

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE PARA
MEJORAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA EN LOS DISTRITOS
DE CASTILLA Y PIURA**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. CHÁVEZ GARAY, HAYDEÉ ROSA

Bach. PRADO FERNANDEZ, KEVIN ENRIQUE

Asesor: Dr. LÓPEZ SILVA, MAIQUEL

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos porque depositaron su confianza en mí, ayudándome a concluir mi carrera.

Haydeé Rosa Chávez Garay

Dedico esta tesis a mis padres y a mis abuelos, por el apoyo constante y la enseñanza que siempre me han impartido para lograr este ansiado objetivo.

Kevin Enrique Prado Fernandez

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su apoyo en todo este proceso de aprendizaje que han estado día a día impulsándome para lograr este ansiado y merecido logro.

Haydeé Rosa Chávez Garay

A mi familia, seres queridos y al Dr. Maiquel López, que estuvieron en todo momento apoyándome para hacer posible la elaboración de esta investigación.

Kevin Enrique Prado Fernandez

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	18
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.1 Formulación y delimitación del problema	20
1.1.1 Problema general.....	20
1.1.2 Problemas Específicos	20
1.2 Importancia y justificación del Estudio.....	21
1.2.1 Importancia	21
1.2.2 Justificación.....	21
1.3 Limitaciones del estudio	22
1.3.1 Limitación espacial	22
1.3.2 Limitación temporal.....	23
1.4 Objetivos de la investigación	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivo Específicos	23
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1 Marco histórico	24
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema.....	24
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	27
2.3.1 Topografía.....	27
2.3.2 Geología	27
2.3.3 Potabilización del agua	29
2.3.4 Fuente de abastecimiento	29
2.3.5 Población del proyecto.....	31
2.3.6 Consumo de agua	35
2.3.7 Dotación de agua.....	35

2.3.8	Caudal de diseño	36
2.3.9	Conducción	37
2.3.10	Red de distribución	40
2.3.11	Eficiencia hidráulica.....	47
2.3.12	Sectorización.....	48
2.3.13	Eficiencia de una red de distribución sectorizada	54
2.3.14	Equipo de bombeo.....	58
2.3.15	Modelos de análisis de redes de abastecimiento	58
2.3.16	Análisis por computadora para la sectorización de redes.....	59
2.4	Definición de términos básicos	60
3.	CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	62
3.1	Hipótesis general.....	62
3.2	Hipótesis específicas	62
4.	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE ESTUDIO	63
4.1	Tipo y método de la investigación	63
4.2	Población de estudio	63
4.3	Diseño muestral.....	63
4.4	Relación entre variables	63
4.5	Técnicas e instrumentos de recolección	64
4.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	64
5.	CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	65
5.1	Caracterización de la zona y la población de estudio.....	65
5.1.1	Ubicación	65
5.1.2	Topografía.....	67
5.1.3	Geología.....	69
5.1.4	Proyección de la población	71
5.2	Definición de la fuente de abastecimiento y el cálculo de la demanda.....	81
5.2.1	Fuente de abastecimiento	81
5.2.2	Cálculo de la demanda de agua.....	83

5.3	Aplicación modelos numéricos para el análisis óptimo de la sectorización	131
5.3.1	Modelamiento numérico del sistema de agua potable.....	131
5.3.2	Distribución de caudales	132
5.3.3	El modelo hidráulico	132
5.4	Propuesta de la red hidráulica de mejor eficiencia.....	238
5.4.1	Elección de la mejor alternativa de sectorización para los sectores	238
5.4.2	Cálculo de la eficiencia según las presiones para cada distrito	246
5.5	Análisis de resultados.....	247
5.6	Contrastación de hipótesis.....	248
5.6.1	Hipótesis general.....	248
5.6.2	Hipótesis específica 1.....	248
5.6.3	Hipótesis específica 2.....	248
5.6.4	Hipótesis específica 3.....	249
5.6.5	Hipótesis específica 4.....	249
	CONCLUSIONES	250
	RECOMENDACIONES.....	251
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	252
	ANEXOS	256

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficientes de fricción “C” en la fórmula de Hazen y Williams	39
Tabla 2 Valores para el Número de Reynolds según tipo de régimen de flujo.....	51
Tabla 3 Coordenadas y elevaciones de los puntos del polígono de la ciudad de Piura	65
Tabla 4 Leyenda de los tipos de suelos	70
Tabla 5 Datos censales de la ciudad de Piura	72
Tabla 6 Comportamiento histórico de la población según el método aritmético	73
Tabla 7 Comportamiento histórico de la población según el método geométrico.....	75
Tabla 8 Comportamiento histórico de la población según el método parabólico	77
Tabla 9 Proyección de la población por cada método.....	79
Tabla 10 Consumos según tipo de conexión en los distritos de Castilla y Piura	84
Tabla 11 Información base y parámetros del RE-07, Sector I.....	87
Tabla 12 Información base y parámetros del RE-08, Sector I.....	87
Tabla 13 Información base y parámetros del RE-10, Sector I.....	90
Tabla 14 Información base y parámetros del RE-16, Sector I.....	90
Tabla 15 Información base y parámetros del REP-02, Sector I	92
Tabla 16 Información base y parámetros del RE-04, Sector II	94
Tabla 17 Información base y parámetros del RE-05, Sector II	94
Tabla 18 Información base y parámetros del RE-17, Sector II	96
Tabla 19 Información base y parámetros del RE-19, Sector II	96
Tabla 20 Información base y parámetros del REP-01A, Sector II.....	99
Tabla 21 Información base y parámetros del REP-01B, Sector II	99
Tabla 22 Información base y parámetros del REP-03, Sector II.....	102
Tabla 23 Información base y parámetros del REP-10, Sector II.....	102
Tabla 24 Información base y parámetros del RE-03, Sector III.....	105
Tabla 25 Información base y parámetros del RE-18, Sector III.....	105
Tabla 26 Información base y parámetros del REP-07, Sector III	108
Tabla 27 Información base y parámetros del REP-08, Sector III	108
Tabla 28 Información base y parámetros del RE-01, Sector IV	111
Tabla 29 Información base y parámetros del RE-11, Sector V.....	113
Tabla 30 Información base y parámetros del RE-21, Sector V.....	113
Tabla 31 Información base y parámetros del REP-05, Sector V	115
Tabla 32 Información base y parámetros del RE-02, Sector VI.....	117
Tabla 33 Información base y parámetros del RE-12, Sector VI.....	117
Tabla 34 Información base y parámetros del RE-13, Sector VI.....	119
Tabla 35 Información base y parámetros del RE-20, Sector VI.....	119

Tabla 36 Información base y parámetros del REP-04, Sector VI.....	121
Tabla 37 Información base y parámetros del RE-06, Sector VII	123
Tabla 38 Información base y parámetros del RE-14, Sector VII	123
Tabla 39 Información base y parámetros del RE-15, Sector VII	125
Tabla 40 Información base y parámetros del REP-06, Sector VII.....	125
Tabla 41 Información base y parámetros del REP-11, Sector VIII	127
Tabla 42 Información base y parámetros del REP-12, Sector VIII	127
Tabla 43 Caudales máximos horarios para el año 0, año 1 y el año 20	130
Tabla 44 Diámetros internos según su Clase PVC.....	131
Tabla 45 Resultados de los nodos analizados del RE-07 del sector I.....	134
Tabla 46 Resultados de las tuberías analizados del RE-07 del sector I.....	135
Tabla 47 Resultados de los nodos analizados del RE-08 del sector I.....	137
Tabla 48 Resultados de las tuberías analizados del RE-08 del sector I.....	138
Tabla 49 Resultados de los nodos analizados del RE-10 del sector I.....	140
Tabla 50 Resultados de las tuberías analizados del RE-10 del sector I.....	141
Tabla 51 Resultados de los nodos analizados del RE-16 del sector I.....	143
Tabla 52 Resultados de las tuberías analizados del RE-16 del sector I.....	144
Tabla 53 Resultados de los nodos analizados del REP-02 del sector I	146
Tabla 54 Resultados de las tuberías analizados del REP-02 del sector I	147
Tabla 55 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector I.....	149
Tabla 56 Resultados de los nodos analizados del RE-04 del sector II.....	150
Tabla 57 Resultados de las tuberías analizados del RE-04 del sector II	151
Tabla 58 Resultados de los nodos analizados del RE-05 del sector II.....	153
Tabla 59 Resultados de las tuberías analizados del RE-05 del sector II	154
Tabla 60 Resultados de los nodos analizados del RE-17 del sector II.....	156
Tabla 61 Resultados de las tuberías analizados del RE-17 del sector II	157
Tabla 62 Resultados de los nodos analizados del RE-19 del sector II.....	159
Tabla 63 Resultados de las tuberías analizados del RE-19 del sector II	160
Tabla 64 Resultados de los nodos analizados del REP-01A del sector II.....	162
Tabla 65 Resultados de las tuberías analizados del REP-01A del sector II.....	163
Tabla 66 Resultados de los nodos analizados del REP-01B del sector II	165
Tabla 67 Resultados de las tuberías analizados del REP-01B del sector II.....	166
Tabla 68 Resultados de los nodos analizados del REP-03 del sector II.....	168
Tabla 69 Resultados de las tuberías analizados del REP-03 del sector II.....	169
Tabla 70 Resultados de los nodos analizados del REP-10 del sector II.....	171
Tabla 71 Resultados de las tuberías analizados del REP-10 del sector II.....	172
Tabla 72 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector II.....	174

Tabla 73 Resultados de los nodos analizados del RE-03 del sector III.....	175
Tabla 74 Resultados de las tuberías analizados del RE-03 del sector III.....	176
Tabla 75 Resultados de los nodos analizados del RE-18 del sector III.....	178
Tabla 76 Resultados de las tuberías analizados del RE-18 del sector III.....	179
Tabla 77 Resultados de los nodos analizados del REP-07 del sector III	181
<i>Tabla 78 Resultados de las tuberías analizados del REP-07 del sector III.....</i>	<i>182</i>
Tabla 79 Resultados de los nodos analizados del REP-08 del sector III	184
Tabla 80 Resultados de las tuberías analizados del REP-08 del sector III	185
Tabla 81 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector III ...	187
Tabla 82 Resultados de los nodos analizados del RE-01 del sector IV	188
Tabla 83 Resultados de las tuberías analizados del RE-01 del sector IV	189
Tabla 84 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica del tanque del sector IV.....	191
Tabla 85 Resultados de los nodos analizados del RE-11 del sector V	192
Tabla 86 Resultados de las tuberías analizados del RE-11 del sector V	193
Tabla 87 Resultados de los nodos analizados del RE-21 del sector V	195
Tabla 88 Resultados de las tuberías analizados del RE-21 del sector V	196
Tabla 89 Resultados de los nodos analizados del REP-05 del sector V.....	198
Tabla 90 Resultados de las tuberías analizados del REP-05 del sector V	199
Tabla 91 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector V	201
Tabla 92 Resultados de los nodos analizados del RE-02 del sector VI.....	202
Tabla 93 Resultados de las tuberías analizados del RE-02 del sector VI.....	203
Tabla 94 Resultados de los nodos analizados del RE-12 del sector VI.....	205
Tabla 95 Resultados de las tuberías analizados del RE-12 del sector VI.....	206
Tabla 96 Resultados de los nodos analizados del RE-13 del sector VI.....	208
Tabla 97 Resultados de las tuberías analizados del RE-13 del sector VI.....	209
Tabla 98 Resultados de los nodos analizados del RE-20 del sector VI.....	211
Tabla 99 Resultados de las tuberías analizados del RE-20 del sector VI.....	212
Tabla 100 Resultados de los nodos analizados del REP-04 del sector VI	214
Tabla 101 Resultados de las tuberías analizados del REP-04 del sector VI	215
Tabla 102 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector VI..	217
Tabla 103 Resultados de los nodos analizados del RE-06 del sector VII	218
Tabla 104 Resultados de las tuberías analizados del RE-06 del sector VII	219
Tabla 105 Resultados de los nodos analizados del RE-14 del sector VII	221
Tabla 106 Resultados de las tuberías analizados del RE-14 del sector VII	222
Tabla 107 Resultados de los nodos analizados del RE-15 del sector VII	224
Tabla 108 Resultados de las tuberías analizados del RE-15 del sector VII	225
Tabla 109 Resultados de los nodos analizados del REP-06 del sector VII.....	227

Tabla 110 Resultados de las tuberías analizadas del REP-06 del sector VII.....	228
Tabla 111 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector VII	230
Tabla 112 Resultados de los nodos analizadas del REP-11 del sector VIII	231
Tabla 113 Resultados de las tuberías analizadas del REP-11 del sector VIII	232
Tabla 114 Resultados de los nodos analizadas del REP-12 del sector VIII	234
Tabla 115 Resultados de las tuberías analizadas del REP-12 del sector VIII	235
Tabla 116 Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector VIII	237
Tabla 117 Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector I.....	238
Tabla 118 Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector II	239
Tabla 119 Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector III.....	240
Tabla 120 Datos estadísticos de las dos alternativas para el tanque del Sector IV	241
Tabla 121 Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector V.....	242
Tabla 122 Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector VI.....	243
Tabla 123 Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector VII.....	244
Tabla 124 Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector VIII... 	245
Tabla 125 Porcentaje de horas donde se tiene presión inferior al umbral mínimo	246
Tabla 126. Operacionalización de las variables.....	256
Tabla 127. Matriz de consistencia.....	257
Tabla 128 Presupuesto de la investigación.....	258
Tabla 129 Cronograma de actividades.....	259
Tabla 130 Proyección de la demanda de agua potable para el RE-07, Sector I	260
Tabla 131. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-08, Sector I	261
Tabla 132. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-10, Sector I	262
Tabla 133. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-16, Sector I	263
Tabla 134. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-02, Sector I.....	264
Tabla 135. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-04, Sector II.....	265
Tabla 136. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-05, Sector II.....	266
Tabla 137. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-17, Sector II.....	267
Tabla 138. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-19, Sector II.....	268
Tabla 139. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-01A, Sector II	269
Tabla 140. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-01B, Sector II	270
Tabla 141. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-03, Sector II	271
Tabla 142. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-10, Sector II	272
Tabla 143. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-03, Sector III	273
Tabla 144. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-18, Sector III	274
Tabla 145. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-07, Sector III.....	275
Tabla 146. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-08, Sector III.....	276

Tabla 147. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-01, Sector IV	277
Tabla 148. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-11, Sector V	278
Tabla 149. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-21, Sector V	279
Tabla 150. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-05, Sector V	280
Tabla 151. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-02, Sector VI	281
Tabla 152. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-12, Sector VI	282
Tabla 153. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-13, Sector VI	283
Tabla 154. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-20, Sector VI	284
Tabla 155. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-04, Sector VI.....	285
Tabla 156. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-06, Sector VII.....	286
Tabla 157. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-14, Sector VII.....	287
Tabla 158. Proyección de la demanda de agua potable para el RE-15, Sector VII.....	288
Tabla 159. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-06, Sector VII.....	289
Tabla 160. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-11, Sector VIII.....	290
Tabla 161. Proyección de la demanda de agua potable para el REP-12, Sector VIII.....	291

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista de los distritos de Castilla, Piura y el asentamiento humano 26 de octubre	23
Figura 2. Tipo de Edificación.....	28
Figura 3. Número de puntos de investigación.....	28
Figura 4. Captación de agua de lluvia en los techados	30
Figura 5. Captación de agua de manantial	31
Figura 6. Sistema combinando: bombeo y gravedad	40
Figura 7. Red ramificada o abierta	42
Figura 8. Red mallada o cerrada	43
Figura 9. Red combinada	43
Figura 10. Válvula de compuerta	45
Figura 11. Válvula tipo globo.....	46
Figura 12. Válvula de retención o antirretorno.....	46
Figura 13. Válvula de bola o esfera	47
Figura 14. Válvula de mariposa.....	47
Figura 15. Inyección desde depósito con sectorización de red	48
Figura 16. Fórmulas de pérdidas de carga soportadas por EPANET.....	50
Figura 17. Red constituida por una sola malla.....	52
Figura 18. Sectores de los distritos de Castilla y Piura separadas por el río Piura.....	66
Figura 19. Topografía de los distritos de Castilla y Piura	68
Figura 20. Curvas de nivel entre las coordenadas E 545000 – E 547500 y N 9430000 – N 9432500 en Castilla.....	69
Figura 21. Mapa geológico de los distritos de Castilla y Piura	71
Figura 22. Cálculo de población futura con el método aritmético.....	74
Figura 23. Cálculo de población futura con el método geométrico	76
Figura 24. Cálculo de población futura con el método parabólico	78
Figura 25. Curva de crecimiento poblacional de los distritos de Castilla y Piura	80
Figura 26. Población censada y tasa de crecimiento promedio anual por distritos, 1993-2007.....	81
Figura 27. Vista del punto de captación de agua y la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Curumuy	83
Figura 28. La población vs. Qmh vs. Año de los RE-07 y RE-08, Sector I	88
Figura 29. La población vs. Qmh vs. Año de los RE-10 y RE-16, Sector I	91
Figura 30. La población vs. Qmh vs. Año del REP-02, Sector I	93
Figura 31. La población vs. Qmh vs. Año del RE-04 y RE-05, Sector II	95

Figura 32. La población vs. Qmh vs. Año del RE-17 y RE-19, Sector II	97
Figura 33. La población vs. Qmh vs. Año del REP-01A y REP-01B, Sector II.....	100
Figura 34. La población vs. Qmh vs. Año del REP-03 y REP-10, Sector II	103
Figura 35. La población vs. Qmh vs. Año del RE-03 y RE-18, Sector III.....	106
Figura 36. La población vs. Qmh vs. Año del REP-07 y REP-08, Sector III.....	109
Figura 37. La población vs. Qmh vs. Año del RE-01, Sector IV	111
Figura 38. La población vs. Qmh vs. Año del RE-11 y RE-21, Sector V.....	114
Figura 39. La población vs. Qmh vs. Año del REP-05, Sector V	116
Figura 40. La población vs. Qmh vs. Año del RE-02 y RE-12, Sector VI.....	118
Figura 41. La población vs. Qmh vs. Año del RE-13 y RE-20, Sector VI.....	120
Figura 42. La población vs. Qmh vs. Año del REP-04, Sector VI	121
Figura 43. La población vs. Qmh vs. Año del RE-06 y RE-14, Sector VII	124
Figura 44. La población vs. Qmh vs. Año del RE-15 y REP-06, Sector VII.....	126
Figura 45. La población vs. Qmh vs. Año del REP-11 y REP-12, Sector VIII	128
Figura 46. Malla cerrada del RE-07, sector I	133
Figura 47. Modelamiento de la malla cerrada del RE-07, sector I.....	133
Figura 48. Implementación de las válvulas FCV-4 y FCV-5 para el RE-07, sector I	135
Figura 49. Implementación de las válvulas FCV-14, FCV-15 y FCV-16 para el RE-07, sector I.....	136
Figura 50. Implementación de las válvulas FCV-2 y FCV-3 para el RE-08, sector I	138
Figura 51. Implementación de las válvulas FCV-4 y FCV-5 para el RE-08, sector I	139
Figura 52. Implementación de las válvulas FCV-14 y FCV-15 para el RE-10, sector I ...	141
Figura 53. Implementación de las válvulas FCV-1, FCV-5 y FCV-6 para el RE-10, sector I	142
Figura 54. Implementación de la válvula FCV-5 para el RE-16, sector I.....	144
Figura 55. Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-16, sector I.....	145
Figura 56. Implementación de las válvulas FCV-13 y FCV-14 para el REP-02, sector I.	147
Figura 57. Implementación de la válvula FCV-7 para el REP-02 del sector I	148
Figura 58. Implementación de la válvula FCV-1 para el RE-04, sector II	151
Figura 59. Implementación de la válvula FCV-5 para el RE-04, sector II	152
Figura 60. Implementación de las válvulas FCV-5 y FCV-6 para el RE-05, sector II.....	154
Figura 61. Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-05, sector II	155
Figura 62. Implementación de la válvula FCV-1 para el RE-17, sector II	157
Figura 63. Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-17, sector II	158
Figura 64. Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-19, sector II	160
Figura 65. Implementación de la válvula FCV-11 para el REP-01A, sector II	163
Figura 66. Implementación de la válvula FCV-5 para el REP-01A, sector II.....	164

Figura 67. Implementación de la válvula FCV-2 para el REP-01B, sector II	166
Figura 68. Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-01B, sector I.....	167
Figura 69. Implementación de las válvulas FCV-6 y FCV-7 para el REP-03, sector II ...	169
Figura 70. Implementación de la válvula FCV-8 para el REP-03, sector II.....	170
Figura 71. Implementación de la válvula FCV-2 para el REP-10, sector II.....	172
Figura 72. Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-10, sector II.....	173
Figura 73. Implementación de las válvulas FCV-11 y FCV-12 para el RE-03, sector III	176
Figura 74. Implementación de la válvula FCV-13 para el RE-03, sector III.....	177
Figura 75. Implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 para el RE-18, sector III	179
Figura 76. Implementación de la válvula FCV-9 para el RE-18, sector III.....	180
Figura 77. Implementación de la válvula FCV-3 para el REP-07, sector III	182
Figura 78. Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-07, sector III	183
Figura 79. Implementación de la válvula FCV-11 para el REP-08, sector III	185
Figura 80. Implementación de la válvula FCV-4 para el REP-08, sector III	186
Figura 81. Implementación de las válvulas FCV-13 y FCV-14 para el RE-01, sector IV.	189
Figura 82. Implementación de la válvula FCV-12 para el RE-01, sector IV	190
Figura 83. Implementación de las válvulas FCV-6 y FCV-9 para el RE-11, sector V.....	193
Figura 84. Implementación de la válvula FCV-7 para el RE-11, sector V.....	194
Figura 85. Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-21, sector V.....	196
Figura 86. Implementación de las válvulas FCV-3 y FCV-5 para el RE-21, sector V.....	197
Figura 87. Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-05, sector V	199
Figura 88. Implementación de las válvulas FCV-2 y FCV-3 para el REP-05, sector V....	200
Figura 89. Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-02, sector VI.....	203
Figura 90. Implementación de las válvulas FCV-9 y FCV-10 para el RE-02, sector VI ..	204
Figura 91. Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-12, sector VI.....	206
Figura 92. Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-12, sector VI.....	207
Figura 93. Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-13, sector VI.....	209
Figura 94. Implementación de la válvula FCV-3 para el RE-13, sector VI.....	210
Figura 95. Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-20, sector VI.....	212
Figura 96. Implementación de la válvula FCV-3 para el REP-20, sector VI.....	213
Figura 97. Implementación de la válvula FCV-3 para el REP-04, sector VI.....	215
Figura 98. Implementación de la válvula FCV-5 para el REP-04, sector VI.....	216
Figura 99. Implementación de la válvula FCV-1 para el RE-06, sector VII.....	219
Figura 100. Implementación de la válvula FCV-6 para el RE-06, sector VII.....	220
Figura 101. Implementación de las válvulas FCV-4 y FCV-5 para el RE-14, sector VII.	222
Figura 102. Implementación de la válvula FCV-11 para el RE-14, sector VII.....	223
Figura 103. Implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 para el RE-15, sector VII.	225

Figura 104. Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-15, sector VII.....	226
Figura 105. Implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 para el REP-06, sector VII.....	228
Figura 106. Implementación de la válvula FCV-5 para el REP-06, sector VII	229
Figura 107. Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-11, sector VIII.....	232
Figura 108. Implementación de la válvula FCV-2 para el REP-11, sector VIII.....	233
Figura 109. Implementación de las válvulas FCV-3 y CRP-1 para el REP-12, sector VIII	235
Figura 110. Implementación de las válvulas FCV-5 y CRP-2 para el REP-12, sector VIII	236

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de sectorizar la red de agua potable para mejorar la eficiencia en los distritos de Castilla y Piura. Para el análisis del sistema se caracterizó la topografía y geología de la zona de estudio a partir del AutoCAD. Se definió la fuente de abastecimiento y la demanda máxima de agua mediante bases de datos de información de pozos, ríos y canales con estudios de calidad de agua mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico, así como el censo poblacional y vivienda del año 2018. Para la sectorización de la red de agua potable se aplicó el modelo numérico WaterGEMS versión v8i. Además, se utilizó para el análisis de la serie de datos programas estadísticos SPSS Statistics versión 25. Los principales resultados obtenidos fueron que el relieve es relativamente llano, oscilando los valores de las curvas de nivel desde 27 m.s.n.m. hasta 64 m.s.n.m. y presenta una litología que se clasifica como depósitos aluviales con descripciones de arenas sueltas de origen marino. La fuente de abastecimiento es el canal Daniel Escobar que circula un caudal de 70 m³/s, derivando el agua a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Curumuy. El sistema de abastecimiento de agua se proyectó desde el año 2021 hasta el año 2041, generando una demanda máxima de agua potable para el sector I con un caudal máximo horario de 249.19 l/s. En el periodo estático de las dos alternativas de sectorización se seleccionó la más eficaz cuyos parámetros hidráulicos oscilan con presiones entre 10.31 m.c.a. y 32.64 m.c.a. La eficiencia del sistema para los distritos de Castilla, Piura y 26 de octubre, son superiores al 12% hasta el 20.83%. Existiendo mejor indicador de porcentaje de horas en presión inferior al umbral mínimo (15) para el distrito de Castilla.

Palabras claves: hidráulica, modelo numérico, WaterGEMS.

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of sectorizing the drinking water network to improve efficiency in the districts of Castilla and Piura. For the analysis of the system, the topography and geology of the study area were characterized from AutoCAD. The supply source and maximum demand for water were defined through databases of information on wells, rivers and canals with water quality analysis using physical, chemical and microbiological parameters, as well as the population and housing census for the year 2018. For the sectorization of the drinking water network, the numerical model WaterGEMS version v8i was applied. In addition, it was used for the analysis of the data series of statistical programs SPSS Statistics version 25. The main results obtained were that the relief is relatively flat, with the values of the level curves ranging from 27 m.a.s.l. up to 64 m.a.s.l. and presents a lithology that is classified as alluvial deposits with descriptions of loose sands of marine origin. The supply source is the Daniel Escobar channel that circulates a flow of 70 l / s, diverting the water to the Curumuy Drinking Water Treatment Plant. The water supply system was projected from 2021 to 2041, generating a maximum demand for drinking water for sector I with a maximum hourly flow of 249.19 l / s. In the static period of the two sectorization alternatives, the most efficient was selected, whose hydraulic parameters oscillate with pressures between 10.31 m.c.a. and 32.64 m.c.a. The efficiency of the system for the districts of Castilla, Piura and October 26, are higher than 12% to 20.83%. There are better indicators for the percentage of hours at pressure below the minimum threshold (I5) for the district of Castilla.

Keywords: hydraulics, numerical model, WaterGEMS.

INTRODUCCIÓN

La investigación consiste en sectorizar la red de agua potable para mejorar la eficiencia del sistema de los distritos de Castilla y Piura, caracterizando la zona de estudio, a partir del estudio de la demanda de agua. Se procede a modelar el sistema de agua en WaterGEMS para sectorizar la red y proponer dos alternativas de sectorización por cada reservorio. Posteriormente, se escoge la mejor alternativa, realizando el análisis de la serie de datos en el software SPSS Statistics y finalmente se calcula la eficiencia de la red.

En el capítulo I se procede a formular el problema, delimitación, importancia, justificación y limitaciones del estudio.

En el capítulo II se exponen el objetivo general y los objetivos específicos.

En el capítulo III se desarrolla el marco teórico, empezando por el marco histórico, seguido por las investigaciones relacionadas con el tema, estructura teórica y científica que sustenta el estudio y finalmente la definición de términos básicos.

En el capítulo IV se expone la hipótesis general y las hipótesis específicas de la investigación.

En el capítulo V se define el tipo y método de la investigación, la población de estudio, el diseño muestral, la relación entre variables, las técnicas e instrumentos de recolección y las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo VI se presenta el cronograma de actividades y el presupuesto de la investigación.

En el capítulo VII se presenta la ubicación del proyecto, la caracterización de la topografía, geología y la proyección de la población. Además, se definió la fuente de abastecimiento y se realizó el cálculo de la demanda de agua. Se aplicaron métodos numéricos para la modelación del sistema de agua potable. Finalmente, se procedió a proponer la red hidráulica de mejor eficiencia y analizar los resultados.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suministro de agua potable es indispensable para el desarrollo de cualquier comunidad en el mundo, así como un eficiente sistema de eliminación para prevenir la contaminación ambiental y propagación de enfermedades.

El acceso a la red pública de agua (RPA) en el Perú ha aumentado en los últimos cinco años. Esto refleja una realidad esperanzadora: cada vez más peruanos acceden al agua en sus casas sin esperar la llegada de un camión cisterna ni dar largas caminatas hasta las fuentes más cercanas. Sin embargo, conexión no significa, en todos los casos, calidad de agua (SUNASS, 2018).

Hoy en día, el crecimiento de la tasa poblacional se ha incrementado en diversas ciudades del Perú, lo que provoca que inmigrantes o personas con bajos recursos económicos tengan que vivir a las afueras de las ciudades para poder tener oportunidades laborales y educacionales. Pero algunas zonas apartadas del tipo rural no cuentan con acceso directo al servicio de agua potable, las mismas que se abastecen de un curso de agua que discurre a la intemperie, sin ningún tipo de tratamiento, estando expuestos a sufrir enfermedades del tipo gastrointestinal, parasitaria y dérmico.

La gran problemática que se presenta actualmente en nuestro país es la falta de cobertura de agua en comunidades alejadas de las ciudades, sobre todo en las zonas rurales del Perú. Incluso existen problemas en ciudades que cuentan con un sistema de agua potable pero no funcionan de manera óptima para abastecer a toda la población, por la falta de continuidad en la disponibilidad del agua, por falta de capacidad de las tuberías, baja presión en las redes o por los años de antigüedad que presenta la infraestructura existente, que en muchos casos superan el periodo de vida útil de estas.

Muchas veces ocurren pérdidas de agua potable en una red de distribución, identificadas por la empresa prestadora de servicios como el Índice de Agua no Contabilizada, que “señala el porcentaje del volumen total de agua potable producido que no es facturado a los usuarios, es decir, el porcentaje de pérdidas” (Jiménez, 2003, p. 11). Por tal motivo, resulta necesario la implementación de técnicas para disminuir el valor del porcentaje de pérdidas, como el método de sectorización.

La sectorización de una red de abastecimiento es el procedimiento encaminado a subdividir la misma en subáreas o subsectores, mediante la instalación de válvulas. Cuando una red está sectorizada, facilita la operación y mantenimiento de forma eficaz a partir de un mayor control de la presión del agua, velocidades del flujo y calidad del agua que entra a cada sector, en la medida en que se reducen las dimensiones del área de estudio (Campbell et al., 2013, p.1).

La presente investigación surge como consecuencia del deficiente servicio de agua potable que reciben los pobladores de los distritos de Castilla y Piura, debido al mal estado de la infraestructura existente, generando cortes de agua a la población por roturas en las tuberías, bajas presiones de servicio que repercute en inestables caudales en la red en los horarios de máxima demanda. Algunos sectores de los distritos de Castilla y Piura no están abastecidos de agua, por lo que la investigación propondrá una adecuada red de distribución para dotar de agua a toda la población.

1.1 Formulación y delimitación del problema

1.1.1 Problema general

¿Cómo sectorizar la red de agua potable para el aumento de la eficiencia del sistema de los distritos de Castilla y Piura?

1.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles serán las características topográficas y geológicas de la zona de estudio?
- ¿Cuál es la fuente de abastecimiento y la demanda de agua potable que requieren los distritos de Castilla y Piura?
- ¿Cómo se define la sectorización de la red de agua potable para mejorar la eficiencia del sistema?
- ¿Cuál será la red hidráulica y obras estructurales de mejor eficiencia del sistema de abastecimiento de agua?

1.2 Importancia y justificación del Estudio

1.2.1 Importancia

La finalidad de la presente investigación es mejorar el sistema de agua potable en los distritos de Castilla y Piura, garantizando un servicio permanente del consumo de agua. Asimismo, se busca que el agua llegue a toda la población de estos distritos, manteniendo su caudal y presión en los diferentes sectores.

La contribución de esta investigación está dada por el uso del modelado numérico, ya que podemos obtener cálculos exactos de los caudales, presiones, diámetros de tuberías y cantidad de horas que se abastecerá de agua a estos distritos sin restricciones o deficiencias optimizando la calidad y cantidad del agua que pasará por las redes.

1.2.2 Justificación

La presente tesis surge para dar solución a los problemas de distribución de agua potable mediante un modelado numérico que nos va a permitir obtener cálculos hidráulicos para la sectorización de la red, con la finalidad de controlar el sistema al conocer el caudal y la presión de ingreso al sector.

Justificación Teórica

Se aplicarán conceptos estadísticos, teóricos y numéricos de hidráulica para desarrollar la investigación, tomando como base el cálculo poblacional para determinar la población futura, el estudio de la demanda para el horizonte de planeamiento y el modelamiento hidráulico de las redes mediante el software WaterGEMS.

Justificación Técnica

La investigación contempla el mejoramiento de las redes de distribución de agua potable de toda la ciudad de Piura, además de sectorizar por zonas de servicio y áreas de influencia de los reservorios proyectados y existentes.

La distribución de redes de agua potable de la ciudad de Piura estará subdividida por sectores y subsectores, cada subsector estará determinada por el área de influencia de los reservorios. Asimismo, se ha desarrollado un diseño optimizado considerando troncales estratégicas de tal forma que la distribución de caudales en toda el área de influencia tenga un mejor comportamiento hidráulico.

Justificación Ambiental

La investigación nace por la necesidad de disminuir la incidencia de enfermedades de origen hídrico, tales como enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas, provocadas por la falta o de un inadecuado servicio de agua. La ejecución del proyecto permitirá mejorar las condiciones de vida de la población de los distritos de Castilla, Piura y 26 de octubre, permitiendo la sostenibilidad de los servicios, la ampliación de la cobertura y el mejoramiento de la calidad de los servicios de agua potable, de tal manera que mejore la calidad de vida de la población y del medio ambiente.

Justificación Social

Las obras de infraestructura sanitaria deben ir acompañadas del componente social, que contenga la educación sanitaria para sensibilizar y capacitar a la población en la valoración de los servicios de agua potable, el cuidado eficiente de los servicios, el pago responsable de la tarifa, la práctica de buenos hábitos de higiene, difundir la instalación de equipos sanitarios básicos dentro de la vivienda, aceptación de la instalación de medidores, la firma de contratos de prestación de los servicios de agua potable, entre otras acciones que contribuyan con la sostenibilidad del proyecto.

1.3 Limitaciones del estudio

1.3.1 Limitación espacial

Coordenadas: latitud sur 4°04'50" y 6°22'10"; latitud oeste 79°13'15" y 81°19'35"

Distritos : Piura y Castilla

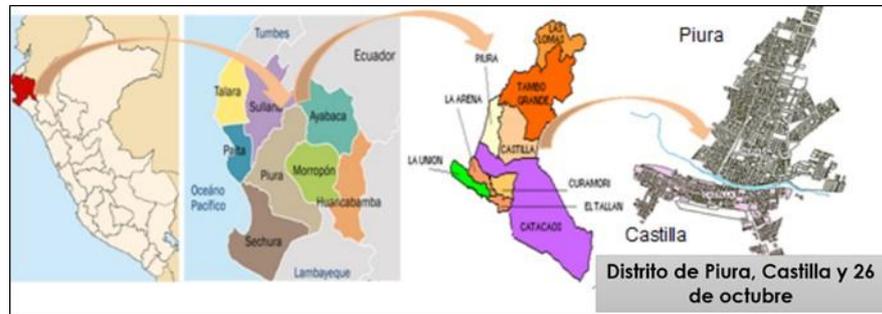
Provincia : Piura

Departamento : Piura

En la figura 1 se observa la vista de los distritos de Castilla, Piura y el asentamiento humano 26 de octubre.

Figura 1

Vista de los *distritos de Castilla, Piura y el asentamiento humano 26 de octubre*



Fuente: Google Maps

1.3.2 Limitación temporal

El tiempo de investigación se llevará a cabo en un plazo de 4 meses, puesto que se cuentan con todos los datos necesarios para desarrollar el proyecto.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Realizar la sectorización de la red de agua potable para el aumento de eficiencia del sistema de agua potable de los distritos de Castilla y Piura.

1.4.2 Objetivo Específicos

- Caracterizar la topografía y geología de la zona de estudio
- Definir la fuente de abastecimiento y la demanda de agua potable
- Aplicar modelos numéricos para el análisis óptimo de la sectorización en la red de agua potable
- Proponer la red hidráulica y obras estructurales de mejor eficiencia del sistema de abastecimiento de agua.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

Las condiciones del abastecimiento de agua en los distritos de Castilla y Piura han llegado a ser muy críticos debido a una superpoblación que excede los parámetros antes estudiados, siendo necesario mejorar y ampliar el sistema de distribución de agua para estos distritos.

Según explicó el representante de Entidad Prestadora de Servicio (EPS, 2015) Grau y el Programa de Saneamiento Urbano (PNSU, 2015) el expediente técnico del proyecto “Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los Asentamientos Humanos de los distritos de Piura y Castilla” solo intervendrá en la construcción de 3 reservorios elevados. Sin embargo, el proyecto en global contempla el diagnóstico y análisis de todos los reservorios existentes y reservorios a proyectar y así realizar la sectorización y modelamiento del sistema en general (Consortio Pro Agua Norte Consultores, 2015).

La presente investigación toma como referencia, el estudio de Pre-inversión a Nivel de Factibilidad del proyecto “Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los Asentamientos Humanos de los distritos de Piura y Castilla”, declarado viable por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau S.A. – EPS GRAU, aprobado mediante informe técnico N° 068-2015-EPS GRAU SA-GI-DPI, de fecha 01 de octubre de 2015 con código SNIP 319830.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

Antecedentes internacionales

Campbell, E. (2013) realizó una investigación sobre una “Propuesta para una metodología de Sectorización de Redes de Abastecimiento de agua potable” para optar el grado académico de Máster en la Universidad Politécnica de Valencia. Esta tesis tenía como objetivo general establecer un procedimiento informático para la obtención de un plano de red sectorizada, que divida una red de distribución de agua potable (RDAP) en una red de alta y una red de distribución y que, además, no solo emplee como criterios hidráulicos o geográficos, sino que también considere las fugas en la red. Sin embargo, el autor realizó la modelación matemática aplicada a una red de estudio propuesta por él a fin de ejemplificar el método, mas no realizó

dicha modelación a una población real con déficit en el sistema de distribución de agua.

Fragoso, L. et al. (2016) en su artículo científico sobre “La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica” obtuvo como objetivo realizar la sectorización de la red de agua potable del sector MHO-31 de la delegación Miguel Hidalgo de la ciudad de México, para mejorar la distribución y control de caudales. Utilizó el programa EPANET para realizar el análisis hidráulico y comprobó que a partir de la sectorización y regulación de presiones de la red de distribución se mejora su eficiencia hidráulica. No obstante, resulta necesario realizar el análisis hidráulico en el software WaterGEMS, ya que este brinda mayores herramientas de análisis y es mucho más dinámico con la integración de archivos con AutoCAD y ArcGIS.

Valdés, Y. (2017) en su tesis “Modelación del sistema de abastecimiento de agua potable del poblado de Modesto Reyes en la provincia de Ciego de Ávila” para optar el Título profesional de Ingeniero Hidráulico en la Universidad de Ciego de Ávila, obtuvo como objetivo la modelación matemática para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable. Además, cuenta con una problemática similar a la de nuestra investigación, manifestando que el sistema existente de agua potable no cumple con las exigencias de la población. No obstante, el autor no abordó la temática de sectorización de redes de distribución en su tesis. Por tal motivo, resulta de suma importancia la realización de la presente tesis en el ámbito académico e ingenieril.

Mendoza, M. (2017) realizó una tesis titulada “Diseño hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad en la comunidad rural de Caña Amarilla municipio Minas. Camagüey” para optar el Título profesional de Ingeniero Hidráulico en la Universidad de Ciego de Ávila. La tesis comprende realizar un diseño hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua que beneficiará a la comunidad rural de Caña Amarilla. La conclusión de la investigación fue demostrar las presiones mínimas en cada nodo (30kPa), así como las velocidades mínimas (0.3 m/s) utilizando la modelación estática mediante el software WaterGEMS. Sin embargo, el autor solo se centró en realizar modelaciones en periodo estático mas no en periodo dinámico. Con la modelación en periodo dinámico podemos obtener resultados más precisos en lo que respecta a la curva de máxima demanda, la curva

de bombeo, la curva de presiones; también se puede realizar un análisis de calidad del agua.

Antecedentes nacionales

Meza, J. (2010) realizó una investigación sobre el “Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de Tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso” para optar el Título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Alcanzó como principales resultados realizar un diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la zona y analizar dos alternativas económicas para seleccionar la más conveniente. No obstante, se debe tener en cuenta que no todas las comunidades presentan las mismas deficiencias, por tal motivo resulta necesario realizar una alternativa económica adicional en el análisis de factibilidad, pues al contar con más opciones se elige el mejor considerando que sea factible en los aspectos técnico, económico y social.

Machado, A. (2018) realizó una tesis titulada “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado Santiago, distrito de Chalaco, Moropon – Piura” para optar el Título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura. Sus principales resultados fueron el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y el modelamiento numérico en WaterGEMS, que al momento de comparar los valores de las velocidades y presiones coinciden con los cálculos realizados en hoja de Excel. Esto demuestra el alto nivel de confiabilidad del software al momento de aplicarlo en cualquier modelamiento hidráulico. Concluimos que la modelación del software WaterGEMS es preciso y se puede aplicar sin ningún problema en nuestra investigación.

Guarnizo, M.; Sánchez, A. (2019) realizaron una tesis titulada “Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el distrito de Salaverry, departamento de La Libertad” para optar el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada Antenor Orrego. La tesis tenía como objetivo general reducir las pérdidas de agua potable en el distrito de Salaverry, a través del método de sectorización, para así mejorar y optimizar el servicio. Sin embargo, solo realiza la sectorización del distrito de Salaverry mas no un diseño hidráulico del sistema de agua potable, por lo que no resulta ser tan útil en la aplicación de cualquier otro

sistema de agua. La presente tesis incluirá el diseño de la red de agua potable, tanto como la sectorización de esta.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1 Topografía

El Grupo de Exploraciones Subterráneas (2007) identifica los tipos de terreno que existen en los relieves topográficos, siendo:

- Terreno llano: aquel con pendientes suaves, sin cambios bruscos.
- Terreno Ondulado: aquel con elevaciones y depresiones de poca importancia.
- Terreno Montañoso: las vertientes tienen mayor pendiente y las diferencias de altura entre las vaguadas y la divisoria es más notoria
- Terreno Escarpado: posee vertientes de gran pendiente, incluso verticales. Cambios bruscos de pendiente.

Levantamiento topográfico

Mendoza, J. (2015) define al levantamiento topográfico como el proceso por el cual se realiza un conjunto de operaciones y métodos para representar gráficamente en un plano una porción de tierra, ubicando la posición de sus puntos naturales y/o artificiales más importantes.

1. Trabajo de campo

El trabajo de campo consiste en realizar mediciones con equipos topográficos y obtener datos que servirán para la elaboración del levantamiento topográfico.

2. Trabajo de gabinete

Se recopilan los datos obtenidos en el trabajo de campo, luego se procede a realizar cálculos matemáticos y posteriormente la aplicación de programas para obtener el plano topográfico. Los programas que se usan son hojas de cálculo (Excel), AutoCAD y AutoCAD Civil.

2.3.2 Geología

Las construcciones que realiza el hombre, sea en superficie o subsuelo, requieren del conocimiento geológico de los sitios donde serán emplazadas. Intenta asegurar la estabilidad de obras tan diversas como edificios, calles, rutas, pistas de aterrizaje, diques y embalses de agua y tendidos de acueductos-gasoductos- oleoductos (Varela, 2014).

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2015) clasifica en su Norma Técnica de Edificación E.050 a las edificaciones según la clase de la estructura y números de pisos en la figura 2.

Figura 2

Tipo de Edificación

TABLA N° 1 TIPO DE EDIFICACIÓN					
CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS* (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	C	C	C	B
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	B	A	---	---
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	A	---	---	---
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	B	A	A	A
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior. 					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		B	A		

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.050 (2015)

Con la clasificación de edificaciones expuesta, el MVCS (2015) propone el número de puntos de investigación que serán necesarios para cada tipo de edificación en la figura 3.

Figura 3

Número de puntos de investigación

TABLA N° 6 NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACION	
Tipo de edificación	Número de puntos de investigación (n)
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. de terreno habilitado

(n) nunca será menor de 3.

Fuente: Norma Técnica de Edificación E.050 (2015)

Técnicas de exploración

El MVCS (2015) menciona en su Norma Técnica de Edificación E.050 menciona las siguientes técnicas de exploración que se realizan en el Perú:

- a) Pozos o Calicatas y Trincheras
- b) Perforaciones Manuales y Mecánicas
- c) Método de Ensayo de Penetración Estándar (SPT)
- d) Ensayo de Penetración Cuasi-Estática Profunda de Suelos con Cono y Cono de Fricción (CPT)
- e) Cono Dinámico Superpesado (DPSH)
- f) Cono Dinámico Tipo Peck
- g) Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)
- h) Método Normalizado para Ensayo de Corte con Veleta de Campo en Suelos Cohesivos
- i) Método de Ensayo Normalizado para la Capacidad Portante del Suelo por Carga Estática y para Cimientos Aislados

2.3.3 Potabilización del agua

La potabilización del agua tiene por finalidad reducir los contaminantes tóxicos: metales pesados como fierro, plomo; sustancias tóxicas como arsénico, antimonio, cianuros, nitratos, nitritos, sulfatos, sulfitos y eliminar el calcio, bario. Asimismo, eliminar la dureza del agua para uso doméstico y preservar con cloro y flúor que impiden la presencia de microorganismos nocivos para la salud (SEDAPAR, 2016).

2.3.4 Fuente de abastecimiento

Agüero, J. (1997) señala en su libro que las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo con la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo.

- a) Sistema de agua potable por gravedad.

La fuente de agua debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando solo la fuerza de la gravedad.

b) Sistema de agua potable por bombeo.

La fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento ubicados en elevaciones superiores al centro poblado.

Tipos de fuente

Fair, G. M. (2001) menciona las fuentes comunes de aguas dulces, las cuales son:

a) Agua de lluvia

- De los techados, almacenada en cisternas, para abastecimientos individuales reducidos.
- De cuencas mayores preparadas, o colectores, almacenada en depósitos para suministros comunales grandes. En la figura 4 se observa la captación de agua de lluvia en los techados.

Figura 4

Captación de agua de lluvia en los techados



Fuente: Manisse, R. (2020)

b) Agua superficial

- De corrientes, estanques naturales y lagos de tamaño suficiente, mediante toma continua.
- De corrientes con flujo adecuado de crecientes, mediante toma intermitente, temporal o selectiva de las aguas de la avenida limpias y su almacenamiento en depósitos adyacentes a las corrientes.
- De corrientes con flujos bajos en tiempo de sequía, pero con suficiente descarga anual, mediante toma continua del almacenamiento de los flujos

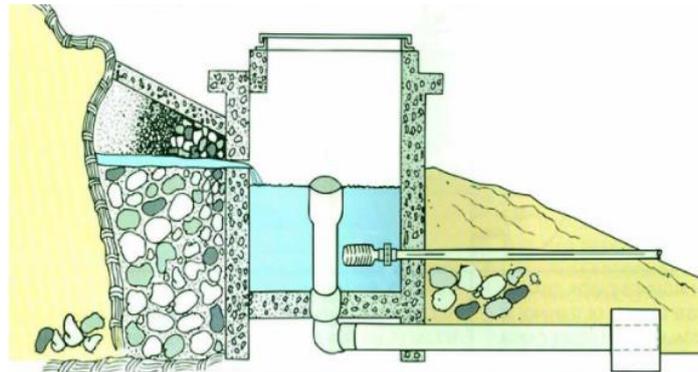
excedentes al consumo diario, hecho en uno o más depósitos formados mediante presas construidas a lo largo de los valles de la corriente.

c) Agua subterránea

- De manantiales naturales.
- De pozos.
- De galerías filtrantes, estanques o embalses.
- De pozos, galerías y manantiales con caudales aumentados con aguas provenientes de otras fuentes: 1) esparcidas sobre la superficie del terreno colector, 2) conducidas a depósitos o diques de carga, o 3) alimentadas a galerías o pozos de difusión.
- De pozos o galerías cuyo flujo se mantiene constante al retornar al suelo las aguas previamente extraídas de la misma fuente y que han sido usadas para el enfriamiento. En la figura 5 se observa la captación de agua de manantial.

Figura 5

Captación de agua de manantial



Fuente: Care Perú (2001)

2.3.5 Población del proyecto

Agresty, A. (1986) define la población del proyecto como la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del periodo de diseño del sistema de agua potable y alcantarillado.

Métodos de predicción de la población

Agresty, A. (1986) recomienda y explica los siguientes métodos de predicción de la población:

- Método de crecimiento por comparación
- Método de ajuste por Mínimos Cuadrados

1. Método de crecimiento por comparación

Este método consiste en comparar la tendencia del crecimiento histórico de la población estudiada contra el de otras ciudades con mayor número de habitantes, similares desde el punto de vista socioeconómico, y adoptar la tasa media de crecimiento de ellas.

Los factores que deben considerarse para determinar similitud son: proximidad geográfica, actividad económica, porcentajes de población de cada nivel socioeconómico, clima, costumbres, entre otros.

Para determinar la tasa de crecimiento de la población entre dos datos de censos dados o bien para el año “ t_{i+1} ”, se utiliza la ecuación 1.

$$i = \left[\left(\frac{P_{i+1}}{P_i} \right)^{1/t} - 1 \right] 100 \quad (1)$$

Donde:

i = Tasa de crecimiento en el periodo t_i - t_{i+1}

P_{i+1} = Población en el año t_{i+1}

P_i = Población en el año t_i

t = Número de años entre la población P_{i+1} y la población P_i

2. Método de ajuste por Mínimos Cuadrados

Este procedimiento consiste en calcular la población de proyecto a partir de un ajuste de los resultados de los censos en años anteriores, a una recta o curva, de tal modo que los puntos pertenecientes a estas difieran lo menos posible de los datos observados.

Para determinar la población de proyecto, será necesario considerar el modelo matemático que mejor represente el comportamiento de los datos de los censos históricos de población (lineal, exponencial, logarítmica o potencial), obteniendo a las constantes “a” y “b” que se conocen como coeficientes de regresión.

Existe un parámetro que sirve para determinar que tan acertada fue la elección de la curva o recta de ajuste a los datos de los censos. Este se denomina coeficiente de correlación “r”, su rango de variación es de -1 a +1 y conforme su valor absoluto se acerque más a 1 el ajuste del modelo a los datos será mejor.

Ajuste Lineal

En caso de que los valores de los censos históricos, graficados como población en el eje de las ordenadas y los años en el de las abscisas, se ajustan a una recta, se utiliza la siguiente expresión característica, que da el valor de la población para cualquier año, “t”:

$$P = a + bt \quad (2)$$

Para determinar los valores de “a” y “b” se utilizan las ecuaciones siguientes:

$$a = \frac{\sum Pi - b \sum ti}{N} \quad (3)$$

$$b = \frac{N \sum tiPi - \sum ti \sum Pi}{N \sum ti^2 - (\sum ti)^2} \quad (4)$$

Donde:

N = Número total de datos

$\sum ti$ = Suma de los años con información

$\sum Pi$ = Suma del número de habitantes

El coeficiente de correlación “r” para el ajuste lineal se calcula como:

$$r = \frac{N \sum tiPi - \sum ti \sum Pi}{\sqrt{[N \sum ti^2 - (\sum ti)^2][\sum Pi^2 - (\sum Pi)^2]}} \quad (5)$$

Ajuste No-Lineal

Cuando los datos de los censos históricos de población se conformen más bien a una curva, en lugar de una recta, se pueden ajustar estos datos a una curva exponencial, una logarítmica o una potencial.

a) Ajuste Exponencial

La expresión general está dada por:

$$P = ae^{bt} \quad (6)$$

Donde a y b son las constantes que se obtienen mediante las ecuaciones:

$$a = e^{\left[\frac{\sum \ln Pi - b \sum \ln Pi}{N} \right]} \quad (7)$$

$$b = \frac{N \sum ti \ln Pi - \sum ti \sum \ln Pi}{N \sum ti^2 - (\sum ti)^2} \quad (8)$$

Donde:

\ln = logaritmo natural

El coeficiente de correlación para este modelo se calcula con:

$$r = \frac{N \sum ti (\ln Pi) - \sum ti \sum \ln Pi}{\sqrt{[N \sum ti^2 - (\sum ti)^2][\sum (\ln Pi)^2 - (\sum \ln Pi)^2]}} \quad (9)$$

b) Ajuste Logarítmico

Este modelo tiene la expresión general:

$$P = a + b(\ln t) \quad (10)$$

Y la solución de los coeficientes “a” y “b” se obtienen con:

$$a = \frac{\sum Pi - b \sum \ln ti}{N} \quad (11)$$

$$b = \frac{N \sum \ln ti Pi - \sum \ln ti \sum Pi}{N \sum (\ln ti)^2 - (\sum \ln ti)^2} \quad (12)$$

El coeficiente de correlación está dado por:

$$r = \frac{N \sum (\ln ti) Pi - \sum \ln ti \sum Pi}{\sqrt{[N \sum (\ln ti)^2 - (\sum \ln ti)^2][N \sum Pi^2 - (\sum Pi)^2]}} \quad (13)$$

c) Ajuste Potencial

La expresión está dada por:

$$P = at^b \quad (14)$$

La solución de los coeficientes “a” y “b” se obtiene:

$$a = e^{\left[\frac{\sum \ln Pi - b \sum \ln ti}{N} \right]} \quad (15)$$

$$b = \frac{N \sum (\ln ti) (\ln Pi) - \sum \ln ti \sum \ln Pi}{N \sum (\ln ti)^2 - (\sum \ln ti)^2} \quad (16)$$

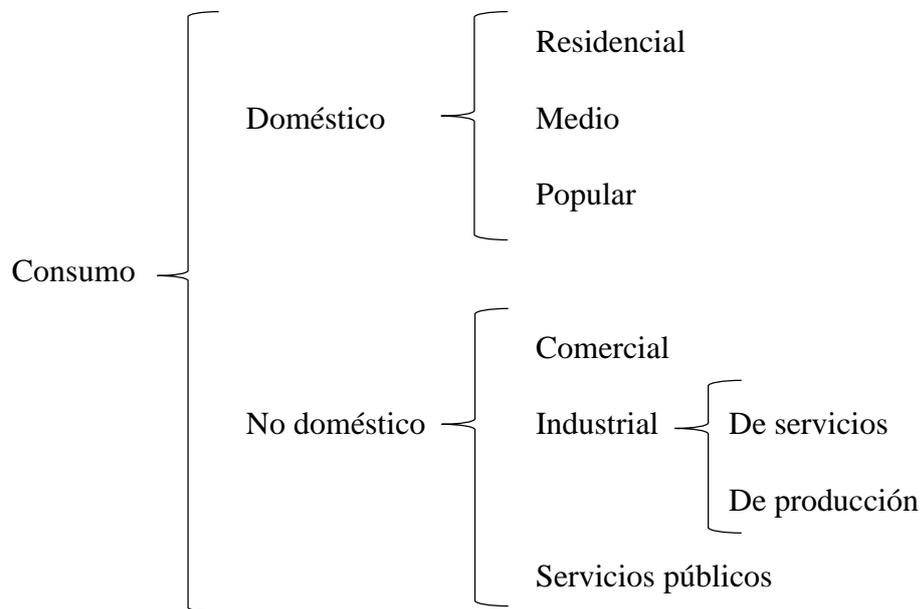
El coeficiente de correlación está dado por:

$$r = \frac{N \sum (\ln ti)(\ln Pi) - \sum \ln ti \sum Pi}{\sqrt{[N \sum (\ln ti)^2 - (\sum \ln ti)^2][N \sum (\ln Pi)^2 - (\sum \ln Pi)^2]}} \quad (17)$$

Agresty, A. (1986) señala que al obtener la tasa de crecimiento se puede comparar con la tasa de crecimiento histórica de la misma población o con el de otras ciudades cercanas y determinar cuál de las correlaciones es la que más se ajusta al crecimiento de la población.

