concepto de un tiempo mínimo de evacuación, que no genere presiones negativas en la tubería, por lo que se recomienda que el diámetro de la tubería de desagüe no sea mayor a 1/8 del diámetro de la tubería principal, sin ser menor a 100 mm. Atendiendo la recomendación indicada, el diámetro de las válvulas de desagüe sería de 100mm; sin embargo, para un adecuado dimensionamiento de las válvulas, se realiza el cálculo considerando efectos de cavitación y tiempo de vaciado de los tramos de tubería, con lo cual se obtiene los resultados presentados en las Tabla 18

Tabla 19. Cálculo de válvulas de Purga Conducción de Agua Cruda

PARÁMETROS		DIÁMETRO DE PURGA		DATOS HIDRÁULICOS		DATOS HIDRÁULICOS RECOMENDADOS			
ABSCISA	COTA	CALCULADO	INSTALADO	CAUDAL	VELOCIDAD	CAUDAL	VELOCIDAD MÁXIMA	TIEMPO DE FLUJO	APERTURA MÁXIMA
0+408.92	1,188.79	105	110	107.17	11.3	66.52	7.0	8	62%
1+181.89	1,168.33	105	110	126.07	13.3	66.52	7.0	44	53%
3+468.75	1,144.39	105	110	128.32	13.5	66.52	7.0	45	52%
4+408.80	1,140.09	105	110	65.03	6.8	65.03	6.8	29	100%
5+643.70	1,138.48	105	110	64.89	6.8	64.89	6.8	50	100%
6+883.66	1,133.45	105	110	80.71	8.5	66.52	7.0	33	82%
8+112.80	1,113.15	105	110	139.52	14.7	66.52	7.0	26	48%
11+155.35	1,084.29	105	110	123.32	13.0	66.52	7.0	58	54%

Elaboración: Equipo consultor.

4.3 ESTACIONES LIMITADORAS DE CAUDAL

Para el adecuado dimensionamiento de las estaciones limitadoras de caudal (FCV) por sus siglas en inglés, es necesario conocer las condiciones de frontera, las cuales se detallan a continuación:

- Caudal de diseño
- Presión Aguas arriba de la estación
- Presión Aguas abajo de la estación

Para limitar el caudal se produce una pérdida puntual significativa de energía, lo cual se traduce en mantener una presión regulada de entrada a través de una sección constante obteniendo un elemento de control que limita o restringe el caudal circundante.

En la Tabla 19 se resume los resultados de regulación de presión necesarios para un óptimo control de caudal

Tabla 20. Estaciones limitadoras de caudal

UBICACIÓN	COTA (m)	DIÁMETRO VÁLVULA mm (in)	CAUDALES DE OPERACIÓN lps	PRESION DE OPERACION mca		PRESIÓN NOMINAL DE ACCESORIOS
				Presión aguas arriba	Presión aguas abajo	
R0	1143	250 (10)	53	28	7	PN 16
R2	1088.5	250 (10)	37	77	4	PN 16

Elaboración: Equipo consultor.

Las válvulas reguladoras de flujo pueden ser de tipo globo con piloto que permita establecer las condiciones de flujo por diferencial de presión con lo cual puede ajustarse fácilmente el “set point” acorde a los requerimientos del sistema.

La configuración puede ser una válvula limitadora de presión a la cual se les acompaña de un juego de placas perforadas de tal manera que se obtiene un caudal circundante fijo.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de los diseños realizados se concluye:

- Se ha empleado para el diseño tuberías de PVC de diámetro exterior uniforme, por lo que la topología de la red no es del todo uniforme.
- El emplazamiento de la conducción se encuentra en la vía pública. Además de la vetustez de la tubería, que la misma atravesase por predios privados es otro problema que tiene la conducción actual. Por tal motivo el estudio contempla llevar la línea de conducción por vía pública, la cual se encuentra plenamente identificada y no es necesario servidumbres de paso.
- Es fundamental la instalación de todas las válvulas de aire en los diámetros y configuraciones establecidos en los planos de diseño para salvaguardar la integridad de la tubería.
- Las válvulas de limpieza y drenaje deben ser manipuladas para los caudales y tiempos establecidos en el diseño, una operación violenta de las mismas puede producir el colapso de la tubería.
- Es recomendable regular el caudal al ingreso de la planta de tratamiento de agua potable PTAP, y a las reservas existentes, con las condiciones y materiales definidos en los planos de diseño.
- Muros, estructuras y anclajes no forman parte de este informe, sin embargo, deben dimensionarse para soportar al menos la presión nominal de las tuberías + 30%

6 ANEXOS

Al presente documento se adjunta los siguientes anexos.

Anexo 1 (Levantamiento topográfico)

Anexo 2 (Modelación Hidráulica)

Anexo 3 (Presupuesto referencial)

Anexo 4 (Planos)

Elaborado por:

DIEGO NUÑEZ
INGENIERO CIVIL