2.3.6 Consumo de agua

CONAGUA (2007) señala que el consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, son considerar pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día. Se puede observar en el siguiente diagrama la clasificación de los tipos de usuarios según su consumo.



2.3.7 Dotación de agua

MVCS (2006) señala en su norma que la dotación promedio anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

El MVCS (2006) considera las siguientes dotaciones para cada caso:

- Se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/día en clima frío y de 220 l/hab/día en clima templado y cálido.
- Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m², las dotaciones serán de 120 l/hab/día en clima frío y de 150 l/hab/día en clima templado y cálido.
- Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 l/hab/día respectivamente.

Variaciones de consumo

MVCS (2006) señala que, en los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidos al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria (k1) = 1.3
- Máximo anual de la demanda horaria (k2) = 1.8 a 2.5

2.3.8 Caudal de diseño

Rodríguez, P. (2001) explica que los caudales de diseño para el estudio y elaboración de un proyecto de abastecimiento de agua potable son:

a) Caudal Medio Diario

Cantidad de agua requerida por un habitante en un día cualquiera del año de consumo promedio.

$$Q_{m.d} = \frac{P_f * D}{86400}, \text{ en L/s} \quad (18)$$

Donde:

Q_{m.d} = Caudal medio diario (L/s)

P_f = Población futura

D = Dotación en litros/habitantes - día

86400 = segundos que tiene un día

b) Caudal Máximo Diario

Al máximo consumo diario se le llama “caudal máximo diario” ($Q_{m\acute{a}x.d}$)

$$Q_{M.D} = Q_{m.d} * c.v.d \quad (19)$$

Donde:

$Q_{M.D}$ = Caudal máximo diario (L/s)

$Q_{m.d}$ = Caudal medio diario (L/s)

c.v.d. = coeficiente de variación diaria (k_1)

El caudal máximo diario se utiliza como base para calcular:

- Caudal de extracción diaria de la fuente de abastecimiento
- El diámetro económico de la línea de conducción
- La capacidad del tanque de regularización y/o almacenamiento
- La capacidad de la planta potabilizadora (si se requiere)
- La potencia del equipo de bombeo

c) Caudal Máximo Horario

Es el caudal que se toma como base para el cálculo del volumen requerido para la población en la hora de máximo consumo.

$$Q_{m\acute{a}x.h} = Q_{M.D} * C.V.H \quad (20)$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x.h}$ = Caudal máximo horario (L/s)

C.V.H = coeficiente de variación horaria (k_2)

El caudal máximo horario se usa en el diseño de:

- El diámetro de la línea de alimentación
- El diámetro de la red de distribución del sistema

2.3.9 Conducción

MVCS (2006) denomina obras de conducción a las estructuras y elementos que sirven para transportar el agua desde la captación hasta al reservorio o planta de tratamiento.

MVCS (2006) explica los distintos tipos de conducción:

Conducción por gravedad

1. Canales.

- a) Las características y material con que se construyan los canales serán determinados en función del caudal y la calidad del agua.
- b) La velocidad del flujo no debe producir depósitos ni erosiones y en ningún caso será menor de 0.60 m/s
- c) Los canales deberán ser diseñados y construidos teniendo en cuenta las condiciones de seguridad que garanticen su funcionamiento permanente y preserven la cantidad y calidad del agua.

2. Tuberías.

- a) Para el diseño de la construcción con tuberías se tendrá en cuenta las condiciones topográficas, las características del suelo y la climatología de la zona a fin de determinar el tipo y calidad de la tubería.
- b) La velocidad mínima no debe producir depósitos ni erosiones, en ningún caso será menor a 0.60 m/s

- c) La velocidad máxima admisible será:

En los tubos de concreto = 3 m/s

En tubos de asbesto-cemento, acero y PVC = 5 m/s

Para otros materiales deberá justificarse la velocidad máxima admisible.

- d) Para el cálculo hidráulico de las tuberías que trabajen como canal, se recomienda la fórmula de Manning, con los siguientes coeficientes de rugosidad:

Asbesto-cemento y PVC = 0.010

Hierro Fundido y concreto = 0.015

Para otros materiales deberá justificarse los coeficientes de rugosidad.

- e) Para el cálculo de las tuberías que trabajan con flujo a presión se utilizarán fórmulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Hazen y Williams, se utilizarán los coeficientes de fricción que se establecen en la tabla 1. Para el caso de tuberías no consideradas, se deberá justificar técnicamente el valor utilizado.

Tabla 1*Coefficientes de fricción “C” en la fórmula de Hazen y Williams*

TIPO DE TUBERIA	“C”
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno, Asbesto Cemento	140
Poli(cloruro de vinilo)(PVC)	150

Fuente: “Reglamento Nacional de Edificaciones” por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2015).

3. Accesorios

a) Válvulas de aire

En las líneas de conducción por gravedad y/o bombeo, se colocarán válvulas extractoras de aire cuando haya cambio de dirección en los tramos con pendiente positiva. En los tramos con pendiente uniforme se colocarán cada 2.0 km como máximo.

El dimensionamiento de las válvulas se determinará en función del caudal, presión y diámetro de la tubería.

b) Válvulas de purga

Se colocarán válvulas de purga en los puntos bajos, teniendo en consideración la calidad del agua a conducirse y la modalidad de funcionamiento de la línea. Las válvulas de purga se dimensionarán de acuerdo con la velocidad de drenaje, siendo recomendable que el diámetro de la válvula sea menor que el diámetro de la tubería.

c) Estas válvulas deberán ser instaladas en cámaras adecuadas, seguras y con elementos que permitan su fácil operación y mantenimiento.

Conducción por bombeo

Para el cálculo de las líneas de conducción por bombeo, se recomienda el uso de la fórmula de Hazen y Williams. El dimensionamiento se hará de acuerdo con el estudio del diámetro económico.

Consideraciones especiales

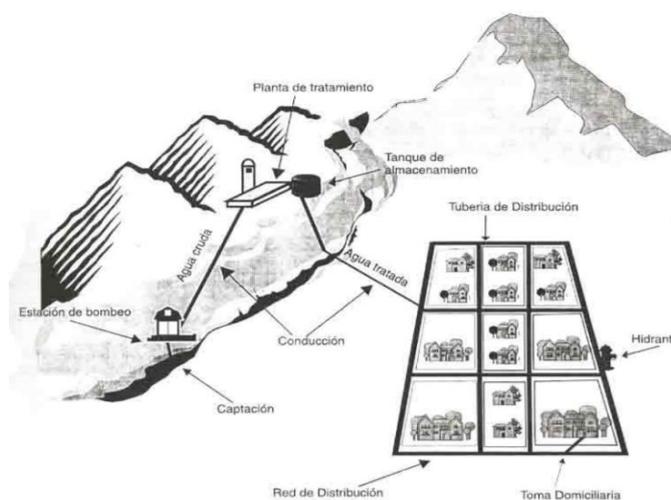
- a) En el caso de suelos agresivos o condiciones severas de clima, deberá considerarse tuberías de material adecuado y debidamente protegido.
- b) Los cruces con carreteras, vías férreas y obras de arte deberán diseñarse en coordinación con el organismo competente.
- c) Deberá diseñarse anclajes de concreto simple, concreto armado o de otro tipo en todo accesorio, o válvula, considerando el diámetro, la presión de prueba y condición de instalación de la tubería.
- d) En el diseño de toda la línea de conducción se deberá tener en cuenta el golpe de ariete.

2.3.10 Red de distribución

Cesar, E. (1990) define a la red de distribución como el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen agua desde tanques de servicio o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para el consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguidor contra incendios. En la figura 6 se puede observar un sistema combinado, que incluye el sistema por bombeo hacia la Planta de tratamiento y el sistema de gravedad que distribuye el agua hacia la red de distribución.

Figura 6

Sistema combinando: bombeo y gravedad



Fuente: "Operación y Mantenimiento de redes de acueducto y alcantarillado", por Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, (1999).

Componentes de una Red de distribución

César, E. (1990) menciona las componentes de una red de distribución de agua, las cuales son:

- a) Tuberías: es el conjunto formado por tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble.
- b) Piezas especiales: son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales entre conductos.
- c) Válvulas: son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías.
- d) Hidrantes: se le llama de esta manera a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinados a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).
- e) Tanques de distribución: es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objetivo almacenar el agua proveniente de la fuente.
- f) Tomas o conexiones domiciliarias: es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor.
- g) Rebombes: consisten en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de una red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en las tuberías.
- h) Cajas rompedoras de presión: son depósitos con superficie libre de agua y volumen relativamente pequeño, cuya función es permitir que el flujo de la tubería se descargue en esta, eliminando de esta forma la presión hidrostática y estableciendo un nuevo nivel estático de aguas abajo.

Tipos de Redes

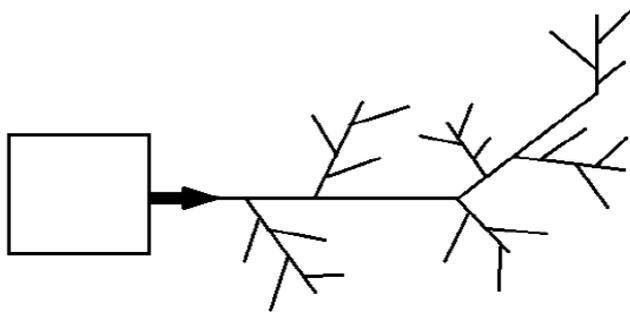
Según CONAGUA (2007), clasifica los tipos de redes de agua como:

a) Redes ramificadas o abiertas

La red abierta se compone de tuberías que se ramifican sin formar circuitos (forma de árbol). Esta configuración de red se utiliza cuando la planimetría y la topografía son irregulares dificultando la formación de circuitos o cuando el poblado es pequeño o muy disperso. En la figura 7 se observa una representación de una red ramificada o abierta.

Figura 7

Red ramificada o abierta



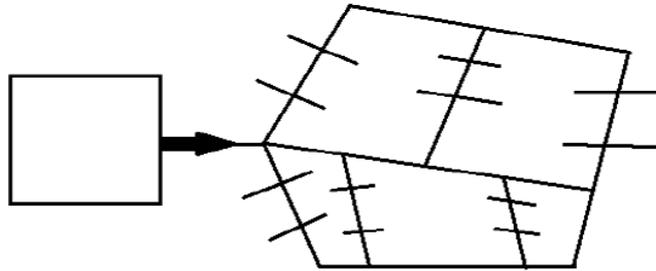
Fuente: “Criterios para el diseño de sectores en redes de agua potable”, por Mónica Villa Rosas (2016)

b) Redes malladas o cerradas

Una red cerrada (o tiene forma de malla) es un conjunto de tuberías que forman al menos un circuito. La ventaja de diseñar redes cerradas es que, en caso de falla, el agua puede tomar trayectorias alternas para abastecer una zona de la red. En la figura 8 se observa una representación de una red mallada o cerrada.

Figura 8

Red mallada o cerrada



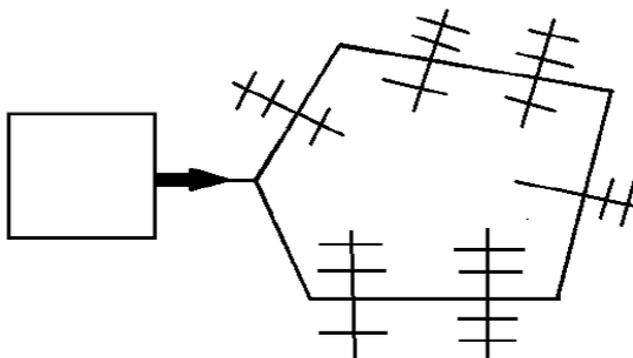
Fuente: “Criterios para el diseño de sectores en redes de agua potable”, por Mónica Villa Rosas (2016)

c) Redes combinadas

En algunos casos es necesario emplear ramificaciones en redes cerradas, es decir, se presentan ambas configuraciones y se le llama red combinada. En la figura 9 se observa una representación de una red combinada, que incluye la red ramificada y la red mallada.

Figura 9

Red combinada



Fuente: “Criterios para el diseño de sectores en redes de agua potable”, por Mónica Villa Rosas (2016)

Tipos de tuberías

Estrada, N. (2017) menciona y explica la clasificación de las tuberías:

1. Tuberías Metálicas

a) Tuberías de hierro fundido

Se utiliza generalmente en el servicio de agua y desagüe, sobre todo cuando la tubería debe estar en contacto con la tierra.

b) Tuberías de hierro dúctil

El hierro dúctil es un material mucho más fuerte, más resistente, superior al hierro fundido en resistencia, en ductilidad y en características de impacto.

c) Tuberías de acero

Su uso común es en el transporte de agua, vapores, aceites, combustibles y gases. Se utiliza para altas temperaturas y presiones.

d) Tuberías de cobre

Es un material ligero, fácil de manipular y suelda con facilidad. Además, sirve para las conducciones de agua fría y agua caliente.

e) Tuberías de bronce

Son apropiadas para el suministro de agua. Se debe unir con accesorios de cobre para evitar corrosión galvánica.

2. Tuberías No Metálicas

a) Tuberías cerámicas

Poseen una buena resistencia a la abrasión. Son lisas, con bajos coeficientes de fricción, impermeables y poco atacables por ácidos.

b) Tuberías de hormigón y hormigón armado

Las tuberías de hormigón se fabrican en moldes metálicos, empleando hormigones ricos en dosificación de cemento. Los tubos pueden ser de hormigón simple o de hormigón armado.

c) Tuberías de poliéster

Se fabrican con resinas de poliéster, refuerzos de fibra de vidrio y cargas inertes con secciones de 400 a 1500 mm. Tienen una gran capacidad hidráulica y son muy flexibles.

d) Tuberías de PVC

Son de poco peso, inertes a la corrosión por agua y suelos agresivos. La superficie interior de los tubos se considera “hidráulicamente lisa”.

e) Tuberías de polietileno (PE) y de polipropileno (PP)

El polietileno puede ser de baja densidad ($< 0.93 \text{ g/cm}^3$) o de alta densidad ($> 0.94 \text{ g/cm}^3$). Se utiliza en lanzamientos submarinos ya que resisten el ataque de microorganismos que pueden producir perforaciones en la tubería.

f) Tuberías de HDPE

Están diseñadas para conducir fluidos a presión. Fabricadas desde 32mm hasta 2,000mm de diámetro.

Tipos de válvulas

Kingler Perú (2018) describe y expone a continuación los distintos tipos de válvulas:

a) Compuerta

Se utilizan principalmente para dejar pasar o no un fluido (ON-OFF) y no están diseñadas para regularlo lo que indica que deben estar completamente abiertas o cerradas para que sus interiores no sean desgastados prematuramente por el fluido y su presión y así evitar que tenga fugas. En la figura 10 se observa una válvula de compuerta.

Figura 10

Válvula de compuerta



Fuente: Kingler Perú (2018)

b) Globo

Permiten aplicarlas en regulación de fluidos. En esta clase de válvulas el fluido no corre de manera directa y en una sola dirección como lo hacen en otras válvulas, sino que el fluido entra y sube dentro del cuerpo de la válvula para terminar saliendo. En la figura 11 se observa una válvula tipo globo.

Figura 11

Válvula tipo globo



Fuente: Kingler Perú (2018)

c) Retención

Las válvulas de retención o antirretorno, tienen por objetivo cerrar por completo el paso de un fluido en circulación en un sentido y dejar paso libre en el contrario. En la figura 12 se observa una válvula de retención o antirretorno.

Figura 12

Válvula de retención o antirretorno



Fuente: Kingler Perú (2018)

d) Bola

Las válvulas de bola o esfera son un tipo de válvula muy versátil en el manejo de fluidos. Su cierre rápido de $\frac{1}{4}$ de vuelta, normalmente con una palanca, permite que su operación sea muy sencilla para quien la opera. En la figura 13 se observa una válvula de bola o esfera.

Figura 13

Válvula de bola o esfera



Fuente: Kingler Perú (2018)

e) Mariposa

Las válvulas de mariposa usualmente sirven para aplicaciones de baja presión. Se pueden usar para abrir o cerrar el paso a un fluido o para regularlo, aunque no es completamente recomendable. Se caracterizan por su operación rápida ya que abren y cierran a $\frac{1}{4}$ de vuelta. En la figura 14 se observa una válvula de mariposa.

Figura 14

Válvula de mariposa



Fuente: Kingler Perú (2018)

2.3.11 Eficiencia hidráulica

CONAGUA (2012) define la eficiencia hidráulica como la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento urbano, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema. No hay un indicador específico para determinar el valor de la eficiencia hidráulica; sin embargo, la manera más práctica de valorarla es a través de algunos parámetros sobre la disponibilidad espacial y temporal del agua a los usuarios. Algunos de estos parámetros son:

- Consumo unitario de los usuarios (l/hab/día)
- Dotación (l/hab/día)
- Continuidad del servicio de agua (horas/agua)
- Déficit entre el caudal de agua disponible en la red
- El caudal de agua requerido por los usuarios (+ o -, %)
- Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm²)

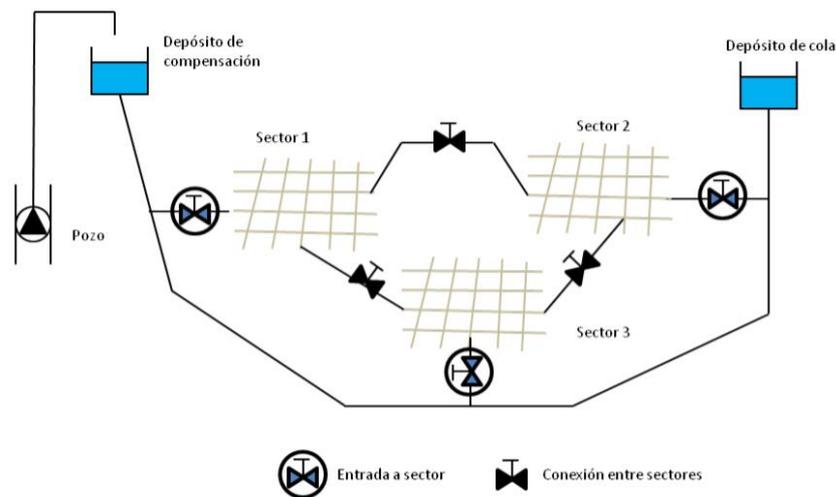
2.3.12 Sectorización

CONAGUA (2006) señala que el término sectorización es conocido como la formación de zonas de suministro autónomas, mas no independientes, dentro de una red de distribución; en otras palabras, es la división o partición de la red en muchas pequeñas redes, con el fin de facilitar su operación. De este modo, es mucho más sencillo controlar los caudales de entrada en cada sector, las presiones internas de la tubería, la demanda y el consumo, así como las pérdidas de agua, tanto en fugas como en usos no autorizados.

En la figura 15 se observa un esquema de una red sectorizada mostrando el funcionamiento de la sectorización.

Figura 15

Inyección desde depósito con sectorización de red



Fuente: “Herramientas de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios”, por Oscar Vegas N. (2012)

Ecuaciones fundamentales para la sectorización

Vega, O. (2012) menciona y explica las ecuaciones fundamentales para la sectorización a continuación:

a) Ecuación de la Energía. Ecuación de Euler

Para un fluido incompresible como es el agua, la energía específica puede expresarse de la siguiente forma:

$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad (21)$$

Donde:

z : Altura geométrica del elemento fluido

$\frac{p}{\gamma}$: Altura de la presión del fluido

$\frac{v^2}{2g}$: Altura cinética

γ : Peso específico del fluido (agua = 9810 N/m³)

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Dicha energía específica se representa como energía por unidad de peso en metros de columna de fluido que se está analizando. En una conducción entre dos puntos, la ecuación de Euler se establece como:

$$E_1 + H_b = E_2 + h_{1-2} \quad (22)$$

b) Las pérdidas de carga en las conducciones

A medida que un fluido fluye con un conducto, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

Pérdidas de carga continuas

La pérdida de carga debida a la fricción por el paso del agua en una conducción puede calcularse utilizando tres fórmulas diferentes: Hazen-Williams, Darcy-Weishbach y Chezi-Manning. Todas las fórmulas emplean la misma ecuación básica para calcular la pérdida de carga entre el nudo de entrada y el de salida:

$$h_l = A * q^B \quad (23)$$

Donde:

h_f : Pérdida de energía por fricción (ft, m)

A : Coeficiente de resistencia

q : Caudal (unidad volumen/tiempo)

B : Exponente del caudal

En la figura 16 se lista las expresiones de coeficientes de resistencia y valor del exponente del caudal para cada una de las fórmulas de pérdida indicada.

Figura 16

Fórmulas de pérdidas de carga soportadas por EPANET

Fórmula	Coeficiente de Resistencia (A)		Exponente (B)
Hazen Williams	SI	$10,674 \cdot C^{-1,852} \cdot d^{-4,871} \cdot L$	1,852
	US	$4,727 \cdot C^{-1,852} \cdot d^{-4,871} \cdot L$	
Darcy Weisbach	SI	$0,0827 \cdot f(e, d, q) \cdot d^{-5} \cdot L$	2
	US	$0,0252 \cdot f(e, d, q) \cdot d^{-5} \cdot L$	
Chezy Manning	SI	$10,294 \cdot n^2 \cdot d^{-5,33} \cdot L$	2
	US	$4,66 \cdot n^2 \cdot d^{-5,33} \cdot L$	
Donde:	<p>C: Coeficiente de Hazen-Williams e: Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (mf,m) f: Factor de fricción (en función de e, d, q) n: Coeficiente rugosidad de Manning d: Diámetro de la tubería (ft, m) L: Longitud de la tubería (ft, m) q: Caudal (ft^3/s, m^3/s)</p>		

Fuente: Vegas, O. (2012)

El número de Reynolds se expresa matemáticamente como la relación entre la velocidad del fluido, el diámetro y la viscosidad cinemática $(1.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})$ para agua a 20°C)

$$Re = \frac{v \cdot D}{\vartheta} \quad (24)$$

Donde:

D : diámetro de la tubería (ft, m)

v : velocidad del fluido (ft/s, m/s)

ϑ : Viscosidad Cinemática (ft^2/s , m^2/s)

Los rangos del Número de Reynolds que definen los tres regímenes de flujo son listados en la tabla 2.

Tabla 2

Valores para el Número de Reynolds según tipo de régimen de flujo

Régimen de flujo	Número de Reynolds (Re)
Laminar	< 2000
Transición	2000 – 4000
Turbulento	> 4000

Fuente: Elaboración propia

Ecuación de Poiseuille. Fue el primero en determinar el factor de fricción de Darcy-Weishbach en flujo laminar. Es válida para tubos lisos o rugosos.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (25)$$

Ecuación de Colebrook-White. Se despeja f mediante cálculo iterativo de punto fijo.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7*d} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right) \right]^2} \quad (26)$$

Ecuación de Swamme-Jain. La siguiente ecuación permite calcular de forma directa sin recurrir a iteraciones.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7*d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right) \right]^2} \quad (27)$$

Pérdidas menores o localizadas

Estas pérdidas pueden interpretarse como debidas al incremento de la turbulencia que se produce en los cambios de dirección, codos, accesorios, etc. El valor de la pérdida será producto de dicho coeficiente por la altura dinámica en la tubería, esto es:

$$hl = k * \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad (28)$$

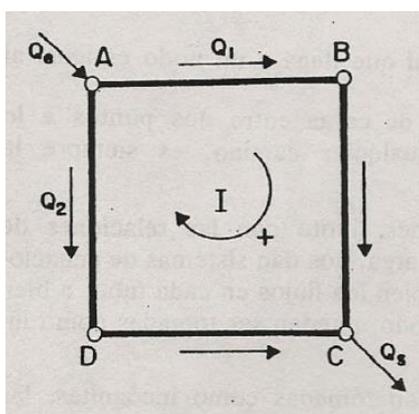
donde k es el coeficiente de pérdidas menores.

Método de Hardy-Cross

Arocha, S. (1977) define el método de Hardy-Cross como un método de aproximaciones sucesivas por el cual sistemáticas correcciones se aplican flujos originalmente asumidos hasta que la red esté balanceada. En la figura 17 se muestra un caso sencillo de una red para desarrollar la explicación del método de Hardy-Cross.

Figura 17

Red constituida por una sola malla



Fuente: “Abastecimientos de agua”, por Simón Arocha R. (1977)

Siendo Q_e el caudal que ingresa a la malla, que se bifurca en el nodo A en los caudales Q_1 y Q_2 que serán los caudales correspondientes a los tramos AB y AD respectivamente. Siendo estos caudales asumidos, existirá posibilidad de error; por tanto, deberán ser verificados mediante las expresiones de pérdida de carga ($J = \alpha * L * Q^n$) y comprobar el cumplimiento de las condiciones de debe satisfacer toda red mallada, es decir, $\sum Q = 0$ en cada nodo, y pérdidas de carga idénticas entre dos puntos.

En el caso de la figura 17, desde el nodo A hasta el nodo C, la pérdida de carga puede ser calculada como:

$$J_1 = \alpha_1 * (AB + BC) * Q_1^n = \alpha_1 * L_1 * Q_1^n \quad (29)$$

$$J_2 = \alpha_2 * (AD + DC) * Q_2^n = \alpha_2 * L_2 * Q_2^n \quad (30)$$

Si Q_1 y Q_2 han sido elegidos de modo que el sistema está balanceado $J_1 = J_2$, el problema estará resuelto. Si, por el caso contrario, $J_1 - J_2 \neq 0$, los valores iniciales

asumidos para Q_1 y Q_2 son incorrectos y se debe hacer las correcciones sucesivas.

Asumiendo la magnitud del error como q , este estará en exceso en un sentido de la corriente y en defecto en el otro sentido. Por lo tanto:

$$Q_1 = (Q_1 + q) \quad (31)$$

$$Q_2 = (Q_2 - q) \quad (32)$$

Para considerar balanceada la red, deberá cumplirse que $J_1' - J_2' = 0$. Reemplazando valores en esta expresión y reduciéndola resulta:

$$q = -\frac{J_1 - J_2}{n\left(\frac{J_1}{Q_1} + \frac{J_2}{Q_2}\right)} \quad (33)$$

Generalizando:

$$q = -\frac{\sum J}{n \sum J/Q} \quad (34)$$

Esta expresión por razones prácticas puede también escribirse:

$$q = -\frac{\sum J}{n \sum r Q^{n-1}} \quad (35)$$

donde: $r = \alpha * L$.

Para $n = 1.85$, la corrección tendrá el valor:

$$q = -\frac{\sum J}{1.85 \sum r Q^{0.85}} \quad (36)$$

Etapas de la sectorización

Según CONAGUA (2006), las etapas que deben seguirse durante la sectorización son:

- 1) Catastro del sistema de distribución de agua potable.
- 2) Anteproyecto del sistema, definiendo puntos de alimentación y posibles interconexiones controladas para protección de eventualidades.
- 3) Diseño e implementación de un sector piloto, incluyendo las válvulas de seccionamiento necesarias, los mecanismos para el control de las presiones,

la medición de gastos de alimentación, así como la variación diaria de la demanda, ya sea que ésta sea supuesta o inferida por algunas mediciones.

- 4) Calibración de un modelo de simulación hidráulica sobre la base de las mediciones citadas en el punto anterior.
- 5) Ajustar el proyecto piloto a partir de la modelación, controlando las presiones, midiendo los gastos, y evaluando la relación entre presión y fugas.
- 6) Ampliación de la experiencia piloto a dos o tres sectores más.
- 7) Con los resultados obtenidos, puede evaluarse el proyecto integral de sectorización, con una muy buena aproximación sobre los costos y los beneficios que pueden esperarse.

2.3.13 Eficiencia de una red de distribución sectorizada

Gómez – Martínez, P. (2017) señala que para determinar la eficiencia de un sector se analiza el comportamiento de cada uno de ellos con base a los tres principales aspectos que aseguran la calidad y eficiencia en la prestación del servicio que percibe el usuario final: continuidad del servicio, calidad del agua suministrada y régimen adecuado de presiones.

El procedimiento planteado según Gómez-Martínez, P. (2017), comprende cuatro etapas:

a) Cálculo de los indicadores adecuados

Para poder valorar cuantitativamente el comportamiento de un sector y cuantificar su eficiencia resulta necesario disponer de una serie de indicadores que reflejen el grado de vulnerabilidad frente al incumplimiento del nivel de servicio preestablecido.

De esta forma, se plantean los siguientes indicadores basados en modelos hidráulicos de la red para cada uno de los objetivos.

Continuidad del servicio

Se analiza mediante dos indicadores que consideran los riesgos internos asociadas con las características del propio sector y los que existen hasta el punto de entrada.

(I-1) Riesgo interno

El indicador se obtiene como el promedio del riesgo de discontinuidad de cada una de las tuberías de distribución del sector analizado. Siendo I el indicador de riesgo de discontinuidad interno; Pa_i la probabilidad de fallo

de cada tubería de distribución i ; Ia_i , el impacto asociado con la rotura de la tubería de distribución, y n el número de tuberías del sector.

$$I1 = \frac{\sum_{i=1}^n (Pai * Iai)}{n} \quad (37)$$

(I-2) Riesgo externo

El indicador se calcula como el promedio del riesgo de discontinuidad de cada una de las tuberías de la red estratégica que abastece el sector. Siendo $I2$ el indicador de riesgo de discontinuidad interno; Pb_i la probabilidad de fallo en cada tubería estratégica; Ib_i , el impacto asociado con la rotura de la tubería, y s el número de tuberías de la red estratégica hasta el sector.

$$I2 = \frac{\sum_{i=1}^s (Pbi * Ibi)}{s} \quad (38)$$

Calidad del agua

Para evaluar la calidad del agua suministrada se plantean los siguientes indicadores:

(I-3) Porcentaje de testeros

Al compartimentar las redes se instalan válvulas cerradas para crear fronteras que generan tramos de red con una única salida, es decir, tuberías que son fondos de saco, denominados “testeros”.

Se plantea un indicador del porcentaje de red que se considera formada por testeros respecto de la longitud total de la red del sector. Siendo $I3$ el indicador de testeros; t_j , la longitud de cada uno de los testeros; l_i , la longitud de cada una de las tuberías del sector; m , el número de testeros dentro del sector, y n el número de tuberías.

$$I3 = \frac{\sum_{j=1}^m t_j}{\sum_{i=1}^n l_i} \quad (39)$$

(I-4) Tiempo medio de estancia en el sector

Se entiende como tiempo de estancia el tiempo transcurrido desde el punto de entrada del agua en la cabecera del sector y el punto del consumo. Se calcula el valor medio para cada sector con base en su modelo hidráulico para un escenario de caudal medio. Siendo $I4$ el indicador de tiempo de estancia del sector; rt_j , el tiempo de estancia por propiedad individual hasta cada punto de consumo; s , el número total de propiedades, y m el número de puntos de consumo.

$$I4 = \frac{\sum_{j=1}^m rt_j}{s} \quad (40)$$

Presión

(I-5) Porcentaje de horas por propiedad que se tiene una presión inferior al umbral mínimo

Siendo $h_{min,i}$ el número de horas en las que la propiedad i tiene una presión inferior al umbral mínimo; m , el número total de propiedades, y h_T el número total de horas de simulación.

$$I5 = \frac{\sum_{i=1}^m h_{min,i}}{m \cdot h_T} \quad (41)$$

(I-6) Porcentaje de horas por propiedad en las que se tiene una presión superior al umbral máximo.

Siendo $h_{max,i}$ el número de horas en las que la propiedad i tiene presión superior al umbral máximo; m , el número total de propiedades, y h_T el número total de horas de simulación.

$$I6 = \frac{\sum_{i=1}^m h_{max,i}}{m \cdot h_T} \quad (42)$$

b) Normalización de cada indicador

Para seleccionar el método de normalización se tiene en cuenta que para garantizar las condiciones de servicio preestablecidas se deben cubrir de modo satisfactorio los tres parámetros (continuidad, calidad y presión)

simultáneamente. De igual forma, se tiene en cuenta que los indicadores planteados evalúan la vulnerabilidad del incumplimiento del servicio, por lo que el valor medio registrado es una referencia. El objetivo es la minimización de la vulnerabilidad. Por este motivo se descartan aquellos métodos de normalización basados en distribuciones normales que asignan valor 0 a los valores próximos a la media, así para evitar sobreponderar aquellas soluciones en las que el único indicador tiene un comportamiento muy bueno frente al resto.

c) Combinación de los indicadores

Se plantea una función multicriterio para cada uno de los objetivos obtenida como suma ponderada de los diferentes indicadores:

$$\text{Vulnerabilidad total} = \begin{cases} C = c_1 * I1 + c_2 * I2 \\ Q = q_1 * I3 + q_2 * I4 \\ P = p_1 * I5 + p_2 * I6 \end{cases}$$

Donde C es la coordenada que cuantifica la continuidad del sector; c_1 y c_2 , los pesos de la función de continuidad para cada uno de los indicadores ($I1$, $I2$); Q y P, de forma análoga, son las coordenadas de calidad y presión con sus respectivos pesos (q_1 , q_2 , p_1 y p_2) para los indicadores ($I3$, $I4$, $I5$ e $I6$).

El resultado es por tanto un vector de tres coordenadas para cada sector analizado.

d) Comparativa entre soluciones introduciendo los costes asociados con cada opción.

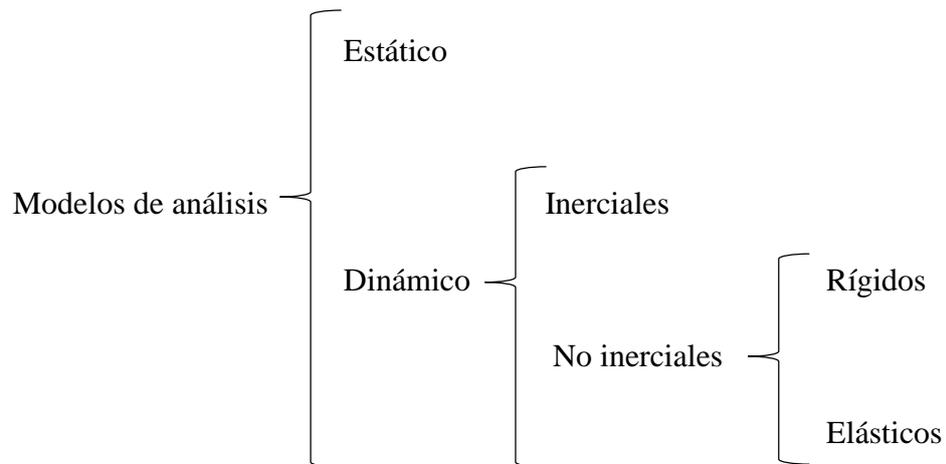
Entendiendo la eficiencia como la minimización de la vulnerabilidad de incumplir el nivel de servicio, unida a la minimización del coste de implantación y operación asociado, resulta preciso completar el análisis ya descrito con un estudio de costes específico para las opciones de cada sector. El análisis de eficiencia se plantea en dos pasos. Primero se combinan los tres objetivos, a fin de tener un único indicador de vulnerabilidad global del sector. En segundo paso se evaluará la eficiencia de las alternativas, valorando coste y nivel de vulnerabilidad de manera conjunta.

2.3.14 Equipo de bombeo

Irrigation Systems, Co. (2020) señala que la función de un equipo de bombeo es aportar energía a un fluido, con ello se consigue darle movimiento y presión de trabajo, por lo que además de utilizarse en los sistemas de riego, se utiliza en todos los campos de trabajo donde el movimiento de fluidos es necesario.

2.3.15 Modelos de análisis de redes de abastecimiento

El siguiente diagrama muestra los tipos de modelos de análisis de redes de abastecimiento, los cuales pueden ser estático o dinámico.



Vega, O. (2012) explica los tipos de modelos de análisis estático y dinámico de la siguiente manera:

1. Modelos de análisis estático

Llamados también modelos de régimen permanente. Son modelos que recogen el estado de un sistema en un determinado instante en el que los parámetros y variables son fijos (consumos, niveles, etc.), sin tener en cuenta las posibles variaciones que puedan sufrir.

2. Modelos de análisis dinámico

También llamados modelos de régimen transitorio. En estos modelos interviene la variación temporal de los parámetros del sistema que induce también la variación temporal de las variables de la red. Estos modelos se clasifican a su vez en modelos inerciales y no inerciales

Modelos inerciales

Se considera la inercia del fluido en movimiento. Se utilizan cuando existen cambios bruscos en la velocidad del sistema derivados de maniobras rápidas en los elementos de regulación, arranque y parada de los grupos de bombeo, roturas en conducciones principales, etc.

Dentro de estos modelos existen otra clasificación según la elasticidad del fluido como de las paredes del conducto: modelos inerciales rígidos y elásticos.

En Modelo Inercial Rígido no toma en cuenta la elasticidad del fluido y de la conducción. Estos modelos obtienen resultados bastante precisos cuando las variaciones del caudal y las maniobras en el sistema se realizan de manera lenta.

El Modelo Inercial Elástico si tiene en cuenta la elasticidad del fluido y la conducción. Son también llamados golpe de ariete o modelos de parámetros distribuidos. Se aplican en maniobras bruscas del sistema analizado. Estos modelos llevan más términos que los modelos de análisis estático a la hora de plantear el sistema de ecuaciones característico de cada uno de ellos.

Modelos no inerciales

Son llamados modelos cuasi-estáticos o modelos en periodo extendido donde se desprecia la inercia del fluido en el sistema y cuyo modelo de análisis para cada instante de tiempo es un modelo estático, donde la variación entre un instante y el siguiente proviene de la actualización de parámetros tales como niveles en los depósitos, demandas en los nudos, etc., entre un instante de cálculo y el siguiente.

2.3.16 Análisis por computadora para la sectorización de redes

CONAGUA (2007) señala que el análisis de redes por computadora es el proceso de emplear un modelo matemático contenido en un programa de computadora para simular el funcionamiento hidráulico de un sistema de distribución de agua potable, así como para definir las características del sistema para cumplir con criterios preestablecidos de diseño en lo referente a gastos y presiones disponibles.

El modelo de computadora o “programa de redes”, está compuesto de dos partes: un archivo de datos de la red que define el sistema en términos de tuberías, nudos y parámetros operacionales de tanques, estaciones de bombeo y válvulas; y un programa que resuelve una serie de ecuaciones hidráulicas de presión y gasto basadas en leyes físicas.

EPANET

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizado en múltiples intervalos de tiempo (EPANET, 2017).

WaterGEMS

WaterGEMS (2017) define al software como una aplicación de modelo hidráulico para sistemas de distribución de agua con interoperabilidad avanzada, modelamiento geoespacial, optimización y gestión de activos. WaterGEMS proporciona un entorno fácil de usar para que los ingenieros analicen, diseñen y optimicen sistemas de distribución de agua.

2.4 Definición de términos básicos

Dotación de agua:

Es la cantidad de agua que requiere cada habitante de una población e incluye el consumo de servicios que utiliza por día.

Demanda:

Es la cantidad de agua que se requerirá para abastecer a una población.

Fuente de agua:

Es el lugar de donde se obtendrá el agua que servirá para abastecer a una población, siendo en algunos casos necesario la implantación de una planta de tratamiento para mejorar la calidad de esta.

Sectorización:

Es el conjunto de procedimientos por el cual se divide la red de abastecimiento en sectores mucho más pequeños con el fin de controlar las presiones de agua, velocidades del flujo y calidad del agua en cada sector sin afectar a los demás.

Presión:

Es el cociente entre la componente normal de una fuerza aplicada sobre una superficie.

Sistema de suministro de agua a presión:

Es el sistema de distribución de agua en la que se impulsa hacia arriba por medio de un conducto vertical hasta otro punto más elevado del sistema mediante la aplicación de presión.

Columna de agua:

Es una unidad de medida de presión. Es representada por la presión en el fondo de un volumen de un metro de profundidad (metro de columna de agua).

Reservorio:

También llamado tanque de almacenamiento. Es una infraestructura con la finalidad de almacenar cierta cantidad de agua para poder abastecer de agua a una población. También mantiene las presiones adecuadas en la red de distribución.

Red de distribución:

Es el conjunto de tuberías y accesorios que permiten llevar el agua potable a las viviendas de la ciudad.

WaterGEMS:

Es un software especializado en el modelamiento numérico de sistemas de distribución de agua potable.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general

Una adecuada distribución de los parámetros hidráulicos estructurales en la red de agua potable de los distritos de Castilla y Piura mediante la modelación numérica permite una óptima sectorización de la red de agua potable y a su vez una mejora de la eficiencia del sistema.

3.2 Hipótesis específicas

- La topografía de los distritos de Castilla y Piura es plana y predomina tipo de suelo arenoso.
- La fuente de abastecimiento es el canal Daniel Escobar y la demanda es de 6,481,280 m³/mes.
- El análisis de la modelación numérica del sistema de agua potable logra identificar la sectorización de la red más eficiente.
- La red hidráulica y obras estructurales más eficientes son las que logran satisfacer durante 24 horas los parámetros e indicadores hidráulicos dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE ESTUDIO

4.1 Tipo y método de la investigación

Según Hernández, R. (2016) define a una investigación no experimental cuantitativa como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos.

La investigación es de tipo aplicada, no experimental. Con la presente investigación se busca comprobar la mejora de la eficiencia del sistema de agua potable con una nueva propuesta de la red hidráulica.

El método de investigación es de enfoque cuantitativo con alcance explicativo. Esto debido a que con la recopilación de datos de la población se podrán desarrollar los cálculos de la población futura y la demanda.

4.2 Población de estudio

Según Selltiz, C. (1980) define a una población como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

El sistema de abastecimiento de agua potable de los distritos de Castilla y Piura se consideró como la población de estudio.

4.3 Diseño muestral

Según Hernández, R. (2016) define a la muestra como un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

El diseño muestral coincide con la población de la investigación, siendo el sistema de abastecimiento de agua potable de los distritos de Castilla y Piura.

4.4 Relación entre variables

Según Hernández, R. (2016) una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse.

La variable independiente es la sectorización de la red de agua potable.

La variable dependiente es la eficiencia de la red de agua potable.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección

Se realizó la documentación de fuentes de información como los datos censales de la INEI para conocer la población de Piura, la Norma Técnica de Edificación y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Además de la utilización de programas como el Excel, para realizar los cálculos hidráulicos y de población; AutoCAD, para poder caracterizar la topografía; WaterGEMS, para realizar la modelación hidráulica del sistema; y finalmente SPSS Statistics, para realizar el análisis estadístico de las presiones obtenidas y escoger la mejor alternativa de sectorización.

4.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para caracterizar la topografía se ha desarrollado un levantamiento topográfico en los distritos de Castilla y Piura. Con las coordenadas obtenidas en el levantamiento topográfico se procede a importar los puntos al AutoCAD Civil 3D para tener una representación gráfica del terreno con las curvas de nivel definidas y poder realizar el trazo de la red de agua sobre el plano.

Para caracterizar la geología se ha realizado un estudio de suelos con la finalidad de conocer los tipos de suelo que existen en la zona de estudio.

La fuente de abastecimiento se conoce con los estudios hidrogeológicos. Se sabe que en la ciudad de Piura existen pozos, un río que atraviesa la ciudad de Piura y el canal Daniel Escobar ubicado en el norte de la ciudad de Piura.

Para definir la demanda de agua potable se debe conocer la población a abastecer y los caudales de diseño.

Para realizar el modelamiento numérico de nuestra red se debe aplicar la topografía de la zona, las cotas de todos los puntos, las demandas, etc. para poder introducirlos en el software WaterGEMS. Con el modelamiento numérico obtendremos datos de las velocidades en las tuberías, presiones en cada punto, entre otros datos necesarios para calcular la eficiencia sectorización de la red de abastecimiento de agua potable.

Para la elección de la mejor alternativa de sectorización de la red de agua potable se realizó el análisis de la serie de datos en el software SPSS Statistics versión 25.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Caracterización de la zona y la población de estudio

5.1.1 Ubicación

El proyecto de investigación se localiza en los distritos de Castilla y Piura, pertenecientes a la provincia de Piura, departamento de Piura, Perú.

El departamento y provincia de Piura, se localiza en la costa norte de la República del Perú, entre las coordenadas E 536 000 - E 545 000 y N 9 420 000 - N 9 444 000 y se muestra en la tabla 3 las coordenadas y elevaciones de los puntos del polígono de la ciudad de Piura.

Tabla 3

Coordenadas y elevaciones de los puntos del polígono de la ciudad de Piura

Ítem	Puntos	UTM este X	UTM norte Y	Elevación
1	Punto 1	542940.213	9421335.377	27.00
2	Punto 2	548400.213	9425840.364	45.50
3	Punto 3	546956.134	9431455.798	56.00
4	Punto 4	540935.419	9441489.277	64.00
5	Punto 5	534189.404	9437473.188	56.00
6	Punto 6	532234.842	9427753.386	29.50
7	Punto 7	537620.848	9421137.601	28.50

Fuente: Consorcio Pro Agua Norte Consultores (2015)

Los límites del departamento de Piura son: al este con la República del Ecuador y Cajamarca, al oeste con el océano Pacífico, al norte con Tumbes y Ecuador, y al sur con Lambayeque, cuyas coordenadas geográficas son: latitud sur 4° 04' 50" y 6° 22' 10", y longitud oeste 79°13'15" y 81° 19' 35".

El distrito de Piura limita:

- Al norte con la provincia de Sullana y el distrito de Tambo Grande.
- Al oeste con la provincia de Sullana.
- Al este con el río Piura.
- Al sur con el distrito de Catacaos.

Mientras que el distrito de Castilla limita:

- Al norte con el distrito de Tambo Grande.
- Al sur con el distrito de Catacaos.
- Al oeste con el río Piura.
- Al este con las Haciendas Angostura, Malingas, Nomala y Hupalas.

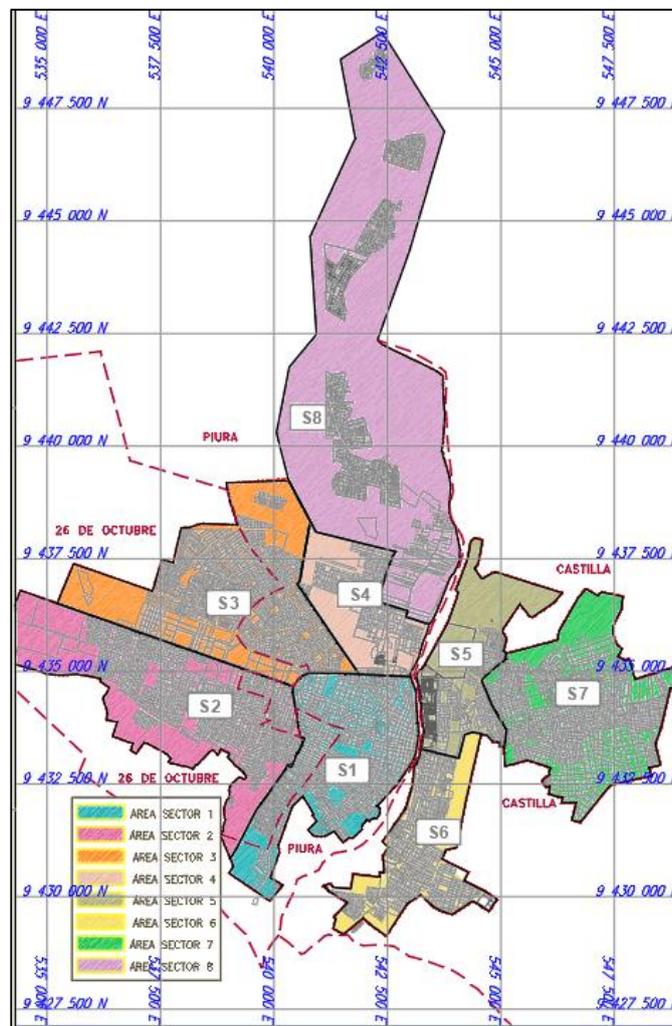
En el sistema actual existen siete sectores de abastecimiento de agua correspondiendo cuatro sectores en Piura y tres en Castilla.

En el presente estudio se añadió un sector más debido a que se encontró habilitaciones que carecían de sistemas de abastecimiento, este sector es el Sector 08 y se encuentra en la parte rural del distrito de Piura en donde se encuentran 7 habilitaciones beneficiadas.

Las ciudades de Castilla y Piura están separadas por el río Piura, en la zona denominada Piura Medio, estando la ciudad de Castilla ubicada en la margen izquierda y la ciudad de Piura en la margen derecha tal como se muestra en la figura 18.

Figura 18

Sectores de los distritos de Castilla y Piura separadas por el río Piura



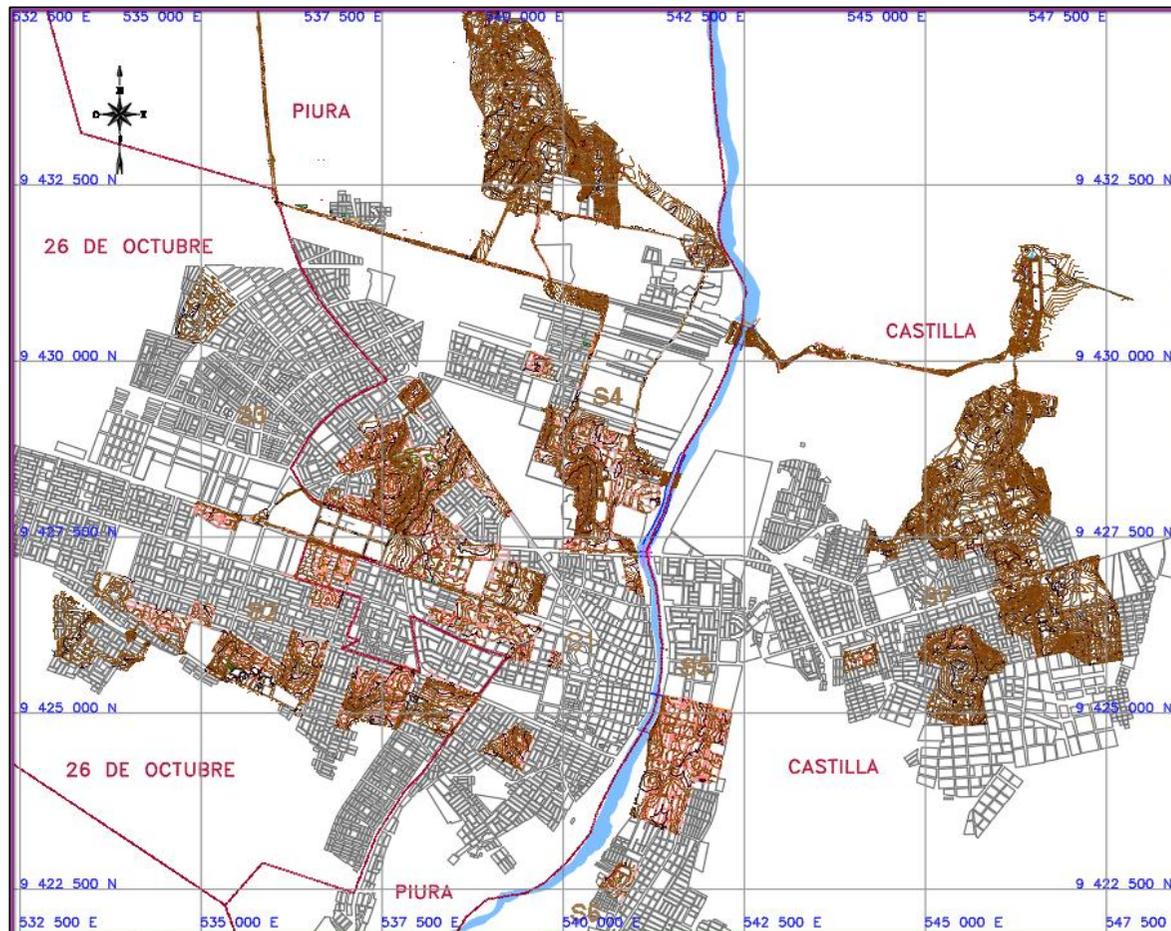
Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Topografía

El relieve de la ciudad de Piura presenta una topografía suave con pequeñas elevaciones constituidas por depósitos de arenas. El intervalo de cotas en los distritos de Castilla y Piura oscilan desde 27 m.s.n.m. hasta 64 m.s.n.m. En los distritos de Castilla y Piura la topografía es aproximadamente plana con pendiente menor de 1%, lo que propicia ser una zona inundable en épocas de máximas precipitaciones pluviales. En la figura 19 se muestra la topografía de los distritos de Castilla y Piura y en la figura 20 se muestra las curvas de nivel que se encuentra entre las coordenadas E 545 000 – E 547 500 y N 9 430 000 – N 9 432 500 en el distrito de Castilla.

Figura 19

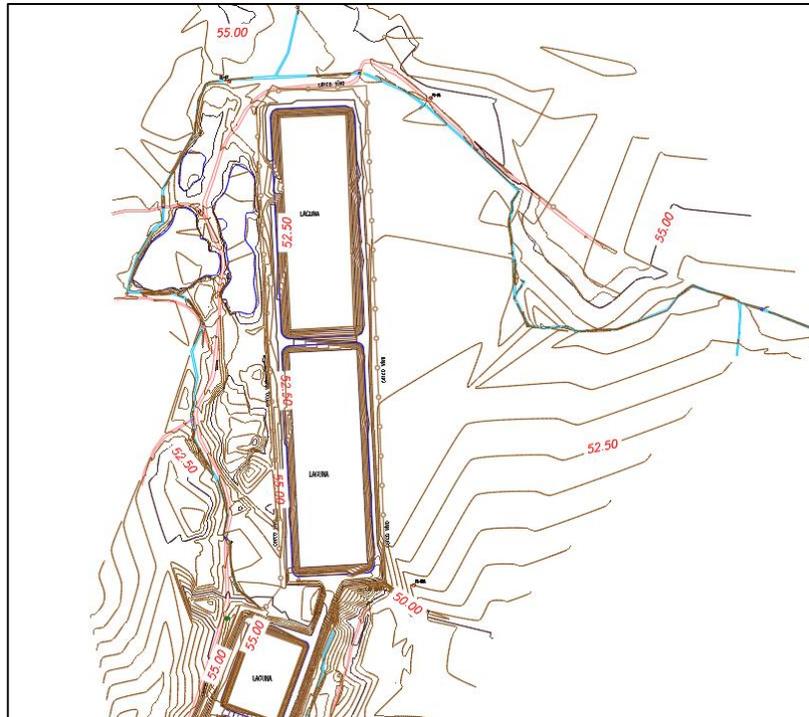
Topografía de los distritos de Castilla y Piura



Fuente: Consorcio Pro Agua Norte Consultores (2015)

Figura 20

Curvas de nivel entre las coordenadas E 545000 – E 547500 y N 9430000 – N 9432500 en Castilla



Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Geología

Los distritos de Castilla y Piura se emplazan sobre depósitos cuaternarios eólicos, aluviales y lagunares.

La mayoría de las obras hidráulicas proyectadas se cimentarán predominantemente sobre suelos de origen eólico o aluvial constituidos por arenas mal gradadas con limos (SP-SM) o sobre arenas mal gradadas (SP) de compacidad poco suelto en superficie a firme a mayor profundidad, o sobre material de limo arenoso (ML), o arenas limosas (SM), y en algunos sectores sobre material de arcillas arenosas de consistencia firme. Estos suelos se definen como suelo normal Tipo I.

Los tipos de suelo se muestra en la tabla 4. Se observa que existe en la zona de estudio suelo del cenozoico cuaternario reciente con litología de depósitos eólicos (Qr-e), depósitos aluviales (Qr-al), depósitos lacustres (Qp-lag); y también del cenozoico cuaternario pleistoceno con litología de depósitos aluviales (Qp-al).

Asimismo, existe suelo del cenozoico terciario medio con litología de formación zapallal (Ts-za)

Tabla 4

Leyenda de los tipos de suelos

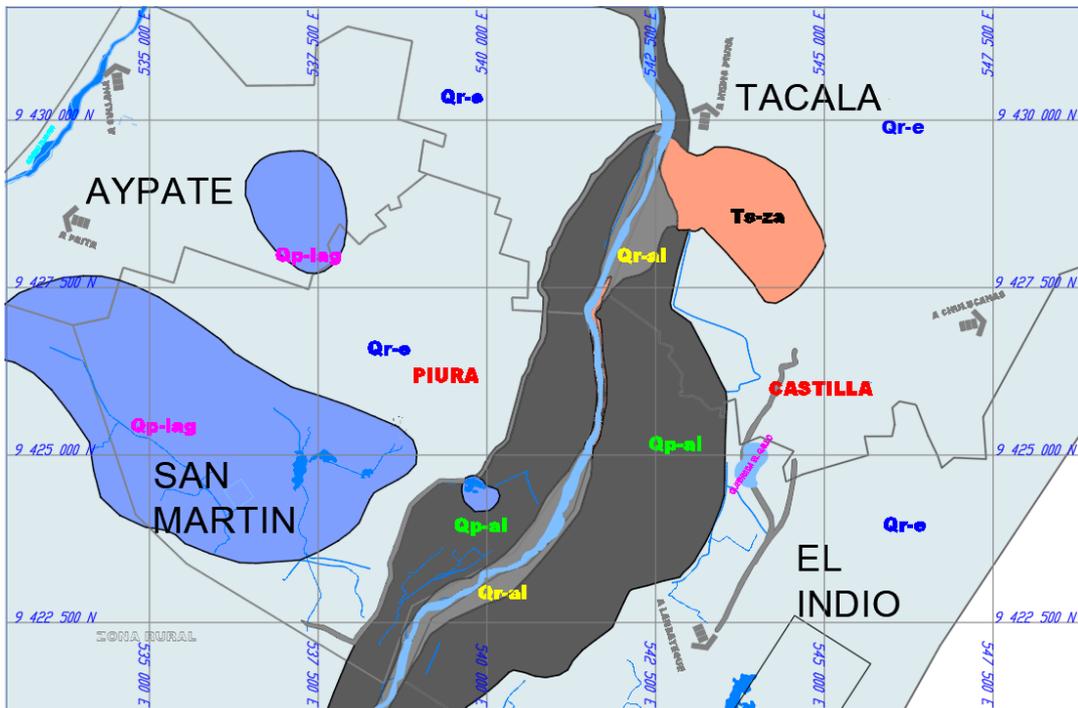
LEYENDA						
Eratema	Sistema	Serie	Litología	Descripción		Simbología
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	Depósitos Eólicos	Arenas sueltas de origen marino, granulometría media a gruesa.		Qr-e
			Depósitos Aluviales	Reciente	Aluvial y fluvial, río Piura qda. Pajarito y qda, el Gallo	Qr-al
			Depósitos Lacustres	Arcillas y gravas		Qp-lag
		Pleistoceno	Depósitos Aluviales	Antiguo	Terrazas fluviales	Qp-al
	Terciario	Medio	Formación Zapallal	Rocas tipo areniscas intercaladas con arcillas		Ts-za

Fuente: Consorcio Pro Agua Norte Consultores (2015)

En la figura 21 se muestra el mapa geológico de los distritos de Castilla y Piura. Se observa que la mayor área representativa litológica es el cenozoico cuaternario reciente con litología de depósitos eólicos (Qr-e) y la menor el cenozoico terciario medio con litología de formación zapallal (Ts-za).

Figura 21

Mapa geológico de los distritos de Castilla y Piura



Fuente: Consorcio Pro Agua Norte Consultores (2015)

El departamento de Piura en donde se encuentra el área de estudio de acuerdo al mapa de Zonificación Sísmica del Perú está comprendido en la zona IV, correspondiéndole una sismicidad alta y un factor de zona $Z=0.45g$. Factor de suelo $S=1.05$, Periodo $T_p=0.6$.

5.1.4 Proyección de la población

Según los criterios de evaluación para los proyectos de saneamiento, el horizonte del proyecto es de 20 años, teniendo como: Elaboración Expediente técnico Año 2018 (Año Base), momento de inversión inicial el año 2019, 2020 y 2021 (Año 0), el inicio de operación del sistema implementado año 2022 (Año 1) y como horizonte año 2041 (Año 20). En la tabla 5 se muestran los datos censales de la ciudad de Piura.

Tabla 5*Datos censales de la ciudad de Piura*

CENSO (año)	POBLACIÓN (Hab.)
1,972	126,010
1,981	207,934
1,993	277,964
2,007	377,496

Fuente: INEI (2007)

a) Método aritmético

Para desarrollar el método aritmético necesitamos los datos censales de los últimos años para poder determinar la tasa de crecimiento a utilizar en los distritos de Castilla y Piura.

Mínimos cuadrados: $Pf = Po + Po * r * t$

La ecuación también se puede expresar de la siguiente manera:

$$Pf = Po * (1 + r * t)$$

De la ecuación, despejamos “r”:

$$r = \frac{\left(\frac{Pf}{Po} - 1\right)}{t} \quad (48)$$

Donde:

Po = población inicial

Pf = población final

“t”= diferencia de años entre cada censo

Empezamos realizando combinaciones con dos censos:

1972 – 1981	r = 7.22%
1972 – 1993	r = 5.74%
1972 - 2007	r = 5.70%
1981 - 1993	r = 2.81%
1981 – 2007	r = 3.14%
1993 – 2007	r = 2.56%

Ahora combinaciones con tres censos:

1972 – 1981 – 1993 r1 = 4.70%

1972 – 1981 – 2007 r2 = 4.19%

1972 – 1993 – 2007 r3 = 4.47%

1981 – 1993 – 2007 r4 = 2.67%

Finalmente, combinaciones con cuatro censos:

1972 – 1981 – 1993 – 2007 r5 = 3.84%

En la tabla 6 se muestra el cálculo de la población para cada tasa de crecimiento y las columnas sumatoria y diferencia, las cuales nos servirán para elegir la curva que mejor se adecúe a la población para los años 1972, 1981, 1993 y 2007.

Tabla 6

Comportamiento histórico de la población según el método aritmético

Curva	Tasa	Año				Sumatoria	Diferencia
		1,972	1,981	1,993	2,007		
Censo		126,010	207,934	277,964	377,496	989,404	-
1	4.70%	142,727	169,896	227,688	377,496	917,807	71,597
2	4.19%	153,105	180,729	237,981	377,496	949,311	40,093
3	4.47%	147,231	174,621	232,221	377,496	931,569	57,835
4	2.67%	195,048	222,729	274,710	377,496	1,069,983	80,579
5	3.84%	160,978	188,828	245,445	377,496	972,747	16,657

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 8 se selecciona la curva cuyo valor de la columna diferencia sea el menor, ya que se aproxima a los resultados obtenidos por el censo.

Según la tabla 8, la curva seleccionada es:

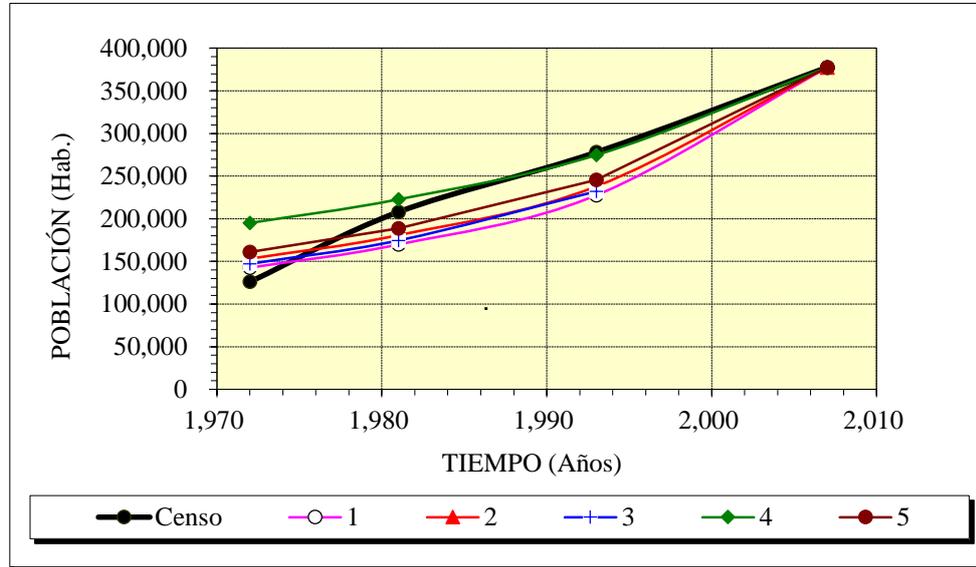
$$Po = 377,496 \text{ habitantes}$$

$$r = 3.84\% \text{ (Curva 5)}$$

En la figura 22 se muestra un gráfico con las curvas de la población para cada tasa de crecimiento según el método aritmético.

Figura 22

Cálculo de población futura con el método aritmético



Fuente: Elaboración propia

b) Método Geométrico

Para desarrollar el método geométrico, de igual manera, usaremos los datos censales de los últimos años para determinar la tasa de crecimiento a utilizar.

Mínimos cuadrados: $\log Pf = \log Po + t * \log (1 + r)$

De la ecuación, despejamos “r”:

$$r = \left(\frac{Pf}{Po}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \tag{49}$$

Donde:

Po = población inicial

Pf = población final

“t”= diferencia de años entre cada censo

Empezamos realizando combinaciones con dos censos:

1972 – 1981 $r = 5.72\%$

1972 – 1993 $r = 3.84\%$

1972 - 2007	r = 3.18%
1981 - 1993	r = 2.45%
1981 - 2007	r = 2.32%
1993 - 2007	r = 2.21%

Ahora combinaciones con tres censos:

1972 - 1981 - 1993	r1 = 3.52%
1972 - 1981 - 2007	r2 = 2.93%
1972 - 1993 - 2007	r3 = 3.08%
1981 - 1993 - 2007	r4 = 2.32%

Finalmente, combinaciones con cuatro censos:

1972 - 1981 - 1993 - 2007	r5 = 2.92%
---------------------------	------------

En la tabla 7 se muestra el cálculo de la población para cada tasa de crecimiento y las columnas sumatoria y diferencia, las cuales nos servirán para elegir la curva que mejor se adecúe a la población para los años 1972, 1981, 1993 y 2007.

Tabla 7

Comportamiento histórico de la población según el método geométrico

Curva	Tasa	Año				Sumatoria	Diferencia
		1,972	1,981	1,993	2,007		
Censo		126,010	207,934	277,964	377,496	989,404	-
1	3.52%	112,363	153,446	232,486	377,496	875,791	113,613
2	2.93%	137,553	178,326	252,079	377,496	945,454	43,950
3	3.08%	130,632	171,616	246,926	377,496	926,670	62,734
4	2.32%	169,322	208,090	273,926	377,496	1,028,834	39,430
5	2.92%	137,683	178,450	252,174	377,496	945,803	43,601

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 9 se selecciona la curva cuyo valor de la columna diferencia sea el menor, ya que se aproxima a los resultados obtenidos por el censo.

Según la tabla 9, la curva seleccionada es:

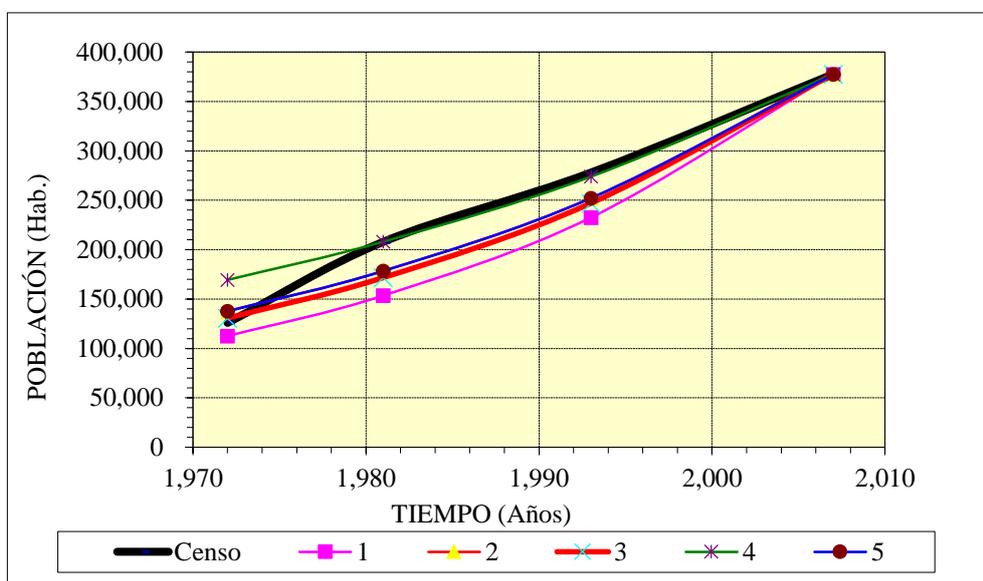
$$P_0 = 377,496 \text{ habitantes}$$

$$R = 2.32\% \text{ (Curva 4)}$$

En la Figura 23 se muestra un gráfico con las curvas de la población para cada tasa de crecimiento según el método geométrico.

Figura 23

Cálculo de población futura con el método geométrico



Fuente: Elaboración propia

c) Método parabólico

Para el método parabólico, usaremos los datos censales para determinar los valores de los coeficientes A, B y C para aplicarlos en la siguiente ecuación:

$$P_f = A + B * t + C * t^2$$

Ya habiendo calculado los valores para cada coeficiente, realizamos las combinaciones con tres censos:

$$1972 - 1981 - 1993 \quad A_1 = 377,496.00, B_1 = -386.71 \text{ y } C_1 = -155.56$$

$$1972 - 1981 - 2007 \quad A_2 = 377,496.00, B_2 = 4,604 \text{ y } C_2 = -73.74$$

1972 – 1993 – 2007 $A3 = 377,496.00$, $B3 = 7,058.84$ y $C3 = -3.61$

1981 – 1993 – 2007 $A4 = 377,496.00$, $B4 = 7,795.21$ y $C4 = 48.98$

Mínimos cuadrados:

1972 – 1981 – 1993 – 2007 $A5 = 377,496.00$, $B5 = 6,274.66$ y $C = -22.88$

En la tabla 8 se muestra el cálculo de la población para cada tasa de crecimiento y las columnas sumatoria y diferencia, las cuales nos servirán para elegir la curva que mejor se adecúe a la población para los años 1972, 1981, 1993 y 2007.

Tabla 8

Comportamiento histórico de la población según el método parabólico

Curva	Año				Sumatoria	Diferencia
	1,972	1,981	1,993	2,007		
Censo	126,010	207,934	277,964	377,496	989,404	-
1	200,465	282,389	352,419	377,496	1,212,769	223,365
2	126,010	207,934	298,582	377,496	1,010,022	20,618
3	126,010	191,523	277,964	377,496	972,993	16,411
4	164,669	207,934	277,964	377,496	1,028,063	38,659
5	129,850	198,885	285,165	377,496	991,396	1,992

Fuente: Elaboración propia

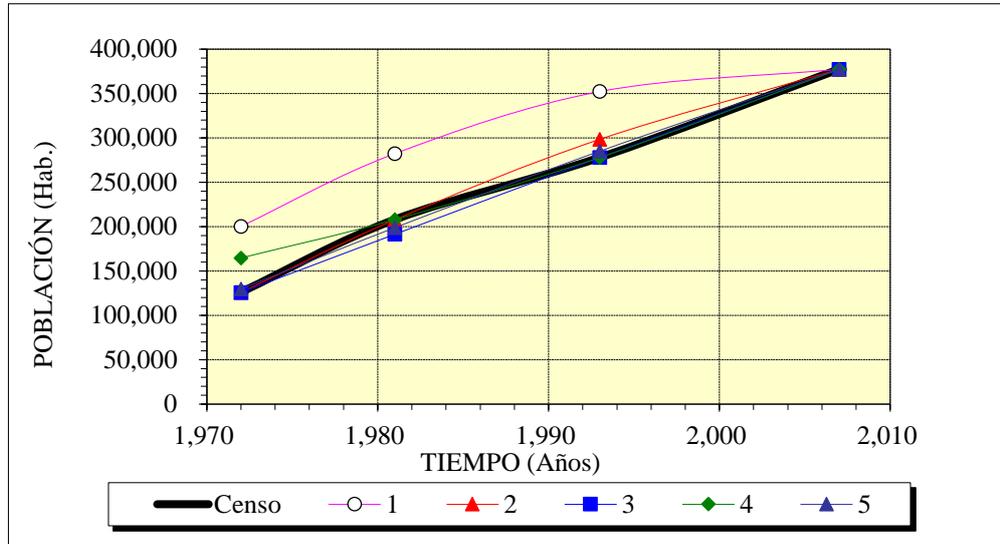
De la tabla 10 se selecciona la curva cuyo valor de la columna diferencia sea el menor, ya que se aproxima a los resultados obtenidos por el censo. Según la tabla 10, la curva seleccionada es:

$$A = 377,496.00, B = 6,274.66 \text{ y } C = -22.88 \text{ (Curva 5)}$$

En la Figura 24 se muestra un gráfico con las curvas de la población para cada combinación de coeficientes A, B y C según el método parabólico.

Figura 24

Cálculo de población futura con el método parabólico



Fuente: Elaboración propia

d) Selección del modelo de crecimiento poblacional

Comparando los datos censales del INEI con el comportamiento histórico de la población según los métodos analizados, se observa que el método que se asemeja más a los valores de la población del censo es el método geométrico, cuya fórmula se presenta a continuación:

$$r = \left(\frac{P_f}{P_o}\right)^{\left(\frac{1}{t}\right)} - 1$$

Donde:

Po = población inicial

Pf = población final

“t”= diferencia de años entre cada censo

Realizando la interpolación con los dos últimos censos tenemos que la tasa de crecimiento es de 2.21%, valor que será considerado para la selección del método para la proyección poblacional.

Para la selección del modelo de crecimiento poblacional se ha realizado una tabla comparativa de los resultados de la población proyectada en cada año entre los métodos desarrollados (aritmético, geométrico y parabólico). Se

selecciona el método cuyos valores de población en cada año proyectado sean lo más próximos a los valores obtenidos por el censo.

En la tabla 9 se muestra la proyección de la población para 20 años por cada método, así también como la curva elegida.

Tabla 9

Proyección de la población por cada método

Nº	Año	Censo	Aritmético	Geométrico	Parabólico	Curva Elegida
	1,972	126,010				
	1,981	207,934				
	1,993	277,964				
-	2,007	377,496	377,496	377,496	377,496	377,496
Base	2,018	480,122	537,069	485,675	443,748	485,675
0	2,019	490,735	551,576	496,928	449,496	496,928
0	2,020	501,581	566,082	508,443	455,199	508,443
0	2,021	512,667	580,589	520,225	460,856	520,225
1	2,022	523,999	595,096	532,279	466,467	532,279
2	2,023	535,581	609,602	544,613	472,032	544,613
3	2,024	547,418	624,109	557,232	477,551	557,232
4	2,025	559,518	638,616	570,144	483,025	570,144
5	2,026	571,885	653,122	583,356	488,453	583,356
6	2,027	584,525	667,629	596,873	493,835	596,873
7	2,028	597,445	682,136	610,703	499,172	610,703
8	2,029	610,650	696,642	624,854	504,462	624,854
9	2,030	624,147	711,149	639,333	509,707	639,333
10	2,031	637,942	725,656	654,148	514,906	654,148
11	2,032	652,043	740,162	669,305	520,060	669,305
12	2,033	666,455	754,669	684,814	525,167	684,814
13	2,034	681,185	769,176	700,683	530,229	700,683
14	2,035	696,241	783,682	716,919	535,245	716,919
15	2,036	711,630	798,189	733,531	540,216	733,531
16	2,037	727,359	812,696	750,528	545,140	750,528
17	2,038	743,436	827,202	767,919	550,019	767,919
18	2,039	759,868	841,709	785,713	554,852	785,713
19	2,040	776,663	856,216	803,919	559,639	803,919
20	2,041	793,829	870,722	822,547	564,381	822,547

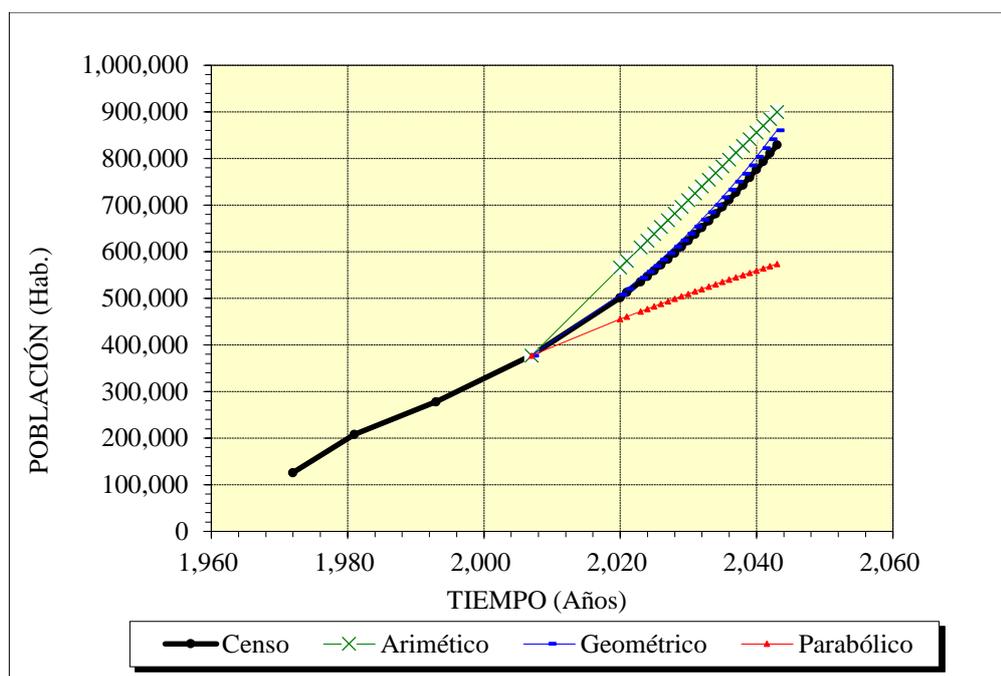
Fuente: Elaboración propia

De la tabla 9 podemos observar que el método que más se asemeja a los datos del censo es el método geométrico, debido a que nos origina la menor diferencia.

En la figura 25 se muestra una comparativa entre las curvas obtenidas por cada método desarrollado.

Figura 25

Curva de crecimiento poblacional de los distritos de Castilla y Piura



Fuente: Elaboración propia

De la figura 25 podemos observar que la curva que tiene mayor tendencia a la curva del censo es la del método geométrico, por lo cual será nuestra curva elegida.

Según Oficio N° 489-2014-INEI/ODEI-PIU-DEPE remitido por el INEI donde se indica que la tasa de crecimiento promedio anual 1993/2007 del departamento de Piura es de 2,14%. Se muestra la población censada y la tasa de crecimiento promedio anual por distritos en la figura 26.

Figura 26

Población censada y tasa de crecimiento promedio anual por distritos, 1993-2007

PIURA: POBLACIÓN CENSADA Y TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL POR DISTRITOS, 1993 Y 2007			
Distrito	Población Censada		Tasas de Crecimiento
	1993	2007	Promedio Anual
	Total	Total	1993/2007
Total	1 388 264	1 676 315	1,33
PIURA	502 339	665 991	1,99
Piura	192 551	260 363	2,14
Castilla	91 442	123 692	2,14
Catacaos	54 117	66 308	1,43
Cura Mori	13 733	16 923	1,47
El Tallán	4 334	4 774	0,68
La Arena	28 742	34 584	1,30
La Unión	27 935	36 000	1,79
Las Lomas	26 302	26 896	0,16
Tambogrande	63 183	96 451	3,01

Fuente: INEI – Censos Nacionales de 1993 y 2007

Se puede concluir que el método seleccionado es el método geométrico y la tasa de crecimiento para utilizar es de 2.14%, valor que se refleja más a la realidad.

5.2 Definición de la fuente de abastecimiento y el cálculo de la demanda

5.2.1 Fuente de abastecimiento

Por medio de estudios hidrogeológicos podemos escoger la mejor fuente de abastecimiento para la zona de estudio. Se conoce que en la ciudad de Piura existen pozos, un río que atraviesa la ciudad de Piura y el canal Daniel Escobar ubicado en el norte de la ciudad de Piura.

Los pozos no cuentan con agua de calidad para el consumo humano según el análisis fisicoquímico y microbiológico desarrollado por la EPS Grau (2017). Tomando como referente de estándar de calidad del agua potable, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA) se observa que 13 pozos tienen altos contenidos de cloruros (>250 mg Cl⁻/L) y alta conductividad (>1500 µmho/cm), y tres de ellas alta dureza (>500 mgCaCO₃/L) y solo una presenta elevado contenido de sulfatos (>250 mgSO₄/L). Este análisis demuestra la baja calidad de agua en los pozos para abastecer a los distritos de Castilla y Piura.

El río Piura no resulta viable económicamente como fuente de abastecimiento, pues se encuentra en el mismo nivel que la ciudad de Piura, por lo cual resultaría necesario implementar un equipo de bombeo para impulsar el agua cruda hacia la Planta de Tratamiento Curumuy. Por esta razón el río Piura no se escoge como fuente de abastecimiento.

De otra manera, el canal Daniel Escobar, presenta caudal constante, pues el agua cruda proviene de la represa Poechos. Además, el canal funciona por gravedad, a diferencia del río Piura.

Por estos motivos, la fuente de abastecimiento es el canal Daniel Escobar, que se alimenta a través de la represa de Poechos, ubicada en la cota de operación normal 103 m.s.n.m. Tiene una longitud de 54 km y una capacidad de 70 m³/s.

El punto de captación se ubica en la zona de Curumuy, en la coordenada N 9,443,900.726 – E 540,199.479, zona 17 S; donde se hace una derivación del canal Daniel Escobar hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable Curumuy, que está ubicado entre las coordenadas N 9,444,227.00 – E 540,259.00 y N 9,443,841.00 – E 540,442. Consta de un sistema de captación en el canal, desarenador, estación de bombeo de agua y línea de impulsión a los módulos de tratamiento.

En la figura 27 se muestra el punto de captación de agua del canal Daniel Escobar y la Planta de Tratamiento de Agua Potable Curumuy.

Figura 27

Vista del punto de captación de agua y la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Curumuy



Fuente: Google Earth

5.2.2 Cálculo de la demanda de agua

a) Coeficientes de Variación de Consumos

Los coeficientes por considerarse en la investigación son:

Coeficiente de variación diaria, K1: 1.30

Coeficiente de variación horaria, K2: 1.80

Coeficiente de retorno agua, K3: 0,80

b) Consumos

Los consumos utilizados para la demanda fueron considerados según información de la EPS GRAU mediante Oficio N°234-2018-EPS GRAU SA-340.20-340-100, Oficio N°493-2018-EPS GRAU SA.-100, Acta EPS GRAU SA con fecha 26-04-2018 a las 3:00pm, CARTA N° PRO-APC-18059 y por distrito según se detalla en la tabla 10:

Tabla 10*Consumos según tipo de conexión en los distritos de Castilla y Piura*

Conexión Por Tipo De Usuario	m ³ /mes	
	C/medidor	S/medidor
Piura		
Domestica	22.99	25.00
Comercial	84.59	91.99
Industrial	79.53	86.48
Estatat	412.41	448.47
Social	245.08	266.51
Castilla		
Domestica	24.53	25.00
Comercial	54.68	55.73
Industrial	39.26	40.01
Estatat	205.71	209.65
Social	48.40	49.33

Fuente: EPS GRAU

c) Pérdida de agua

Las pérdidas se determinan en base al volumen producido y volumen total facturado, estas pérdidas incluyen las físicas como las fugas en las redes de distribución, rebose en los reservorios y las no físicas como los desperdicios domiciliarios y otros.

El porcentaje de pérdida es de 47.17 %, que corresponde al estudio del Plan maestro de la EPS Grau, por lo que este valor se dará hasta que se inicie el proyecto (año 0), y disminuirá en el año 1, en el cual se ejecutarán las obras generales y secundarias, llegando al 20%, a partir del año 1 hasta el horizonte del proyecto.

d) Volumen de almacenamiento

Para el cálculo del volumen de almacenamiento de los reservorios se considera el 25 % de la demanda promedio anual.

Para el volumen contra incendio se utilizará el Reglamento Nacional de Edificaciones, el cual asigna 50 m³ para cada área de servicio. Adicionalmente se considera un volumen de reserva, teniendo en cuenta el supuesto de que colapse la tubería de impulsión y se tome un tiempo en rehabilitarla.

e) **Demanda total de agua**

La demanda total del proyecto incluye las demandas de los 3 distritos involucrados, subdividido en 8 sectores de servicio. Cada sector posee reservorios que tienen un área de influencia que delimita la sectorización.

El proyecto se divide en los siguientes sectores:

- Sector I:
 - Reservorio Existente RE-07 (Piura)
 - Reservorio Existente RE-08 (Piura)
 - Reservorio Existente RE-10 (Piura)
 - Reservorio Existente RE-16 (Piura)
 - Reservorio Proyectado REP-02 (Piura)
- Sector II:
 - Reservorio Existente RE-04 (Piura)
 - Reservorio Existente RE-05 (26 de octubre)
 - Reservorio Existente RE-17 (26 de octubre)
 - Reservorio Existente RE-19 (26 de octubre)
 - Reservorio Proyectado REP-01A (26 de octubre)
 - Reservorio Proyectado REP-01B (26 de octubre)
 - Reservorio Proyectado REP-03 (26 de octubre)
 - Reservorio Proyectado REP-10 (26 de octubre)
- Sector III:
 - Reservorio Existente RE-03 (Piura)
 - Reservorio Existente RE-18 (26 de octubre)
 - Reservorio Proyectado REP-07 (Piura)
 - Reservorio Proyectado REP-08 (26 de octubre)
- Sector IV:
 - Reservorio Existente RE-01 (Piura)
- Sector V:
 - Reservorio Existente RE-11 (Castilla)
 - Reservorio Existente RE-21 (Castilla)
 - Reservorio Proyectado REP-05 (Castilla)

- Sector VI:
 - Reservorio Existente RE-02 (Castilla)
 - Reservorio Existente RE-12 (Castilla)
 - Reservorio Existente RE-13 (Castilla)
 - Reservorio Existente RE-20 (Castilla)
 - Reservorio Proyectado REP-04 (Castilla)
- Sector VII:
 - Reservorio Existente RE-06 (Castilla)
 - Reservorio Existente RE-14 (Castilla)
 - Reservorio Existente RE-15 (Castilla)
 - Reservorio Proyectado REP-06 (Castilla)
- Sector VIII:
 - Sector 8 – Piura Medio

Para desarrollar el cálculo de las demandas se debe conocer la información base del área de influencia de cada reservorio, como la población actual, el número de viviendas, la tasa de crecimiento, la densidad por lote, el porcentaje de pérdidas, la micromedición doméstica y la comercial industrial. A continuación, se procede a calcular la demanda para cada uno de los sectores.

Sector I

- RE-07 Pachitea

En la tabla 11 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-07 Pachitea.

Tabla 11

Información base y parámetros del RE-07, Sector I

RE-07 Pachitea	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	10,547	11,479
Número de viviendas	2,451	2,668
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	88.64%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	80.96%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	10,112	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-07 del sector I.

- RE-08 Buenos Aires

En la tabla 12 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-08 Buenos Aires.

Tabla 12

Información base y parámetros del RE-08, Sector I

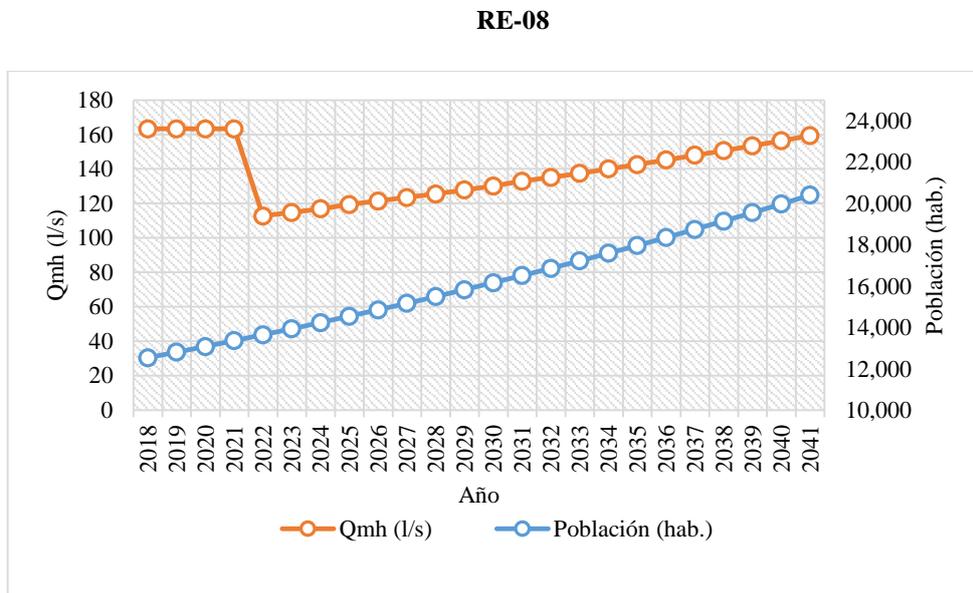
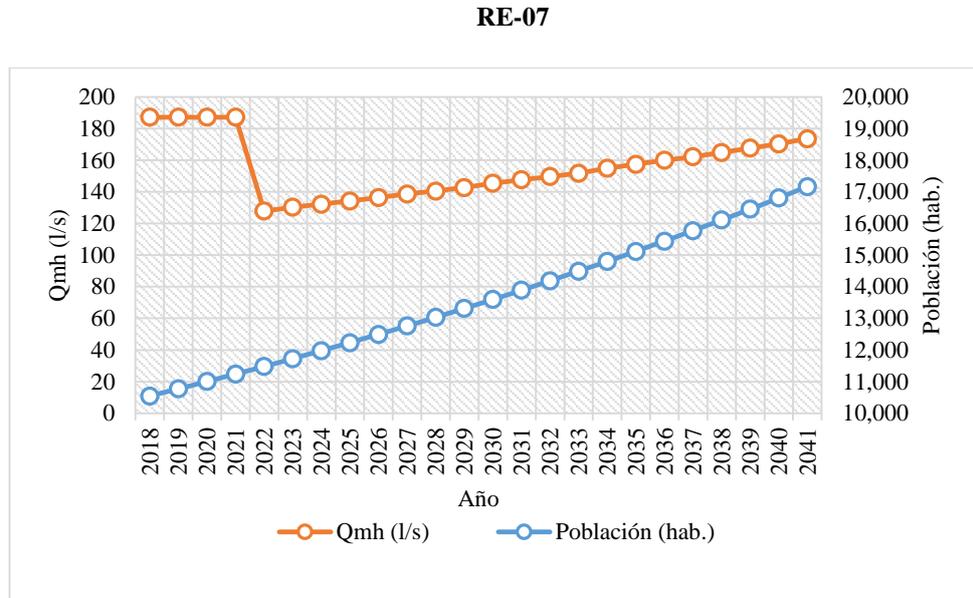
RE-08 Buenos Aires	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	12,535	13,643
Número de viviendas	2,913	3,170
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	86.63%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	62.06%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	12,062	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-08 del sector I.

Figura 28

La población vs. Qmh vs. Año de los RE-07 y RE-08, Sector I



Fuente: Elaboración propia

De la figura 28 podemos observar que en los primeros cuatro años los valores del caudal máximo horario (Qmh) son mayores que en los años de proyección del proyecto para el RE-07 y el RE-08. El cambio brusco de pendiente se debe a que actualmente el sistema de agua del sector es

deficiente, suministrando un caudal que no es el adecuado. Sin embargo, a partir del año 2022 (Año 1) es cuando el proyecto ya está finalizado y está funcionando de manera óptima, por lo que el valor del caudal máximo horario es el adecuado y va incrementando de manera progresiva a través de los años en función del aumento la población. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-07 del sector I es 173.57 l/s. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-08 del sector I es 159.39 l/s.

- RE-10 Parque Infantil

En la tabla 13 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-10 Parque Infantil.

Tabla 13

Información base y parámetros del RE-10, Sector I

RE-10 Parque Infantil	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	12,767	13,896
Número de viviendas	2,967	3,229
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	86.78%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	82.09%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	12,173	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-10 del sector I.

- RE-16

En la tabla 14 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-16.

Tabla 14

Información base y parámetros del RE-16, Sector I

RE-16	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	14,110	15,357
Número de viviendas	3,279	3,569
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	68.08%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	50.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	12,173	

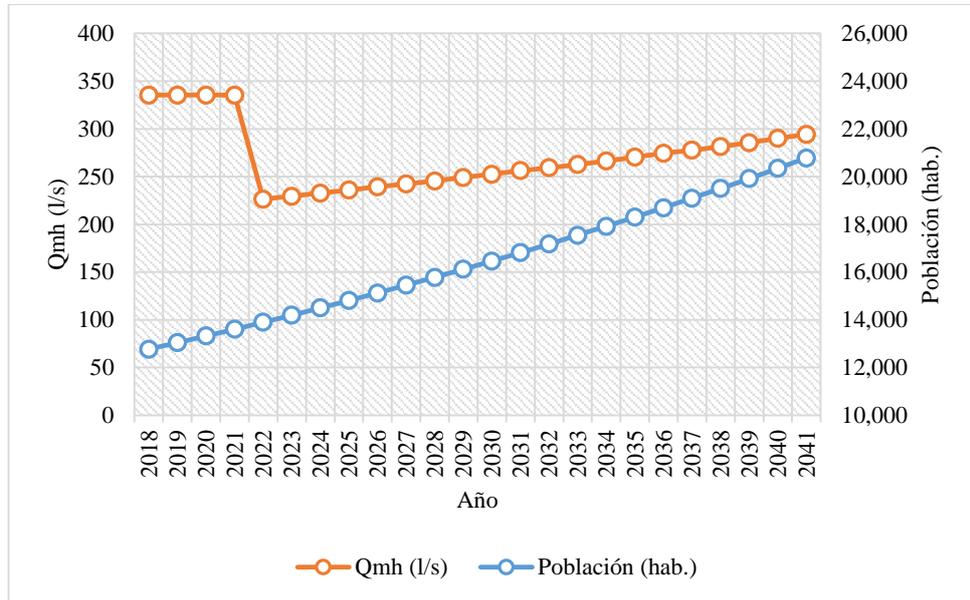
Fuente: Elaboración propia

En la figura 29 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-16 del sector I.

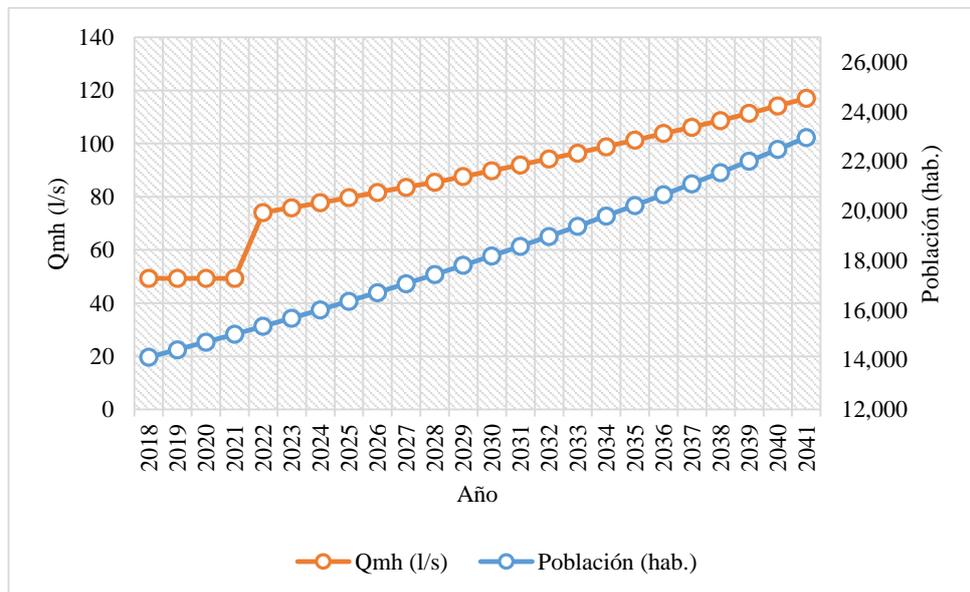
Figura 29

La población vs. Qmh vs. Año de los RE-10 y RE-16, Sector I

RE-10



RE-16



Fuente: Elaboración propia

De la figura 29 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-10 es deficiente, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 es cuando el proyecto estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-10 del sector I es 294.19 l/s.

Además, de la figura 29 también podemos concluir que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-16 es deficiente, suministrando un caudal inferior a lo demandado. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-16 del sector I es 117.04 l/s.

- REP-02

En la tabla 15 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-02.

Tabla 15

Información base y parámetros del REP-02, Sector I

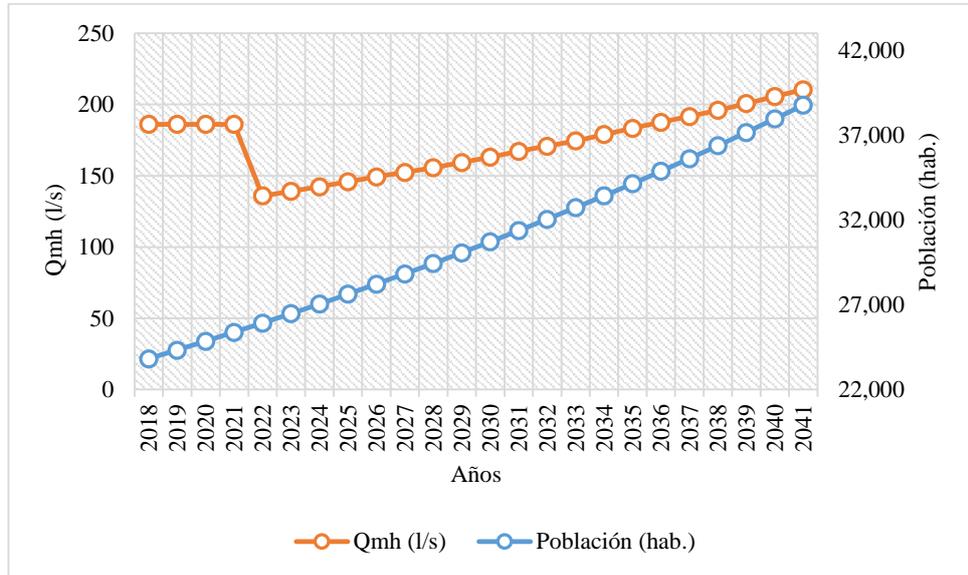
REP-02	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	23,818	25,923
Número de viviendas	5,535	6,024
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	76.53%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	60.42%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	22,531	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-02 del sector I.

Figura 30

La población vs. Qmh vs. Año del REP-02, Sector I



Fuente: Elaboración propia

De la figura 30 podemos observar que los caudales en los primeros cuatro años el sistema está siendo abastecido por volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-02 del sector I es 210.44 l/s.

Sector II

- RE-04 Santa Rosa

En la tabla 16 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-04 Santa Rosa.

Tabla 16

Información base y parámetros del RE-04, Sector II

RE-04 Santa Rosa	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	20,586	22,406
Número de viviendas	4,784	5,207
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	87.05%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	80.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	20,139	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-04 del sector II.

- RE-05

En la tabla 17 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-05.

Tabla 17

Información base y parámetros del RE-05, Sector II

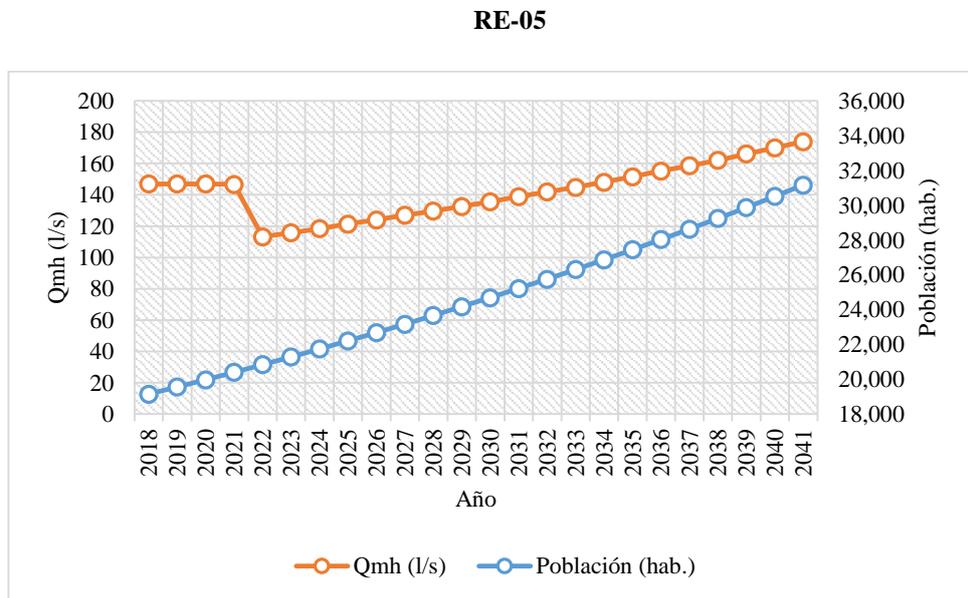
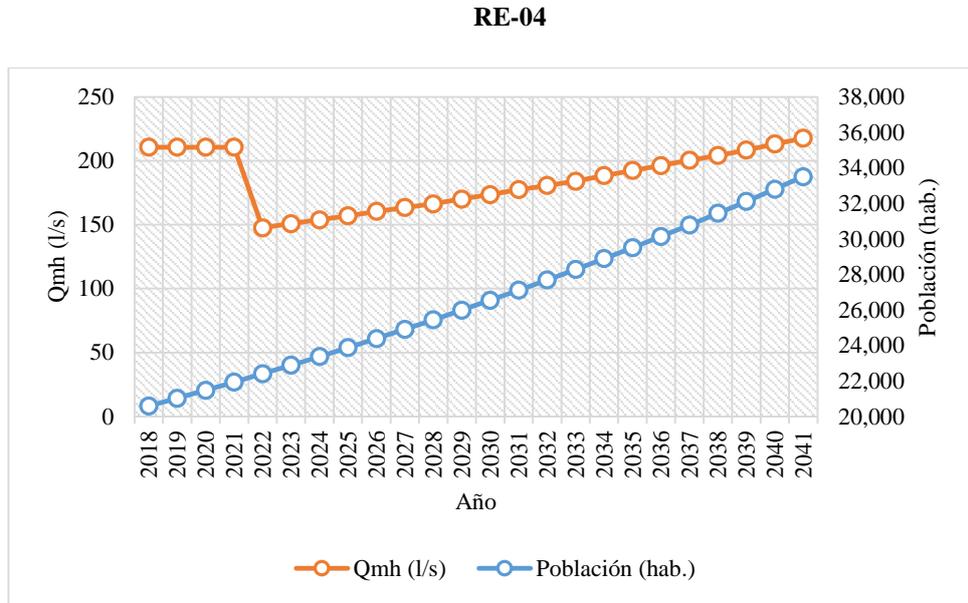
RE-05	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	19,149	20,841
Número de viviendas	4,450	4,843
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	89.64%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	61.74%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	17,032	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-05 del sector II.

Figura 31

La población vs. Qmh vs. Año del RE-04 y RE-05, Sector II



Fuente: Elaboración propia

De la figura 31 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua de los RE-04 y RE-05 son deficientes, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de

abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-04 del sector II es 217.62 l/s. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-05 del sector II es 174.01 l/s.

- RE-17

En la tabla 18 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-17.

Tabla 18

Información base y parámetros del RE-17, Sector II

RE-17	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	2,479	2,698
Número de viviendas	576	627
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	83.30%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	50.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	2,371	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-17 del sector II.

- RE-19 Kurt Beer

En la tabla 19 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-19 Kurt Beer.

Tabla 19

Información base y parámetros del RE-19, Sector II

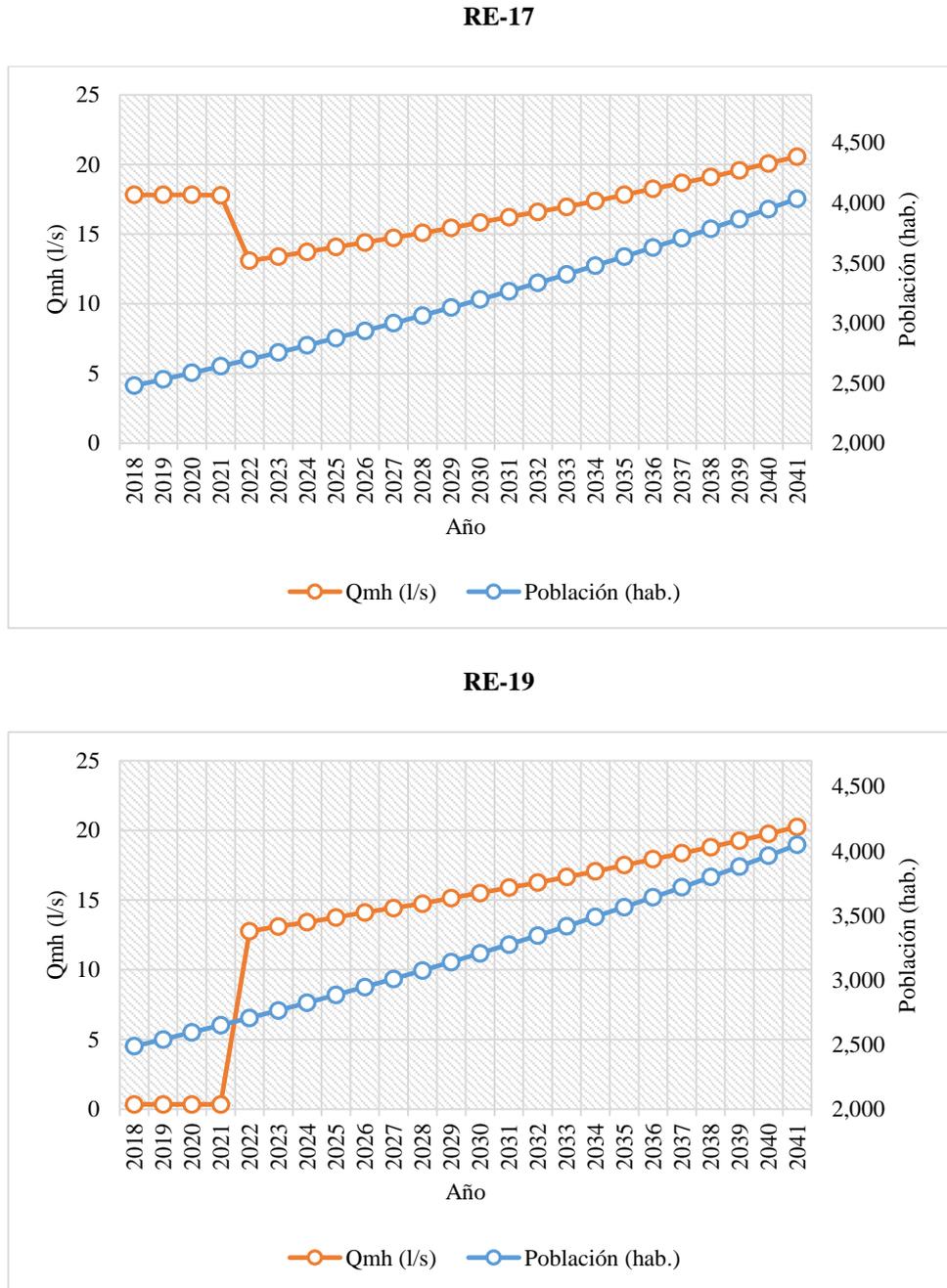
RE-19 Kurt Beer	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	2,487	2,707
Número de viviendas	578	629
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	0.00%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	0.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	0	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-19 del sector II.

Figura 32

La población vs. Qmh vs. Año del RE-17 y RE-19, Sector II



Fuente: Elaboración propia

De la figura 32 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-17 es deficiente, abasteciendo volúmenes de agua por

exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 es cuando el proyecto estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-17 del sector II es 20.56 l/s.

Además, de la figura 32 también se observa que los valores del caudal máximo horario (Qmh) en los primeros cuatro años son nulos. Esto se debe a que actualmente en el sector no se cuentan con conexiones doméstico, comercial, industriales, estatales y sociales. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima, lo que permitirá calcular el caudal máximo horario (Qmh), cuyo máximo valor para los años de proyección del RE-19 del sector II es 20.25 l/s.

- REP-01A San Martín

En la tabla 20 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-01A San Martín.

Tabla 20

Información base y parámetros del REP-01A, Sector II

REP-01A San Martín	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	27,561	29,997
Número de viviendas	6,405	6,971
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	43.88%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	61.67%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	26,029	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-01A del sector II.

- REP-01B

En la tabla 21 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-01B.

Tabla 21

Información base y parámetros del REP-01B, Sector II

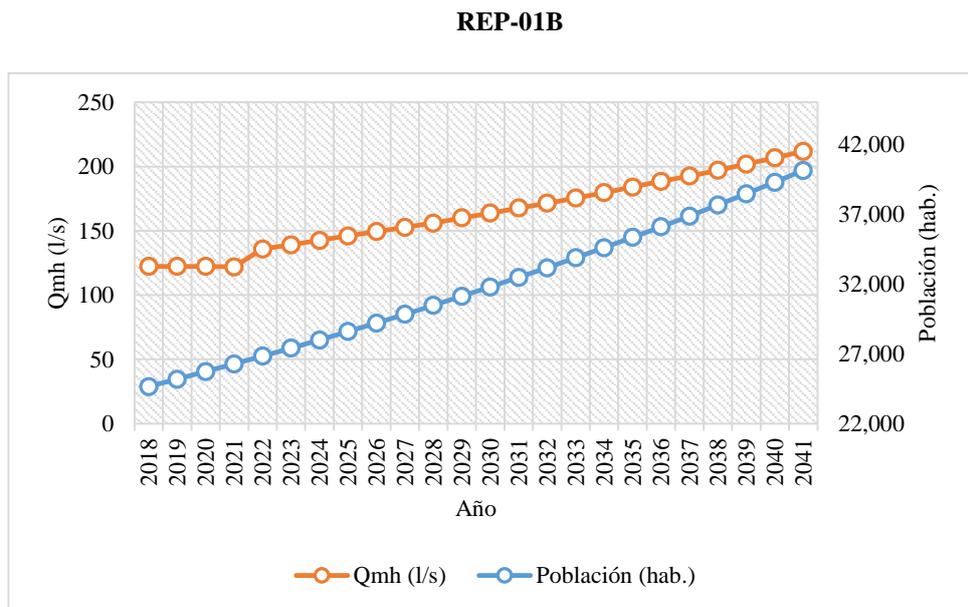
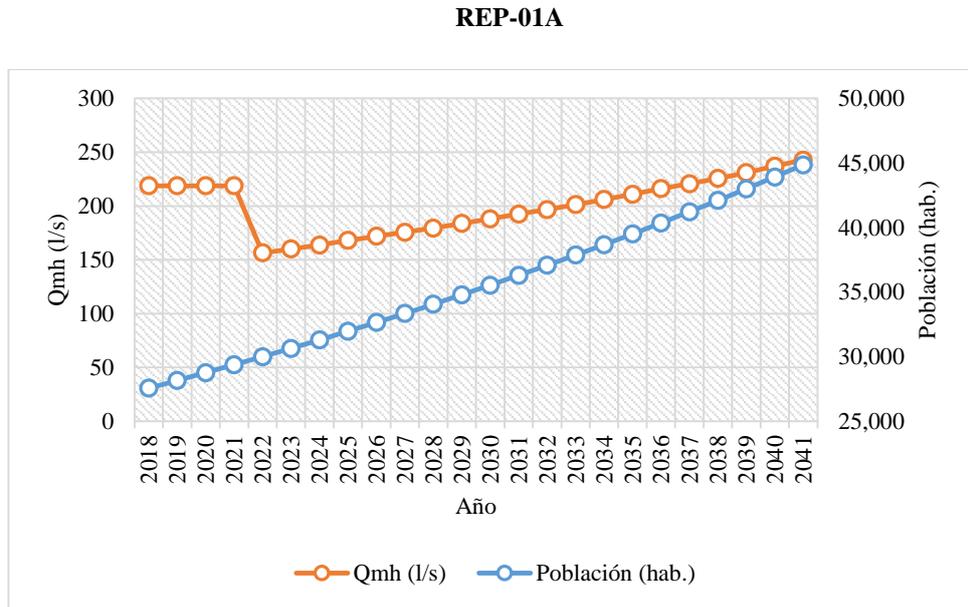
REP-01B	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	24,652	26,831
Número de viviendas	5,729	6,235
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	75.14%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	43.42%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	14,489	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-01B del sector II.

Figura 33

La población vs. Qmh vs. Año del REP-01A y REP-01B, Sector II



Fuente: Elaboración propia

De la figura 33 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del REP-01A es deficiente, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 es cuando el proyecto estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-01A del sector II es 242.71 l/s.

Además, de la figura 33 también podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del REP-01B es deficiente, suministrando un caudal inferior a lo demandado. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando en el sector de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-01B del sector II es 211.9 l/s.

- REP-03 Ignacio Merino

En la tabla 22 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-03 Ignacio Merino.

Tabla 22

Información base y parámetros del REP-03, Sector II

REP-03 Ignacio Merino	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	21,240	23,117
Número de viviendas	4,936	5,372
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	74.79%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	68.38%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	20,126	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 34 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-03 del sector II.

- REP-10

En la tabla 23 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-10.

Tabla 23

Información base y parámetros del REP-10, Sector II

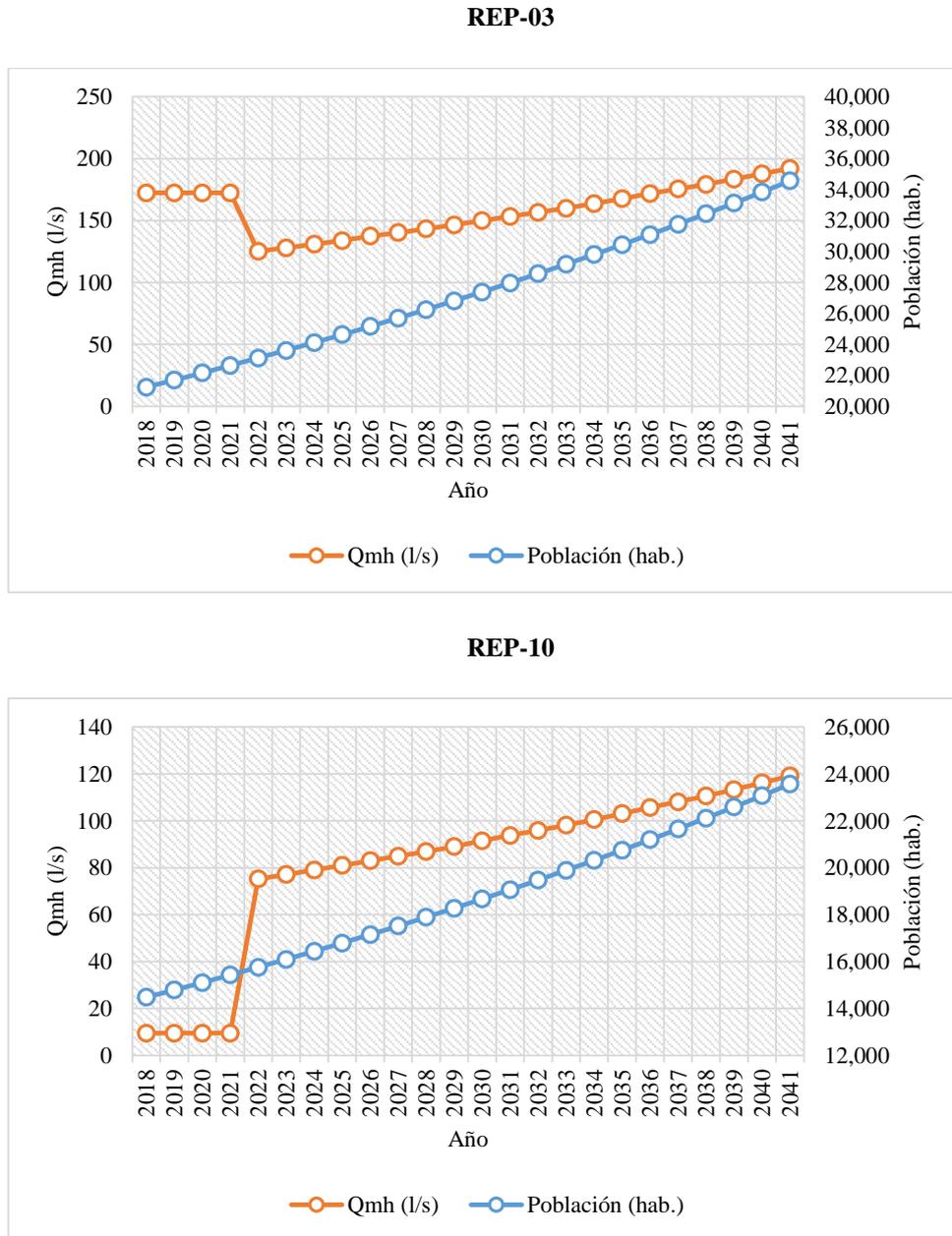
REP-10	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	14,480	15,760
Número de viviendas	3,365	3,662
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	65.15%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	90.91%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	852	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 34 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-10 del sector II.

Figura 34

La población vs. Qmh vs. Año del REP-03 y REP-10, Sector II



Fuente: Elaboración propia

De la figura 34 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del REP-03 es deficiente, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando en el sector de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-03 del sector II es 192.15 l/s.

Además, de la figura 34 se observa que los valores del caudal máximo horario (Qmh) en los primeros cuatro años se aproximan a ser 0. Esto se debe a que actualmente en el sector no se cuentan con conexiones de tipo comercial, industriales y estatales, pero sí cuentan con conexiones domésticas y sociales. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima, lo que permitirá calcular el caudal máximo horario (Qmh), cuyo máximo valor para los años de proyección del REP-10 del sector II es 119.14 l/s.

Sector III

- RE-03 Los Algarrobos

En la tabla 24 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-03 Los Algarrobos.

Tabla 24

Información base y parámetros del RE-03, Sector III

RE-03 Los Algarrobos	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	27,699	30,147
Número de viviendas	6,437	7,006
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	85.39%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	78.66%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	25,414	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 35 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-03 del sector III.

- RE-18

En la tabla 25 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-18.

Tabla 25

Información base y parámetros del RE-18, Sector III

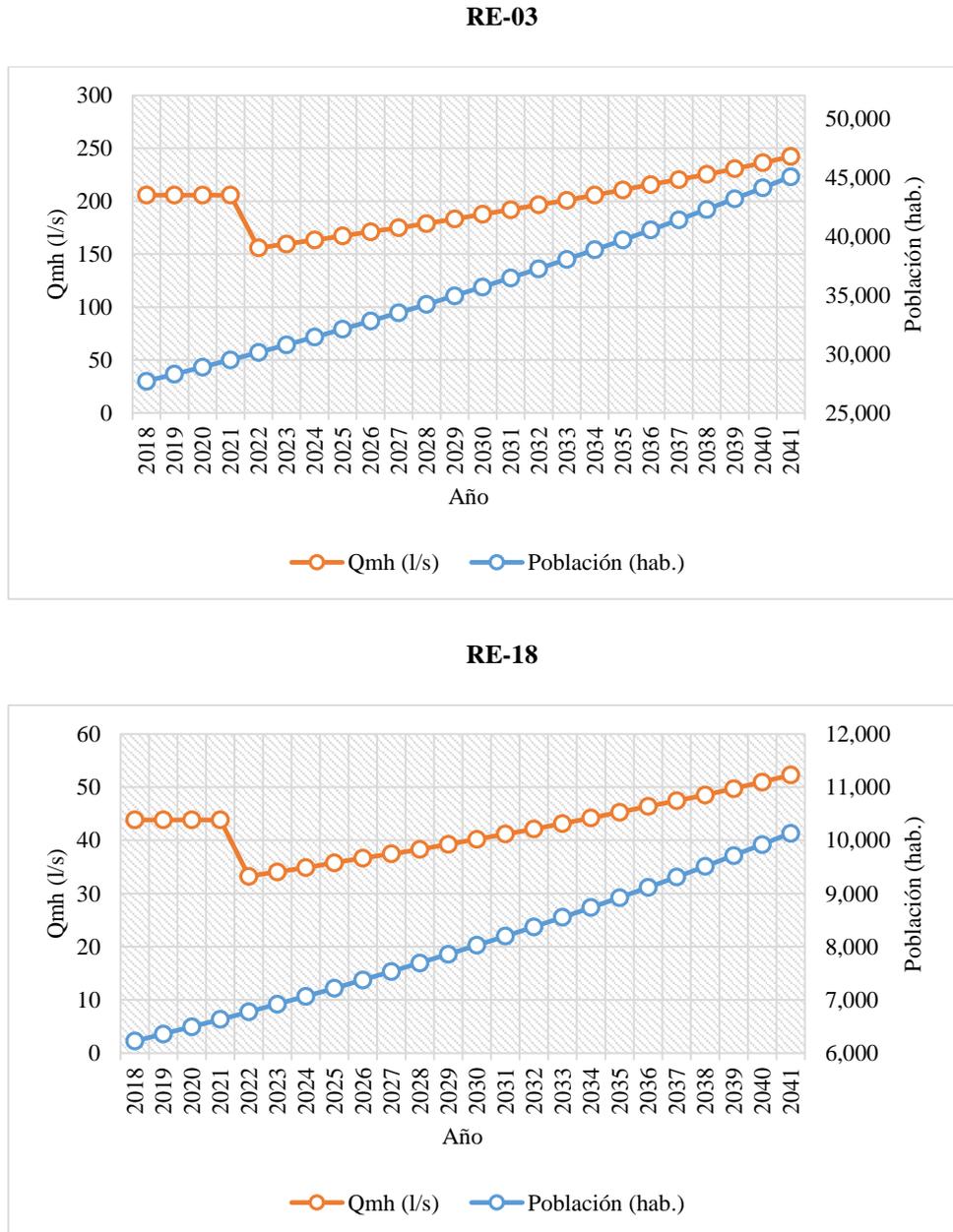
RE-18	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	6,227	6,777
Número de viviendas	1,447	1,575
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	91.76%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	61.54%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	5,796	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 35 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-18 del sector III.

Figura 35

La población vs. Qmh vs. Año del RE-03 y RE-18, Sector III



Fuente: Elaboración propia

De la figura 35 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua de los RE-03 y del RE-18 son deficientes, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de

abastecimiento estará funcionando en el sector de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-03 del sector III es 242.3 l/s. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-18 del sector III es 52.29 l/s.

- REP-07 Los Ángeles

En la tabla 26 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-07 Los Ángeles.

Tabla 26

Información base y parámetros del REP-07, Sector III

REP-07 Los Ángeles	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	31,959	34,784
Número de viviendas	7,427	8,083
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	87.78%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	98.04%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	16,580	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 36 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-07 del sector III.

- REP-08 Los Rosales

En la tabla 27 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-08 Los Rosales.

Tabla 27

Información base y parámetros del REP-08, Sector III

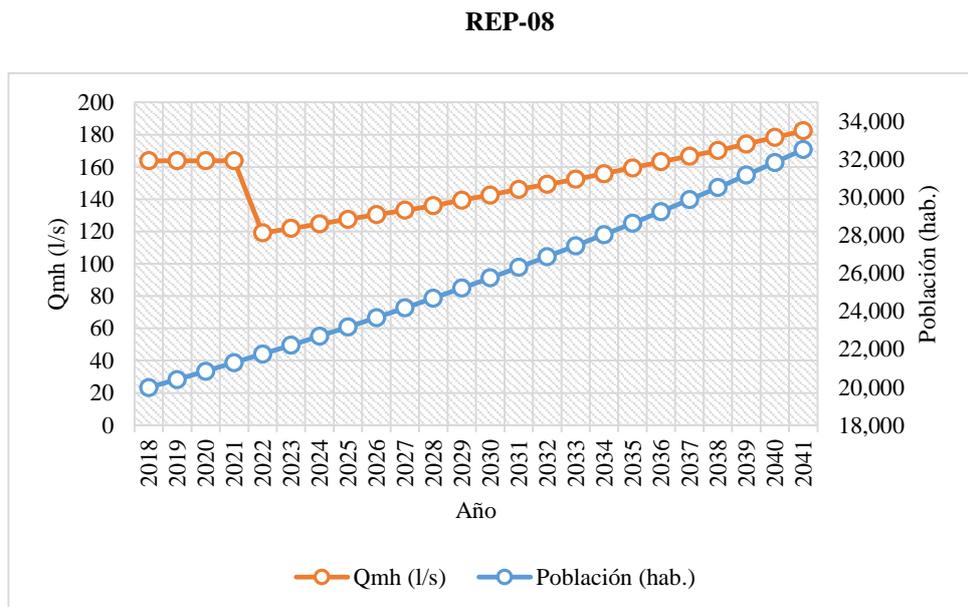
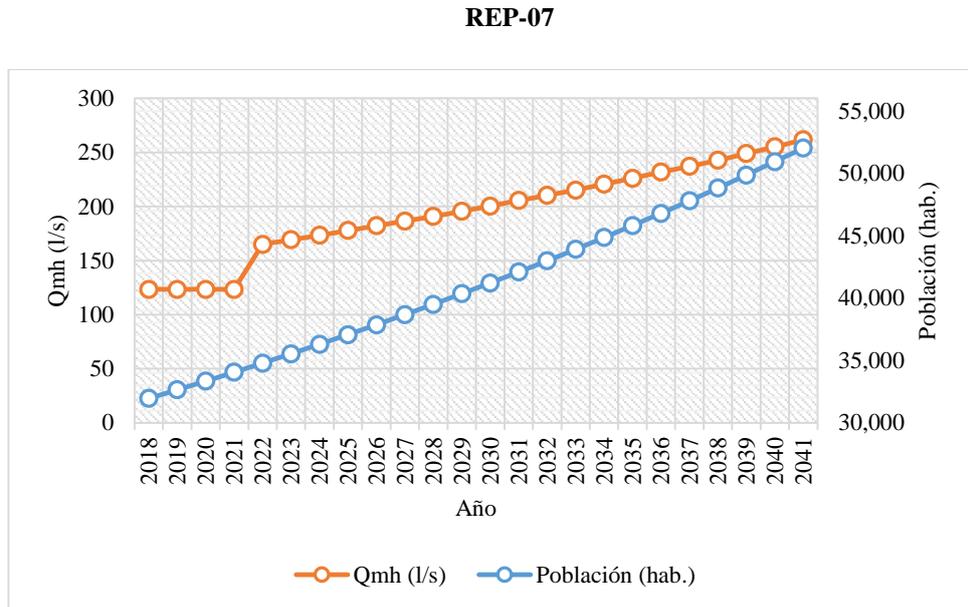
REP-08 Los Rosales	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	19,979	21,745
Número de viviendas	4,643	5,053
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	89.37%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	66.32%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	19,101	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 36 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-08 del sector III.

Figura 36

La población vs. Qmh vs. Año del REP-07 y REP-08, Sector III



Fuente: Elaboración propia

De la figura 36 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del REP-07 es deficiente, suministrando un caudal inferior a lo demandado. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-07 del sector III es 261.67 l/s.

Además, de la figura 36 se observa que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-10 es deficiente, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-08 del sector III es 182.48 l/s.

Sector IV

- RE-01 Lourdes

En la tabla 28 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-01 Lourdes.

Tabla 28

Información base y parámetros del RE-01, Sector IV

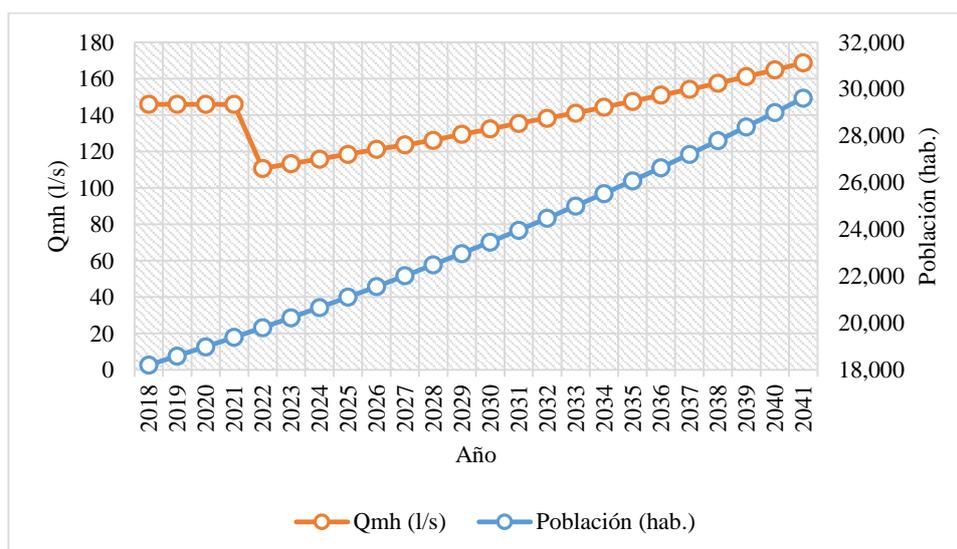
RE-01 Lourdes	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	18,198	19,806
Número de viviendas	4,229	4,603
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	91.17%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	81.55%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	16,515	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 37 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-01 del sector IV.

Figura 37

La población vs. Qmh vs. Año del RE-01, Sector IV



Fuente: Elaboración propia

De la figura 37 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-01 es deficiente, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. A partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-01 del sector IV es 168.7 l/s.

Sector V

- RE-11

En la tabla 29 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-11.

Tabla 29

Información base y parámetros del RE-11, Sector V

RE-11	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	12,238	13,320
Número de viviendas	2,844	3,095
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	89.63%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	79.02%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	7,840	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 38 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-11 del sector V.

- RE-21

En la tabla 30 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-21.

Tabla 30

Información base y parámetros del RE-21, Sector V

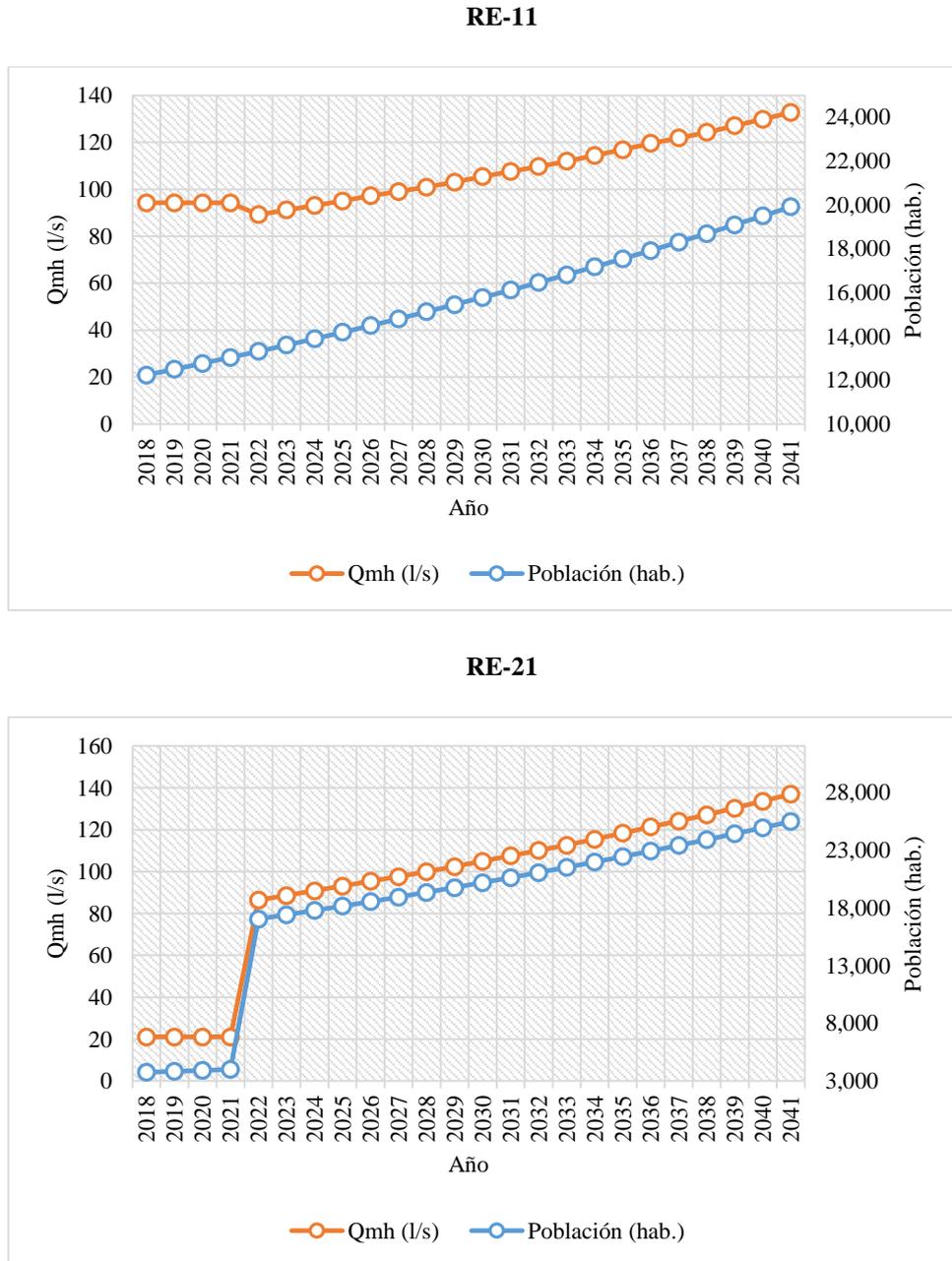
RE-21	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	3,765	4,098
Número de viviendas	875	952
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	82.48%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	74.14%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	2,358	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 38 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-21 del sector V.

Figura 38

La población vs. Qmh vs. Año del RE-11 y RE-21, Sector V



Fuente: Elaboración propia

De la figura 38 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-11 es deficiente, ya que los valores del caudal máximo horario (Qmh) son levemente elevados teniendo en cuenta la población

abastecida. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-11 del sector V es de 132.68 l/s.

En la figura 38 se observa que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-21 es deficiente, suministrando un caudal inferior a lo demandado. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-21 del sector V es de 137.02 l/s.

- REP-05

En la tabla 31 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-05.

Tabla 31

Información base y parámetros del REP-05, Sector V

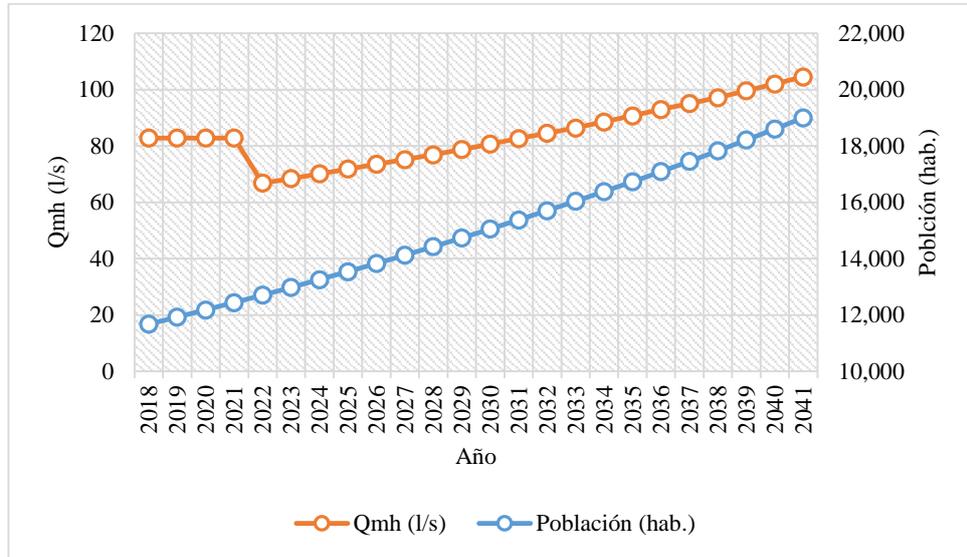
REP-05	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	11,674	12,706
Número de viviendas	2,713	2,953
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	84.25%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	79.71%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	10,216	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 39 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-05 del sector V.

Figura 39

La población vs. Qmh vs. Año del REP-05, Sector V



Fuente: Elaboración propia

De la figura 39 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua del RE-10 es deficiente, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-05 del sector V es 104.54 l/s.

SECTOR VI

- RE-02 Cortijo

En la tabla 32 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-02 Cortijo.

Tabla 32

Información base y parámetros del RE-02, Sector VI

RE-02 Cortijo	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	19,248	20,949
Número de viviendas	4,473	4,868
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	35.06%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	55.88%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	15,319	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 40 se muestra la variación del caudal máximo horario (Q_{mh}) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-02 del sector VI.

- RE-12 Grau

En la tabla 33 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-12 Grau.

Tabla 33

Información base y parámetros del RE-12, Sector VI

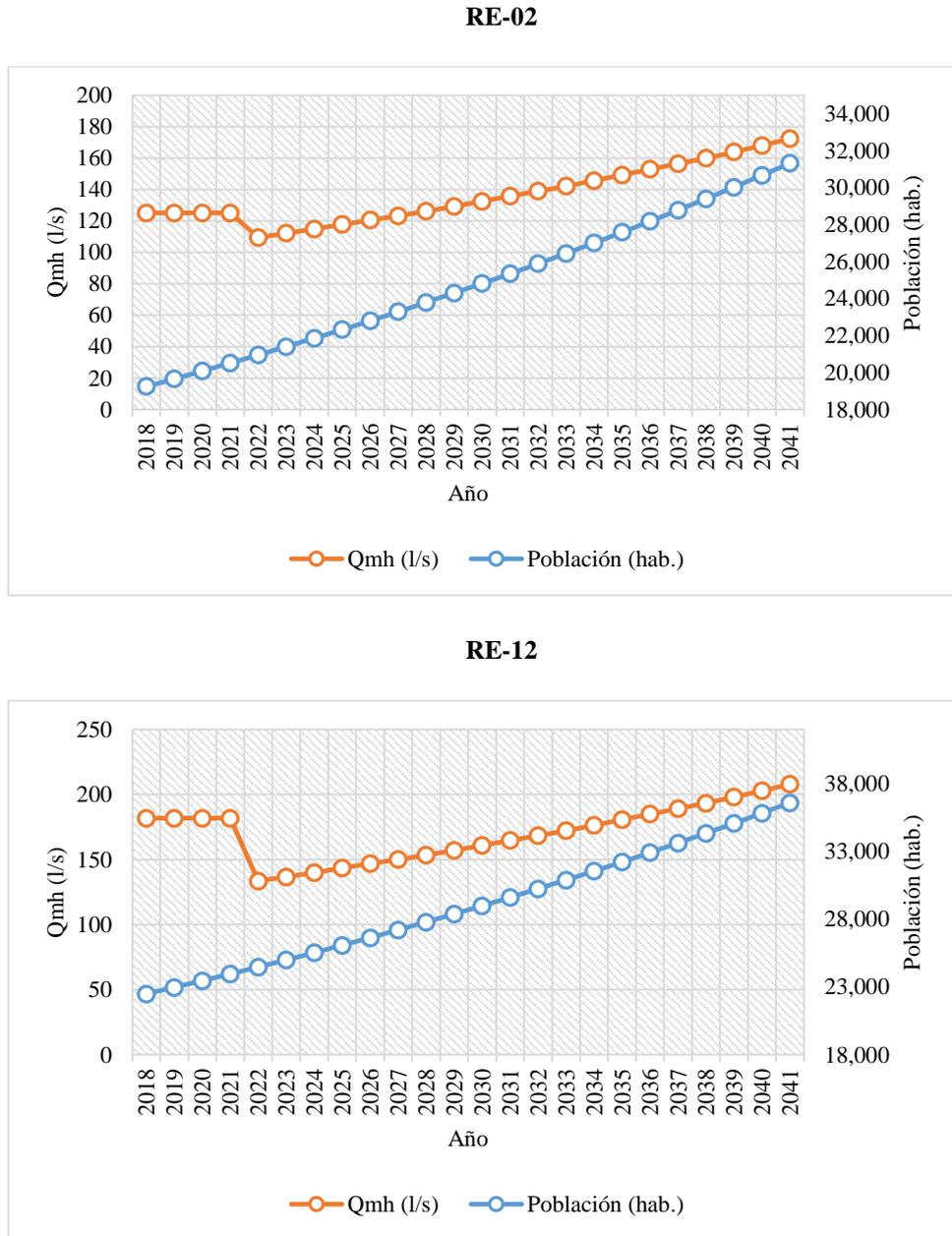
RE-12 Grau	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	22,484	24,471
Número de viviendas	5,225	5,687
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	70.17%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	59.41%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	21,610	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 40 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-12 del sector VI.

Figura 40

La población vs. Qmh vs. Año del RE-02 y RE-12, Sector VI



Fuente: Elaboración propia

De la figura 40 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua de los RE-02 y del RE-12 son deficientes, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de

abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-02 del sector VI es 172.28 l/s. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-12 del sector VI es 208.01 l/s.

- RE-13

En la tabla 34 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-13.

Tabla 34

Información base y parámetros del RE-13, Sector VI

RE-13	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	4,234	4,609
Número de viviendas	984	1,071
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	72.44%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	50.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	2,436	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 41 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-13 del sector VI.

- RE-20

En la tabla 35 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-20.

Tabla 35

Información base y parámetros del RE-20, Sector VI

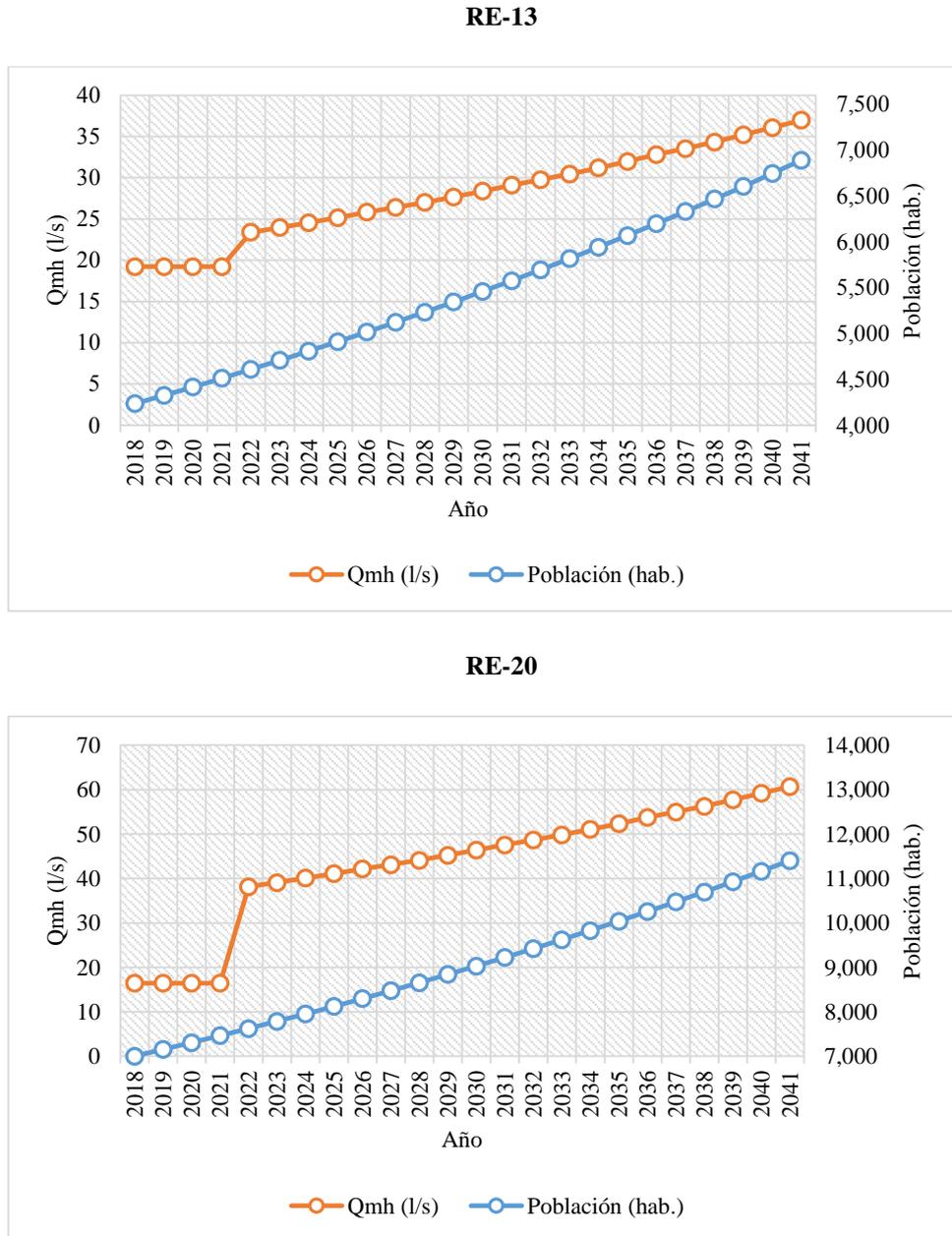
RE-20	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	7,005	7,625
Número de viviendas	1,628	1,772
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	93.88%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	60.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	2,109	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 41 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-20 del sector VI.

Figura 41

La población vs. Qmh vs. Año del RE-13 y RE-20, Sector VI



Fuente: Elaboración propia

De la figura 41 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua de los RE-13 y RE-20 son deficientes, suministrando un caudal inferior a lo demandado. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de

abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-13 del sector VI es 36.97 l/s. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-20 del sector VI es 60.66 l/s.

- REP-04

En la tabla 36 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-04.

Tabla 36

Información base y parámetros del REP-04, Sector VI

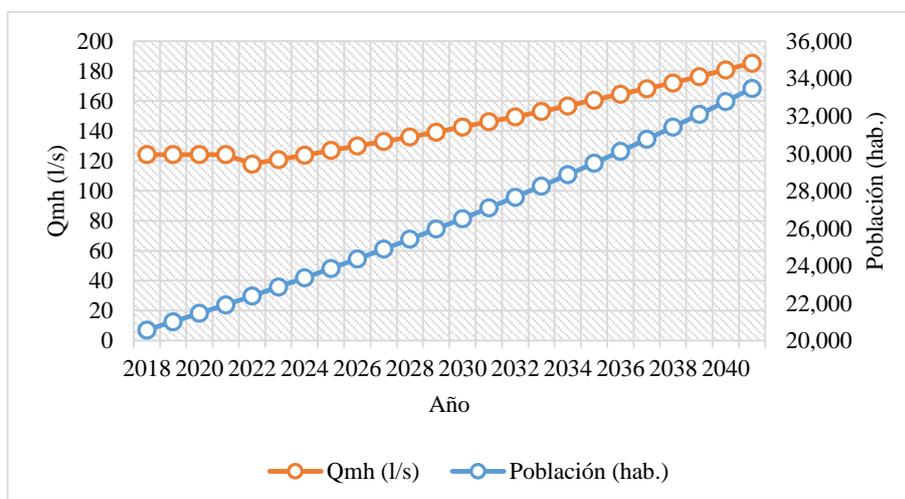
REP-04	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	20,569	22,387
Número de viviendas	4,780	5,202
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición domestico (%)	64.31%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	55.91%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	15,009	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 42 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-04 del sector VI.

Figura 42

La población vs. Qmh vs. Año del REP-04, Sector VI



Fuente: Elaboración propia

De la figura 42 podemos observar que en los primeros cuatro años los valores del caudal máximo horario (Qmh) son levemente elevados teniendo en cuenta la población proyectada abastecida. El sistema de agua está abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-04 del sector VI es 185.35 l/s.

SECTOR VII

- RE-06 Sagrado Corazón de Jesús

En la tabla 37 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-06 Sagrado Corazón de Jesús.

Tabla 37

Información base y parámetros del RE-06, Sector VII

RE-06 Sagrado Corazón de Jesús	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	28,220	30,714
Número de viviendas	6,558	7,138
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	67.93%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	62.42%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	20,651	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 43 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-06 del sector VII.

- RE-14 Las Mercedes

En la tabla 38 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-14 Las Mercedes.

Tabla 38

Información base y parámetros del RE-14, Sector VII

RE-14 Las Mercedes	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	11,261	12,257
Número de viviendas	2,617	2,848
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	49.35%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	50.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	8,963	

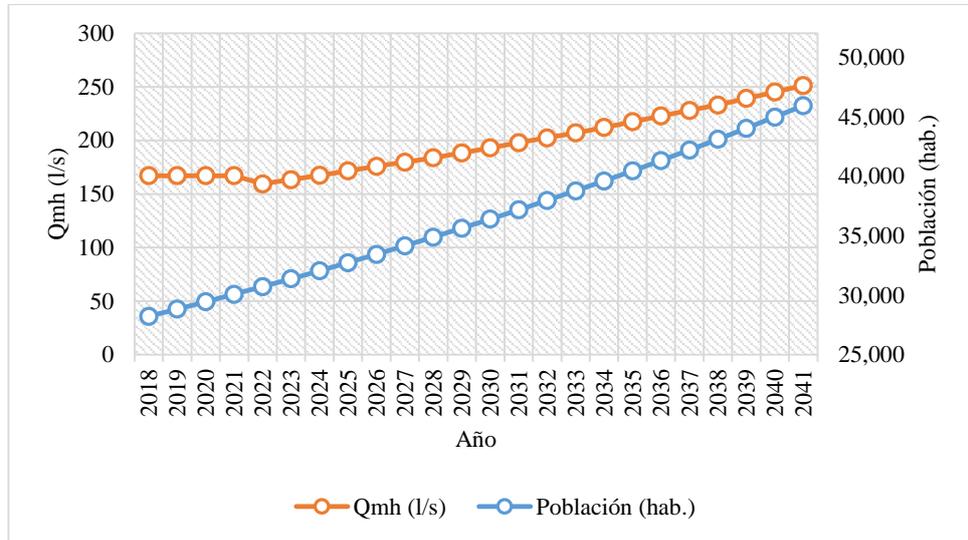
Fuente: Elaboración propia

En la figura 43 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-14 del sector VII.

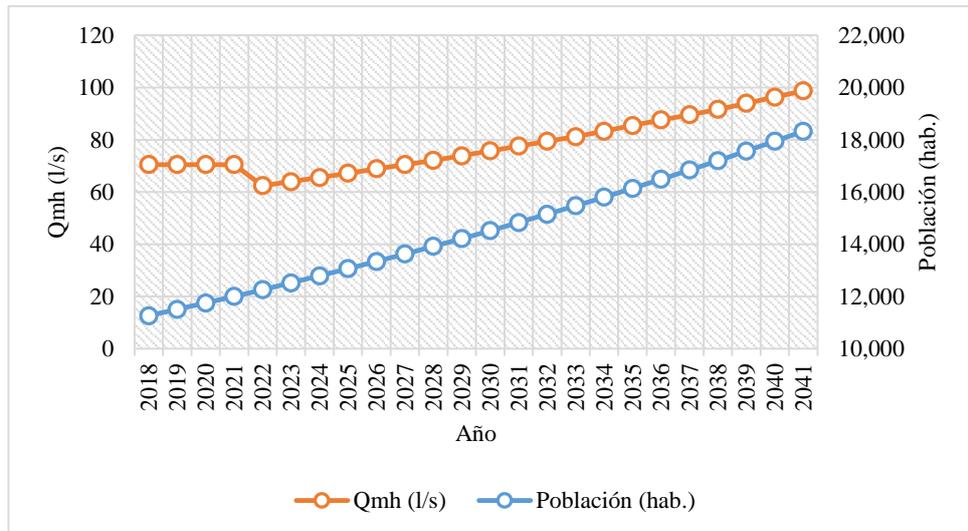
Figura 43

La población vs. Qmh vs. Año del RE-06 y RE-14, Sector VII

RE-06



RE-14



Fuente: Elaboración propia

De la figura 43 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua de los RE-06 y del RE-14 son deficientes, abasteciendo volúmenes de agua por exceso. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-06 del sector VII es 251.37 l/s. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-14 del sector VII es 98.77 l/s.

- RE-15 Tacala

En la tabla 39 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del RE-15 Tacala.

Tabla 39

Información base y parámetros del RE-15, Sector VII

RE-15 Tacala	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	7,332	7,981
Número de viviendas	1,704	1,855
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	71.15%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	69.23%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	2,879	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 44 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del RE-15 del sector VII.

- REP-06 Ciudad del Niño

En la tabla 40 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-06 Ciudad del Niño.

Tabla 40

Información base y parámetros del REP-06, Sector VII

REP-06 Ciudad del Niño	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	19,299	21,005
Número de viviendas	4,485	4,881
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	68.35%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	80.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	2,474	

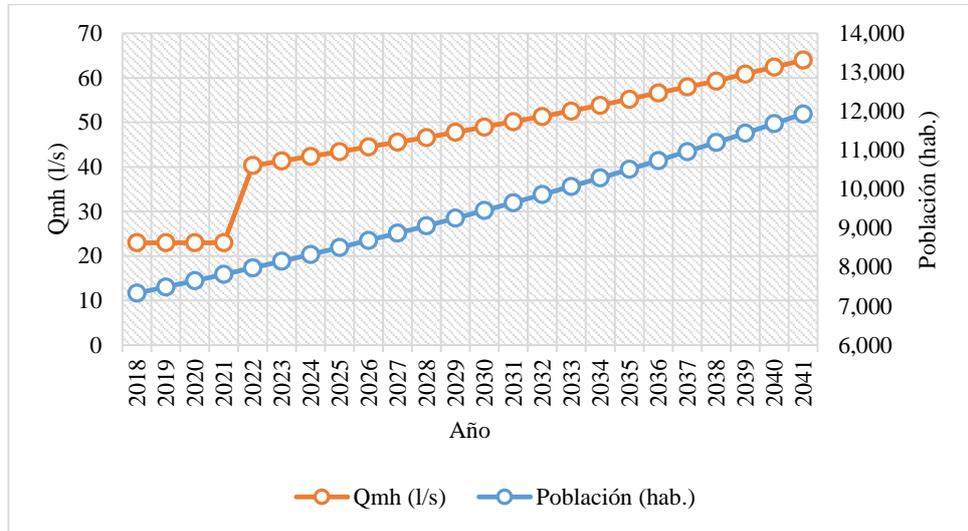
Fuente: Elaboración propia

En la figura 44 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-06 del sector VII.

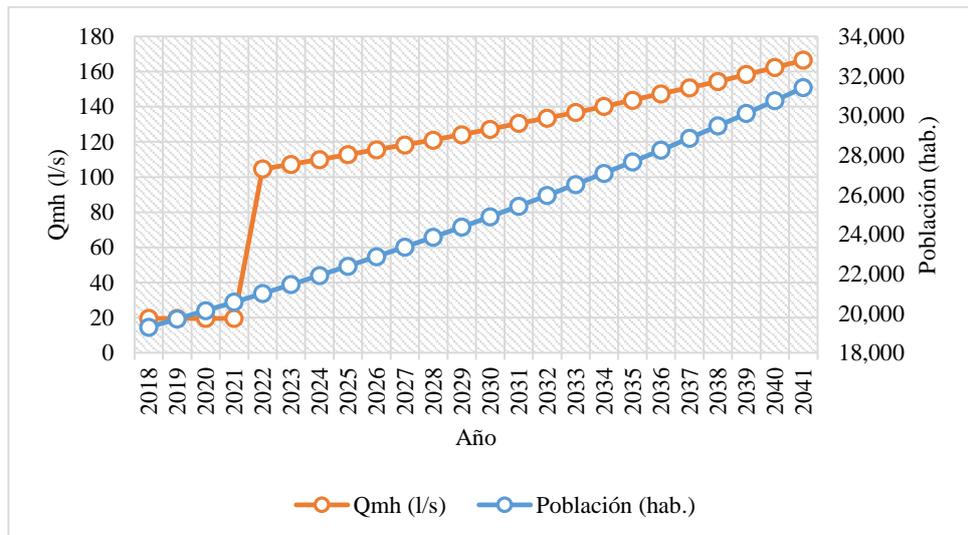
Figura 44

La población vs. Qmh vs. Año del RE-15 y REP-06, Sector VII

RE-15



REP-06



Fuente: Elaboración propia

De la figura 44 podemos observar que en los primeros cuatro años el sistema de agua de los RE-15 y del REP-06 son deficientes, suministrando un caudal inferior a lo demandado. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del RE-15 del sector VII es 63.99 l/s. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-06 del sector VII es 166.5 l/s.

Sector VIII

- REP-11

En la tabla 41 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-11.

Tabla 41

Información base y parámetros del REP-11, Sector VIII

REP-11	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	693	738
Número de viviendas	161	172
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	0.00%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	0.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	0	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 42 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto del REP-11 del sector VIII.

- REP-12

En la tabla 42 se presenta la información base y los parámetros a utilizar del REP-12.

Tabla 42

Información base y parámetros del REP-12, Sector VIII

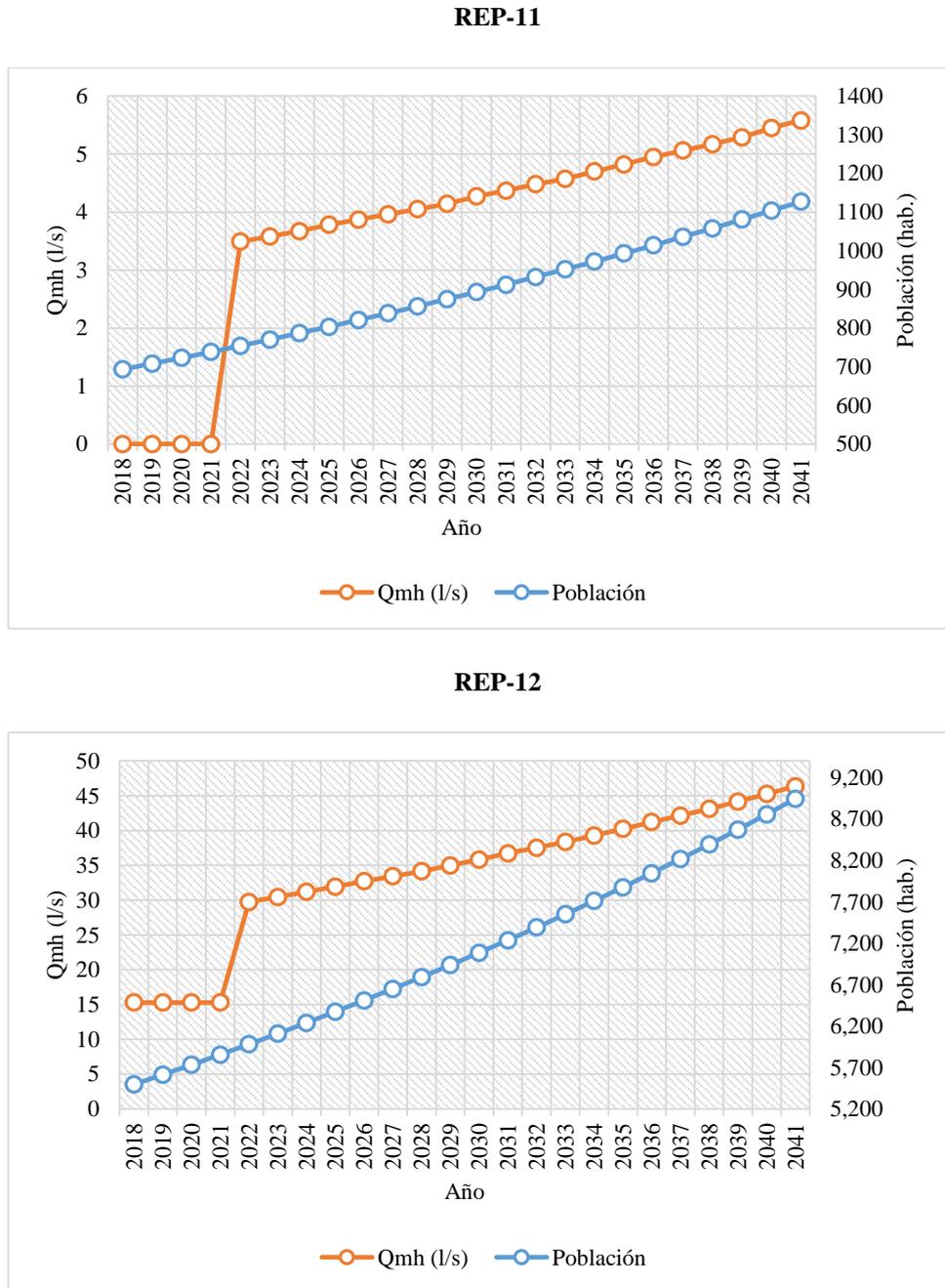
REP-12	Sin Proyecto	Con Proyecto
Población actual (habitantes)	5,495	5,855
Número de viviendas	1,277	1,361
Tasa de crecimiento de la población (%)	2.14	2.14
Densidad por lote (hab/lote)	4.30	4.30
Porcentaje de pérdidas	47.17%	20%
Micromedición doméstico (%)	86.68%	100%
Micromedición comercial industrial (%)	75.00%	100%
Población actual con conexiones agua (red pública)	1,713	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 45 se muestra la variación del caudal máximo horario (Qmh) a través de los años de proyección del proyecto con respecto a la población futura del área de influencia del REP-12 del sector VIII.

Figura 45

La población vs. Qmh vs. Año del REP-11 y REP-12, Sector VIII



Fuente: Elaboración propia

De la figura 45 podemos observar que en los primeros cuatro años del REP-11, los valores del caudal máximo horario (Qmh) son nulos, pues es un sector de ampliación debido al incremento poblacional de Piura y no cuenta con conexiones de ningún tipo. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima diseñada para la población proyectada en esta área de influencia. El máximo valor del caudal

máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-11 del sector VIII es 5.58 l/s.

Además, en la figura 45 también se observa que en los primeros cuatro años del REP-12, los valores del caudal máximo horario (Qmh) son menores, pues es un sector de ampliación, pero cuenta con conexiones tipo domésticas, algunas tipo comercial, estatal y social. Sin embargo, a partir del año 2022 el sistema de abastecimiento estará funcionando de manera óptima diseñada para la población proyectada en esta área de influencia. El máximo valor del caudal máximo horario (Qmh) para los años de proyección del REP-12 del sector VIII es 46.37 l/s.

f) Distribución de caudales en el tiempo

En la tabla 43 se muestran los caudales máximos horarios (Qmh) que se tienen en las redes de agua potable para el año 0 (2018), año 1 (2022) y año 20 (2041).

Tabla 43

Caudales máximos horarios para el año 0, año 1 y el año 20

Sector	Código	Qmh (l/s)	Qmh (l/s)	Qmh (l/s)
		Año 0	Año 1	Año 20
Sector I	RE-07	187.11	127.85	173.57
	RE-08	163.33	112.7	159.39
	RE-10	335.29	226.31	294.19
	RE-16	49.34	74.11	117.04
	REP-02	186.14	135.94	210.44
Sector II	RE-04	210.67	147.56	217.62
	RE-05	146.66	113.24	174.01
	RE-17	17.78	13.09	20.56
	RE-19	0.34	12.76	20.25
	REP-01A	218.72	156.40	242.71
	REP-01B	121.99	136.08	211.90
	REP-03	172.35	125.15	192.15
	REP-10	9.52	75.28	119.14
Sector III	RE-03	205.74	155.95	242.30
	RE-18	43.83	33.25	52.29
	REP-07	123.34	165.04	261.67
	REP-08	163.84	119.18	182.48
Sector IV	RE-01	145.87	110.77	168.70
Sector V	RE-11	94.19	89.17	132.68
	RE-21	21.06	86.45	137.02
	REP-05	82.82	66.85	104.54
Sector VI	RE-02	125.03	109.44	172.28
	RE-12	181.84	133.58	208.01
	RE-13	19.22	23.38	36.97
	RE-20	16.47	38.16	60.66
	REP-04	124.27	117.99	185.35
Sector VII	RE-06	167.04	159.48	251.37
	RE-14	70.51	62.41	98.77
	RE-15	22.99	40.34	63.99
	REP-06	19.62	104.56	166.50
Sector VIII	REP-11	0	3.49	5.58
	REP-12	15.30	29.74	46.37

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 43, para el año 20 el sector de mayor consumo es el sector I, siendo el RE-10 con 294.19 l/s; y el sector de menor consumo es el sector VIII, siendo el REP-11 con 5.58 l/s.

La demanda de agua para el año 0 (2021) es 6,481,275.84 m³/mes, que equivale a 2500.49 l/s.

5.3 Aplicación modelos numéricos para el análisis óptimo de la sectorización

5.3.1 Modelamiento numérico del sistema de agua potable

Según la norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones el sistema de agua potable debe funcionar con un rango de presiones de 10 a 50 m.c.a., velocidades entre 0.6 m/s a 6 m/s, en tal sentido se realizó el modelamiento numérico.

El sistema actual es un sistema existente, por lo que no podremos manipular los diámetros de las tuberías para lograr obtener las velocidades óptimas según la Norma OS.10. En tal sentido, se procederá a modelar con los diámetros existentes en la zona de estudio.

Para la modelación se utilizaron diámetros internos del material PVC NTP ISO 1452:2011. Se consideró además un coeficiente de fricción “C” de Hazen Williams de 140 como tubería de PVC. En la tabla 44 se muestra los diámetros internos según clase PVC. Se observa que para las troncales estratégicas se tiene tuberías PVC Clase 10 y para las redes matrices y secundarias PVC Clase 7.5.

Tabla 44

Diámetros internos según su Clase PVC

DN (mm)	Clase 7.5		Clase 10	
	e (mm)	Di (mm)	e (mm)	Di (mm)
400	14.5	371.0	19.1	361.8
355	12.9	329.2	16.9	321.2
315	11.4	292.2	15	285.0
250	9.1	231.8	11.9	226.2
200	7.3	185.4	9.6	180.8
160	5.8	148.4	7.7	144.6
140	5.1	129.8	6.7	126.6
110	4	102.0	5.3	99.4
90	3.3	83.4	4.3	81.4
75	2.8	69.4	3.6	67.8
63	2.3	58.4	3	57.0

Fuente: Elaboración propia

Donde: *DN* es el diámetro nominal de la tubería, *e* el espesor y *Di* es el diámetro interno de la tubería.

5.3.2 Distribución de caudales

Para calcular el caudal unitario de un sector de abastecimiento el reservorio se consideró a partir de los siguientes factores:

- El número total de lotes del sector de abastecimiento para el reservorio.
- El caudal máximo horario se obtuvo del cuadro de proyección de la demanda de agua potable por cada sector de abastecimiento.
- Se ha diseñado las redes primarias y redes matrices para el escenario del año 0, año 1 y el año 20 con el caudal máximo horario.

Para el cálculo del caudal del nodo y unitario se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$Q_i = Q_u * A_i \quad (48)$$

$$Q_u = Q_t / A_t \quad (49)$$

Donde: Q_u es el caudal unitario superficial (L/s/Ha), Q_i el caudal en el nudo i (L/s), Q_t el caudal máximo horario del proyecto (L/s), A_i el área de influencia del nudo “ i ” (Ha) y A_t el área superficial total del proyecto (Ha)

5.3.3 El modelo hidráulico

El modelo hidráulico se realizará para cada sector de abastecimiento de agua. El análisis estático se desarrolló en función del área de influencia que es abastecida por un reservorio.

Para la sectorización de los sectores se ha considerado la utilización de válvulas de control de flujo (FCV), estas se abren o se cierran según el flujo requerido en el área de influencia del reservorio, para poder garantizar un abastecimiento permanente de agua potable. Además, se han considerado dos alternativas de sectorización para cada área de influencia, que serán comparadas y posteriormente seleccionaremos la mejor en cuanto a presiones.

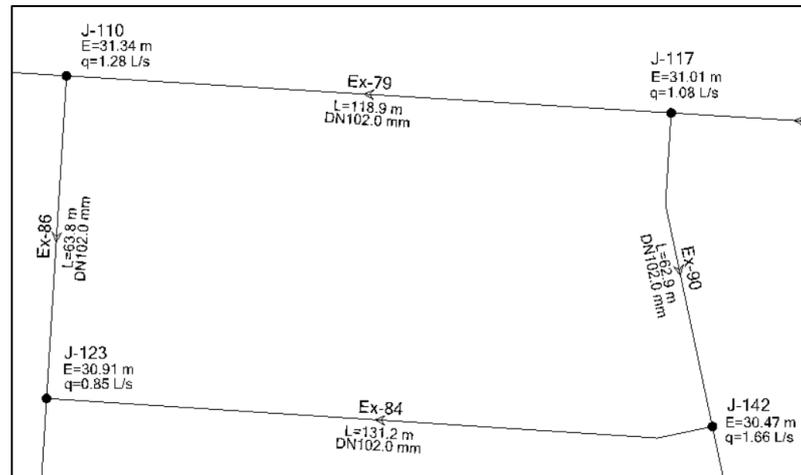
Sector I

- RE-07

En la figura 46 se muestran los datos de las tuberías y de los nodos de una malla cerrada del RE-07 del sector I. Donde: L es la longitud de la tubería, E es la elevación del nodo, q es la demanda en el nodo, el punto de color negro es el nodo y las flechas indican el sentido del flujo en la tubería.

Figura 46

Malla cerrada del RE-07, sector I

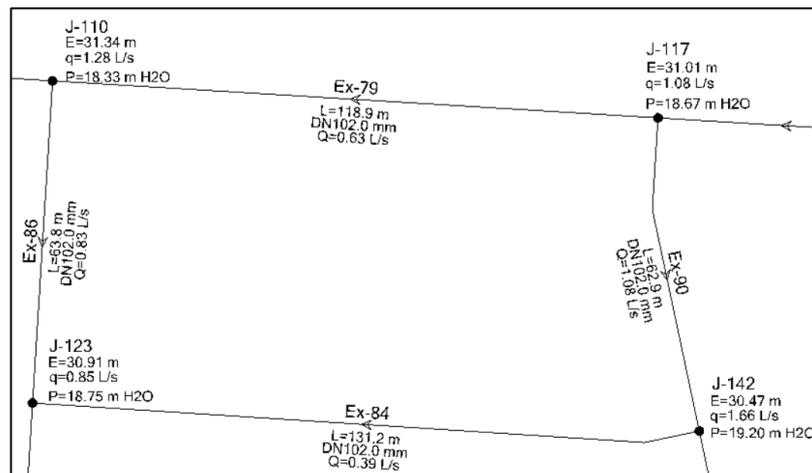


Fuente: Elaboración propia

En la figura 47 se muestran los valores de caudales en las tuberías y las presiones en cada nodo en la malla seleccionada del RE-07 del sector I.

Figura 47

Modelamiento de la malla cerrada del RE-07, sector I



Fuente: Elaboración propia

De la figura 47 se observa que los valores de las presiones en cada nodo están en el rango mínimo de 18.33 m.c.a. y el máximo 19.20 m.c.a., lo permitido por la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la tabla 45 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-07 del sector I.

Tabla 45

Resultados de los nodos analizados del RE-07 del sector I

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	29.47	0.92	47.27	17.76
J-2	29.47	1.45	47.27	17.76
J-3	30.94	0.12	49.79	18.82
J-4	30.98	0.26	49.79	18.77
J-5	31.24	0.37	49.79	18.51
J-6	29.26	0.35	47.22	17.93
J-7	29.19	0.18	47.22	18.00
J-8	32.86	0.49	47.05	14.16
J-9	32.87	0.41	47.05	14.15
J-10	28.92	0.49	47.23	18.28
J-11	28.92	0.01	47.23	18.28
J-12	30.40	0.95	46.56	16.12
J-13	32.21	1.02	46.65	14.41
J-14	32.24	0.74	46.65	14.38
J-15	28.49	0.44	47.38	18.85
J-16	28.48	0.42	47.38	18.86
J-17	30.49	0.25	46.58	16.06
J-18	30.47	0.74	46.58	16.08
J-19	29.47	0.01	47.91	18.40
J-20	29.45	0.05	47.89	18.40

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 46 se muestran los datos de longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 46

Resultados de las tuberías analizadas del RE-07 del sector I

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro Nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-14	6.2	160	148.4	39.39	2.28
M-17	11.8	160	148.4	39.3	2.27
Ex-286	49.6	355	321.2	173.57	2.14
P-15	10.1	355	321.2	173.57	2.14
P-16	14.8	315	285	120.67	1.89
M-16	31.2	160	148.4	30.14	1.74
M-12	19.7	160	148.4	29.58	1.71
P-19	8.5	250	226.2	67.81	1.69
P-20	8.3	250	231.8	67.81	1.61
M-15	210.8	160	148.4	27.06	1.56

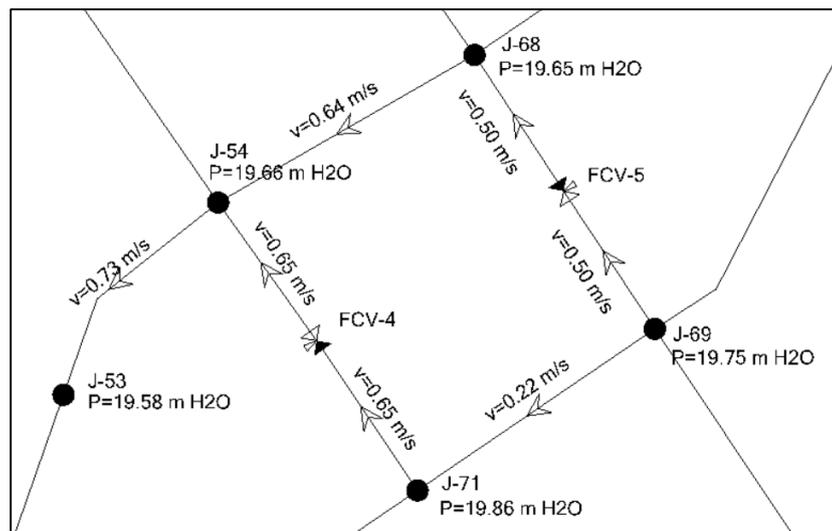
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 45 y 46 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16 m.c.a y 19 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 48 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-4 y FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 48

Implementación de las válvulas FCV-4 y FCV-5 para el RE-07, sector I



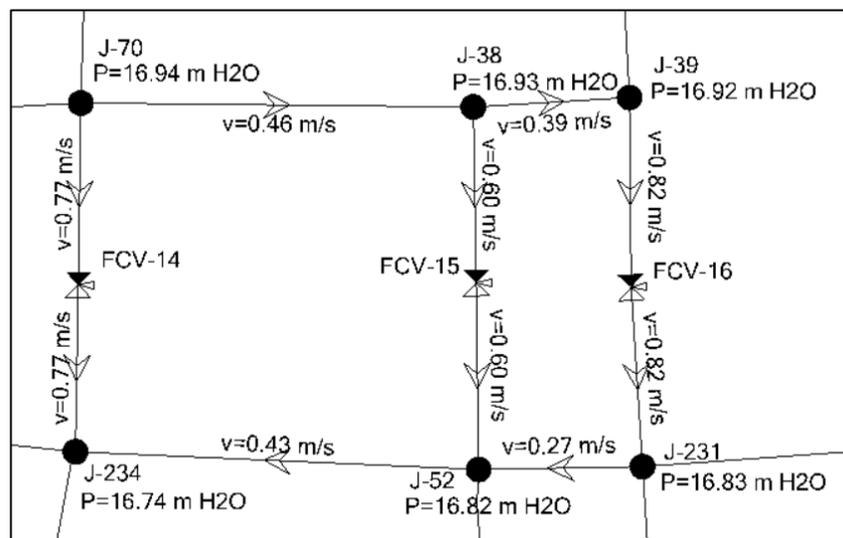
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.58 m.c.a. y 19.86 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.22 m/s y 0.73 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 49 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-14, FCV-15 y FCV-16 en una malla dentro del sistema.

Figura 49

Implementación de las válvulas FCV-14, FCV-15 y FCV-16 para el RE-07, sector I



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 16.79 m.c.a. y 16.94 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.27 m/s y 0.82 m/s.

- RE-08

En la tabla 47 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-08 del sector I.

Tabla 47

Resultados de los nodos analizados del RE-08 del sector I

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-46	31.43	0.4	47.53	16.07
J-47	31.42	0.26	47.53	16.08
J-48	33.02	0.04	50.59	17.53
J-49	33.01	0.28	50.58	17.53
J-50	29.49	0.14	49.42	19.89
J-52	29.49	0.19	49.45	19.91
J-54	32.69	0.43	47.57	14.84
J-55	32.68	0.16	47.57	14.85
J-56	33.5	0.16	47.65	14.12
J-57	33.51	0.46	47.65	14.11
J-58	31.58	0.44	47.61	15.99
J-59	31.6	0.22	47.61	15.98
J-60	33	0.01	47.55	14.52
J-61	33	0.18	47.55	14.52
J-62	28.5	0.18	50.31	21.77
J-63	28.5	0.33	50.31	21.77
J-64	33.02	0.19	47.86	14.81
J-66	32.45	0.84	48.21	15.73
J-68	33.25	0.39	47.55	14.27
J-69	33.27	0.02	47.56	14.26

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 48

Resultados de las tuberías analizadas del RE-08 del sector I

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-15	218.7	200	180.8	38.71	1.51
P-16	5.0	200	185.4	38.71	1.43
Ex-100	38.3	160	148.4	21.37	1.24
P-21	78.3	160	148.4	20.96	1.21
Ex-262	265.3	160	148.4	20.66	1.19
P-23	9.5	160	148.4	18	1.04
P-18	346.6	315	285	63.96	1
Ex-99	9.6	160	148.4	17.19	0.99
P-19	5.3	315	292.2	63.96	0.95
M-34	63.3	160	148.4	15.44	0.89

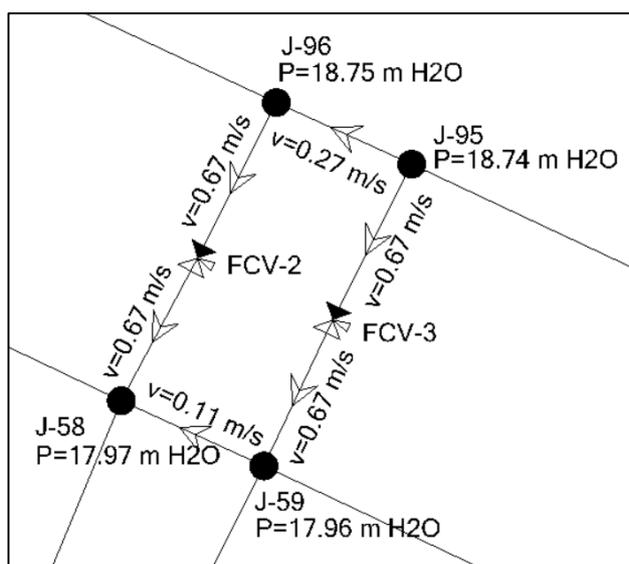
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 47 y 48 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 14 m.c.a y 22 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 50 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-2 y FCV-3 en una malla dentro del sistema.

Figura 50

Implementación de las válvulas FCV-2 y FCV-3 para el RE-08, sector I



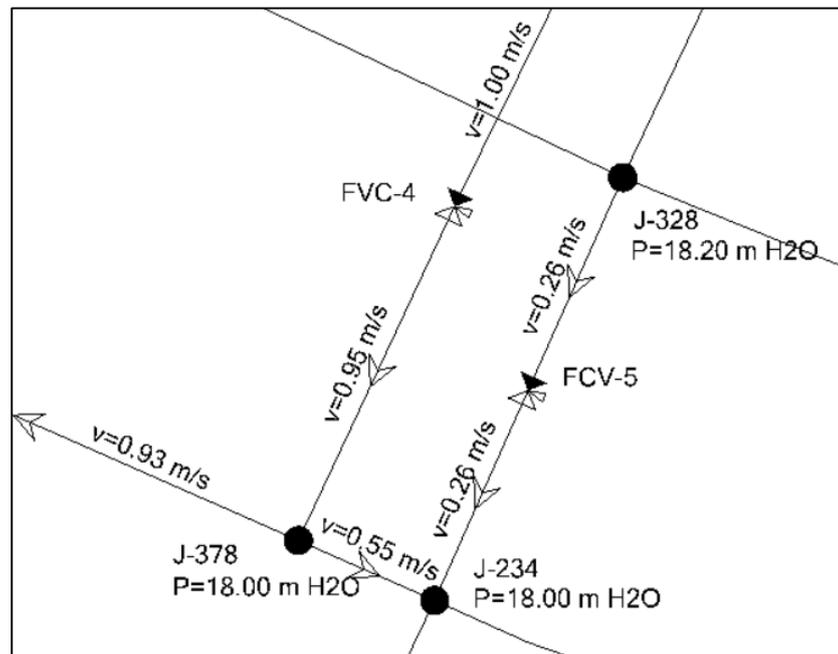
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 17.96 m.c.a. y 18.75 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.11 m/s y 0.67 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 51 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FVC-4 y FVC-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 51

Implementación de las válvulas FVC-4 y FVC-5 para el RE-08, sector I



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 18.00 m.c.a. y 18.20 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.26 m/s y 1.00 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- RE-10

En la tabla 49 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-10 del sector I.

Tabla 49

Resultados de los nodos analizados del RE-10 del sector I

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-3	31.5	0.78	48.38	16.84
J-4	31.47	0.35	48.37	16.87
J-5	28.53	0.59	47.83	19.26
J-6	28.49	0.56	47.82	19.29
J-7	29.68	0.61	47.6	17.88
J-8	29.69	0.79	47.6	17.87
J-11	30.48	0.83	48.37	17.85
J-12	30.45	0.96	48.36	17.87
J-13	27.98	0.52	47.19	19.16
J-14	27.97	0.37	47.19	19.18
J-16	30.92	0.45	50.43	19.47
J-17	31.9	0.7	48.53	16.6
J-18	31.81	0.43	48.53	16.68
J-20	30.03	0.23	50.43	22.36
J-21	31.05	0.55	48.38	17.3
J-22	31.04	0.53	48.38	17.31
J-23	30.88	0.26	48.49	17.57
J-24	30.93	0.42	48.5	17.53
J-25	30.01	0.6	47.62	17.57
J-26	30.05	0.88	47.61	17.53

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 50 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 50

Resultados de las tuberías analizadas del RE-10 del sector I

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-430	8.5	160	148.4	30.74	1.78
M-6	16.5	160	148.4	30.32	1.75
M-3	2.6	315	285	106.58	1.67
P-41	284.4	315	285	105.9	1.66
M-4	2.8	315	292.2	106.58	1.59
P-42	14.0	315	292.2	105.9	1.58
P-45	12.9	160	148.4	26.53	1.53
P-36	28.8	250	231.8	61.32	1.45
M-8	6.6	250	231.8	61.19	1.45
M-12	5.9	250	231.8	57.24	1.36

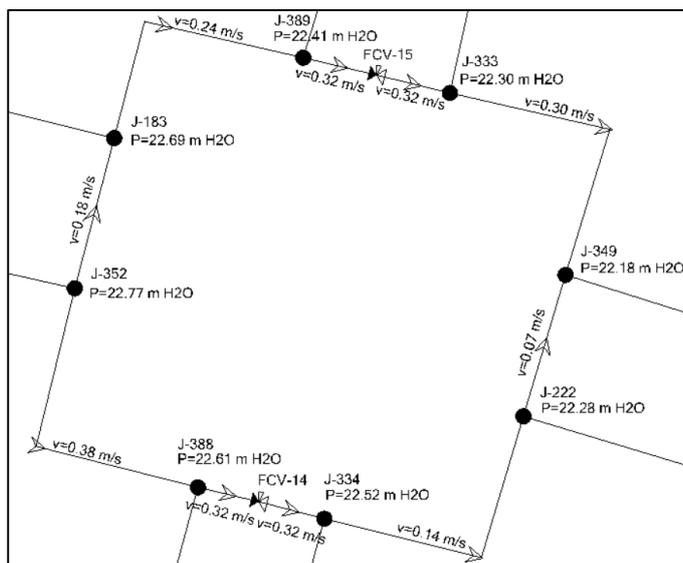
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 51 y 52 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16.50 m.c.a. y 22 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 52 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-14 y FCV-15 en una malla dentro del sistema.

Figura 52

Implementación de las válvulas FCV-14 y FCV-15 para el RE-10, sector I



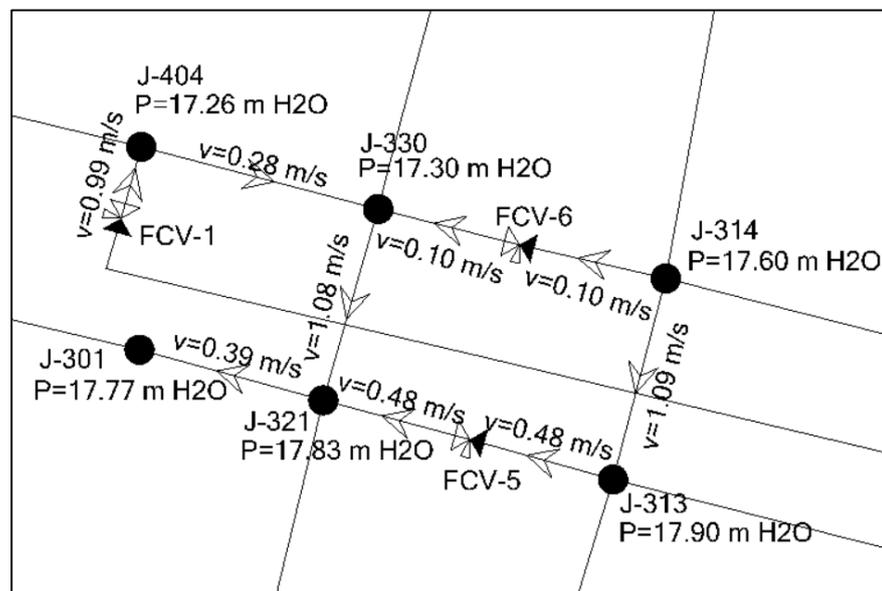
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 22.18 m.c.a. y 22.77 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.07 m/s y 0.38 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 53 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-1, FCV-5 y FCV-6 en una malla dentro del sistema.

Figura 53

Implementación de las válvulas FCV-1, FCV-5 y FCV-6 para el RE-10, sector I



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 17.26 m.c.a. y 17.90 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.28 m/s y 1.09 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- RE-16

En la tabla 51 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-16 del sector I.

Tabla 51

Resultados de los nodos analizados del RE-16 del sector I

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	29.62	0.12	53.03	23.36
J-2	29.58	0.01	53.04	23.4
J-3	27.95	0.13	50.25	22.26
J-4	27.98	0.19	50.25	22.22
J-5	26.93	0.71	49.83	22.86
J-6	26.87	0.02	49.73	22.81
J-9	28.55	0.23	52.29	23.69
J-10	28.63	0.11	52.5	23.82
J-11	27.35	0.18	50.12	22.73
J-12	27.43	0.39	49.94	22.46
J-13	28.77	0.24	52.86	24.04
J-14	26.62	0.17	49.46	22.79
J-15	26.6	0.24	49.46	22.81
J-16	26.64	0.21	49.47	22.78
J-17	27.09	0.11	49.45	22.31
J-18	30.00	0.3	49.48	19.45
J-19	27.08	0.44	48.17	21.05
J-20	26.97	0.21	48.3	21.29
J-21	26.67	0.3	49.48	22.77
J-22	27.66	0.55	50.29	22.59

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 52 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 52

Resultados de las tuberías analizadas del RE-16 del sector I

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-2	23.3	315	285	117.04	1.83
P-3	22.3	315	285	117.04	1.83
P-12	2.1	110	102	14.02	1.72
P-13	155.9	250	226.2	61.04	1.52
Ex-21	4.3	160	148.4	25.78	1.49
P-16	27.6	250	226.2	56	1.39
P-17	3.9	250	231.8	56	1.33
Ex-81	6.2	110	102	10.37	1.27
Ex-89	49.9	110	102	10.35	1.27
Ex-88	40.2	110	102	10.12	1.24

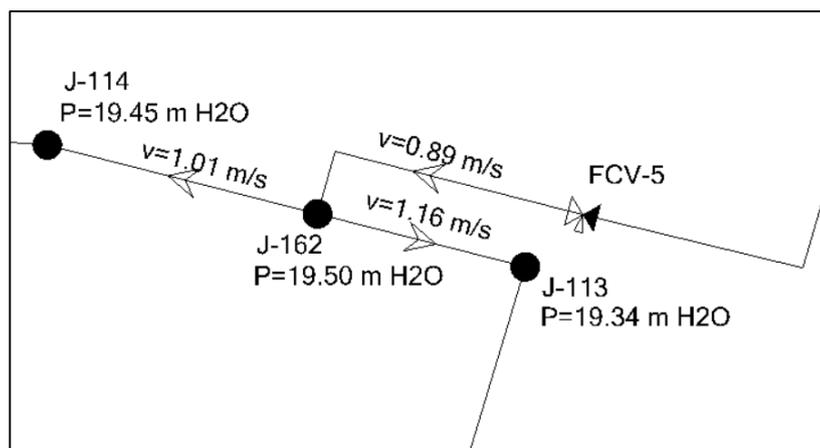
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 51 y 52 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 19.40 m.c.a. y 24 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 54 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 54

Implementación de la válvula FCV-5 para el RE-16, sector I



Fuente: Elaboración propia

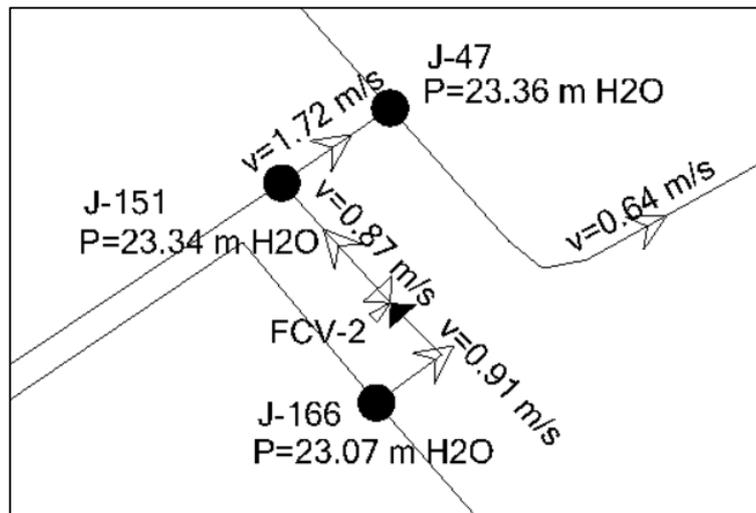
Se observa que los valores de las presiones están entre 19.34 m.c.a. y 19.50 m.c.a. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.89 m/s y

1.16 m/s. Los valores de las velocidades resultan mayores que 0.6 m/s. y las presiones dentro del rango permitido según la Norma OS.10, lo cual demuestra la óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 55 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 55

Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-16, sector I



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 23.07 m.c.a. y 23.36 m.c.a. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.64m/s y 1.72 m/s. Los valores de las velocidades resultan mayores que 0.6 m/s. y las presiones dentro del rango permitido según la Norma OS.10, lo cual demuestra la óptima sectorización del área de influencia.

- REP-02

En la tabla 53 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-02 del sector I.

Tabla 53

Resultados de los nodos analizados del REP-02 del sector I

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	30.29	0.05	52.11	21.77
J-2	30.23	0.28	52.06	21.78
J-3	29.42	0.17	51.19	21.72
J-4	29.38	0.25	51.04	21.61
J-5	32.45	0.45	50.5	18.01
J-6	32.38	0.42	50.44	18.03
J-7	27.22	0.46	50.34	23.07
J-8	27.76	0.67	50.29	22.49
J-9	29.66	0.5	49.38	19.68
J-10	29.97	0.58	49.39	19.38
J-11	28.3	0.44	49.65	21.3
J-12	27.42	0.39	49.67	22.2
J-13	26	0.36	49.84	23.8
J-14	26	0.03	49.92	23.87
J-15	29.33	0.69	49.66	20.29
J-16	29.32	0.42	49.65	20.29
J-17	31.17	0.74	49.56	18.35
J-18	31.5	0.37	49.58	18.05
J-19	30.97	0.77	50.45	19.44
J-20	31.05	1.32	49.71	18.62

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 54 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 54

Resultados de las tuberías analizadas del REP-02 del sector I

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-8	17.9	160	148.4	39.97	2.31
P-39	54.2	400	361.8	210.44	2.05
Ex-475	46.7	110	102	16.52	2.02
Ex-161	51.7	110	102	15.7	1.92
P-43	138.9	315	285	119.56	1.87
P-40	114.5	315	285	119.56	1.87
M-9	25.8	160	148.4	30.35	1.75
P-44	3.9	250	226.2	70.52	1.75
M-4	7.0	200	185.4	46.84	1.74
P-45	3.9	250	231.8	70.52	1.67

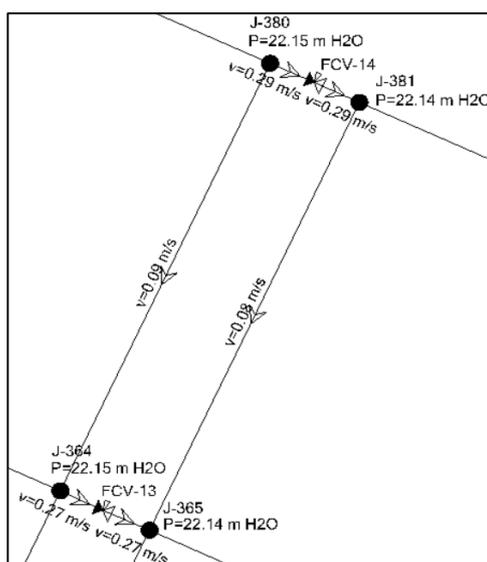
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 53 y 54 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 18.62 m.c.a. y 23 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 56 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-13 y FCV-14 en una malla dentro del sistema.

Figura 56

Implementación de las válvulas FCV-13 y FCV-14 para el REP-02, sector I



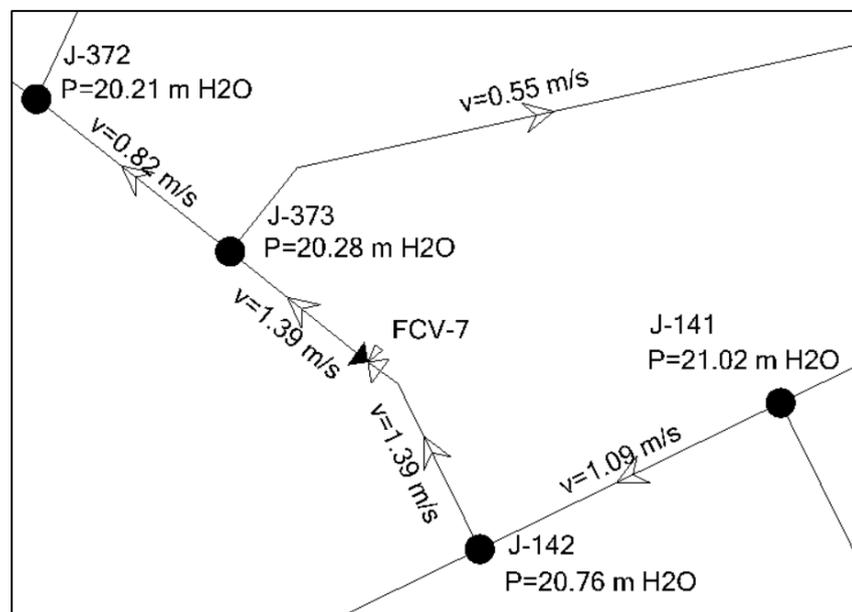
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 22.14 m.c.a. y 22.15 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.08 m/s y 0.29 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 57 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-7 en una malla dentro del sistema.

Figura 57

Implementación de la válvula FCV-7 para el REP-02 del sector I



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.21 m.c.a. y 21.02 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.55 m/s y 1.39 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la tabla 55 se puede observar los datos de los niveles de agua dentro de cada tanque, así como el caudal que abastecerá a cada área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 55*Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector I*

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
RE-07	49.58	50.84	57.25	3.05	173.57	50.84
RE-08	50.99	52.51	58.96	3.05	159.39	52.51
RE-10	52.66	53.63	60.23	3.05	117.04	53.63
RE-16	49.87	51.37	53.75	3.05	294.19	51.37
REP-02	52.98	54.71	62.21	3.05	210.44	54.71

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 55 podemos observar que los caudales que abastecerán a los reservorios del Sector I oscilan entre 117.04 l/s y 294.19 l/s. Además, todos los reservorios son circulares de diámetro 3.05m.

Sector II

- **RE-04**

En la tabla 56 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-04 del sector II.

Tabla 56

Resultados de los nodos analizados del RE-04 del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	35.00	0.35	54.8	19.76
J-2	35.00	0.02	54.72	19.68
J-3	34.13	0.05	55.89	21.71
J-4	34.16	0.05	55.68	21.48
J-5	35.27	0.99	55.56	20.26
J-6	35.23	0.3	55.56	20.29
J-7	32.13	0.64	50.67	18.5
J-8	32.20	0.15	50.67	18.44
J-9	34.95	0.06	55.38	20.39
J-10	35.00	0.14	55.37	20.33
J-11	34.91	0.27	47.62	12.69
J-12	34.95	2.99	47.62	12.64
J-13	36.51	0.15	55.35	18.81
J-14	36.53	0.16	55.35	18.78
J-15	34.32	0.15	54.3	19.93
J-16	34.28	0.04	54.3	19.98
J-17	36.21	0.24	52.89	16.65
J-18	36.19	0.17	52.89	16.68
J-19	36.18	0.16	52.85	16.63
J-20	36.18	0.27	52.83	16.62

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 57 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 57

Resultados de las tuberías analizadas del RE-04 del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-314	33.2	160	148.4	37.55	2.17
Ex-681	37.2	400	361.8	217.62	2.12
Ex-333	54.1	110	102	16.31	2.00
Ex-638	3.7	160	148.4	30.51	1.76
Ex-679	36.4	250	226.2	69.39	1.73
EX-680	6.7	160	148.4	69.39	1.64
Ex-635	13.9	250	231.8	13.05	1.6
Ex-286	157.1	110	102	12.46	1.52
M-315	50.5	110	102	26.28	1.52
P-5	29.2	160	148.4	60.75	1.51

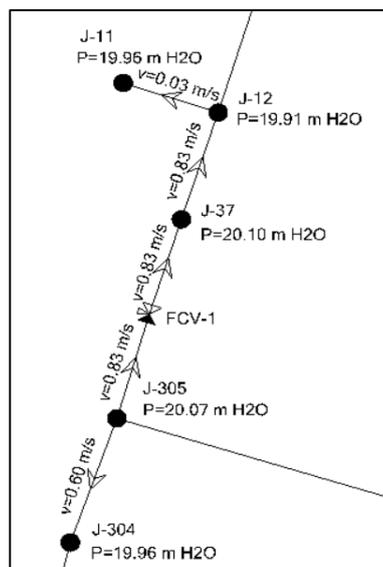
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 56 y 57 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 12.64 m.c.a. y 21 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 58 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 58

Implementación de la válvula FCV-1 para el RE-04, sector II



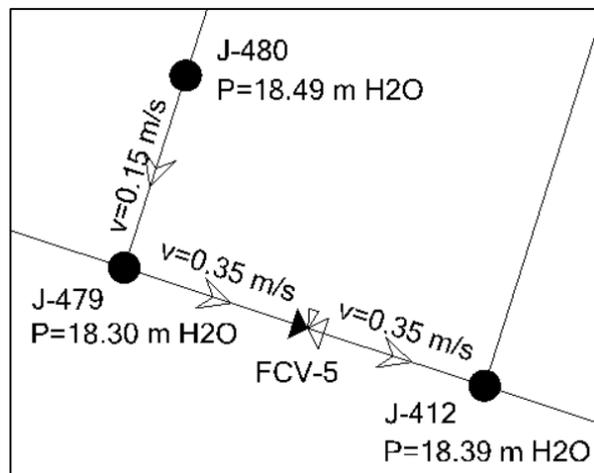
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.91 m.c.a. y 20.10 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.03 m/s y 0.83 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 59 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 59

Implementación de la válvula FCV-5 para el RE-04, sector II



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 18.30 m.c.a. y 18.49 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.15 m/s y 0.35 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-05**

En la tabla 58 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-05 del sector II.

Tabla 58

Resultados de los nodos analizados del RE-05 del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	36.5	0.4	54.96	18.42
J-2	36.68	1.29	55	18.29
J-3	36.27	1.03	54.91	18.6
J-4	34.95	0.18	54.88	19.9
J-5	35.05	0.54	54.87	19.78
J-6	35.77	0.95	54.85	19.04
J-7	35.88	0.25	54.85	18.93
J-8	35.96	0.24	54.86	18.87
J-9	35.24	0.37	55.05	19.77
J-10	35	1.07	54.9	19.86
J-11	36.5	0.64	59.79	23.74
J-12	36.9	0.82	57.25	20.31
J-13	32.9	0.21	48.96	16.02
J-14	32.9	0.09	48.96	16.02
J-15	36.67	0.06	55.01	18.3
J-16	37.84	0.22	55.1	17.22
J-17	37.8	0.33	55.11	17.28
J-18	36.5	0.73	59.81	23.27
J-19	32.13	0.16	48.84	16.68
J-20	32.14	0.21	48.84	16.67

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 59 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 59

Resultados de las tuberías analizadas del RE-05 del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-1	107.8	285	285	140.67	2.21
Ex-1	18.9	321.2	321.2	174.01	2.15
Ex-2	5.1	321.2	321.2	153.05	1.89
P-5	282.3	285	285	105.84	1.66
M-2	276.3	148.4	148.4	28.61	1.65
P-17	7.3	226.2	226.2	64.52	1.61
F-21	212.2	231.8	231.8	64.52	1.53
Ex-76	299.5	148.4	148.4	25.78	1.49
Ex-19	217.2	102	102	11.85	1.45
Ex-21	5.9	102	102	11.09	1.36

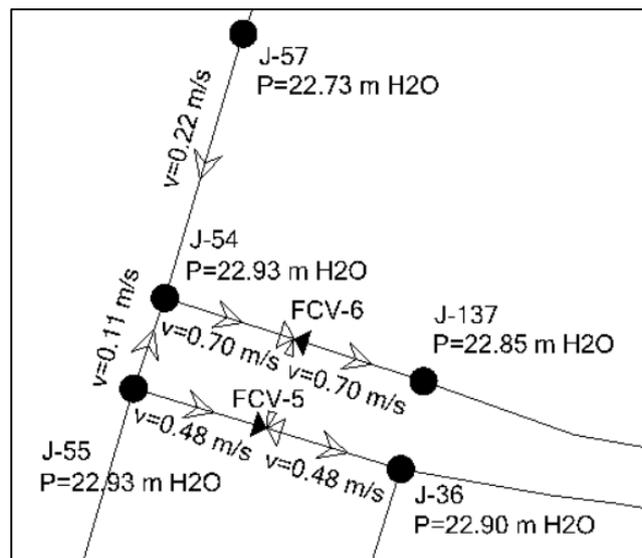
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 58 y 59 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16.67 m.c.a. y 23 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 60 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-5 y FCV-6 en una malla dentro del sistema.

Figura 60

Implementación de las válvulas FCV-5 y FCV-6 para el RE-05, sector II



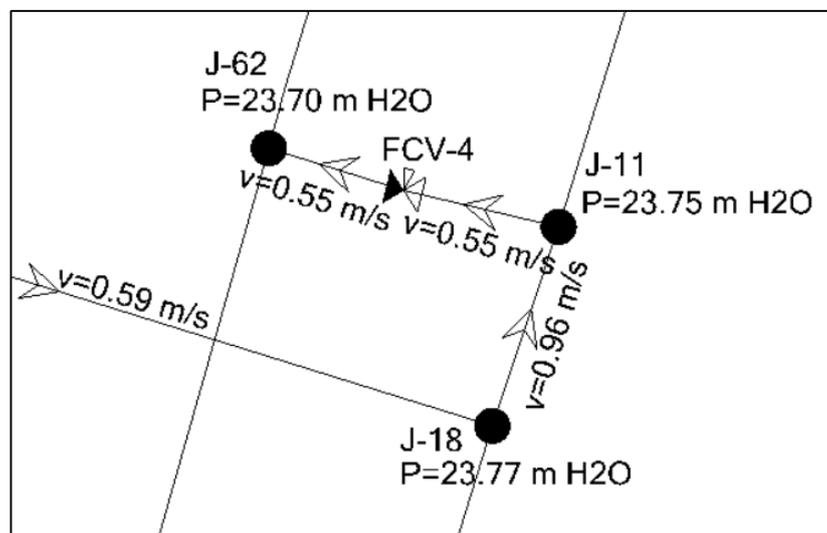
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 22.73 m.c.a. y 22.93 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.11 m/s y 0.70 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 61 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-4 en una malla dentro del sistema.

Figura 61

Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-05, sector II



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 23.70 m.c.a. y 23.77 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.55 m/s y 0.96 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-17**

En la tabla 60 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-17 del sector II.

Tabla 60

Resultados de los nodos analizados del RE-17 del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	28.11	1.37	47.99	19.83
J-2	28.12	0.42	48.33	20.17
J-3	30	1.09	46.2	16.16
J-4	30	0.59	46.2	16.16
J-5	27	0.32	46.36	19.32
J-6	26.97	0.29	46.34	19.33
J-7	25.98	0.58	46.5	20.48
J-8	25.76	0.52	46.59	20.79
J-9	27.33	0.84	46.4	19.03
J-10	27.27	0.64	47.55	20.24
J-11	26.29	0.28	46.97	20.63
J-12	27.46	0.43	46.26	18.76
J-13	26.84	0.21	46.31	19.43
J-14	26.7	0.79	46.59	19.85
J-15	26.43	0.38	46.75	20.28
J-16	28.73	1.26	46.21	17.45
J-17	27.17	0.7	46.38	19.17
J-18	27.41	1.28	46.64	19.19
J-19	27.57	1.3	47.02	19.42
J-20	26.5	1.05	46.44	19.9

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 61 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 61

Resultados de las tuberías analizadas del RE-17 del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-27	21.5	110	102	10.33	1.26
Ex-28	22.8	110	102	10.33	1.26
Ex-24	23.7	110	102	9.8	1.2
Ex-12	45.2	110	102	9.7	1.19
Ex-13	86.8	110	102	8.44	1.03
Ex-21	53.8	110	102	6.68	0.82
Ex-1	100.1	200	180.8	20.56	0.8
Ex-20	53.4	110	102	5.4	0.66
Ex-4	51.9	110	102	4.98	0.61

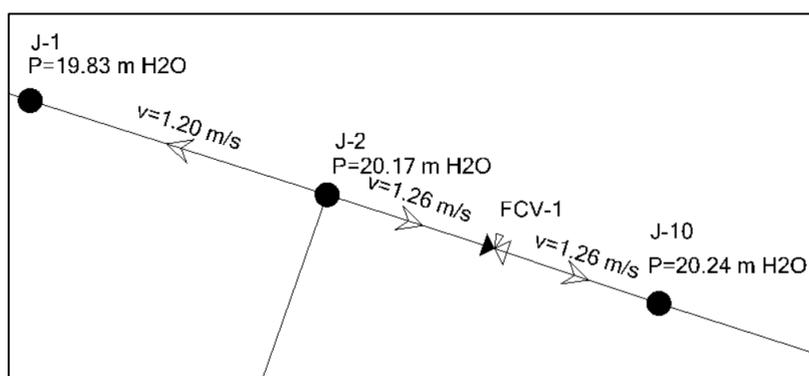
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 60 y 61 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 17.45 m.c.a. y 20 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 62 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 62

Implementación de la válvula FCV-1 para el RE-17, sector II



Fuente: Elaboración propia

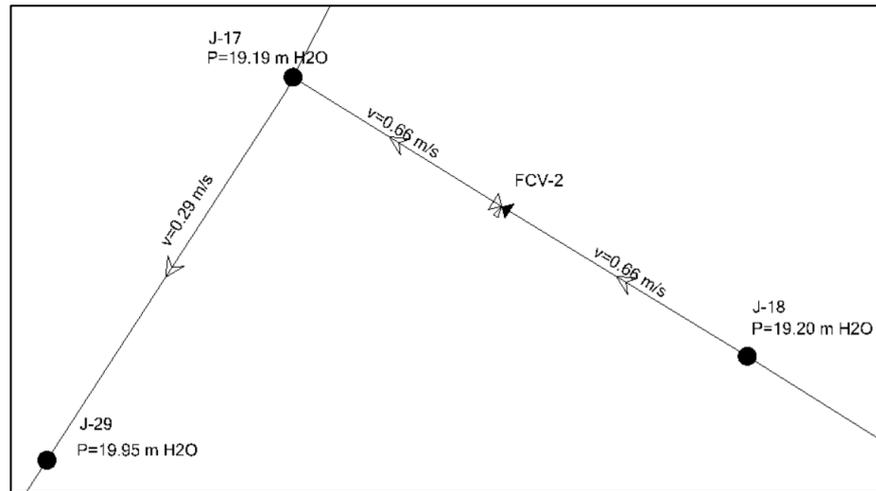
Se observa que los valores de las presiones están entre 19.83 m.c.a. y 20.24 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 1.20 m/s y 1.26 m/s. Los valores de velocidades

resultan mayores que 0.6 m/s., por lo que la implementación de la válvula resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 63 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 63

Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-17, sector II



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.19 m.c.a. y 19.95 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.29 m/s y 0.66 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-19**

En la tabla 62 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-19 del sector II.

Tabla 62

Resultados de los nodos analizados del RE-19 del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	33.83	0.74	51.09	17.23
J-2	33.9	1.07	50.91	16.98
J-3	33.5	1.82	50.61	17.08
J-4	33.5	1.62	50.58	17.04
J-5	33.31	1.42	50.67	17.33
J-6	33.43	2.14	50.79	17.33
J-7	33.9	2.18	51.55	17.61
J-8	33.89	1.04	52.01	18.08
J-9	33.12	1.22	50.59	17.44
J-10	33	0.55	50.58	17.54
J-11	33.4	1.21	50.57	17.14
J-12	33.8	0.87	52.7	18.86
J-13	34.19	1.26	51.41	17.18
J-14	33.41	0.37	53.63	20.18
J-15	34	0.39	53.52	19.48
J-16	33.94	1.47	52.28	18.3
J-17	33.51	0.68	53.55	20
J-18	33.33	0.18	53.78	20.41

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 63 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 63

Resultados de las tuberías analizadas del RE-19 del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-20	23.3	110	102	10.17	1.24
Ex-19	22.3	110	102	9.29	1.14
Ex-6	2.1	110	102	8.46	1.04
Ex-18	155.9	110	102	8.25	1.01
Ex-7	4.3	110	102	6.99	0.86
Ex-1	27.6	200	180.8	20.25	0.79
Ex-3	3.9	200	185.4	20.07	0.74
Ex-17	6.2	110	102	6.07	0.74
Ex-8	49.9	110	102	5.73	0.7
Ex-9	40.2	110	102	4.99	0.61

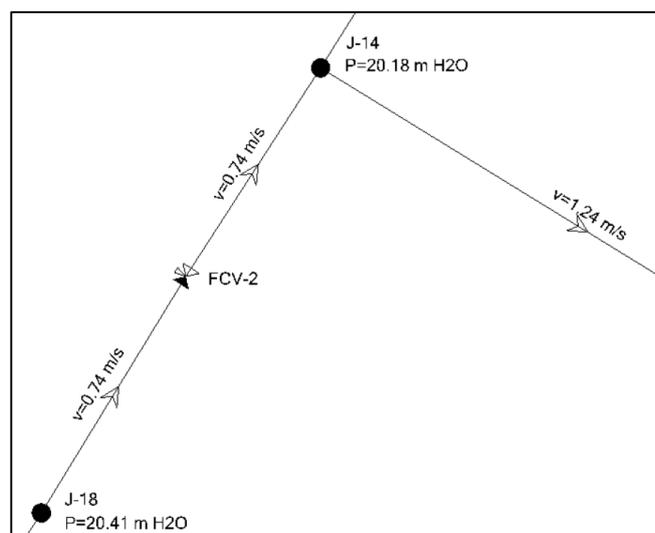
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 62 y 63 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16.98 m.c.a. y 20 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 64 se muestra la única opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 64

Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-19, sector II



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.18 m.c.a. y 20.41 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.74 m/s y 1.24 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de la válvula resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

- **REP-01A**

En la tabla 64 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-01A del sector II.

Tabla 64

Resultados de los nodos analizados del REP-01A del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-3	34.85	0.04	56.42	21.53
J-4	34.83	0.08	56.41	21.53
J-5	30.8	0.01	54.17	23.33
J-6	30.72	0.26	54.18	23.4
J-7	30.11	0.05	55.89	25.72
J-8	30.12	0.07	55.88	25.71
J-9	28	0.07	55.78	27.72
J-10	28	0.1	55.78	27.72
J-11	30.82	0.32	54.17	23.3
J-12	34.5	0.18	52.28	17.74
J-13	34.5	0.24	52.29	17.75
J-14	35	0.14	52.28	17.24
J-15	35	0.2	52.28	17.25
J-16	34.91	0.07	56.35	21.4
J-17	34.92	0.02	56.36	21.39
J-18	29.51	0.14	55.8	26.23
J-19	29.5	0.16	55.79	26.24
J-20	34.53	0.03	52.16	17.59
J-21	34.49	0.17	52.16	17.63
J-22	34.35	0.07	56.23	21.84

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 65 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 65

Resultados de las tuberías analizadas del REP-01A del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-19	148.8	400	361.8	242.71	2.36
M-4	1.1	160	148.4	34.8	2.01
P-23	31.4	355	321.2	155.26	1.92
Ex-423	116.7	200	185.4	50.04	1.85
Ex-313	3.9	160	148.4	31.34	1.81
M-11	44.0	160	148.4	28.08	1.62
Ex-80	5.0	160	148.4	26.52	1.53
M-15	50.0	160	148.4	25.61	1.48
Ex-791	8.6	200	185.4	45	1.43
Ex-796	287.0	200	185.4	37.4	1.39

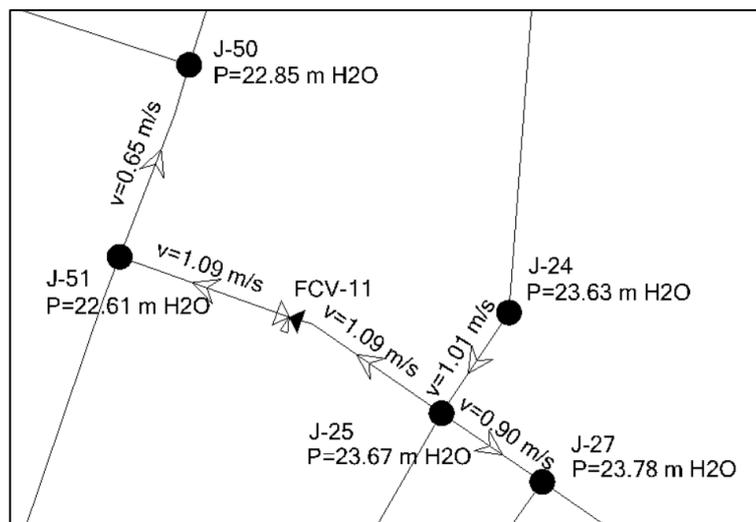
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 64 y 65 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 17.24 m.c.a. y 27 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 65 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-11 en una malla dentro del sistema.

Figura 65

Implementación de la válvula FCV-11 para el REP-01A, sector II



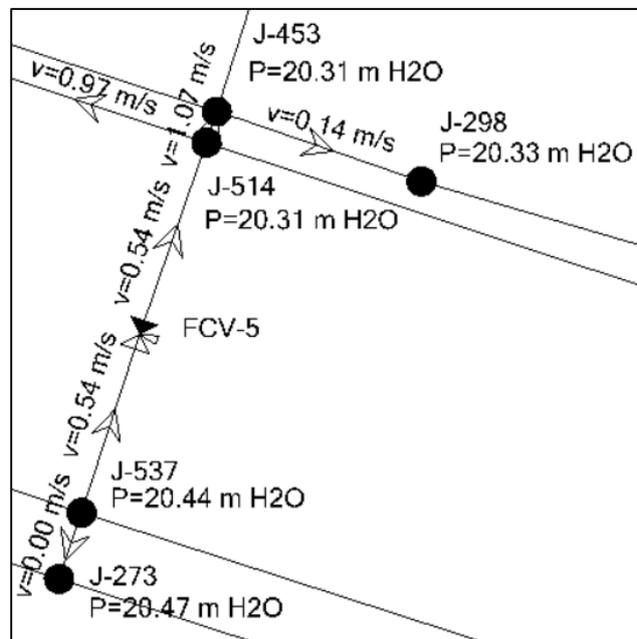
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 22.61 m.c.a. y 23.78 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.65 m/s y 1.09 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de la válvula resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 66 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 66

Implementación de la válvula FCV-5 para el REP-01A, sector II



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.31 m.c.a. y 20.47 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0 m/s y 1.07 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-01B**

En la tabla 66 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-01B del sector II.

Tabla 66

Resultados de los nodos analizados del REP-01B del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	31.76	0.8	52.47	20.67
J-2	31.5	2.28	52.28	20.74
J-3	32.24	1.48	52.02	19.74
J-4	27.61	1.26	54.53	26.87
J-5	31.5	0.56	54.66	23.11
J-6	30.33	1.03	54.46	24.08
J-7	29.42	1.71	54.45	25.04
J-8	30.5	0.42	54.57	24.03
J-9	31.63	0.58	54.7	23.02
J-10	31.63	2.42	54.55	22.87
J-11	30.5	0.68	54.44	23.89
J-12	29.82	1.1	54.43	24.56
J-13	32.53	1.31	53.89	21.31
J-14	32.24	2.22	53.45	21.17
J-15	30.09	0.51	54.17	24.04
J-16	28.73	1.18	53.76	24.98
J-17	32.4	2.77	51.53	19.1
J-18	28.64	1.96	51.25	22.57
J-19	30.82	1.38	51.22	20.36
J-20	33.76	0.83	51.65	17.85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 67 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 67

Resultados de las tuberías analizadas del REP-01B del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-103	12.3	110	102	21.7	2.66
P-171	11.2	355	321.2	211.9	2.62
Ex-357	31.3	160	148.4	35.01	2.02
P-181	14.2	160	148.4	34.87	2.02
P-39	190.0	315	285	124.82	1.96
Ex-258	52.9	110	102	15.95	1.95
M-16	133.0	110	102	15.7	1.92
Ex-249	47.5	110	102	15.63	1.91
Ex-4	135.5	110	102	15.33	1.88
P-102	24.8	110	102	15.33	1.88

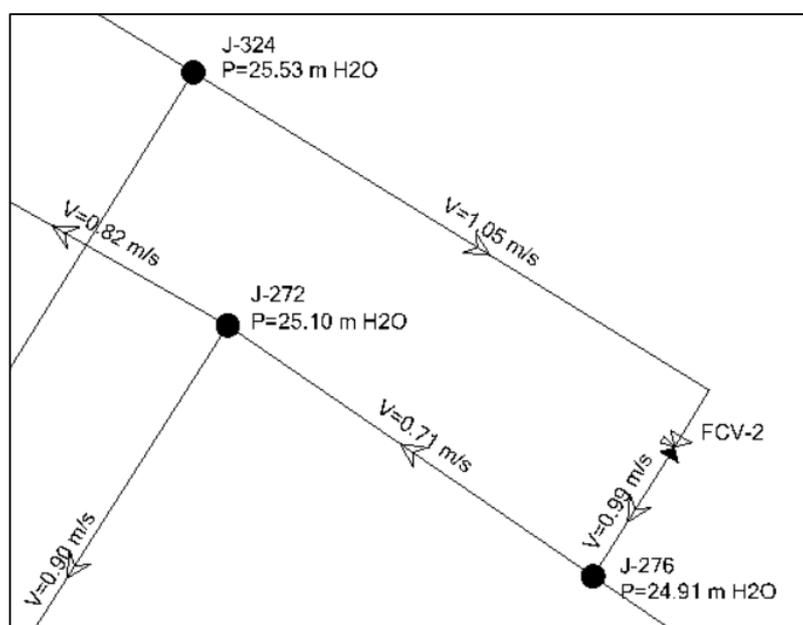
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 66 y 67 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 17.85 m.c.a. y 26 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 67 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 67

Implementación de la válvula FCV-2 para el REP-01B, sector II



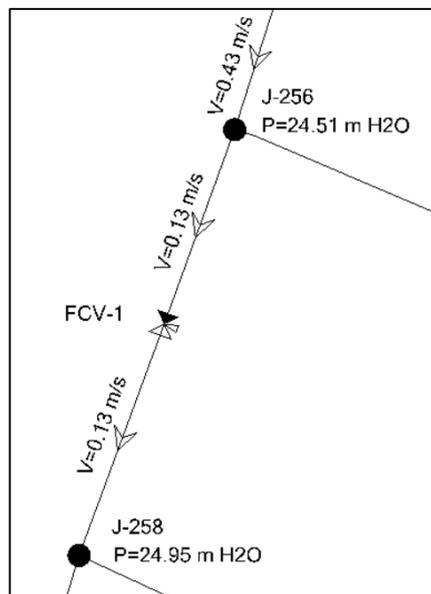
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 24.91 m.c.a. y 25.53 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.71 m/s y 1.05 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de la válvula resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 68 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 68

Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-01B, sector I



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 24.51 m.c.a. y 24.95 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.13 m/s y 0.43 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-03**

En la tabla 68 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-03 del sector II.

Tabla 68

Resultados de los nodos analizados del REP-03 del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	31.38	0.21	48.11	16.7
J-2	31.37	0.34	48.1	16.69
J-3	34.59	0.56	47.92	13.3
J-4	34.62	0.2	47.92	13.27
J-5	30.39	0.32	52.97	22.54
J-6	30.4	0.18	52.97	22.52
J-7	30	0.61	53.41	23.36
J-8	30.11	0.72	53.43	23.27
J-9	28.5	0.44	53.35	24.8
J-10	28.5	0.42	53.35	24.8
J-11	35.09	0.1	47.9	12.79
J-12	35	0.44	47.9	12.87
J-13	32.39	0.25	53.82	21.39
J-14	32.16	0.37	55.1	22.9
J-15	28.41	0.9	53.59	25.13
J-16	28.34	0.94	53.59	25.19
J-17	33.74	0.32	53.98	20.19
J-18	33.75	0.57	54.15	20.36
J-19	30	0.19	53.31	23.26
J-20	30	0.19	45.01	14.98

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 69 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 69

Resultados de las tuberías analizadas del REP-03 del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-15	4.7	355	321.2	192.15	2.37
P-13	55.5	160	148.4	34.31	1.98
P-16	450.3	315	285	119.37	1.87
P-27	3.6	250	226.2	72.79	1.81
P-28	2.7	250	226.2	72.79	1.81
P-14	42.7	160	148.4	28.02	1.62
P-12	85.6	160	148.4	27.58	1.59
P-17	513.7	250	226.2	62.42	1.55
P-31	2.5	250	231.8	62.42	1.48
M-1	54.9	160	148.4	25.04	1.45

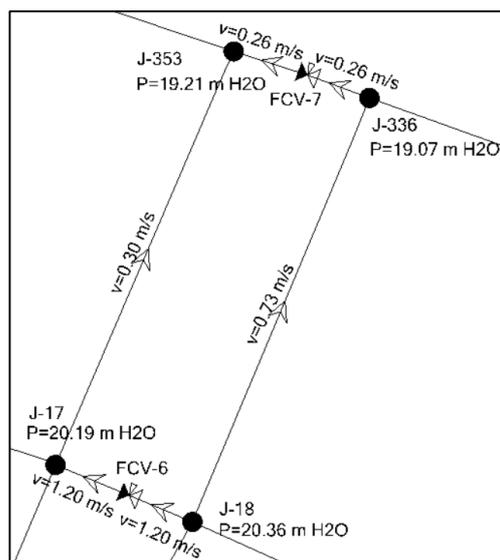
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 68 y 69 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 13.3 m.c.a. y 25 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 69 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-6 y FCV-7 en una malla dentro del sistema.

Figura 69

Implementación de las válvulas FCV-6 y FCV-7 para el REP-03, sector II



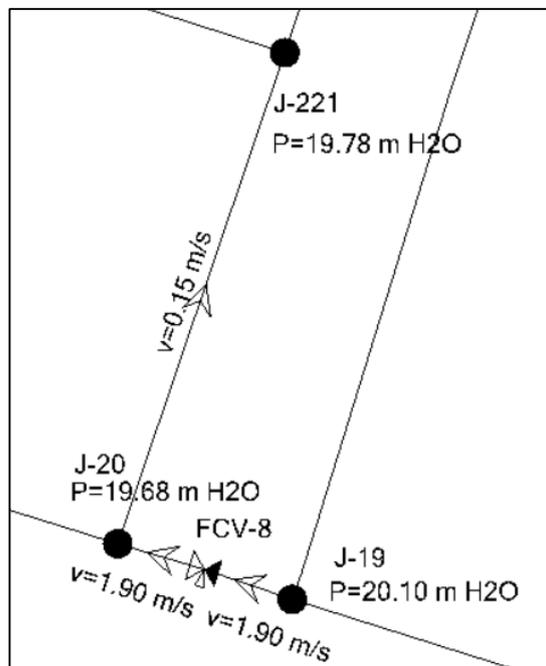
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.07 m.c.a. y 20.36 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.26 m/s y 1.20 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 70 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-8 en una malla dentro del sistema.

Figura 70

Implementación de la válvula FCV-8 para el REP-03, sector II



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.68 m.c.a. y 20.10 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.15 m/s y 1.90 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-10**

En la tabla 70 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-10 del sector II.

Tabla 70

Resultados de los nodos analizados del REP-10 del sector II

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	29.89	0	53.13	23.2
J-2	26.25	0	43.02	16.74
J-3	26.94	18.53	37.62	10.66
J-4	25.64	11.26	39.1	13.43
J-5	27.78	5.24	38.26	10.46
J-6	27	2.76	51.35	24.3
J-7	26.5	5.27	40.56	14.03
J-8	27.75	1.53	40.05	12.27
J-9	26	9.48	41.15	15.12
J-10	26.26	5.14	43.02	16.72
J-11	27.05	3.31	42.16	15.08
J-12	26.33	6.64	50.71	24.32
J-13	27.52	13.44	51.36	23.79
J-14	27.07	3.07	52.87	25.75
J-15	25.64	7.47	39.71	14.04
J-16	26.83	9.84	37.27	10.42
J-17	27.96	12.52	40.17	12.18
J-18	26	0	40.35	14.32
J-19	27.22	3.64	53.12	25.85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 71 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 71

Resultados de las tuberías analizadas del REP-10 del sector II

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-2	635.1	250	226.2	89.59	2.23
P-1	35.6	315	285	119.14	1.87
P-4	383.6	250	226.2	57.39	1.43
P-11	0.4	200	180.8	32.2	1.25
P-12	0.4	200	185.4	32.2	1.19
P-9	0.6	200	180.8	29.55	1.15
P-6	278.6	250	226.2	44.87	1.12
P-10	0.6	200	185.4	29.55	1.09
P-8	3.0	250	231.8	44.87	1.06
F-8	303.5	160	148.4	17.69	1.02

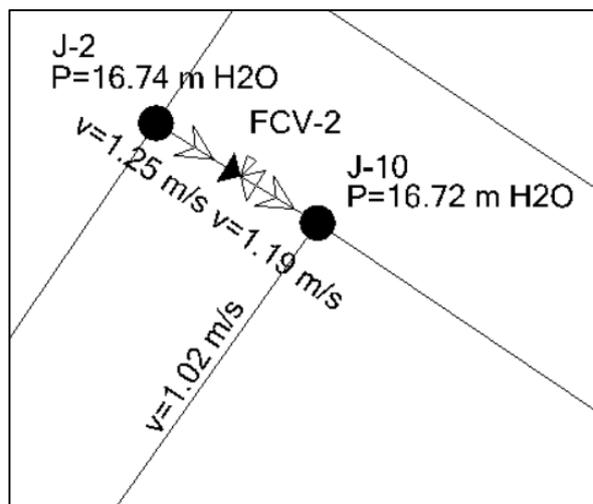
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 70 y 71 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 10.42 m.c.a. y 25 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 71 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 71

Implementación de la válvula FCV-2 para el REP-10, sector II



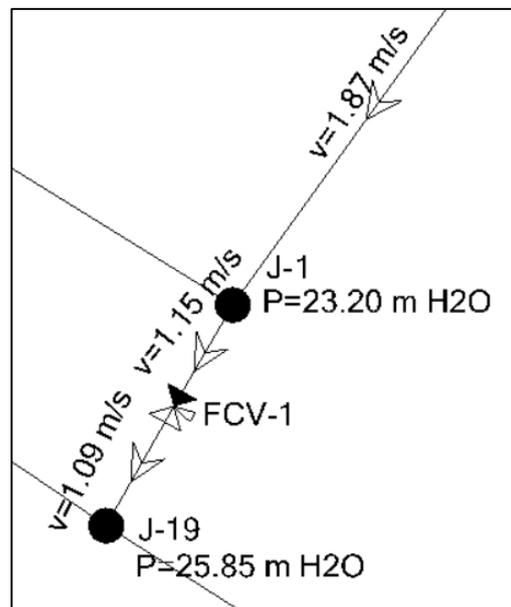
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 16.72 m.c.a. y 16.74 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 1.02 m/s y 1.25 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de la válvula resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 72 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 72

Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-10, sector II



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 23.20 m.c.a. y 25.85 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 1.09 m/s y 1.87 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de la válvula resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la tabla 72 se observa los datos de los niveles de agua dentro de cada tanque, así como el caudal que abastecerá a cada área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 72

Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector II

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
RE-04	59.20	61.31	67.45	3.05	219.04	61.31
RE-05	60.09	61.26	67.37	3.05	174.01	61.26
RE-17	47.96	48.64	51.94	3.05	20.56	48.64
RE-19	53.60	54.05	58.87	3.05	20.25	54.05
REP-01A	58.63	59.73	65.58	3.05	243.51	59.73
REP-01B	60.32	61.13	65.78	3.05	212.22	61.13
REP-03	56.91	58.01	63.86	3.05	192.46	58.01
REP-10	53.04	53.44	59.68	3.05	123.07	53.44

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 72 podemos observar que los caudales que abastecerán a los reservorios del Sector II oscilan entre 20.25 l/s y 243.51 l/s. Además, todos los reservorios son circulares de diámetro 3.05m.

Sector III

- **RE-03**

En la tabla 73 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-03 del sector III.

Tabla 73

Resultados de los nodos analizados del RE-03 del sector III

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	38.00	0.79	56.65	18.61
J-2	38.00	0.2	56.81	18.77
J-3	42.44	0.15	61	18.52
J-4	39.36	0.35	58.03	18.63
J-5	38.01	0.3	57.98	19.93
J-6	43.96	1.94	60.43	16.43
J-7	43.96	0.91	60.43	16.43
J-8	41.01	0.21	58.07	17.03
J-9	40.99	0.18	58.07	17.04
J-10	42.84	0.51	60.44	17.57
J-11	43.15	0.23	60.44	17.26
J-12	39.79	0.31	58.13	18.3
J-13	39.49	0.19	58.12	18.6
J-14	40.08	0.25	60.45	20.33
J-15	40.42	0.21	60.48	20.01
J-16	37.32	0.3	48.4	11.06
J-17	37.07	0.12	48.24	11.15
J-18	38.00	0.9	49.78	11.76
J-19	37.94	0.16	49.08	11.12
J-20	38.50	0.42	60.07	21.53

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 74 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 74

Resultados de las tuberías analizadas del RE-03 del sector III

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-1	33.79	400	361.8	242.30	2.36
M-87	7.86	160	148.4	35.89	2.08
Ex-513	24.66	110	102	16.54	2.02
M-93	9.17	160	148.4	34.74	2.01
M-103	9.66	200	180.8	51.18	1.99
Ex-7	211.83	200	180.8	50.65	1.97
M-104	6.47	200	185.4	51.18	1.9
Ex-8	5.31	200	185.4	50.65	1.88
Ex-2	148.04	400	361.8	191.65	1.86
Ex-22	48.88	110	102	14.17	1.8

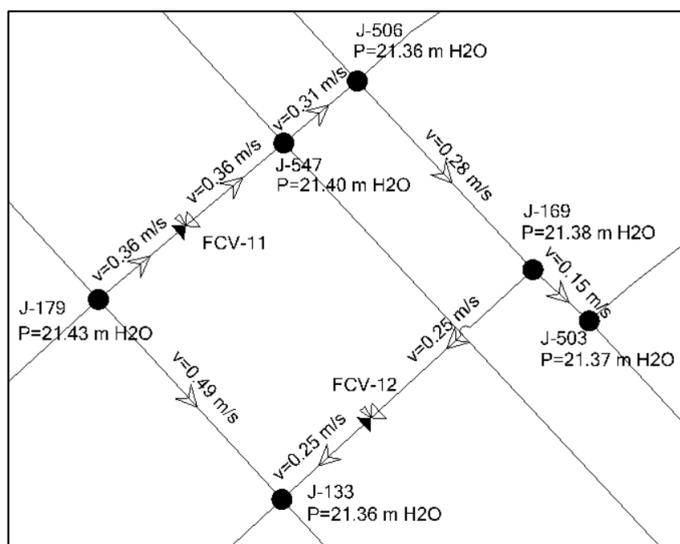
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 73 y 74 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 11.06 m.c.a. y 21 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 73 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-11 y FCV-12 en una malla dentro del sistema.

Figura 73

Implementación de las válvulas FCV-11 y FCV-12 para el RE-03, sector III



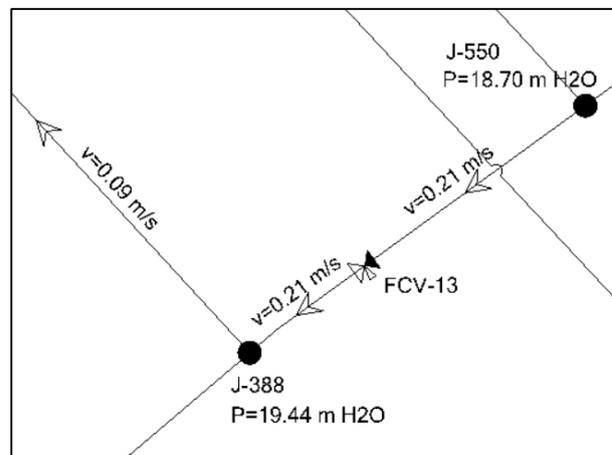
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 21.36 m.c.a. y 21.43 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.15 m/s y 0.49 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 74 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-13 en una malla dentro del sistema.

Figura 74

Implementación de la válvula FCV-13 para el RE-03, sector III



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 18.70 m.c.a. y 19.44 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.09 m/s y 0.21 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-18**

En la tabla 75 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-18 del sector III.

Tabla 75

Resultados de los nodos analizados del RE-18 del sector III

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	37.5	0.88	59.51	22.78
J-2	37.5	0.03	59.51	22.78
J-3	37.5	0.13	59.21	21.26
J-4	37.5	0.88	59.19	21.24
J-5	37.95	0.17	59.55	22.36
J-6	37.97	0.79	59.57	22.33
J-7	37.5	0.08	59.52	22.78
J-8	37.5	0.75	58.9	20.93
J-9	37.5	0.18	58.9	20.94
J-10	38.96	0.86	59.46	21.24
J-11	38.79	0.21	59.46	21.4
J-12	36.99	1.08	58.87	21.41
J-13	37.4	0.11	58.89	21.03
J-14	40.05	0.04	59.47	20.86
J-15	40	0.09	59.46	20.91
J-16	38.88	0.67	60	21.76
J-17	38.95	0.09	60.06	21.68
J-18	39.1	0.37	59.41	21.48
J-19	38.65	0.77	59.4	21.87
J-20	37.5	0.21	59.42	22.79

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 76 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 76

Resultados de las tuberías analizadas del RE-18 del sector III

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-69	185.8	200	180.8	28.62	1.11
F-7	6.7	160	144.6	17.96	1.09
F-10	279.7	160	144.6	17.96	1.09
Ex-38	9.3	160	148.4	8.59	1.05
F-10	1.5	110	102	17.96	1.04
Ex-60	276.7	110	102	23.68	0.92
Ex-36	279.6	110	102	7.44	0.91
Ex-46	67.7	315	285	23.68	0.88
Ex-37	31.9	110	102	6.98	0.85
Ex-55	4.2	200	180.8	52.29	0.82

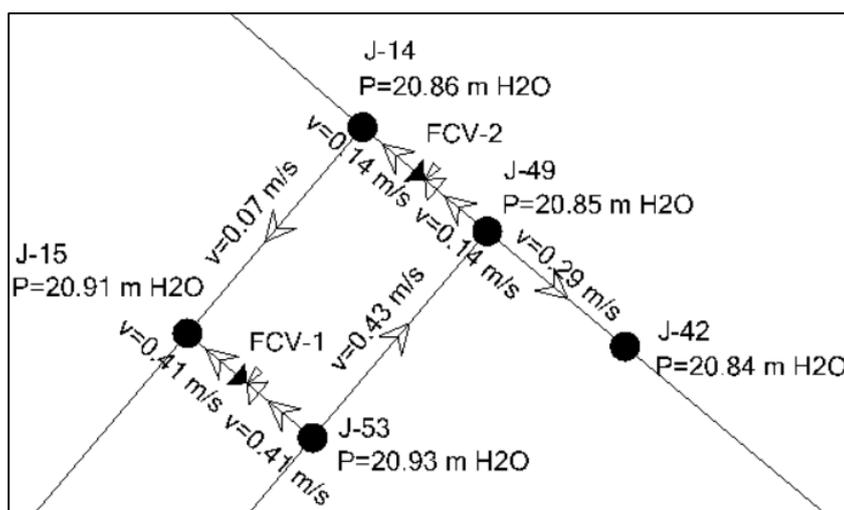
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 75 y 76 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 20.86 m.c.a. y 22 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 75 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 75

Implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 para el RE-18, sector III



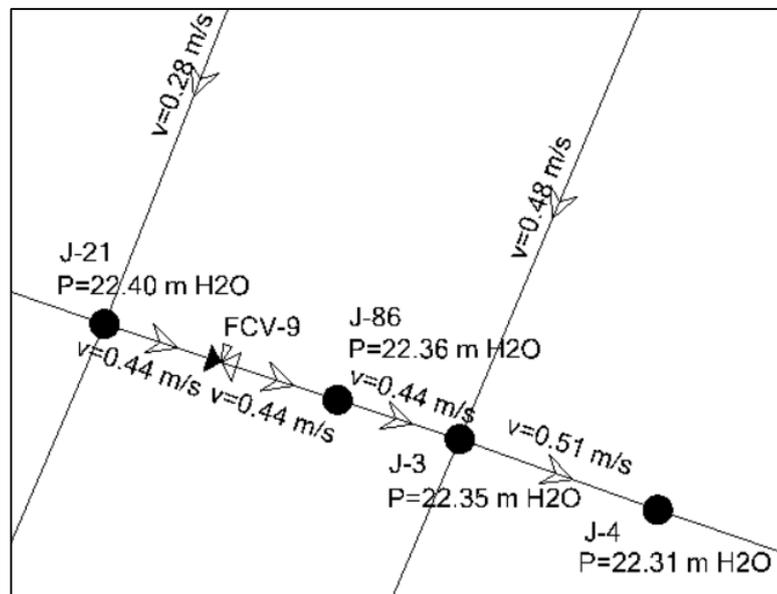
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.84 m.c.a. y 20.93 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.07 m/s y 0.43 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 76 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-9 en una malla dentro del sistema.

Figura 76

Implementación de la válvula FCV-9 para el RE-18, sector III



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 22.31 m.c.a. y 22.40 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.28 m/s y 0.51 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-07**

En la tabla 77 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-07 del sector III.

Tabla 77

Resultados de los nodos analizados del REP-07 del sector III

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	46.05	0.13	59.98	13.9
J-2	46.05	0.16	59.98	13.91
J-3	40.76	0.19	60.03	19.23
J-4	40.73	0.18	60.04	19.26
J-5	40.02	0.68	56.56	16.51
J-6	40.01	0.08	56.57	16.53
J-7	40.7	0.31	59.98	19.24
J-8	40.65	0.07	60.1	19.42
J-9	39.69	0.17	61.06	21.33
J-10	39.41	0.15	61.08	21.63
J-11	41.7	0.17	59.01	17.28
J-12	41.8	0.17	59.01	17.18
J-13	40.14	0.11	58.87	18.69
J-14	40.2	0.15	58.88	18.64
J-15	40.28	0.14	56.17	15.87
J-16	40.29	0.11	56.17	15.84
J-17	41.32	0.49	53.4	12.06
J-18	41.42	0.51	53.32	11.88
J-19	38.5	0.05	61.33	22.78
J-20	38.5	0.08	61.32	22.78

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 78 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 78

Resultados de las tuberías analizadas del REP-07 del sector III

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-3	41.3	400	361.8	261.67	2.55
P-4	179.3	355	321.2	162.37	2
P-53	33.7	160	148.4	33.06	1.91
Ex-283	47.8	110	102	15.26	1.87
Ex-118	173.3	110	102	15.13	1.85
Ex-92	85.3	110	102	14.71	1.8
Ex-178	84.3	110	102	14.38	1.76
Ex-200	56.3	110	102	14.28	1.75
Ex-77	21.8	250	231.8	14.13	1.73
Ex-279	53.8	110	102	13.66	1.67

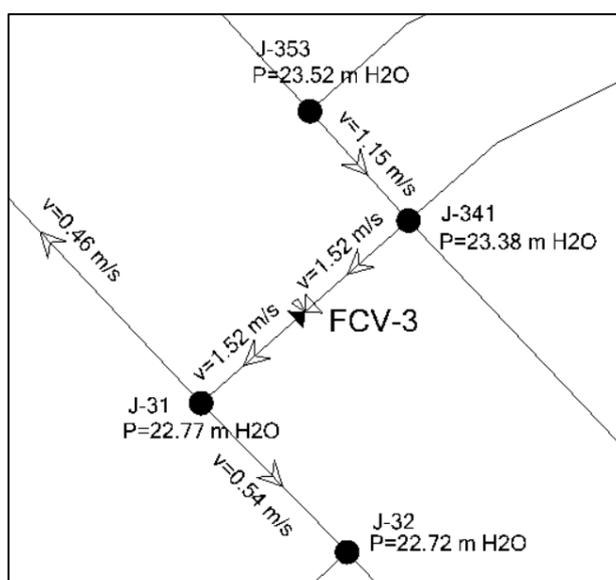
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 77 y 78 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 11.88 m.c.a. y 22 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 77 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-3 en una malla dentro del sistema.

Figura 77

Implementación de la válvula FCV-3 para el REP-07, sector III



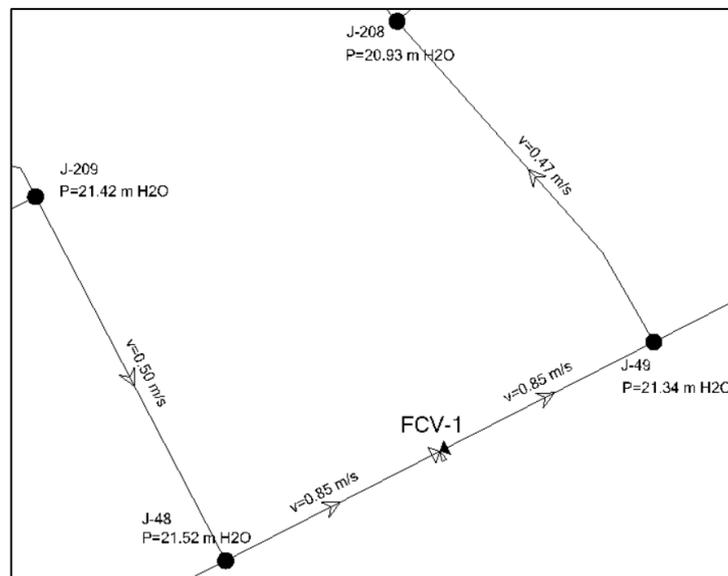
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 22.72 m.c.a. y 23.52 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.46 m/s y 1.52 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 78 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 78

Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-07, sector III



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.93 m.c.a. y 21.52 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.47 m/s y 0.85 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-08**

En la tabla 79 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-08 del sector III.

Tabla 79

Resultados de los nodos analizados del REP-08 del sector III

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	40.32	0.01	67.38	27.01
J-2	40.37	0.06	67.38	26.95
J-3	41.29	0.25	66.05	24.71
J-4	41.03	0.18	66.05	24.96
J-5	40.23	0.09	67.3	27.02
J-6	39.61	0.14	66.53	26.86
J-7	39.5	0.12	66.69	27.13
J-8	45.11	0.08	67.21	22.05
J-9	45.61	0.08	67.09	21.43
J-10	46.5	0.12	66.12	19.59
J-11	46.5	0.13	66.12	19.59
J-12	41.77	0.01	66.18	24.36
J-13	41.5	0.11	66.11	24.56
J-14	41.5	0.08	66.12	24.57
J-15	44.54	0.32	67.14	22.55
J-16	37.87	0.15	66.05	28.12
J-17	37.58	0.24	66.05	28.41
J-18	38.13	0.18	66.05	27.86
J-19	37.98	0.47	66.05	28.01
J-20	41.88	0.19	66.16	24.23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 80 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 80

Resultados de las tuberías analizadas del REP-08 del sector III

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-60	11.37	355	321.2	182.48	2.25
P-61	96.58	250	226.2	70.53	1.75
P-64	128.54	315	285	111.95	1.75
P-63	14.73	200	180.8	42.68	1.66
P-20	3.21	200	185.4	42.68	1.58
Ex-21A	26.11	63	58.4	3.93	1.47
Ex-22A	23.31	63	58.4	3.93	1.47
P-65	364.71	315	285	85.35	1.34
P-28	10.85	110	102	10.79	1.32
M-144	44.39	110	102	10.24	1.25

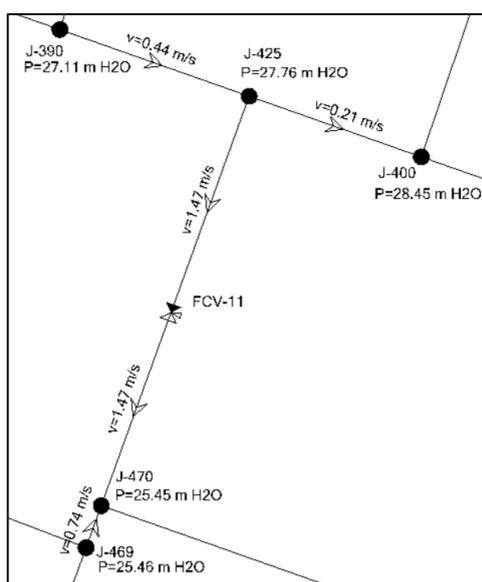
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 81 y 82 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 19.59 m.c.a. y 28 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 79 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-11 en una malla dentro del sistema.

Figura 79

Implementación de la válvula FCV-11 para el REP-08, sector III



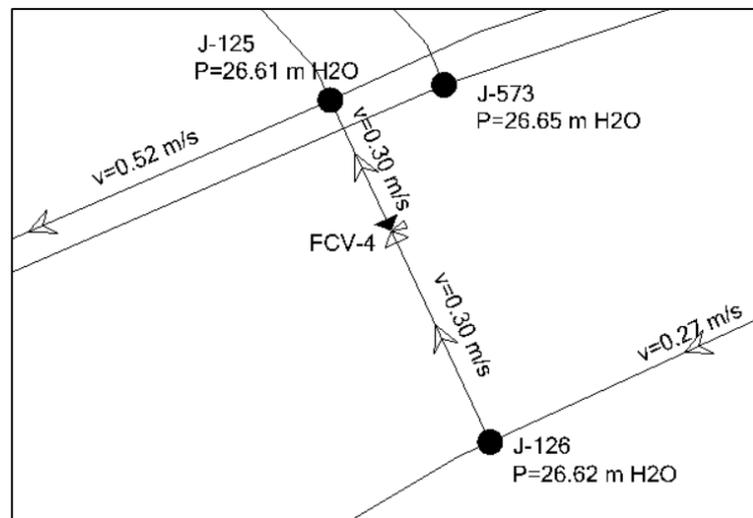
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 25.45 m.c.a. y 28.45 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.21 m/s y 1.47 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 80 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-4 en una malla dentro del sistema.

Figura 80

Implementación de la válvula FCV-4 para el REP-08, sector III



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 26.61 m.c.a. y 26.65 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.27 m/s y 0.52 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la tabla 81 se observa los datos de los niveles de agua dentro de cada tanque, así como el caudal que abastecerá a cada área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 81

Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector III

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
RE-03	63.63	65.81	71.81	3.05	242.30	65.81
RE-18	61.61	62.04	67.04	3.05	52.29	62.04
REP-07	64.49	65.59	71.44	3.05	261.67	65.59
REP-08	67.87	68.53	72.83	3.05	182.48	68.53

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 81 podemos observar que los caudales que abastecerán a los reservorios del Sector III oscilan entre 52.29 l/s y 261.67 l/s. Además, todos los reservorios son circulares de diámetro 3.05m.

Sector IV

- **RE-01**

En la tabla 82 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-01 del sector IV.

Tabla 82

Resultados de los nodos analizados del RE-01 del sector IV

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	31.08	0.03	56.42	25.3
J-2	31.25	0.04	56.42	25.12
J-3	32.46	0.21	56.25	23.75
J-4	32.13	0.07	56.25	24.07
J-5	31.34	0.18	56.36	24.97
J-6	31.25	0.05	56.39	25.09
J-7	31.49	0.09	56.43	24.89
J-8	32.50	0.25	59.46	26.91
J-9	32.50	0.03	59.46	26.91
J-10	30.66	0.09	56.67	25.96
J-11	30.95	0.13	56.67	25.67
J-12	31.35	0	56.45	25.05
J-13	31.77	0.23	56.45	24.63
J-14	31.18	0.02	56.45	25.22
J-15	31.52	0.09	56.45	24.88
J-16	32.76	0.11	56.3	23.49
J-17	32.52	0.09	56.3	23.73
J-18	32.23	0.13	56.3	24.02
J-19	32.00	0.16	56.3	24.25
J-20	31.90	0.11	56.3	24.35

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 83 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 83

Resultados de las tuberías analizadas del RE-01 del sector IV

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-1	5.8	355	321.2	168.7	2.08
Ex-152	35.9	110	102	16.54	2.02
P-24	4.5	200	185.4	54.56	2.02
M-6	5.1	200	185.4	54.12	2
M-5	42.9	200	185.4	52.57	1.95
Ex-36	10.8	110	102	14.86	1.82
Ex-37	10.6	110	102	14.84	1.82
Ex-534	80.5	200	185.4	48.91	1.81
Ex-35	27.2	110	102	13.89	1.7
Ex-77	44.7	110	102	13.7	1.68

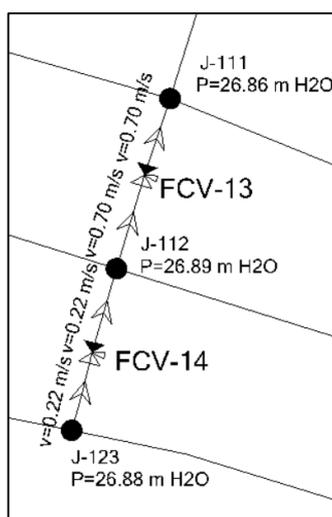
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 82 y 83 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 23.49 m.c.a. y 26 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 81 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-13 y FCV-14 en una malla dentro del sistema.

Figura 81

Implementación de las válvulas FCV-13 y FCV-14 para el RE-01, sector IV



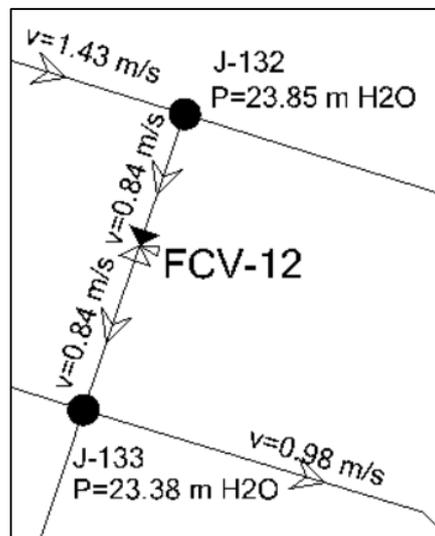
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 26.86 m.c.a. y 26.89 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.22 m/s y 0.70 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 82 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-12 en una malla dentro del sistema.

Figura 82

Implementación de la válvula FCV-12 para el RE-01, sector IV



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 23.38 m.c.a. y 23.85 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.84 m/s y 1.43 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de la válvula resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la tabla 84 se observa los datos de los niveles de agua dentro del tanque RE-04 del sector IV, así como el caudal que abastecerá al área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 84

Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica del tanque del sector IV

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
RE-04	62.56	63.93	69.94	3.05	169.86	63.93

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 84 podemos observar que el caudal que abastecerá al reservorio RE-04 del Sector IV es 169.86 l/s. Además, el reservorio es circular de diámetro 3.05m.

Sector V

- **RE-11**

En la tabla 85 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-11 del sector V.

Tabla 85

Resultados de los nodos analizados del RE-11 del sector V

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	31.49	0.22	59.48	27.93
J-2	31.49	0.95	59.56	28.01
J-3	30.47	0.53	59.08	28.55
J-4	30.32	0.19	59.16	28.78
J-5	30.91	0.11	59.16	28.2
J-6	30.81	0.22	58.86	27.99
J-7	30.64	0.28	47.66	16.98
J-8	30.52	0.58	46.96	16.4
J-9	30.67	0.3	48.48	17.77
J-10	31.43	0.58	57.79	26.31
J-11	30.95	0.16	58.68	27.67
J-12	30.72	0.45	58.34	27.56
J-13	31.07	0.71	48.12	17.02
J-14	31.05	0.64	47.67	16.59
J-15	31.13	0.48	60.4	29.21
J-16	31.32	0.32	60.57	29.19
J-17	30.15	0.4	58.24	28.03
J-18	30.00	0.55	58.26	28.2
J-19	30.35	0.31	58.23	27.83
J-20	30.32	0.66	57.97	27.59

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 86 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 86

Resultados de las tuberías analizadas del RE-11 del sector V

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-10	113.1	250	226.2	97.23	2.42
M-9	53.9	110	102	19.01	2.33
M-7	170	110	102	18.17	2.22
M-8	2	110	102	17.61	2.15
M-11	45.8	110	102	17.39	2.13
M-1	26.9	315	285	132.68	2.08
P-2	81.5	315	285	132.68	2.08
P-1	18.9	315	285	132.68	2.08
Ex-5	73	110	102	14.89	1.82
Ex-6	47.2	110	102	14.44	1.77

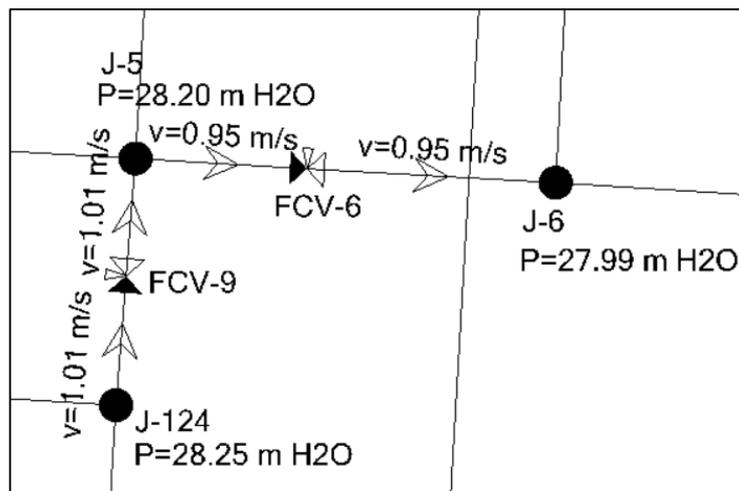
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 85 y 86 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16.4 m.c.a. y 28 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 83 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-6 y FCV-9 en una malla dentro del sistema.

Figura 83

Implementación de las válvulas FCV-6 y FCV-9 para el RE-11, sector V



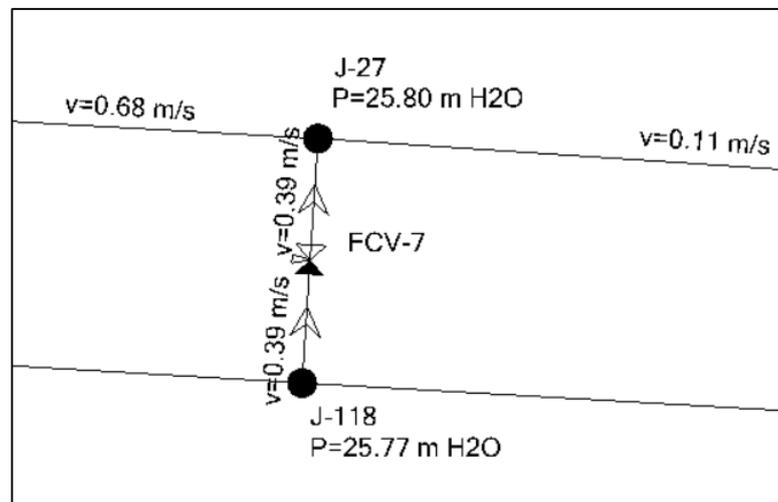
Fuente: Elaboración propia

Se observar que los valores de las presiones están entre 27.99 m.c.a. y 28.25 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.95 m/s y 1.01 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 84 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-7 en una malla dentro del sistema.

Figura 84

Implementación de la válvula FCV-7 para el RE-11, sector V



Fuente: Elaboración propia

Se observar que los valores de las presiones están entre 25.77 m.c.a. y 27.80 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.11 m/s y 0.68 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-21**

En la tabla 87 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-21 del sector V.

Tabla 87

Resultados de los nodos analizados del RE-21 del sector V

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	46.92	6.08	60.98	14.03
J-2	43.17	4.31	59.88	16.67
J-3	42.31	13.47	61.64	19.29
J-4	40.94	0.74	63.27	22.29
J-5	40.96	0.42	64.23	23.23
J-6	39.96	5.89	58.49	18.49
J-7	39.81	2.49	64.01	24.15
J-8	39.26	5.77	61.79	22.48
J-9	39.66	0.51	64.27	29.02
J-10	32.48	0.33	52.4	19.87
J-11	32.47	0.42	52.37	19.86
J-12	32.47	0.55	52.35	19.85
J-13	32.23	0.66	52.35	20.08
J-14	31.9	0.06	52.44	20.5
J-15	31.41	0.35	46.34	14.9
J-16	31.89	0.24	52.44	20.51
J-17	31.87	0.22	52.65	20.74
J-18	31.74	0.31	51.79	20.01
J-19	31.29	0.36	46.52	15.2
J-20	31.32	0.52	47.31	15.96

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 88 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 88

Resultados de las tuberías analizadas del RE-21 del sector V

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-11	29.3	110	102	16.3	2.00
P-10	56.1	110	102	16.07	1.97
P-4	52.0	110	102	15.67	1.92
Ex-16	93.7	110	102	15.35	1.88
Ex-14	6.5	110	102	15.13	1.85
P-12	8.9	110	102	13.79	1.69
P-13	38.8	110	102	13.7	1.68
P-9	1.3	110	102	13.62	1.67
Ex-49	52.1	110	102	13.48	1.65
Ex-38	92.2	110	102	12.99	1.59

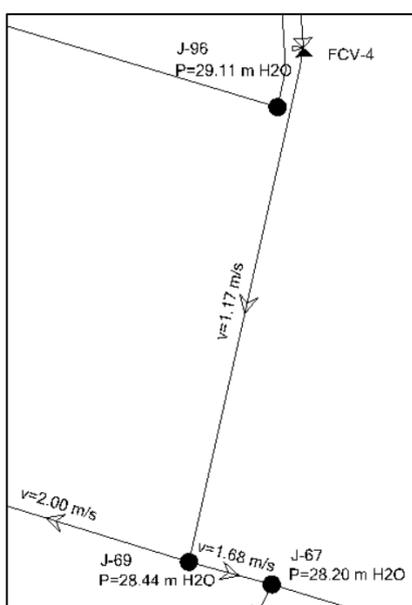
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 87 y 88 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 14.03 m.c.a. y 29 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 85 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-4 en una malla dentro del sistema.

Figura 85

Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-21, sector V



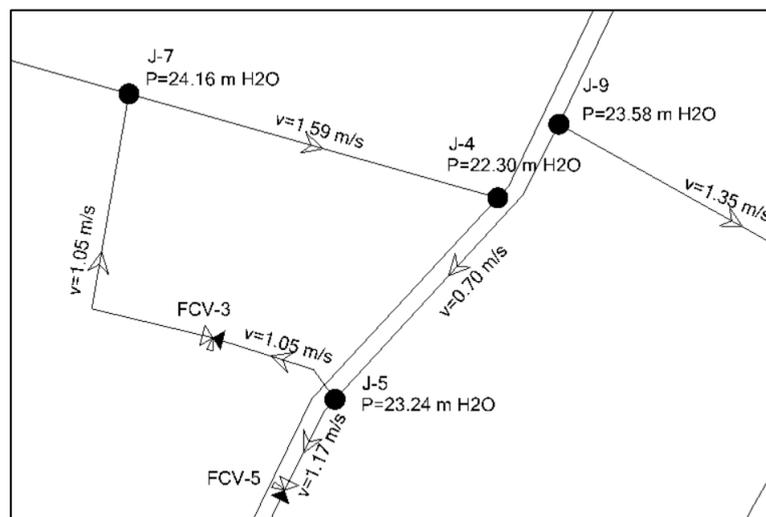
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 28.33 m.c.a. y 29.10 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 1.17 m/s y 2.00 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 86 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-3 y FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 86

Implementación de las válvulas FCV-3 y FCV-5 para el RE-21, sector V



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 22.30 m.c.a. y 24.16 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.70 m/s y 1.59 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

- **REP-05**

En la tabla 89 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-05 del sector V.

Tabla 89

Resultados de los nodos analizados del REP-05 del sector V

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	33.69	1.51	46.31	12.59
J-2	33.6	1.65	46.29	12.67
J-3	33.55	3.19	46.36	12.79
J-4	33.48	1.39	46.3	12.79
J-5	33.5	1.02	46.32	12.8
J-6	30.16	6.09	43	12.81
J-7	30.05	0.87	43.26	13.19
J-8	30	1.1	43.64	13.61
J-9	32.25	0.43	46.43	14.16
J-10	29.91	1.22	44.15	14.21
J-11	32.51	2.76	47.2	14.66
J-12	32.47	0.82	47.29	14.79
J-13	32.7	0.99	47.65	14.92
J-14	33.01	1	47.97	14.93
J-15	29.82	1.26	44.82	14.96
J-16	32.38	0.94	47.43	15.02
J-17	31.52	0.33	46.67	15.11
J-18	32.19	0.49	47.41	15.18
J-19	31.45	0.52	46.76	15.29
J-20	31.8	1.08	47.15	15.32

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 90 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 90

Resultados de las tuberías analizadas del REP-05 del sector V

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-24	81.9	200	185.4	63.95	2.37
Ex-19	49.1	110	102	15.71	1.92
Ex-61	44.3	110	102	13.82	1.69
Ex-56	45.3	110	102	13.7	1.68
Ex-73	46.7	110	102	13.68	1.67
P-2	317.9	315	285	104.54	1.64
P-5	50.5	110	102	13.31	1.63
Ex-62	51.4	110	102	13.25	1.62
Ex-46	42.5	110	102	12.89	1.58
Ex-78	52.2	110	102	12.86	1.57

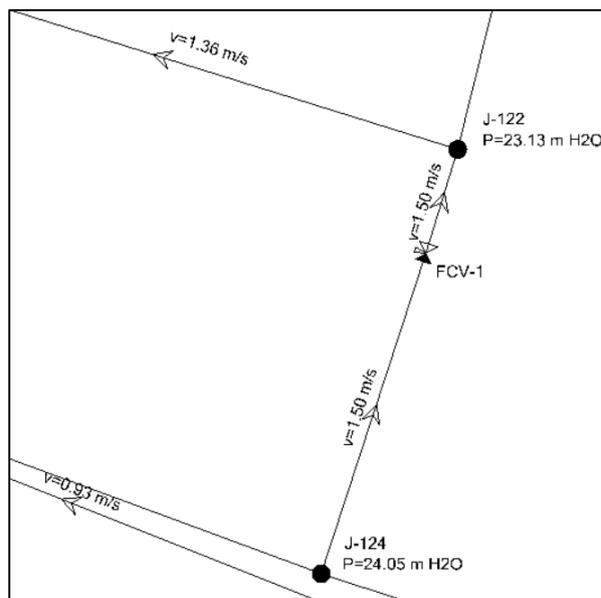
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 89 y 90 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 12.59 m.c.a. y 15 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 87 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 87

Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-05, sector V



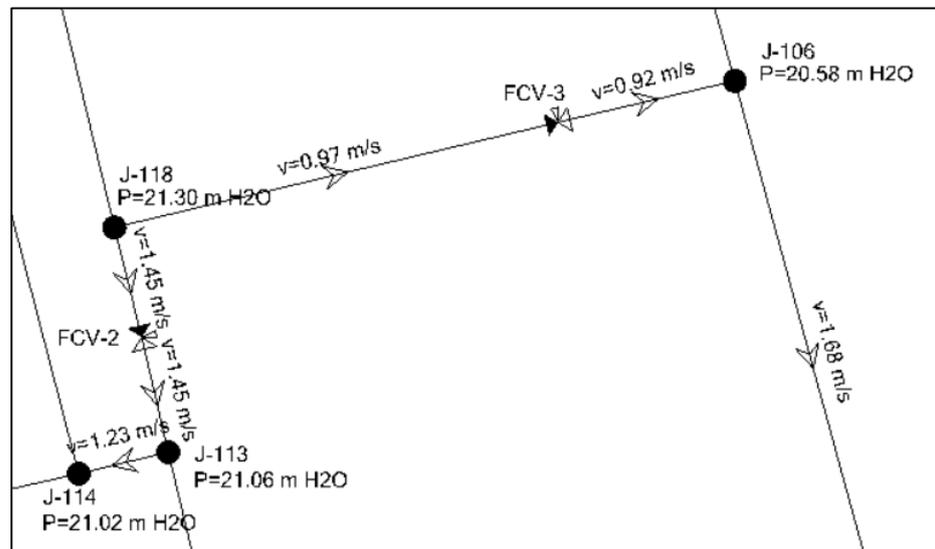
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 23.13 m.c.a. y 24.05 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.93 m/s y 1.50 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 88 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-2 y FCV-3 en una malla dentro del sistema.

Figura 88

Implementación de las válvulas FCV-2 y FCV-3 para el REP-05, sector V



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.58 m.c.a. y 21.30 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.92 m/s y 1.68 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la tabla 91 se observa los datos de los niveles de agua dentro de cada tanque, así como el caudal que abastecerá a cada área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 91

Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector V

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
RE-11	62.36	63.80	67.04	3.05	132.68	63.80
RE-21	66.56	68.06	74.47	3.05	137.02	68.06
REP-05	55.41	56.51	62.36	3.05	104.54	56.51

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 91 podemos observar que los caudales que abastecerán a los reservorios del Sector V oscilan entre 104.54 l/s y 137.02 l/s. Además, todos los reservorios son circulares de diámetro 3.05m.

Sector VI

- **RE-02**

En la tabla 92 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-02 del sector VI.

Tabla 92

Resultados de los nodos analizados del RE-02 del sector VI

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	29.37	1.21	46.29	16.89
J-2	28.50	0.23	46.32	17.78
J-3	28.85	0.22	47.14	18.25
J-4	29.22	1.85	47.53	18.28
J-5	28.79	4.94	47.14	18.32
J-6	28.50	12.17	46.93	18.4
J-7	29.61	0.36	48.05	18.4
J-8	29.84	0.76	48.32	18.44
J-9	28.72	0.19	47.22	18.46
J-10	27.63	1.37	46.32	18.65
J-11	29.49	0.2	48.28	18.75
J-12	28.63	0.16	47.49	18.82
J-13	29.84	0.61	48.7	18.83
J-14	29.20	0.21	48.09	18.85
J-15	28.82	0.17	47.72	18.86
J-16	28.52	0.2	47.5	18.94
J-17	29.26	0.17	48.3	19
J-18	28.42	0.25	47.53	19.07
J-19	28.90	0.06	48.04	19.1
J-20	27.01	0.12	48.07	21.05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 93 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 93

Resultados de las tuberías analizadas del RE-02 del sector VI

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-240	19	110	102	22.37	2.74
M-1	11.6	315	285	172.28	2.7
P-16	172.2	250	226.2	105.11	2.62
Ex-167	16.4	110	102	17.87	2.19
P-17	5.9	160	144.6	32.13	1.96
Ex-54	44.8	110	102	15.96	1.95
P-14	8.1	160	148.4	32.13	1.86
P-18	212.7	250	226.2	72.98	1.82
Ex-300	4.4	110	102	14.16	1.73
P-15	19.3	250	231.8	72.98	1.73

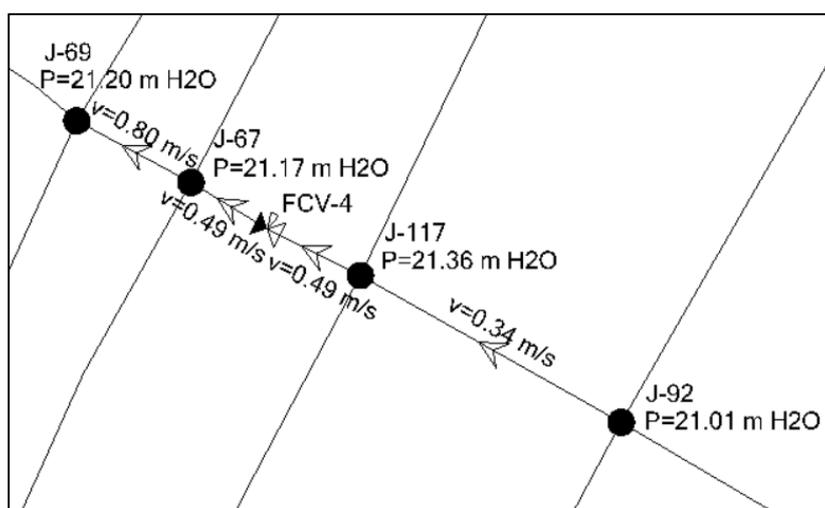
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 92 y 93 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16.89 m.c.a. y 21 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 89 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-4 en una malla dentro del sistema.

Figura 89

Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-02, sector VI



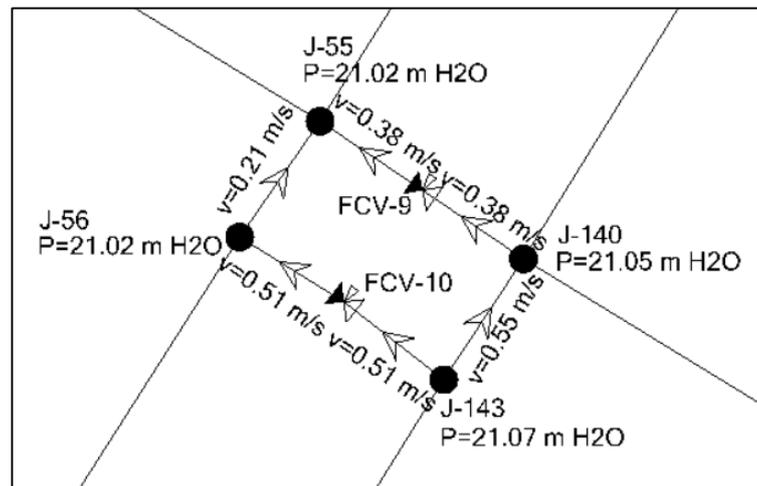
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 21.01 m.c.a. y 21.36 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.34 m/s y 0.80 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 90 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-9 y FCV-10 en una malla dentro del sistema.

Figura 90

Implementación de las válvulas FCV-9 y FCV-10 para el RE-02, sector VI



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 21.02 m.c.a. y 21.07 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.21 m/s y 0.55 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-12**

En la tabla 94 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-12 del sector VI.

Tabla 94

Resultados de los nodos analizados del RE-12 del sector VI

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	33.5	0.93	49.99	16.46
J-2	33.5	1.2	50.04	16.51
J-3	33	0.42	50.05	17.01
J-4	33	0.32	50.05	17.02
J-5	32.93	0.7	49.99	17.03
J-6	32.81	0.35	49.99	17.15
J-7	32.5	0.53	49.99	17.46
J-8	32.5	0.59	50	17.46
J-9	32.5	2.23	50.04	17.51
J-10	32.44	0.64	50.05	17.57
J-11	32.42	0.58	50.04	17.59
J-12	32.32	0.43	49.99	17.64
J-13	32.25	0.77	50.07	17.79
J-14	32	0.38	49.99	17.96
J-15	32	0.71	50	17.97
J-16	32	0.74	50	17.97
J-17	32	1.07	50.14	18.11
J-18	31.69	0.41	50.05	18.33
J-19	31.57	0.51	50.05	18.44
J-20	28.65	0.26	49.99	21.20

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 95 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 95

Resultados de las tuberías analizadas del RE-12 del sector VI

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-2	169.1	250	231.8	110.09	2.61
M-4	8.5	355	321.2	208.01	2.57
Ex-145	24.2	110	102	15.73	1.92
M-6	24.4	355	329.2	163.06	1.92
M-75	38.9	110	102	15.65	1.92
Ex-230	4.7	250	231.8	79.64	1.89
M-64	33.7	110	102	15.25	1.87
Ex-229	83.0	250	231.8	78.65	1.86
Ex-246	10.3	250	231.8	71.88	1.7
Ex-152	3.8	110	102	13.17	1.61

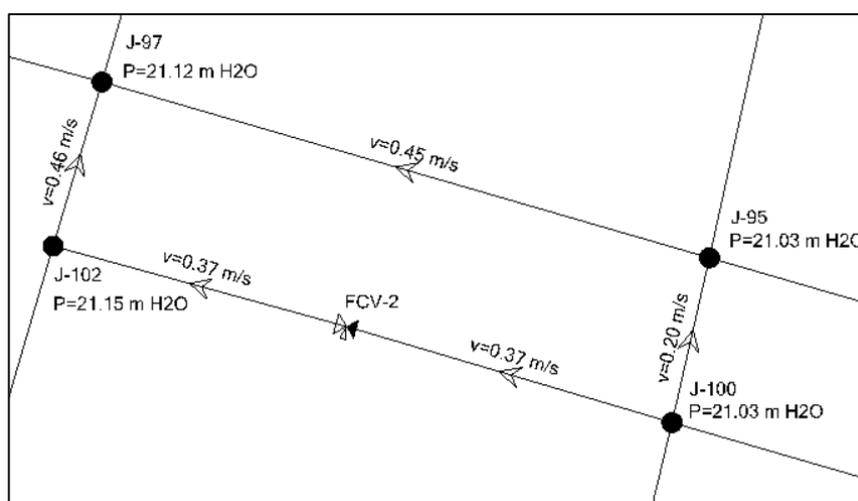
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 94 y 95 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16.46 m.c.a. y 21 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 91 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 91

Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-12, sector VI



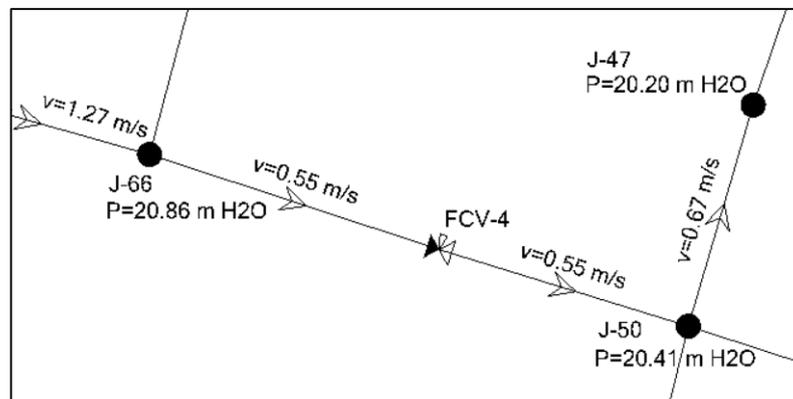
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 21.03 m.c.a. y 21.15 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.20 m/s y 0.46 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 92 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-4 en una malla dentro del sistema.

Figura 92

Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-12, sector VI



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.20 m.c.a. y 20.86 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.55 m/s y 1.27 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-13**

En la tabla 96 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-13 del sector VI.

Tabla 96

Resultados de los nodos analizados del RE-13 del sector VI

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	32.8	4.18	43.04	10.31
J-2	31.78	1.56	43.05	10.41
J-3	32	1.41	43.32	11.29
J-4	30.71	0.84	43.39	12.73
J-5	30.52	0.88	43.37	12.9
J-6	29.92	1.74	43.11	12.25
J-7	30.01	0.71	43.28	13.14
J-8	29.95	0.73	43.28	13.21
J-9	30	0.29	44.02	14.01
J-10	30	0.79	44.02	14.02
J-11	28.39	3.17	43.07	14.08
J-12	29.17	0.75	43.96	14.78
J-13	28.23	1.85	43.27	15.08
J-14	27.98	1.13	43.25	15.08
J-15	28.23	1.08	43.65	15.43
J-16	28.66	0.64	44.16	15.44
J-17	28.8	0.34	44.32	15.47
J-18	27.48	1.43	43.27	15.82
J-19	28.63	0.35	44.45	15.79
J-20	27.25	0.79	43.33	16.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 97 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 97

Resultados de las tuberías analizadas del RE-13 del sector VI

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro inferior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-10	90.7	200	185.4	25.65	0.95
Ex-11	100.4	200	185.4	18.38	0.68
Ex-1	61.8	110	102	5.44	0.67
P-7	53.2	160	148.4	10.97	0.63
P-6	63.6	160	148.4	10.64	0.61
Ex-12	199.2	200	185.4	15.88	0.59
M-1	13.9	315	285	36.97	0.58
P-1	244.6	315	285	36.97	0.58
P-5	58.8	160	148.4	10	0.58
P-4	64.0	160	148.4	9.43	0.55

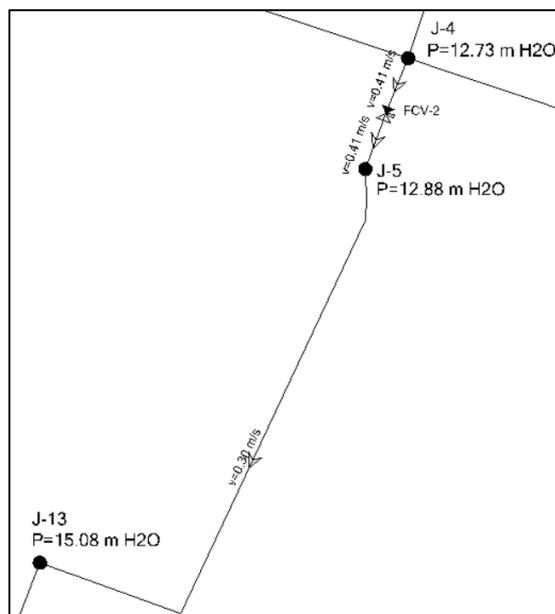
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 96 y 97 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 10.31 m.c.a. y 16 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 93 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 93

Implementación de la válvula FCV-2 para el RE-13, sector VI



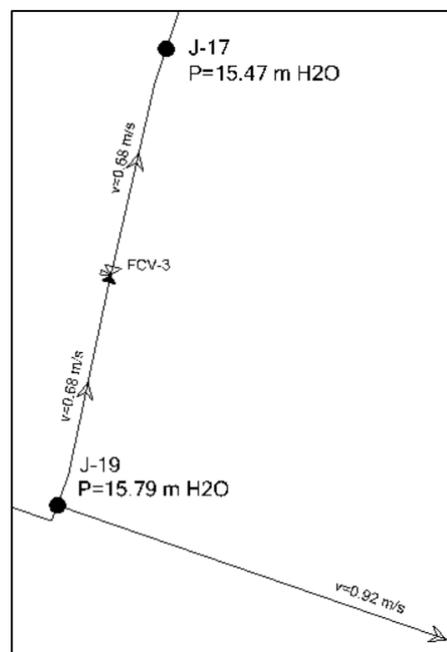
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 12.73 m.c.a. y 15.08 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.30 m/s y 0.41 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 94 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-3 en una malla dentro del sistema.

Figura 94

Implementación de la válvula FCV-3 para el RE-13, sector VI



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 15.47 m.c.a. y 15.79 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.68 m/s y 0.92 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

- **RE-20**

En la tabla 98 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-20 del sector VI.

Tabla 98

Resultados de los nodos analizados del RE-20 del sector VI

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	27.44	0.98	38.44	10.74
J-2	26.93	1.71	38.5	11.32
J-3	26.84	1.01	38.42	11.33
J-4	26.49	0.84	38.42	11.68
J-5	25.93	0.51	38.43	12.24
J-6	26.35	2.43	38.9	12.29
J-7	25.85	0.44	38.43	12.33
J-8	25.72	0.5	38.46	12.48
J-9	25.5	1.51	38.49	12.74
J-10	26.14	1.32	39.27	12.88
J-11	25.77	1.75	39	12.98
J-12	25.5	1.13	38.85	13.1
J-13	25.87	1.31	39.82	13.69
J-14	25.69	3.16	39.88	13.8
J-15	25.64	0.64	39.9	13.88
J-16	25.54	1	39.82	13.9
J-17	25.67	1.04	39.95	13.9
J-18	25.54	1.14	39.83	13.9
J-19	25.57	0.6	39.87	13.92
J-20	22.02	1.16	40.12	18.04

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 99 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 99

Resultados de las tuberías analizadas del RE-20 del sector VI

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-1	8.5	200	180.8	60.61	2.36
Ex-11	15.5	110	102	14.38	1.76
Ex-10	46.7	110	102	14.1	1.726
P-2	6.4	200	180.8	41.2	1.605
P-3	13.1	200	185.4	41.2	1.526
M-1	187.0	250	226.2	60.66	1.509
Ex-3	67.1	250	226.2	60.66	1.509
Ex-2	112.2	250	226.2	60.66	1.509
Ex-1	60.9	250	226.2	60.66	1.509
Ex-38	149.3	110	102	11.67	1.428

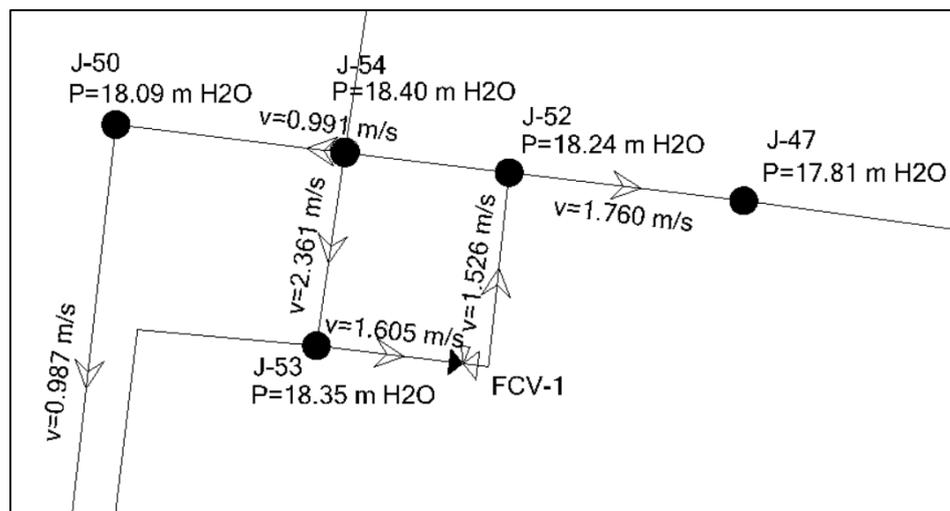
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 98 y 99 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 10.74 m.c.a. y 18 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 95 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 95

Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-20, sector VI



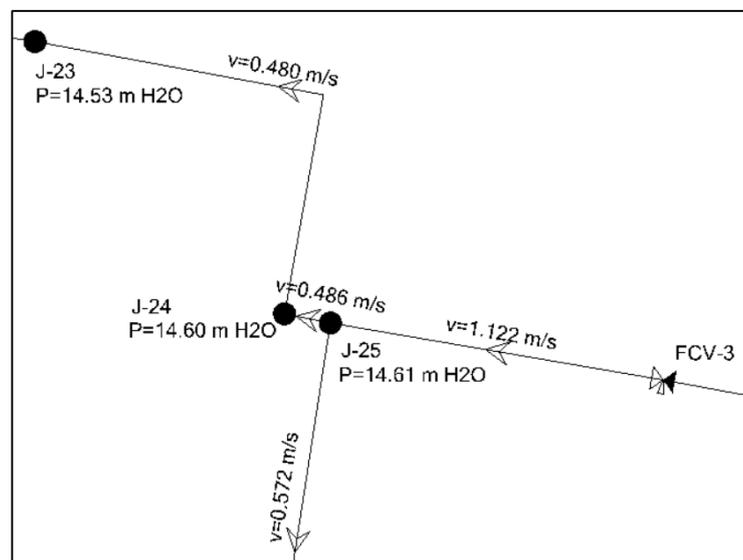
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 17.81 m.c.a. y 18.40 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.98 m/s y 2.36 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 96 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-3 en una malla dentro del sistema.

Figura 96

Implementación de la válvula FCV-3 para el REP-20, sector VI



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 14.53 m.c.a. y 14.61 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.48 m/s y 1.12 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-04**

En la tabla 100 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-04 del sector VI.

Tabla 100

Resultados de los nodos analizados del REP-04 del sector VI

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	28.74	0.37	40.03	11.26
J-2	28.6	0.55	40.02	11.4
J-3	28.59	0.61	40.04	11.43
J-4	28.55	0.15	40.02	11.45
J-5	27.47	1.77	39.19	11.7
J-6	27.2	1.1	39.2	11.97
J-7	27.91	0.96	40.06	12.13
J-8	26.91	1.86	39.21	12.27
J-9	27.7	0.92	40.13	12.4
J-10	26.76	1.34	39.26	12.48
J-11	26.49	9.82	39.17	12.66
J-12	26.41	0.62	39.13	12.69
J-13	26.36	4.95	39.13	12.74
J-14	27.19	0.77	39.97	12.76
J-15	26.78	1.22	39.62	12.82
J-16	26.49	1.32	39.4	12.89
J-17	26.5	2.06	39.64	13.11
J-18	26.72	2.68	39.88	13.13
J-19	26.55	2.11	39.81	13.24
J-20	22.03	0.35	40.03	18.12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 101 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 101

Resultados de las tuberías analizadas del REP-04 del sector VI

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-1	7.5	315	285	185.35	2.91
M-2	7.7	160	148.4	46.99	2.72
Ex-16	36.8	110	102	18.2	2.23
Ex-35	55.3	110	102	17.5	2.14
P-2	7.4	315	285	135.15	2.12
Ex-52	69.9	110	102	16.62	2.03
P-12	6.6	110	102	16.29	1.99
P-5	24.5	200	180.8	50.2	1.96
P-3	38.0	200	180.8	50.2	1.96
P-4	649.0	200	180.8	50.2	1.96

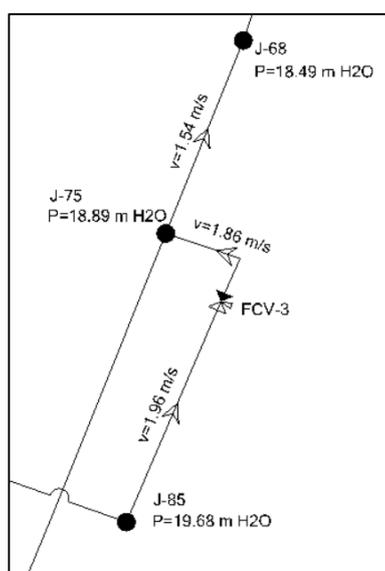
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 100 y 101 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 11.26 m.c.a. y 18 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 97 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-3 en una malla dentro del sistema.

Figura 97

Implementación de la válvula FCV-3 para el REP-04, sector VI



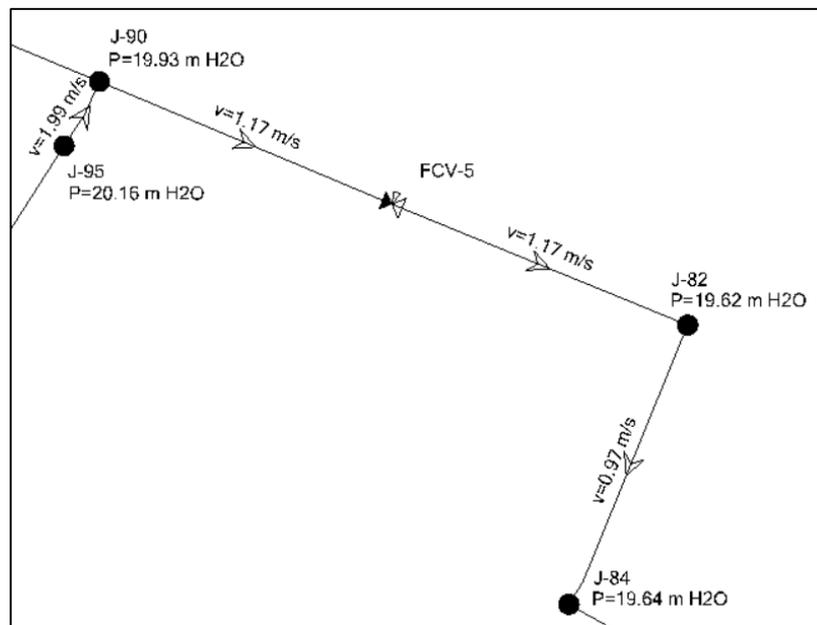
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 18.49 m.c.a. y 19.68 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 1.54 m/s y 1.96 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la figura 98 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 98

Implementación de la válvula FCV-5 para el REP-04, sector VI



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.62 m.c.a. y 20.16 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.97 m/s y 1.99 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

En la tabla 102 se observa los datos de los niveles de agua dentro de cada tanque, así como el caudal que abastecerá a cada área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 102

Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector VI

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
RE-02	56.46	57.87	62.36	3.05	172.94	57.87
RE-12	55.95	56.89	61.94	3.05	208.01	56.89
RE-13	44.33	44.71	46.64	3.05	36.97	44.71
RE-20	47.74	47.99	52.24	3.05	60.66	47.99
REP-04	55.69	56.50	61.15	3.05	186.28	56.50

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 102 podemos observar que los caudales que abastecerán a los reservorios del Sector VI oscilan entre 36.97 l/s y 186.28 l/s. Además, todos los reservorios son circulares de diámetro 3.05m.

Sector VII

- **RE-06**

En la tabla 103 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-06 del sector VII.

Tabla 103

Resultados de los nodos analizados del RE-06 del sector VII

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	28.30	3.1	59.57	31.21
J-2	29.87	0.25	60.25	30.32
J-3	30.85	0.25	60.62	29.7
J-4	28.60	2.57	59.57	30.91
J-5	30.50	0	60.37	29.81
J-6	28.50	0.2	59.46	30.9
J-7	30.71	0	60.38	29.61
J-8	28.64	0.64	59.45	30.74
J-9	28.96	1.74	59.57	30.56
J-10	29.95	0.42	59.99	29.98
J-11	30.72	0	60.29	29.51
J-12	28.75	0.58	59.43	30.62
J-13	30.72	0.3	60.28	29.5
J-14	28.88	0.44	59.48	30.54
J-15	28.87	0.38	59.47	30.54
J-16	28.75	0.68	59.42	30.6
J-17	30.04	0.83	59.97	29.87
J-18	30.00	0.09	59.95	29.89
J-19	28.85	0.15	59.44	30.53
J-20	29.00	0.2	59.5	30.44

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 104 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 104

Resultados de las tuberías analizadas del RE-06 del sector VII

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
M-41	15.51	400	361.8	158.10	1.54
M-53	524.37	400	361.8	98.92	0.96
M-54	7.79	400	361.8	98.92	0.96
P-80	13.01	315	285	59.17	0.93
P-77	368.67	315	285	59.17	0.93
Ex-165	24.59	110	102	6.34	0.81
Ex-52	22.44	160	148.4	13.91	0.8
P-63	38.78	160	148.4	13.83	0.8
Ex-48	50.11	160	148.4	13.66	0.79
Ex-90	114.51	200	185.4	18.5	0.69

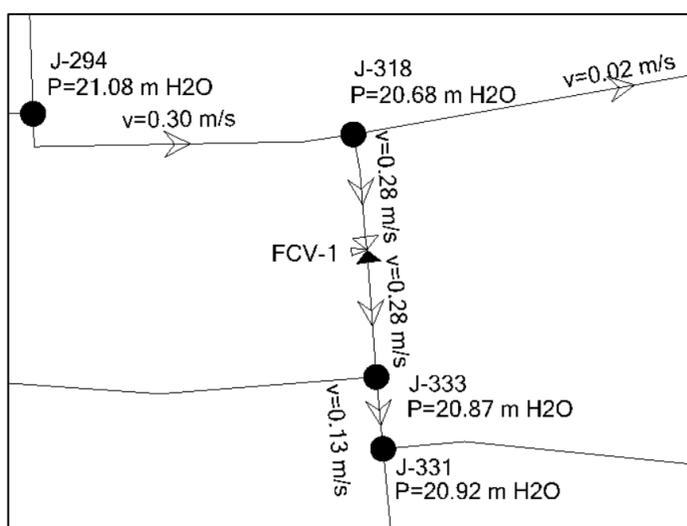
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 103 y 104 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 29.5 m.c.a. y 30 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 99 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 99

Implementación de la válvula FCV-1 para el RE-06, sector VII



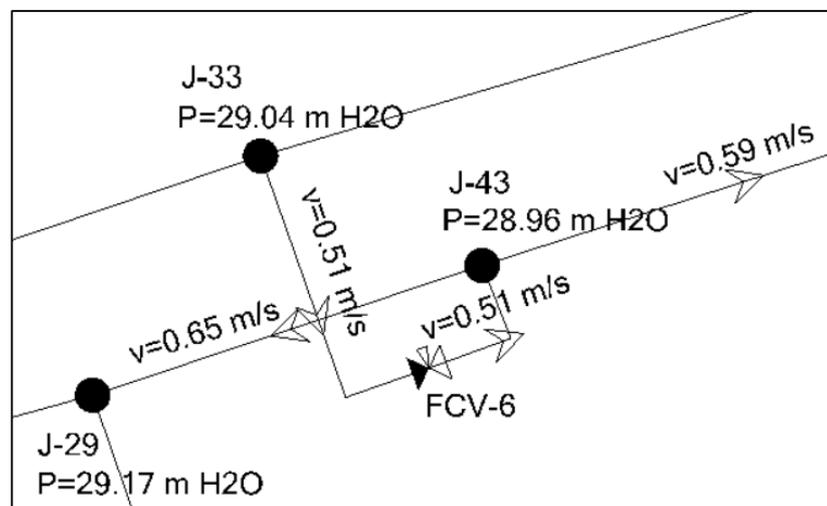
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 20.68 m.c.a. y 21.08 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.02 m/s y 0.30 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 100 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-6 en una malla dentro del sistema.

Figura 100

Implementación de la válvula FCV-6 para el RE-06, sector VII



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 28.96 m.c.a. y 29.17 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.51 m/s y 0.65 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **RE-14**

En la tabla 105 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-14 del sector VII.

Tabla 105

Resultados de los nodos analizados del RE-14 del sector VII

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	41.68	0.72	69.5	27.76
J-2	42.1	0.54	69.51	27.36
J-3	42.43	0.78	69.52	27.04
J-4	42.47	0.75	70.32	27.79
J-5	49.69	0.24	69.54	19.81
J-6	49.74	0.13	69.54	19.76
J-7	39.11	0.37	69.52	30.35
J-8	47.07	0.13	69.5	22.39
J-9	47	0.28	69.5	22.46
J-10	44	0.36	69.71	25.66
J-11	43	0.46	70.32	27.26
J-12	45.68	0.24	69.57	23.84
J-13	45.57	0.21	69.57	23.95
J-14	52.42	0.36	69.41	16.96
J-15	45.4	0.49	69.75	24.31
J-16	49.76	0.26	69.5	19.7
J-17	49.58	0.24	69.5	19.88
J-18	51.29	0.46	69.45	18.12
J-19	48.51	0.43	69.48	20.92
J-20	48.71	0.16	69.41	20.66

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 106 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 106

Resultados de las tuberías analizadas del RE-14 del sector VII

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-264	143.8	200	180.8	51.47	2.00
Ex-265	4.4	200	185.4	51.47	1.91
Ex-2	19.7	110	102	15.11	1.85
Ex-250	166.6	200	180.8	47.3	1.84
Ex-266	5.4	200	185.4	47.3	1.75
Ex-237	15.5	315	285	98.77	1.55
Ex-249	104.0	200	185.4	38.35	1.42
Ex-1	127.2	110	102	8.6	1.05
Ex-187	35.5	110	102	7.49	0.92
P-45	9.4	110	102	7.21	0.88

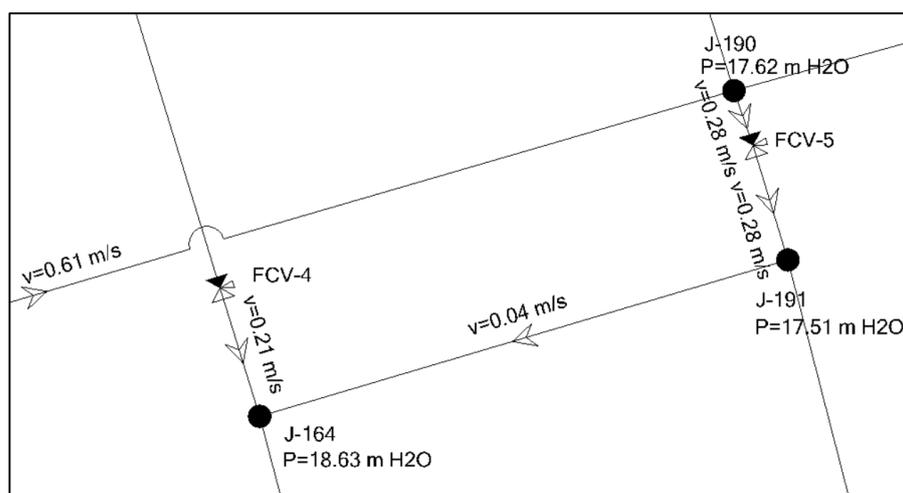
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 105 y 106 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 19.7 m.c.a. y 30 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 101 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-4 y FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 101

Implementación de las válvulas FCV-4 y FCV-5 para el RE-14, sector VII



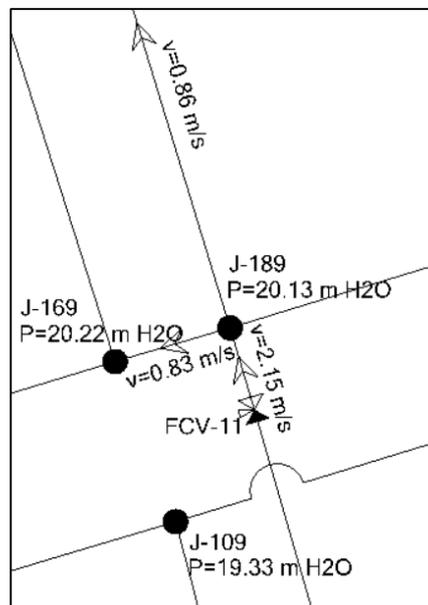
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 17.51 m.c.a. y 18.63 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.04 m/s y 0.61 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 102 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-11 en una malla dentro del sistema.

Figura 102

Implementación de la válvula FCV-11 para el RE-14, sector VII



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.33 m.c.a. y 20.22 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.83 m/s y 2.15 m/s. Los valores de velocidades resultan mayores que 0.6 m/s, por lo que la implementación de las válvulas resulta en una óptima sectorización del área de influencia.

- **RE-15**

En la tabla 107 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del RE-15 del sector VII.

Tabla 107

Resultados de los nodos analizados del RE-15 del sector VII

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	39.8	0.04	66.42	26.56
J-2	41.38	0.11	65.87	24.44
J-3	41.43	0.01	65.87	24.39
J-4	35.94	0.37	66.14	30.14
J-5	41.08	0.1	66.55	25.42
J-6	33	0.12	65.91	32.84
J-7	32.84	0.01	65.91	32.99
J-8	39.93	0.08	66.42	26.44
J-9	31.96	0.13	65.99	33.96
J-10	41.5	0.06	65.87	24.32
J-11	41.49	0.03	65.61	24.06
J-12	42.64	0.03	66.13	23.44
J-13	42.93	0.08	66.13	23.15
J-14	42.42	0.03	66.35	23.88
J-15	43.45	0.05	66.27	22.77
J-16	41.93	0.03	66.58	24.61
J-17	42.93	0.11	66.15	23.16
J-18	41.41	0.24	66.09	24.63
J-19	45.09	0.07	59.98	14.86
J-20	44.5	0.58	59.98	15.45

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 108 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

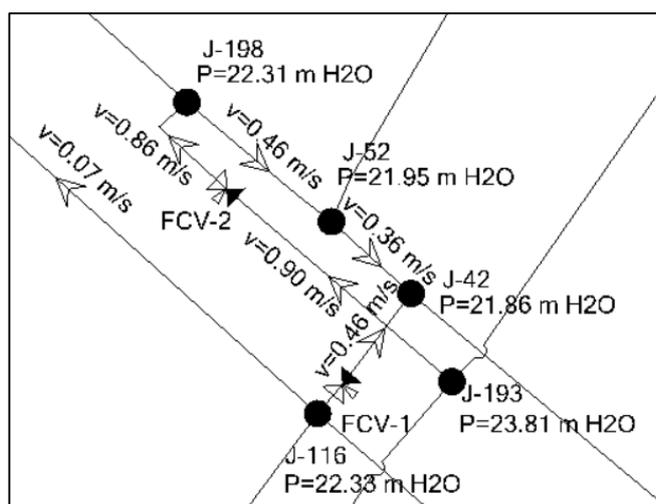
Tabla 108*Resultados de las tuberías analizadas del RE-15 del sector VII*

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
Ex-2	5.6	110	102	-18.31	2.24
Ex-15	71.5	110	102	-18.27	2.24
Ex-32	95.9	160	148.4	-31.22	1.8
Ex-31	6.3	160	148.4	-31.22	1.8
Ex-17	140.2	110	102	13.22	1.62
M-20	44.4	200	185.4	29.28	1.08
M-21	14.8	200	185.4	29.24	1.08
Ex-4	4.7	315	285	64.00	1.00
M-4	26.5	160	148.4	16.16	0.93
M-8	69.1	160	148.4	13.78	0.8

Fuente: Elaboración propia

De las tablas 107 y 108 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 14.86 m.c.a. y 33 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 103 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 103*Implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 para el RE-15, sector VII*

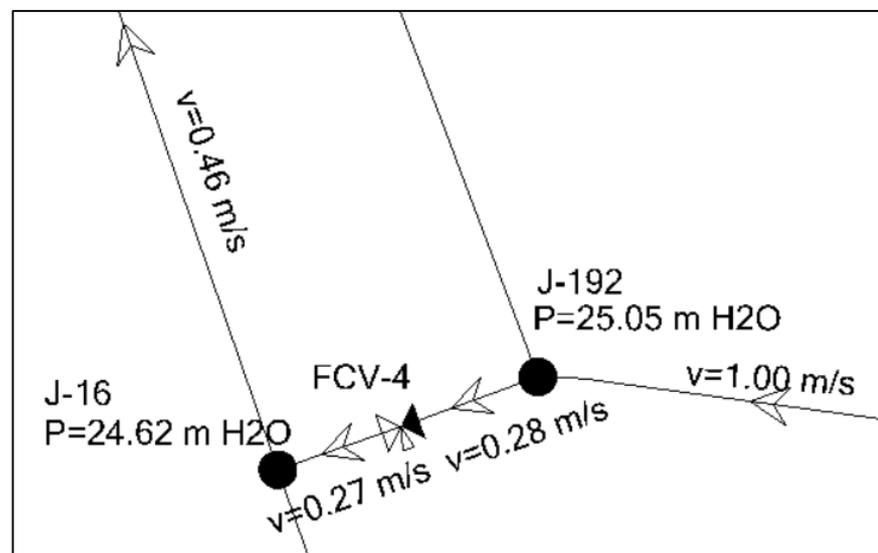
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 21.86 m.c.a. y 23.81 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.07 m/s y 0.90 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 104 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-4 en una malla dentro del sistema.

Figura 104

Implementación de la válvula FCV-4 para el RE-15, sector VII



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 24.62 m.c.a. y 25.05 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.27 m/s y 1.00 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-06**

En la tabla 109 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-06 del sector VII.

Tabla 109

Resultados de los nodos analizados del REP-06 del sector VII

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	41.65	0.06	72.18	30.47
J-2	42.93	0.02	72.19	29.2
J-3	42.45	0.03	72.18	29.67
J-4	42.5	0.01	72.18	29.62
J-5	42.44	0.05	72.18	29.68
J-6	42.54	0.04	72.18	29.59
J-7	42.5	0.05	72.18	29.62
J-8	39.85	0.19	72.18	32.26
J-9	42.97	0.05	72.18	29.15
J-10	41.65	0.04	72.18	30.47
J-11	39.5	0.11	72.2	32.64
J-12	40.07	0.04	72.2	32.07
J-13	42.95	0.11	72.18	29.17
J-14	43.24	0.13	72.18	28.88
J-15	43.36	0.02	72.18	28.77
J-16	40.5	0.11	72.2	31.64
J-17	42.1	0.1	72.18	30.02
J-18	41.09	0.11	72.18	31.03
J-19	41.91	0.06	72.18	30.21
J-20	41.79	0.07	72.18	30.33

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 110 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 110

Resultados de las tuberías analizadas del REP-06 del sector VII

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-298	53.3	355	321.2	166.5	2.05
P-297	28.5	315	285	130.41	2.04
P-300	482.9	250	226.2	54.36	1.35
P-18	15.1	250	231.8	54.36	1.29
P-26	22.1	200	185.4	30.36	1.12
P-296	25.9	250	226.2	40.91	1.02
F-43	9.5	250	231.8	40.91	0.97
P-307	58.2	200	185.4	25.08	0.93
P-299	152.5	250	226.2	36.08	0.90
P-47	35.9	200	185.4	23.85	0.88

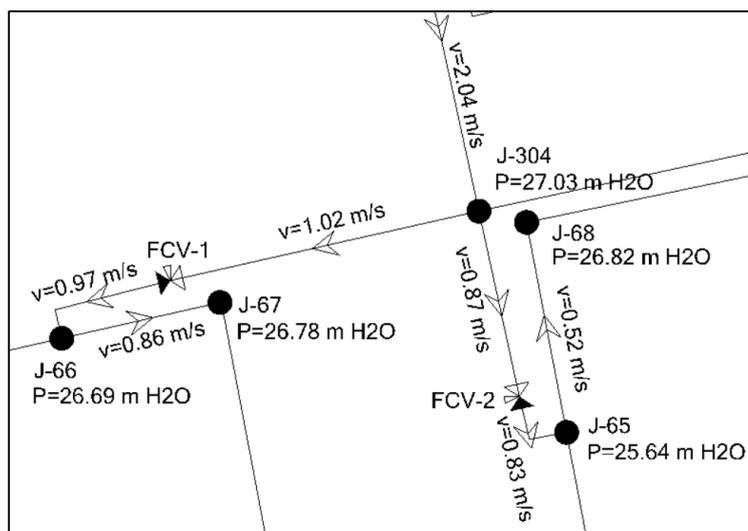
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 109 y 110 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 28.77 m.c.a. y 31 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 105 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 105

Implementación de las válvulas FCV-1 y FCV-2 para el REP-06, sector VII



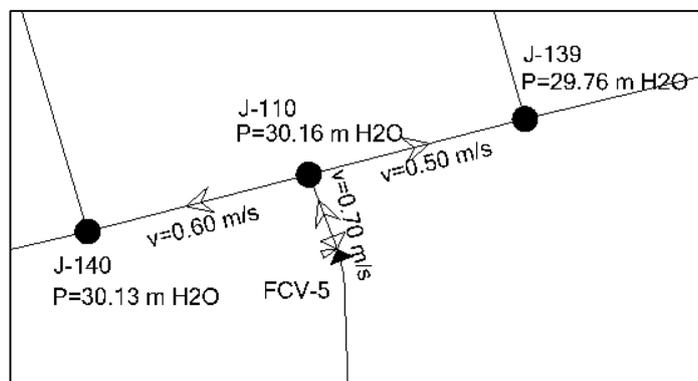
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 24.62 m.c.a. y 25.05 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.27 m/s y 1.00 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 106 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-5 en una malla dentro del sistema.

Figura 106

Implementación de la válvula FCV-5 para el REP-06, sector VII



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 29.76 m.c.a. y 30.16 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.50 m/s y 0.70 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la tabla 111 se observa los datos de los niveles de agua dentro de cada tanque, así como el caudal que abastecerá a cada área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 111

Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector VII

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
RE-06	59.48	61.89	68.04	3.05	158.35	61.89
RE-14	73.28	73.71	78.71	3.05	98.96	73.71
RE-15	66.18	66.61	73.11	3.05	64.05	66.61
REP-06	74.21	75.30	80.15	3.05	166.50	75.30

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 111 podemos observar que los caudales que abastecerán a los reservorios del Sector VII oscilan entre 64.05 l/s y 166.50 l/s. Además, todos los reservorios son circulares de diámetro 3.05m.

Sector VIII

- **REP-11**

En la tabla 112 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-11 del sector VIII.

Tabla 112

Resultados de los nodos analizados del REP-11 del sector VIII

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-261	59.53	0.03	76.21	16.64
J-262	59.43	0.01	76.2	16.74
J-263	56.50	0.01	76.19	19.65
J-264	56.56	0.01	76.19	19.59
J-265	54.18	0.03	76.2	21.97
J-266	54.28	0.01	76.2	21.87
J-268	61.62	0.15	76.55	14.91
J-269	57.30	0.17	76.18	18.85
J-270	57.05	0.13	76.18	19.1
J-271	56.71	0.04	76.19	19.44
J-272	57.49	0.02	76.19	18.66
J-273	54.61	0.05	76.2	21.54
J-274	55.94	0.03	76.19	20.21
J-275	55.02	0.08	76.19	21.13
J-276	59.50	0.04	76.23	16.69
J-277	59.50	0.02	76.22	16.69
J-278	57.15	0.03	76.19	19
J-279	57.64	0.03	76.2	18.53
J-280	57.33	0.04	76.2	18.83
J-281	59.23	0.05	76.25	16.99

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 113 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 113

Resultados de las tuberías analizadas del REP-11 del sector VIII

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-31	10.4	110	102	5.58	0.68
P-32	139.2	110	102	3.29	0.40
P-3	43.2	110	102	2.39	0.29
P-57	114	110	102	2.14	0.26
P-56	86.3	110	102	1.99	0.24
P-4	44.5	110	102	1.79	0.22
P-55	179.9	110	102	1.68	0.21
P-5	57	110	102	1.55	0.19
P-21	34.9	110	102	1.55	0.19
P-23	116.8	110	102	1.48	0.18

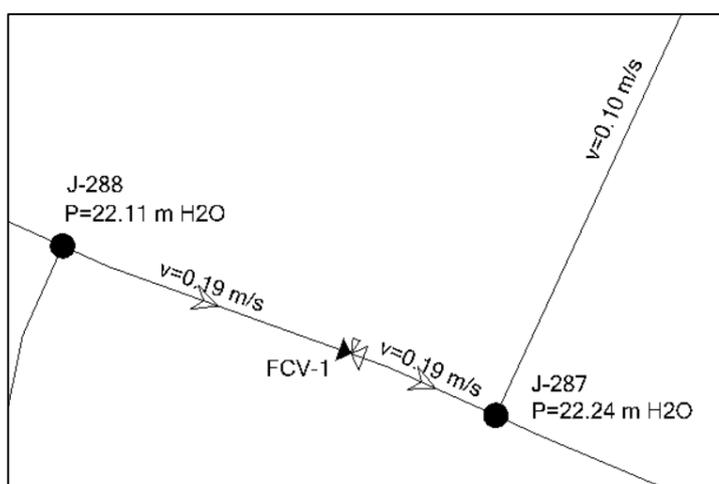
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 112 y 113 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 16.64 m.c.a. y 22 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 107 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-1 en una malla dentro del sistema.

Figura 107

Implementación de la válvula FCV-1 para el REP-11, sector VIII



Fuente: Elaboración propia

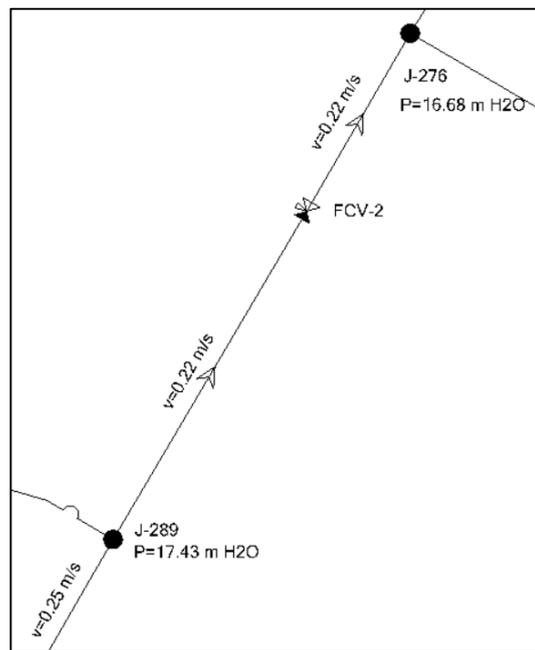
Se observa que los valores de las presiones están entre 22.11 m.c.a. y 22.24 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y

demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.10 m/s y 0.19 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 108 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-2 en una malla dentro del sistema.

Figura 108

Implementación de la válvula FCV-2 para el REP-11, sector VIII



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 16.68 m.c.a. y 17.43 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.22 m/s y 0.25 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

- **REP-12**

En la tabla 114 se muestran los valores de la elevación y la demanda de los primeros nodos analizados. Además, se muestran como resultados de la modelación numérica los valores de la gradiente hidráulica y la presión en cada nodo del REP-12 del sector VIII.

Tabla 114

Resultados de los nodos analizados del REP-12 del sector VIII

Nodo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a.)
J-1	58.42	0.03	68.96	10.52
J-2	58.42	0.04	68.96	10.52
J-3	58.18	0.06	68.98	10.77
J-4	61.84	1.24	72.94	11.08
J-5	58.58	0.48	71.75	13.14
J-6	59.78	0.57	72.86	13.05
J-7	58.63	0.13	72.19	13.53
J-8	58.62	0.31	72.19	13.53
J-9	58.94	0.04	72.86	13.89
J-10	58.19	0.36	72.19	13.97
J-11	58.59	0	72.86	14.24
J-12	57.88	0.07	72.2	14.29
J-13	57.72	0.14	72.18	14.44
J-14	58.38	0.03	72.97	14.56
J-15	58.1	0	72.86	14.73
J-16	57.96	0	73	15.01
J-17	57.26	0.01	72.61	15.31
J-18	56.74	0.05	72.19	15.41
J-19	57.01	0.03	72.61	15.56
J-20	66.20	0.04	86.38	20.12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 115 se muestran los datos de diámetro, longitud, el diámetro nominal, el diámetro interno de las tuberías. Además, se muestran los resultados del modelamiento numérico como los valores de los caudales y las velocidades en las tuberías.

Tabla 115

Resultados de las tuberías analizadas del REP-12 del sector VIII

Tuberías	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-378	6.0	99.4	99.4	11.52	1.48
P-379	10.5	102	102	11.52	1.41
P-279	10.0	99.4	99.4	9.5	1.22
P-623	2.4	99.4	99.4	9.42	1.21
P-280	9.9	102	102	9.5	1.16
P-624	5.0	102	102	9.42	1.15
P-161	13.7	226.2	226.2	36.95	0.92
P-629	21.4	102	102	7.03	0.86
P-170	39.6	102	102	6.41	0.78
P-504	22.5	102	102	6.27	0.77

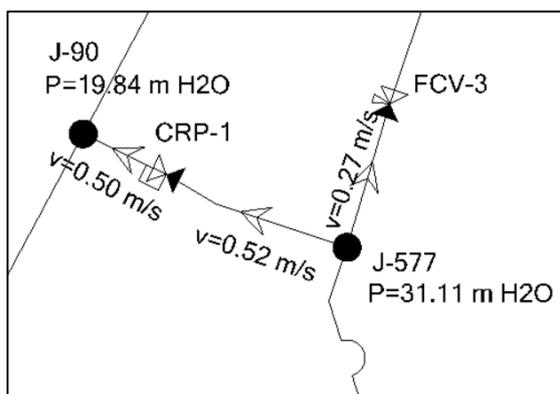
Fuente: Elaboración propia

De las tablas 114 y 115 podemos observar que los valores de las presiones en los nodos oscilan entre 10.52 m.c.a. y 20 m.c.a. y las velocidades en las tuberías analizadas son mayores a 0.6 m/s, estando dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la figura 109 se muestra la primera opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-5 en una malla dentro del sistema. Además, resulta necesario la implementación de una válvula reductora de presiones CRP-1 para mantener los valores de las presiones dentro del rango permitido.

Figura 109

Implementación de las válvulas FCV-3 y CRP-1 para el REP-12, sector VIII



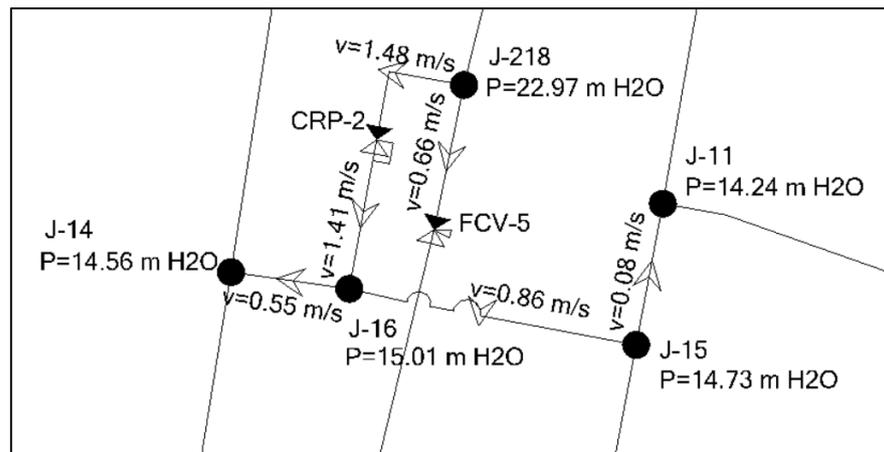
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 19.84 m.c.a. y 31.11 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.27 m/s y 0.52 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la figura 110 se muestra la segunda opción de sectorización donde se realizó la implementación de la válvula FCV-5 en una malla dentro del sistema. Además, resulta necesario la implementación de una válvula reductora de presiones CRP-2 para mantener los valores de las presiones dentro del rango permitido.

Figura 110

Implementación de las válvulas FCV-5 y CRP-2 para el REP-12, sector VIII



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de las presiones están entre 14.24 m.c.a. y 22.97 m.c.a., lo cual está dentro del rango permitido según la Norma OS.10 y demuestra la óptima sectorización de la red. Mientras que los valores de las velocidades fluctúan entre 0.08 m/s y 1.48 m/s. Los valores de velocidades resultan menores que 0.6 m/s. dado que es un sistema existente y no podemos modificar los diámetros de las tuberías que ya existen en la zona.

En la tabla 116 se observa los datos de los niveles de agua dentro de cada tanque, así como el caudal que abastecerá a cada área de influencia del sector y la gradiente hidráulica.

Tabla 116

Niveles del agua, caudal y gradiente hidráulica de los tanques del sector VIII

Tanque	Nivel mín. (m)	Nivel inicial (m)	Nivel máx. (m)	Diámetro del tanque (m)	Caudal (l/s)	Gradiente Hidráulica (m)
REP-11	76.27	76.60	80.25	3.05	5.58	76.60
REP-12	85.61	86.48	92.28	3.05	46.37	86.48

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 116 podemos observar que los caudales que abastecerán a los reservorios del Sector VIII oscilan entre 5.58 l/s y 46.37 l/s. Además, todos los reservorios son circulares de diámetro 3.05m.

5.4 Propuesta de la red hidráulica de mejor eficiencia

5.4.1 Elección de la mejor alternativa de sectorización para los sectores

De las dos propuestas de sectorización para cada reservorio se escogerá la mejor en términos estadísticos. Se utilizó el software SPSS Statistics para aplicar estadística descriptiva y obtener los valores de la media, desviación estándar, varianza, asimetría, curtosis, valor mínimo, valor máximo y suma de los valores de las presiones para cada reservorio.

- SECTOR I

En la tabla 117 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para los tanques RE-07, RE-08, RE-10, RE-16 y REP-02 del Sector I.

Tabla 117

Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector I

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
RE-07	Red 1	20.68	1.93	3.75	0.054	-1.207	18.01	23.87
	Red 2	20.32	1.96	3.88	-0.070	-1.523	17.49	23.02
RE-08	Red 1	16.42	2.51	6.30	1.183	0.228	14.11	21.77
	Red 2	17.64	1.65	2.73	1.156	0.280	15.98	21.18
RE-10	Red 1	18.00	1.07	1.15	0.691	-0.508	16.60	20.36
	Red 2	19.05	1.08	1.18	0.371	-0.995	17.64	20.82
RE-16	Red 1	22.69	0.76	0.58	-0.337	0.259	21.05	24.04
	Red 2	23.91	1.07	1.14	0.829	1.395	22.30	26.74
REP-02	Red 1	20.68	1.93	3.74	0.054	-1.207	18.01	23.87
	Red 2	20.32	1.96	3.88	-0.070	-1.523	17.50	23.02

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 117 se observa que hay gran similitud entre las presiones de las dos alternativas de sectorización para cada reservorio. Para la elección de la mejor alternativa de sectorización se consideró analizar la desviación estándar y la varianza, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. Por tal motivo, se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos. Para los tanques RE-07, RE-10, RE-16 y REP-02 se escoge la Red 1; y para el RE-08 se escoge la Red 2.

- **SECTOR II**

En la tabla 118 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para los tanques RE-04, RE-05, RE-17, RE-19, REP-01A, REP-01B, REP-03 y REP-10 del Sector II.

Tabla 118

Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector II

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
RE-04	Red 1	18.51	2.53	6.04	-1.205	1.086	12.64	21.71
	Red 2	19.27	1.68	2.84	0.370	-0.805	17.10	22.53
RE-05	Red 1	18.82	2.00	4.01	0.795	0.760	16.02	23.27
	Red 2	21.21	2.64	6.97	-1.256	0.135	16.02	23.77
RE-17	Red 1	19.28	1.30	1.71	-1.469	1.752	16.16	20.79
	Red 2	19.31	1.32	1.74	-1.421	1.630	16.19	20.82
RE-19	Red 1	18.22	1.22	1.50	0.667	-1.258	16.98	20.41
	Red 2	18.22	1.23	1.51	0.667	-1.263	16.98	20.41
REP-01A	Red 1	22.11	3.66	13.43	0.012	-1.309	17.24	27.72
	Red 2	22.17	3.18	10.14	0.051	-1.488	18.03	27.05
REP-01B	Red 1	22.50	2.30	5.25	-0.236	-0.467	17.85	26.87
	Red 2	22.60	2.30	5.25	-0.236	-0.467	17.96	26.98
REP-03	Red 1	20.01	4.56	20.80	-0.553	-1.324	12.79	25.19
	Red 2	20.69	3.27	10.74	-0.488	-0.877	15.18	25.14
REP-10	Red 1	16.98	5.59	31.28	0.552	-1.339	10.42	25.85
	Red 2	16.98	5.59	31.28	0.552	-1.339	10.42	25.85

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 118 se observa que en todos los tanques que los valores de las presiones para cada alternativa de sectorización son similares, habiendo poca variación entre estas. Se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. En algunos casos no hay variación entre estos valores, por lo que se puede escoger cualquier alternativa. Para los tanques RE-05, RE-17, RE-19 y REP-01B se escoge la Red 1; y para el RE-04, REP-01A, REP-03 y REP-10 se escoge la Red 2.

- **SECTOR III**

En la tabla 119 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para los tanques RE-03, RE-18, REP-07 y REP-08 del Sector III.

Tabla 119

Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector III

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
RE-03	Red 1	18.12	2.02	4.10	-0.156	-1.072	14.90	21.07
	Red 2	18.11	2.03	4.13	-0.166	-1.063	14.87	21.07
RE-18	Red 1	21.69	0.70	0.49	0.548	-1.188	20.86	22.79
	Red 2	21.83	0.53	0.29	-0.462	-1.080	20.94	22.47
REP-07	Red 1	17.69	3.21	10.35	-0.197	-0.593	11.88	22.78
	Red 2	17.89	3.26	10.63	-0.423	-0.616	11.75	22.71
REP-08	Red 1	25.00	2.77	7.68	-0.665	-0.546	19.59	28.41
	Red 2	24.92	2.79	7.79	-0.732	-0.498	19.40	28.16

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 119 se observa que en todos los tanques que los valores de las presiones para cada alternativa de sectorización son similares, habiendo poca variación entre estas. Se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. Para los tanques RE-03, REP-07 y REP-08 se escoge la Red 1; y para el RE-18 se escoge la Red 2.

- **SECTOR IV**

En la tabla 120 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para el tanque RE-01 del Sector IV.

Tabla 120

Datos estadísticos de las dos alternativas para el tanque del Sector IV

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
RE-01	Red 1	24.91	0.94	0.90	0.664	0.265	23.49	26.91
	Red 2	25.05	0.95	0.91	0.688	0.319	23.63	27.08

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 120 se observa que en el tanque RE-01 que los valores de las presiones para las alternativas de sectorización son similares, habiendo poca variación entre estas. Se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. Por tal motivo, para el tanque RE-01 se escoge la Red 1.

- **SECTOR V**

En la tabla 121 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para los tanques RE-11, RE-21 y REP-05 del Sector V.

Tabla 121

Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector V

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
RE-11	Red 1	25.29	4.98	24.83	-1.204	-0.512	16.40	29.21
	Red 2	25.31	4.98	24.80	-1.206	-0.511	16.43	29.14
RE-21	Red 1	19.58	2.94	8.64	-0.409	-0.604	14.03	24.15
	Red 2	19.61	2.93	8.63	-0.421	-0.606	14.05	24.16
REP-05	Red 1	14.09	1.05	1.10	-0.332	-1.739	12.59	15.32
	Red 2	14.09	1.05	1.10	-0.330	-1.743	12.60	15.32

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 121 se observa que en todos los tanques que los valores de las presiones para cada alternativa de sectorización son similares, habiendo poca variación entre estas. Se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. Para el REP-05 no hay variación entre estos valores, por lo que se puede escoger cualquier alternativa. Para los tanques RE-11 y RE-21 se escoge la Red 1; y para el REP-05 se escoge la Red 2.

- **SECTOR VI**

En la tabla 122 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para los tanques RE-02, RE-12, RE-13, RE-20 y REP-04 del Sector VI.

Tabla 122

Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector VI

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
RE-02	Red 1	18.56	0.52	0.27	-1.809	4.463	16.89	19.12
	Red 2	19.34	0.54	0.29	-1.850	4.595	17.61	19.91
RE-12	Red 1	17.57	0.58	0.33	-0.308	-0.502	16.46	18.45
	Red 2	17.49	0.57	0.33	-0.297	-0.504	16.39	18.38
RE-13	Red 1	13.82	1.88	3.56	-0.883	0.086	9.44	16.10
	Red 2	13.97	1.69	2.87	-0.766	-0.293	10.22	16.05
RE-20	Red 1	12.85	1.02	1.05	-0.558	-0.808	10.74	13.93
	Red 2	13.12	1.07	1.14	-0.473	-0.921	10.97	14.28
REP-04	Red 1	12.39	0.66	0.44	-0.405	-1.084	11.26	13.35
	Red 2	12.39	0.66	0.44	-0.405	-1.084	11.26	13.35

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 122 se observa que en todos los tanques que los valores de las presiones para cada alternativa de sectorización son similares, habiendo poca variación entre estas. Se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. Para el REP-04 no hay variación entre estos valores, por lo que se puede escoger cualquier alternativa. Para los tanques RE-02, RE-20 y REP-04 se escoge la Red 1; y para el RE-12 y RE-13 se escoge la Red 2.

- **SECTOR VII**

En la tabla 123 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para los tanques RE-06, RE-14, RE-15 y REP-06 del Sector VII.

Tabla 123

Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector VII

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
RE-06	Red 1	30.28	0.51	0.26	-0.122	-1.141	29.50	31.21
	Red 2	30.28	0.51	0.26	-0.122	-1.141	29.50	31.21
RE-14	Red 1	23.29	3.79	14.40	0.135	-1.088	16.96	30.35
	Red 2	22.71	4.37	19.17	0.272	-0.927	15.48	31.12
RE-15	Red 1	25.07	4.85	23.60	-0.098	0.870	14.86	33.96
	Red 2	25.96	3.95	15.65	1.094	0.483	20.36	34.42
REP-06	Red 1	30.22	1.15	1.32	0.849	-0.280	28.77	32.64
	Red 2	30.22	1.15	1.32	0.849	-0.280	28.77	32.64

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 123 se observa que en todos los tanques que los valores de las presiones para cada alternativa de sectorización son similares, habiendo poca variación entre estas. Se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. Para el RE-06 y REP-06 no hay variaciones entre estos valores, por lo que se procede a escoger cualquier alternativa. Para los tanques RE-06 y RE-14 se escoge la Red 1; y para el RE-15 y REP-06 se escoge la Red 2.

- SECTOR VIII

En la tabla 124 se muestran los valores obtenidos después de la aplicación de la estadística descriptiva en el SPSS Statistics para las dos opciones de sectorización para los tanques REP-11 y REP-12 del Sector VIII.

Tabla 124

Datos estadísticos de las dos alternativas para cada tanque del Sector VIII

Tanque	Opción	Media	Desv. estándar	Varianza	Asimetría	Curtosis	Valor mín.	Valor máx.
REP-11	Red 1	18.85	1.95	3.81	-0.121	-0.557	14.91	21.97
	Red 2	18.75	1.92	3.70	-0.088	-0.557	14.91	21.86
REP-12	Red 1	13.65	1.68	2.82	-0.912	-0.315	10.52	15.56
	Red 2	17.61	4.76	22.66	-0.155	-1.651	10.52	23.48

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 124 se observa que en todos los tanques que los valores de las presiones para cada alternativa de sectorización son similares, habiendo poca variación entre estas. Se procede a escoger la alternativa donde los valores de la desviación estándar y la varianza sean mínimos, pues estos nos indican la variabilidad de los datos respecto de la media. Para el tanque REP-12 se escoge la Red 1 y para el REP-11 se escoge la Red 2.

5.4.2 Cálculo de la eficiencia según las presiones para cada distrito

Para caracterizar la eficiencia del sistema de agua potable se calculó el indicador propuesto por Gómez-Martínez, P. (2017), como el porcentaje de horas con presión inferior al umbral mínimo (I5) para los distritos de Castilla, Piura y el asentamiento humano 26 de octubre.

El distrito de Castilla abarca los sectores V, VI, VII y VIII mientras que, el distrito de Piura abarca todos los reservorios de los sectores I y IV y algunos reservorios de los sectores II y III. Respecto al asentamiento humano 26 de octubre abarca los sectores II y III.

Indicador del porcentaje de horas en las que se tiene una presión inferior al umbral mínimo (I5).

En la tabla 125 se muestran el número de conexiones para cada distrito, el número de horas en las que se tiene una presión inferior al umbral mínimo ($h_{\text{mín.}}$), el número total de horas de la simulación (h_T) y la eficiencia según las presiones que mejorará el sistema de agua potable en cada distrito (I5).

Tabla 125

Porcentaje de horas donde se tiene una presión inferior al umbral mínimo para cada distrito

Distrito	Conexiones	$h_{\text{mín}}$ (horas)	h_T (horas)	I5
Castilla	25,090	5	24	20.83%
Piura	30,088	4	24	16.67%
26 de octubre	28,615	3	24	12.50%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 125 podemos observar que el sistema de agua potable para el distrito de Castilla mejora 20.83%, para el distrito de Piura mejora 16.67% y para el asentamiento humano 26 de octubre mejora 12.50%.

5.5 Análisis de resultados

La topografía de la ciudad de Piura es plana, el intervalo de cotas en los distritos de Castilla y Piura oscilan desde 27 m.s.n.m. hasta 64 m.s.n.m. lo que propicia ser una zona inundable en épocas de máximas precipitaciones pluviales.

El estudio de Mecánica de Suelos y Geotécnia realizado en los distritos de Castilla y Piura por el Consorcio Pro Agua Norte Consultores (2015) determina que el tipo de suelo que predomina en Piura es el arenoso y su litología se clasifica como depósitos aluviales con descripciones de arenas sueltas de origen marino y granulometría media a gruesa.

Para el año 2022, la población beneficiada es 532,279 habitantes y para el año 2041 (horizonte del proyecto) es 822,547 habitantes.

La fuente de abastecimiento de la ciudad de Piura es el canal Daniel Escobar, cuya agua proviene de la represa Poechos, ubicada en la cota 103 m.s.n.m. El punto de captación se ubica en la zona de Curumuy, donde se hace una derivación del canal Daniel Escobar hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable “PTAP Curumuy”.

Los caudales máximos horarios de cada sector se determinaron para el año 0 (2021), el año 1 (2022) y el año 20 (2041), así se puede diferenciar la demanda de agua que necesitará cada sector antes y luego de la ejecución del proyecto de sectorización. A partir del año 1, el sistema ya estará funcionando de manera óptima y abastecerá lo requerido a la población de cada sector. El sector de mayor consumo para el año 20 es el sector I, siendo el RE-10 con 294.19 l/s y el sector de menor consumo es el sector VIII, siendo el REP-11 con 5.58 l/s.

Para cada área de influencia que será abastecida por un reservorio se han considerado dos opciones de sectorización con la implementación de válvulas de control de flujo y en algunos casos válvulas reductoras de presión. Se escogió la mejor alternativa que mantenga los valores de las presiones dentro del rango permitido según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones. La presión mínima en el sistema de agua potable es 10.31 m.c.a. en el RE-13 del sector VI y la presión máxima es 32.64 m.c.a. en el REP-06 del sector VII, lo que nos indica que los valores de las presiones del sistema propuesto son las adecuadas según la Norma OS.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La eficiencia del sistema de abastecimiento de agua para los distritos de Castilla, Piura y 26 de octubre, se alcanzó a partir del indicador de porcentaje de horas en presión inferior al umbral mínimo (I5) de 20.83%, 16.67% y 12.50% respectivamente. Existiendo mejor indicador para el distrito de Castilla.

5.6 Contrastación de hipótesis

5.6.1 Hipótesis general: Una adecuada distribución de los parámetros hidráulicos estructurales en la red de agua potable de los distritos de Castilla y Piura mediante la modelación numérica permite una óptima sectorización de la red de agua potable y a su vez una mejora de la eficiencia del sistema.

Se pudo verificar la hipótesis general de la investigación mediante la modelación numérica se desarrolló una óptima sectorización para los distritos de Castilla y Piura. Además, se corroboró que la eficiencia del sistema para los distritos de Castilla, Piura y el asentamiento humano 26 de octubre mejora un 20.83%, 16.67% y 12.50% respectivamente demostrando el cumplimiento de la hipótesis.

5.6.2 Hipótesis específica 1: La topografía de los distritos de Castilla y Piura es plana y predomina tipo de suelo arenoso.

Al caracterizar la topografía de los distritos de Castilla y Piura se concluye que la topografía es plana, oscilando las curvas de nivel desde 27 m.s.n.m. hasta 64 m.s.n.m. El tipo de suelo que predomina en Piura es el arenoso y su litología se clasifica como depósitos aluviales con descripciones de arenas sueltas de origen marino y granulometría media a gruesa, demostrando el cumplimiento de la hipótesis.

5.6.3 Hipótesis específica 2: La fuente de abastecimiento es el canal Daniel Escobar y la demanda es de 6,481,280 m³/mes.

Habiendo analizado las tres alternativas de fuente de abastecimiento concluimos que la mejor es el canal Daniel Escobar, pues conduce caudales máximos de 70 m³/s. Los pozos no cuentan con agua de calidad para el consumo humano según el análisis fisicoquímico y microbiológico desarrollado por la EPS Grau (2017). Además, el río Piura no resulta viable económicamente pues se encuentra en el mismo nivel que la ciudad de Piura y resultaría necesario implementar un equipo de bombeo para impulsar el agua cruda hacia la Planta de Tratamiento Curumuy.

La demanda de agua para el año 0 es 6,481,275.84 m³/mes, comprobando el cumplimiento de la hipótesis.

5.6.4 Hipótesis específica 3: El análisis de la modelación numérica del sistema de agua potable logra identificar la sectorización de la red más eficiente.

A partir de la modelación numérica del sistema se identifica la mejor alternativa de sectorización en términos estadísticos para cada área de influencia que es abastecida por un reservorio para todos los sectores, demostrando el cumplimiento de la hipótesis.

5.6.5 Hipótesis específica 4: La red hidráulica y obras estructurales más eficientes son las que logran satisfacer durante 24 horas los parámetros e indicadores hidráulicos dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se calculó la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua para los distritos de Castilla, Piura y 26 de octubre, a partir del indicador de porcentaje de horas en presión inferior al umbral mínimo (I5) que resulta 20.83%, 16.67% y 12.50% respectivamente. Existiendo mejor eficiencia el distrito de Castilla y demostrando el cumplimiento de la hipótesis.

CONCLUSIONES

1. La topografía de la zona de Castilla y Piura se caracteriza por ser un relieve relativamente llano, oscilando los valores de la curva de nivel desde 27 m.s.n.m. hasta 64 m.s.n.m. y la litología se clasifica como depósitos aluviales con descripciones de arenas sueltas de origen marino y granulometría media a gruesa.
2. La fuente de abastecimiento para los distritos de Castilla y Piura es el canal Daniel Escobar, que circula caudales máximos de 70 m³/s. y a su vez se abastece de la represa Poechos.
3. Se determinó los caudales máximos horarios para el sistema de abastecimiento a partir del año 0 (2021), el año 1 (2022) y el año 20 (2041). A partir del año 1 se diferencia el cambio de la pendiente en los gráficos de Población vs. Qmh de todos los sectores, debido al crecimiento poblacional y de la demanda. Con los valores calculados se pudo modelar la red de agua potable en el software WaterGEMS y obtener los valores hidráulicos de presiones adecuadas en el sistema.
4. Se realizó la sectorización del sistema de abastecimiento de agua en los distritos de Castilla y Piura, implementando válvulas de control de flujo de ingreso a cada subsector y dentro de la red para garantizar parámetros hidráulicos como las presiones en los nodos dentro del rango permitido. La presión mínima en el sistema de agua potable es 10.31 m.c.a. en el RE-13 del sector VI y la presión máxima es 32.64 m.c.a. en el REP-06 del sector VII.
5. La eficiencia del sistema de abastecimiento de agua para los distritos de Castilla, Piura y 26 de octubre, son superiores al 12% hasta el 20% aproximadamente. Existiendo mejor indicador de porcentaje de horas en presión inferior al umbral mínimo (I5) para el distrito de Castilla.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar cambios de diámetros inferiores al actual en los tramos en que las velocidades fueron inferiores a 0.6 m/s en periodos estáticos.
2. Se recomienda realizar el modelamiento numérico del sistema de agua potable en periodo extendido para interpretaciones de las variables hidráulicas más eficientes.
3. Se recomienda realizar la modelación de la calidad del agua para periodos extendidos.
4. Se recomienda realizar una investigación de una red sectorizada calculando los indicadores de continuidad del servicio, calidad del agua y presión para obtener más valores de eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agresty, A. (1986). *Statistical Methods for Social Sciences*. Deller Publishing Company, San Francisco.
- Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Perú.
- Bentley. (2017). *WaterGEMS. Connect Edition*. Estados Unidos.
- Campbell, E. (2013). *Propuesta para una metodología de Sectorización de Redes de Abastecimiento de agua potable*. Título de Trabajo del Trabajo de Fin de Máster. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Campbell, E.; Izquierdo, J.; Pérez-García, R.; Ayala-Cabrera, D. (2013). *Aproximación a la sectorización automatizada en redes de abastecimiento de agua. Agua y ciudad (primera opción), Estructuras hidráulicas (segunda opción)*. España.
- Care Perú. (2001). Agua potable en zonas rurales. Recuperado de:
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CARE%20PERU%202001.%20Agua%20potable%20en%20zonas%20rurales.pdf
- César, E. (1990). *Abastecimiento de agua potable*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CONAGUA. (2006). *Sectorización de redes de agua potable*. Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana, México.
- CONAGUA. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Recuperado de:
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/05DatosBasicos.pdf>
- CONAGUA. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Redes de distribución*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Recuperado de:
<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/Libros/43RedesDeDistribucion.pdf>
- CONAGUA. (2012). *Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

- Consortio Pro Agua Norte. (2015). *Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en los Asentamientos Humanos de los distritos de Piura y Castilla*. Piura.
- Estrada, N. (2017). *Diferentes clases de tuberías, tipos, usos y normativa*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/NICOLASISRAELESTRADA/diferentes-clases-de-tuberas-tipos-usos-y-su-normativa>
- Fair, G.; Geyer, J.; Okun, D. (2001). *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales*. Limusa. México.
- Fragoso, L.; Ruiz, J.; Toxky, G. (2016). *La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica*. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(2), 29-43.
- Gómez-Martínez, P.; Cubillo-González, F.; Martín-Carrasco, F. (2017). *Metodología para caracterizar la eficiencia de una red de distribución sectorizada*. Tecnología y Ciencias del agua. España.
- Grupo de Exploradores Subterráneas. (13 de octubre de 2007). *Conceptos Topográficos*. Recuperado de: <http://www.espeleomalaga.com/ges-de-la-sem/articulos-tecnicos/conceptos-topograficos/224>
- Guarnizo, M.; Sánchez, A. (2019). *Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el distrito de Salaverry, departamento de La Libertad*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, La Libertad.
- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill, México.
- Irrigation Systems, Co. (2020). *Componentes. Equipos de bombeo*. Recuperado de: <https://irrigationsystemsco.com/componentes/equipos-de-bombeo/?v=267d696eab9e>
- Jiménez, M. (2003). *La sectorización hidráulica como estrategia de control de pérdidas en sistemas de acueducto*. Colombia.
- Klinger Perú. (2018). *Válvulas*. Recuperado de: <https://www.klinger.pe/nuestros-productos/productos-valvulas/>
- Machado, A. (2018). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado Santiago, distrito de Chalaco, Morropon – Piura*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Piura, Piura.

- Manisse, R. (12 de abril de 2020). *Captación de agua de lluvia. Canalizar, recoger y almacenar*. Ecocosas. Recuperado de:
<https://ecocosas.com/construccion/captacion-de-agua-de-lluvia/>
- Mendoza, J. (2015). *Topografía. Técnicas Modernas*. Perú.
- Mendoza, M. (2017) *Diseño hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad en la comunidad rural de Caña Amarilla municipio Minas. Camagüey*. Trabajo de Diploma presentado en opción al Título profesional de Ingeniero Hidráulico. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.
- Meza, J. (2010). *Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de Tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma OS.010*. Dirección Nacional de Saneamiento, Perú.
Recuperado de:
http://ww3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma Técnica de Edificación E.050 Suelos y Cimentaciones*. Perú. Recuperado de:
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/53%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES.pdf>
- Rodríguez, P. (2001). *Abastecimiento de agua*. Instituto Tecnológico de Oaxaca, México.
- Rossman, L. (2017). *EPANET 2. Manual del usuario*. Estados Unidos. Recuperado de:
https://www.iiama.upv.es/iiama/src/elementos/Software/2/epanet/EN2ManualEsp_v20012_ext.pdf
- SEDAPAR. (2016). *Servicios. Potabilización del agua*. Recuperado de:
<https://www.sedapar.com.pe/servicios/potabiliza>
- Selltiz, C.; Wrightsman, L.; Cook, S. (1980). *Métodos de investigación en las relaciones sociales*. Ediciones Rialp, Madrid.
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (1999). *Operación y Mantenimiento de redes de acueducto y alcantarillado*. Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico. Colombia. Recuperado de:
<https://hdl.handle.net/11404/1305>

- SUNASS (2018). *Agua, Bienestar y Desarrollo*. Sección Memorias. Recuperado de:
https://www.sunass.gob.pe/doc/Memoria/memoria_2018.pdf
- Valdés, Y. (2017). *Modelación del sistema de abastecimiento de agua potable del poblado de Modesto Reyes en la provincia de Ciego de Ávila*. Trabajo de Diploma presentado en opción al Título profesional de Ingeniero Hidráulico. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.
- Varela, R. (2014). *Manual de Geología*. Instituto Superior de Correlación Geológica. Argentina. Recuperado de:
http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_misclanea_21_manual_de_geologia.pdf
- Vegas, O. (2012). *Herramientas de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios*. Tesina de Máster. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Villa, M. (2016). *Criterios para el diseño de sectores en redes de agua potable*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

ANEXOS

Tabla 126

Operacionalización de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ITEM
Sectorización de la red de agua potable	La sectorización es el procedimiento que subdivide en subáreas o subsectores la zona de estudio.	Diseño Hidráulico	Población futura	Hoja de cálculo AutoCAD Google Earth	Métodos de cálculo de población futura
			Topografía	Equipos topográficos Reglamento Nacional de Edificaciones	Levantamiento topográfico
			Geología		
		Diseño Estructural	Redes de distribución	WaterGEMS	Modelamiento hidráulico
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ITEM
Eficiencia de la red de agua potable	Diferencia de volúmenes abastecidos y obtenidos por el cliente.	Modelación matemática	Velocidades Presiones Calidad el agua Eficiencia	WaterGEMS Hojas de cálculo	Válvulas de registro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 127

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADOR	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General			
¿Cómo sectorizar la red de agua potable para el aumento de la eficiencia del sistema de los distritos de Castilla y Piura?	Realizar la sectorización de la red de agua potable para el aumento de eficiencia del sistema de agua potable de los distritos de Castilla y Piura	Una adecuada distribución de los parámetros hidráulicos estructurales en la red de agua potable de los distritos de Castilla y Piura mediante la modelación numérica permite una óptima sectorización de la red y a su vez una mejora de la eficiencia del sistema.	Modelación matemática	Velocidades Presiones Eficiencia	Hojas de cálculo
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
¿Cuáles serán las características topográficas y geológicas de la zona de estudio?	Caracterizar la topografía y geología de la zona de estudio	La topografía de los distritos de Castilla y Piura es plana y predomina el tipo de suelo arenoso.	Diseño hidráulico	Población futura Calidad del agua	Equipos topográficos AutoCAD
¿Cuál es la fuente de abastecimiento y la demanda de agua potable que requieren los distritos de Castilla y Piura?	Definir la fuente de abastecimiento y la demanda de agua potable	La fuente de abastecimiento es el canal Daniel Escobar y la demanda es de 6,481,280 m ³ /mes.		Geología	Google Earth
¿Cómo se define la sectorización de la red de agua potable para mejorar la eficiencia del sistema?	Aplicar modelos numéricos para el análisis óptimo de la sectorización en la red de agua potable	El análisis de la modelación numérica del sistema de agua potable logra identificar la sectorización de la red más eficiente.	Diseño Estructural	Topografía	Reglamento Nacional de Edificaciones
¿Cuál será la red hidráulica y obras estructurales de mejor eficiencia del sistema de abastecimiento de agua?	Proponer la red hidráulica y obras estructurales de mejor eficiencia del sistema de abastecimiento de agua.	La red hidráulica y obras estructurales más eficientes son las que logran satisfacer durante 24 horas los parámetros e indicadores hidráulicos dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones		Redes de distribución	WaterGEMS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 128*Presupuesto de la investigación*

Descripción	Unid.	Cantidad	PU (S/)	Precio Total (S/)	Financiamiento
Recursos Físicos					
Curso de Titulación por Tesis	Glb.	2	6,000	12,000	Aporte propio
Útiles de escritorio y textos (Libros, lapiceros, etc.)	Glb.	1	200	200	Aporte propio
Materiales (Información INEI, memoria USB, etc.)	Unid.	2	100	200	Aporte propio
Servicios					
Acceso a internet	Glb.	1	400	400	Aporte propio
Alimentos	Glb.	1	500	500	Aporte propio
Fotocopia, impresiones y ploteos	Glb.	1	250	250	Aporte propio
Costo Total =				13,550	Aporte propio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 129

Cronograma de actividades

Actividad	2020																											
	May.		Jun.				Jul.				Ago.				Set.				Oct.				Nov.				Dic.	
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Elección del tema		■																										
Descripción del problema			■	■																								
Preguntas y Objetivos				■	■	■																						
Viabilidad, Justificación e Importancia						■																						
Antecedentes de la investigación						■	■	■																				
Bases Teóricas y Términos Básicos							■																					
Hipótesis y Variables								■	■																			
Tipo y método de la investigación									■	■	■																	
Población y diseño muestral										■																		
Matriz de Consistencia											■	■																
Proyección de la Población												■	■	■														
Determinar la fuente de abastecimiento														■	■													
Cálculo de la demanda de agua															■	■	■											
Modelamiento numérico del sistema																■	■	■										
Sectorización del sistema																	■	■	■									
Escoger la mejor alternativa de sectorización																		■	■									
Conclusiones y Recomendaciones																				■	■							
Entrega Final																											■	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 130*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-07, Sector I*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	10,547	95.88%	10,112	47.17%	4,744,880	103.95	3,278,167	135.14	187.11	2,245.00	3,112
2,019	10,773	93.87%	10,112	47.17%	4,744,880	103.95	3,278,167	135.14	187.11	2,245.00	3,112
2,020	11,003	91.90%	10,112	47.17%	4,744,880	103.95	3,278,167	135.14	187.11	2,245.00	3,112
2,021	11,239	89.98%	10,112	47.17%	4,744,880	103.95	3,278,167	135.14	187.11	2,245.00	3,112
2,022	11,479	100.00%	11,479	20.00%	4,909,482	71.03	2,240,002	92.34	127.85	1,534.00	2,142
2,023	11,725	100.00%	11,725	20.31%	4,981,009	72.35	2,281,630	94.06	130.23	1,563.00	2,182
2,024	11,976	100.00%	11,976	20.63%	5,036,735	73.44	2,316,004	95.47	132.19	1,586.00	2,213
2,025	12,232	100.00%	12,232	20.94%	5,093,993	74.57	2,351,640	96.94	134.23	1,611.00	2,247
2,026	12,494	100.00%	12,494	21.25%	5,153,903	75.75	2,388,852	98.48	136.35	1,636.00	2,282
2,027	12,761	100.00%	12,761	21.41%	5,230,027	77.02	2,428,903	100.13	138.64	1,664.00	2,320
2,028	13,034	100.00%	13,034	21.56%	5,289,585	78.05	2,461,385	101.47	140.49	1,686.00	2,350
2,029	13,313	100.00%	13,313	21.88%	5,350,675	79.27	2,499,859	103.05	142.69	1,712.00	2,385
2,030	13,598	100.00%	13,598	22.19%	5,429,099	80.75	2,546,532	104.98	145.35	1,744.00	2,429
2,031	13,889	100.00%	13,889	22.50%	5,492,488	82.03	2,586,898	106.64	147.65	1,772.00	2,467
2,032	14,186	100.00%	14,186	22.66%	5,556,644	83.15	2,622,218	108.10	149.67	1,796.00	2,500
2,033	14,490	100.00%	14,490	22.81%	5,621,566	84.29	2,658,169	109.58	151.72	1,821.00	2,534
2,034	14,800	100.00%	14,800	23.13%	5,715,407	86.05	2,713,673	111.87	154.89	1,859.00	2,586
2,035	15,117	100.00%	15,117	23.44%	5,783,395	87.43	2,757,192	113.66	157.37	1,888.00	2,625
2,036	15,440	100.00%	15,440	23.75%	5,852,148	88.83	2,801,343	115.48	159.89	1,919.00	2,667
2,037	15,771	100.00%	15,771	23.91%	5,922,435	90.08	2,840,763	117.10	162.14	1,946.00	2,704
2,038	16,108	100.00%	16,108	24.06%	6,010,054	91.60	2,888,698	119.08	164.88	1,979.00	2,749
2,039	16,453	100.00%	16,453	24.38%	6,082,639	93.09	2,935,686	121.02	167.56	2,011.00	2,793
2,040	16,805	100.00%	16,805	24.69%	6,156,757	94.62	2,983,936	123.01	170.32	2,044.00	2,838
2,041	17,164	100.00%	17,164	25.00%	6,248,975	96.43	3,041,016	125.36	173.57	2,083.00	2,891

Fuente: Elaboración propia

Tabla 131*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-08, Sector I*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	12,535	96.77%	12,130	47.17%	4,141,630	90.74	2,861,577	117.96	163.33	1,960.00	2,723
2,019	12,803	94.74%	12,130	47.17%	4,141,630	90.74	2,861,577	117.96	163.33	1,960.00	2,723
2,020	13,077	92.76%	12,130	47.17%	4,141,630	90.74	2,861,577	117.96	163.33	1,960.00	2,723
2,021	13,357	90.81%	12,130	47.17%	4,141,630	90.74	2,861,577	117.96	163.33	1,960.00	2,723
2,022	13,643	100.00%	13,643	20.00%	4,327,524	62.61	1,974,469	81.39	112.70	1,352.00	1,894
2,023	13,935	100.00%	13,935	20.31%	4,388,094	63.73	2,009,789	82.85	114.71	1,377.00	1,928
2,024	14,233	100.00%	14,233	20.63%	4,452,847	64.93	2,047,632	84.41	116.87	1,402.00	1,963
2,025	14,538	100.00%	14,538	20.94%	4,528,697	66.30	2,090,837	86.19	119.34	1,432.00	2,003
2,026	14,849	100.00%	14,849	21.25%	4,590,278	67.46	2,127,419	87.70	121.43	1,457.00	2,037
2,027	15,166	100.00%	15,166	21.41%	4,655,446	68.56	2,162,108	89.13	123.41	1,481.00	2,070
2,028	15,491	100.00%	15,491	21.56%	4,724,031	69.71	2,198,375	90.62	125.48	1,506.00	2,104
2,029	15,823	100.00%	15,823	21.88%	4,791,498	70.99	2,238,741	92.29	127.78	1,533.00	2,141
2,030	16,161	100.00%	16,161	22.19%	4,860,497	72.30	2,280,053	93.99	130.14	1,562.00	2,180
2,031	16,507	100.00%	16,507	22.50%	4,944,010	73.84	2,328,618	95.99	132.91	1,595.00	2,226
2,032	16,860	100.00%	16,860	22.66%	5,015,308	75.05	2,366,777	97.57	135.09	1,621.00	2,261
2,033	17,221	100.00%	17,221	22.81%	5,090,790	76.34	2,407,458	99.24	137.41	1,649.00	2,299
2,034	17,590	100.00%	17,590	23.13%	5,165,154	77.77	2,452,555	101.10	139.99	1,680.00	2,341
2,035	17,966	100.00%	17,966	23.44%	5,237,464	79.18	2,497,020	102.93	142.52	1,710.00	2,383
2,036	18,350	100.00%	18,350	23.75%	5,314,127	80.66	2,543,694	104.86	145.19	1,742.00	2,426
2,037	18,743	100.00%	18,743	23.91%	5,406,835	82.24	2,593,521	106.91	148.03	1,776.00	2,473
2,038	19,144	100.00%	19,144	24.06%	5,489,214	83.66	2,638,302	108.76	150.59	1,807.00	2,515
2,039	19,554	100.00%	19,554	24.38%	5,570,475	85.25	2,688,444	110.83	153.45	1,841.00	2,561
2,040	19,972	100.00%	19,972	24.69%	5,653,268	86.88	2,739,848	112.94	156.38	1,877.00	2,610
2,041	20,400	100.00%	20,400	25.00%	5,738,361	88.55	2,792,513	115.12	159.39	1,913.00	2,659

Fuente: Elaboración propia

Tabla 132*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-10, Sector I*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	12,767	95.35%	12,173	47.17%	8,502,220	186.27	5,874,211	242.15	335.29	4,023.00	5,538
2,019	13,041	93.35%	12,173	47.17%	8,502,220	186.27	5,874,211	242.15	335.29	4,023.00	5,538
2,020	13,320	91.39%	12,173	47.17%	8,502,220	186.27	5,874,211	242.15	335.29	4,023.00	5,538
2,021	13,605	89.48%	12,173	47.17%	8,502,220	186.27	5,874,211	242.15	335.29	4,023.00	5,538
2,022	13,896	100.00%	13,896	20.00%	8,690,408	125.73	3,965,021	163.45	226.31	2,716.00	3,755
2,023	14,193	100.00%	14,193	20.31%	8,771,481	127.40	4,017,686	165.62	229.32	2,752.00	3,804
2,024	14,497	100.00%	14,497	20.63%	8,867,666	129.30	4,077,605	168.09	232.74	2,793.00	3,860
2,025	14,807	100.00%	14,807	20.94%	8,951,039	131.04	4,132,477	170.35	235.87	2,830.00	3,910
2,026	15,124	100.00%	15,124	21.25%	9,046,871	132.96	4,193,027	172.85	239.33	2,872.00	3,967
2,027	15,448	100.00%	15,448	21.41%	9,140,712	134.61	4,245,061	174.99	242.30	2,908.00	4,016
2,028	15,778	100.00%	15,778	21.56%	9,241,495	136.37	4,300,564	177.28	245.47	2,946.00	4,068
2,029	16,116	100.00%	16,116	21.88%	9,340,393	138.38	4,363,952	179.89	249.08	2,989.00	4,127
2,030	16,461	100.00%	16,461	22.19%	9,429,896	140.26	4,423,239	182.34	252.47	3,030.00	4,183
2,031	16,813	100.00%	16,813	22.50%	9,531,860	142.35	4,489,150	185.06	256.23	3,075.00	4,244
2,032	17,173	100.00%	17,173	22.66%	9,627,079	144.06	4,543,076	187.28	259.31	3,112.00	4,295
2,033	17,540	100.00%	17,540	22.81%	9,731,342	145.92	4,601,733	189.70	262.66	3,152.00	4,349
2,034	17,916	100.00%	17,916	23.13%	9,826,209	147.94	4,665,436	192.32	266.29	3,196.00	4,409
2,035	18,299	100.00%	18,299	23.44%	9,934,303	150.18	4,736,076	195.23	270.32	3,244.00	4,475
2,036	18,691	100.00%	18,691	23.75%	10,045,815	152.49	4,808,925	198.24	274.48	3,294.00	4,543
2,037	19,091	100.00%	19,091	23.91%	10,144,514	154.30	4,866,005	200.59	277.74	3,333.00	4,596
2,038	19,499	100.00%	19,499	24.06%	10,256,440	156.32	4,929,708	203.22	281.38	3,377.00	4,656
2,039	19,916	100.00%	19,916	24.38%	10,367,140	158.66	5,003,502	206.26	285.59	3,427.00	4,724
2,040	20,343	100.00%	20,343	24.69%	10,484,782	161.13	5,081,396	209.47	290.03	3,480.00	4,797
2,041	20,778	100.00%	20,778	25.00%	10,591,145	163.44	5,154,244	212.47	294.19	3,530.00	4,865

Fuente: Elaboración propia

Tabla 133*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-16, Sector I*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	14,110	43.95%	6,201	47.17%	1,251,340	27.41	864,402	35.63	49.34	592.00	858
2,019	14,412	43.03%	6,201	47.17%	1,251,340	27.41	864,402	35.63	49.34	592.00	858
2,020	14,720	42.13%	6,201	47.17%	1,251,340	27.41	864,402	35.63	49.34	592.00	858
2,021	15,035	41.24%	6,201	47.17%	1,251,340	27.41	864,402	35.63	49.34	592.00	858
2,022	15,357	100.00%	15,357	20.00%	2,845,513	41.17	1,298,337	53.52	74.11	889.00	1,263
2,023	15,686	100.00%	15,686	20.31%	2,903,754	42.18	1,330,188	54.83	75.92	911.00	1,293
2,024	16,021	100.00%	16,021	20.63%	2,963,528	43.21	1,362,671	56.17	77.78	933.00	1,323
2,025	16,364	100.00%	16,364	20.94%	3,024,835	44.28	1,396,414	57.56	79.70	956.00	1,354
2,026	16,714	100.00%	16,714	21.25%	3,086,908	45.37	1,430,788	58.98	81.67	980.00	1,387
2,027	17,072	100.00%	17,072	21.41%	3,153,333	46.44	1,464,532	60.37	83.59	1,003.00	1,418
2,028	17,437	100.00%	17,437	21.56%	3,218,472	47.49	1,497,645	61.74	85.48	1,026.00	1,449
2,029	17,811	100.00%	17,811	21.88%	3,285,143	48.67	1,534,857	63.27	87.61	1,051.00	1,484
2,030	18,192	100.00%	18,192	22.19%	3,353,346	49.88	1,573,016	64.84	89.78	1,077.00	1,519
2,031	18,581	100.00%	18,581	22.50%	3,422,316	51.11	1,611,805	66.44	92.00	1,104.00	1,556
2,032	18,979	100.00%	18,979	22.66%	3,500,988	52.39	1,652,171	68.11	94.30	1,132.00	1,594
2,033	19,385	100.00%	19,385	22.81%	3,573,790	53.59	1,690,014	69.67	96.46	1,158.00	1,629
2,034	19,800	100.00%	19,800	23.13%	3,647,358	54.91	1,731,642	71.38	98.84	1,186.00	1,668
2,035	20,223	100.00%	20,223	23.44%	3,723,225	56.28	1,774,846	73.16	101.30	1,216.00	1,708
2,036	20,656	100.00%	20,656	23.75%	3,799,858	57.68	1,818,996	74.98	103.82	1,246.00	1,750
2,037	21,098	100.00%	21,098	23.91%	3,878,791	59.00	1,860,624	76.70	106.20	1,274.00	1,788
2,038	21,550	100.00%	21,550	24.06%	3,962,075	60.39	1,904,459	78.51	108.70	1,304.00	1,829
2,039	22,011	100.00%	22,011	24.38%	4,044,073	61.89	1,951,763	80.46	111.40	1,337.00	1,874
2,040	22,482	100.00%	22,482	24.69%	4,128,370	63.45	2,000,959	82.49	114.21	1,371.00	1,920
2,041	22,963	100.00%	22,963	25.00%	4,213,433	65.02	2,050,471	84.53	117.04	1,404.00	1,965

Fuente: Elaboración propia

Tabla 134*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-02, Sector I*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	23,818	94.60%	22,531	47.17%	4,720,351	103.41	3,261,138	134.43	186.14	2,234.00	3,097
2,019	24,327	92.62%	22,531	47.17%	4,720,351	103.41	3,261,138	134.43	186.14	2,234.00	3,097
2,020	24,848	90.68%	22,531	47.17%	4,720,351	103.41	3,261,138	134.43	186.14	2,234.00	3,097
2,021	25,380	88.78%	22,531	47.17%	4,720,351	103.41	3,261,138	134.43	186.14	2,234.00	3,097
2,022	25,923	100.00%	25,923	20.00%	5,219,739	75.52	2,381,599	98.18	135.94	1,631.00	2,275
2,023	26,478	100.00%	26,478	20.31%	5,318,596	77.25	2,436,156	100.43	139.05	1,669.00	2,326
2,024	27,044	100.00%	27,044	20.63%	5,422,572	79.07	2,493,552	102.79	142.33	1,708.00	2,380
2,025	27,623	100.00%	27,623	20.94%	5,533,430	81.00	2,554,416	105.30	145.80	1,750.00	2,437
2,026	28,214	100.00%	28,214	21.25%	5,642,004	82.92	2,614,965	107.80	149.26	1,791.00	2,493
2,027	28,818	100.00%	28,818	21.41%	5,749,290	84.67	2,670,153	110.07	152.41	1,829.00	2,545
2,028	29,435	100.00%	29,435	21.56%	5,861,696	86.49	2,727,549	112.44	155.68	1,868.00	2,598
2,029	30,064	100.00%	30,064	21.88%	5,974,347	88.51	2,791,251	115.06	159.32	1,912.00	2,658
2,030	30,708	100.00%	30,708	22.19%	6,091,350	90.60	2,857,162	117.78	163.08	1,957.00	2,719
2,031	31,365	100.00%	31,365	22.50%	6,219,588	92.89	2,929,379	120.76	167.20	2,006.00	2,786
2,032	32,036	100.00%	32,036	22.66%	6,341,787	94.90	2,992,766	123.37	170.82	2,050.00	2,846
2,033	32,722	100.00%	32,722	22.81%	6,466,454	96.96	3,057,731	126.05	174.53	2,094.00	2,906
2,034	33,422	100.00%	33,422	23.13%	6,605,113	99.44	3,135,940	129.27	178.99	2,148.00	2,980
2,035	34,137	100.00%	34,137	23.44%	6,735,144	101.82	3,210,996	132.37	183.28	2,199.00	3,050
2,036	34,868	100.00%	34,868	23.75%	6,865,421	104.21	3,286,367	135.47	187.58	2,251.00	3,120
2,037	35,614	100.00%	35,614	23.91%	7,000,816	106.48	3,357,953	138.42	191.66	2,300.00	3,187
2,038	36,376	100.00%	36,376	24.06%	7,144,626	108.90	3,434,270	141.57	196.02	2,352.00	3,258
2,039	37,155	100.00%	37,155	24.38%	7,286,152	111.51	3,516,579	144.96	200.72	2,409.00	3,336
2,040	37,950	100.00%	37,950	24.69%	7,430,744	114.20	3,601,411	148.46	205.56	2,467.00	3,415
2,041	38,762	100.00%	38,762	25.00%	7,575,581	116.91	3,686,874	151.98	210.44	2,525.00	3,494

Fuente: Elaboración propia

Tabla 135*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-04, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	20,586	97.83%	20,139	47.17%	5,342,245	117.04	3,690,973	152.15	210.67	2,528.00	3,498
2,019	21,027	95.78%	20,139	47.17%	5,342,245	117.04	3,690,973	152.15	210.67	2,528.00	3,498
2,020	21,477	93.77%	20,139	47.17%	5,342,245	117.04	3,690,973	152.15	210.67	2,528.00	3,498
2,021	21,936	91.81%	20,139	47.17%	5,342,245	117.04	3,690,973	152.15	210.67	2,528.00	3,498
2,022	22,406	100.00%	22,406	20.00%	5,666,544	81.98	2,585,321	106.57	147.56	1,771.00	2,466
2,023	22,885	100.00%	22,885	20.31%	5,770,993	83.82	2,643,348	108.97	150.88	1,811.00	2,520
2,024	23,375	100.00%	23,375	20.63%	5,861,175	85.46	2,695,067	111.10	153.83	1,846.00	2,568
2,025	23,875	100.00%	23,875	20.94%	5,955,709	87.19	2,749,624	113.35	156.94	1,883.00	2,619
2,026	24,386	100.00%	24,386	21.25%	6,066,120	89.16	2,811,750	115.91	160.49	1,926.00	2,677
2,027	24,908	100.00%	24,908	21.41%	6,164,486	90.78	2,862,838	118.01	163.40	1,961.00	2,725
2,028	25,441	100.00%	25,441	21.56%	6,262,331	92.41	2,914,242	120.13	166.34	1,996.00	2,773
2,029	25,985	100.00%	25,985	21.88%	6,379,042	94.50	2,980,152	122.85	170.10	2,041.00	2,834
2,030	26,541	100.00%	26,541	22.19%	6,480,718	96.40	3,040,070	125.32	173.52	2,082.00	2,890
2,031	27,109	100.00%	27,109	22.50%	6,601,261	98.59	3,109,134	128.17	177.46	2,130.00	2,955
2,032	27,689	100.00%	27,689	22.66%	6,707,535	100.37	3,165,268	130.48	180.67	2,168.00	3,007
2,033	28,282	100.00%	28,282	22.81%	6,818,162	102.24	3,224,241	132.91	184.03	2,208.00	3,062
2,034	28,887	100.00%	28,887	23.13%	6,953,602	104.69	3,301,504	136.10	188.44	2,261.00	3,134
2,035	29,505	100.00%	29,505	23.44%	7,069,594	106.87	3,370,252	138.93	192.37	2,308.00	3,198
2,036	30,137	100.00%	30,137	23.75%	7,185,064	109.06	3,439,316	141.78	196.31	2,356.00	3,263
2,037	30,782	100.00%	30,782	23.91%	7,318,634	111.32	3,510,588	144.72	200.38	2,405.00	3,330
2,038	31,441	100.00%	31,441	24.06%	7,438,703	113.38	3,575,552	147.39	204.08	2,449.00	3,390
2,039	32,113	100.00%	32,113	24.38%	7,564,657	115.77	3,650,923	150.50	208.39	2,501.00	3,461
2,040	32,801	100.00%	32,801	24.69%	7,703,837	118.39	3,733,547	153.91	213.10	2,557.00	3,538
2,041	33,503	100.00%	33,503	25.00%	7,834,388	120.90	3,812,702	157.17	217.62	2,611.00	3,612

Fuente: Elaboración propia

Tabla 136*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-05, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	19,149	88.94%	17,032	47.17%	3,727,741	81.67	2,575,545	106.17	147.01	1,764.00	2,456
2,019	19,559	87.08%	17,032	47.17%	3,727,741	81.67	2,575,545	106.17	147.01	1,764.00	2,456
2,020	19,977	85.26%	17,032	47.17%	3,727,741	81.67	2,575,545	106.17	147.01	1,764.00	2,456
2,021	20,405	83.47%	17,032	47.17%	3,719,170	81.48	2,569,553	105.92	146.66	1,760.00	2,451
2,022	20,841	100.00%	20,841	20.00%	4,348,303	62.91	1,983,930	81.78	113.24	1,359.00	1,904
2,023	21,287	100.00%	21,287	20.31%	4,430,821	64.35	2,029,342	83.66	115.83	1,390.00	1,946
2,024	21,743	100.00%	21,743	20.63%	4,512,052	65.79	2,074,753	85.53	118.42	1,421.00	1,988
2,025	22,208	100.00%	22,208	20.94%	4,605,805	67.43	2,126,472	87.66	121.37	1,456.00	2,036
2,026	22,683	100.00%	22,683	21.25%	4,690,102	68.93	2,173,776	89.61	124.07	1,489.00	2,081
2,027	23,169	100.00%	23,169	21.41%	4,790,445	70.55	2,224,865	91.72	126.99	1,524.00	2,129
2,028	23,665	100.00%	23,665	21.56%	4,881,393	72.03	2,271,538	93.64	129.65	1,556.00	2,172
2,029	24,171	100.00%	24,171	21.88%	4,971,820	73.66	2,322,942	95.76	132.59	1,591.00	2,220
2,030	24,688	100.00%	24,688	22.19%	5,063,780	75.32	2,375,292	97.92	135.58	1,627.00	2,269
2,031	25,217	100.00%	25,217	22.50%	5,169,028	77.20	2,434,579	100.36	138.96	1,668.00	2,325
2,032	25,756	100.00%	25,756	22.66%	5,265,586	78.80	2,485,037	102.44	141.84	1,702.00	2,372
2,033	26,307	100.00%	26,307	22.81%	5,366,496	80.47	2,537,702	104.61	144.85	1,738.00	2,421
2,034	26,870	100.00%	26,870	23.13%	5,466,120	82.30	2,595,413	106.99	148.14	1,778.00	2,475
2,035	27,445	100.00%	27,445	23.44%	5,568,808	84.18	2,654,700	109.43	151.52	1,818.00	2,530
2,036	28,033	100.00%	28,033	23.75%	5,679,267	86.21	2,718,719	112.07	155.18	1,862.00	2,590
2,037	28,633	100.00%	28,633	23.91%	5,793,956	88.13	2,779,268	114.57	158.63	1,904.00	2,647
2,038	29,245	100.00%	29,245	24.06%	5,905,595	90.01	2,838,555	117.01	162.02	1,944.00	2,702
2,039	29,871	100.00%	29,871	24.38%	6,031,227	92.31	2,911,088	120.00	166.16	1,994.00	2,770
2,040	30,511	100.00%	30,511	24.69%	6,144,644	94.43	2,977,944	122.76	169.97	2,040.00	2,832
2,041	31,163	100.00%	31,163	25.00%	6,263,947	96.67	3,048,585	125.67	174.01	2,088.00	2,898

Fuente: Elaboración propia

Tabla 137*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-17, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	2,479	95.66%	2,371	47.17%	451,820	9.90	312,206	12.87	17.82	214.00	342
2,019	2,532	93.66%	2,371	47.17%	451,820	9.90	312,206	12.87	17.82	214.00	342
2,020	2,586	91.69%	2,371	47.17%	451,820	9.90	312,206	12.87	17.82	214.00	342
2,021	2,641	89.77%	2,371	47.17%	451,106	9.88	311,576	12.84	17.78	213.00	341
2,022	2,698	100.00%	2,698	20.00%	502,469	7.27	229,267	9.45	13.09	157.00	264
2,023	2,755	100.00%	2,755	20.31%	512,431	7.44	234,628	9.67	13.39	161.00	269
2,024	2,814	100.00%	2,814	20.63%	523,160	7.63	240,620	9.92	13.73	165.00	275
2,025	2,875	100.00%	2,875	20.94%	533,889	7.82	246,612	10.17	14.08	169.00	280
2,026	2,936	100.00%	2,936	21.25%	544,617	8.00	252,288	10.40	14.40	173.00	286
2,027	2,999	100.00%	2,999	21.41%	556,112	8.19	258,280	10.65	14.74	177.00	291
2,028	3,063	100.00%	3,063	21.56%	567,607	8.38	264,272	10.89	15.08	181.00	297
2,029	3,129	100.00%	3,129	21.88%	579,102	8.58	270,579	11.15	15.44	185.00	302
2,030	3,196	100.00%	3,196	22.19%	591,364	8.80	277,517	11.44	15.84	190.00	309
2,031	3,264	100.00%	3,264	22.50%	603,625	9.01	284,139	11.71	16.22	195.00	316
2,032	3,334	100.00%	3,334	22.66%	615,886	9.22	290,762	11.99	16.60	199.00	321
2,033	3,405	100.00%	3,405	22.81%	628,148	9.42	297,069	12.25	16.96	203.00	327
2,034	3,478	100.00%	3,478	23.13%	641,175	9.65	304,322	12.55	17.37	208.00	334
2,035	3,552	100.00%	3,552	23.44%	654,969	9.90	312,206	12.87	17.82	214.00	342
2,036	3,629	100.00%	3,629	23.75%	667,997	10.14	319,775	13.18	18.25	219.00	349
2,037	3,706	100.00%	3,706	23.91%	681,791	10.37	327,028	13.48	18.67	224.00	356
2,038	3,785	100.00%	3,785	24.06%	696,351	10.61	334,597	13.79	19.10	229.00	362
2,039	3,866	100.00%	3,866	24.38%	710,912	10.88	343,112	14.14	19.58	235.00	371
2,040	3,949	100.00%	3,949	24.69%	725,472	11.15	351,626	14.50	20.07	241.00	379
2,041	4,034	100.00%	4,034	25.00%	740,032	11.42	360,141	14.85	20.56	247.00	387

Fuente: Elaboración propia

Tabla 138*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-19, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	2,487	0.00%	0	47.17%	8,884	0.19	5,992	0.25	0.34	4.00	55
2,019	2,540	0.00%	0	47.17%	8,884	0.19	5,992	0.25	0.34	4.00	55
2,020	2,595	0.00%	0	47.17%	8,884	0.19	5,992	0.25	0.34	4.00	55
2,021	2,650	0.00%	0	47.17%	8,884	0.19	5,992	0.25	0.34	4.00	55
2,022	2,707	100.00%	2,707	20.00%	490,193	7.09	223,590	9.22	12.76	153.00	259
2,023	2,765	100.00%	2,765	20.31%	500,922	7.28	229,582	9.46	13.10	157.00	264
2,024	2,824	100.00%	2,824	20.63%	510,884	7.45	234,943	9.69	13.41	161.00	270
2,025	2,885	100.00%	2,885	20.94%	521,613	7.64	240,935	9.93	13.75	165.00	275
2,026	2,946	100.00%	2,946	21.25%	533,108	7.84	247,242	10.19	14.11	169.00	281
2,027	3,009	100.00%	3,009	21.41%	543,836	8.01	252,603	10.41	14.42	173.00	286
2,028	3,074	100.00%	3,074	21.56%	555,331	8.19	258,280	10.65	14.74	177.00	291
2,029	3,140	100.00%	3,140	21.88%	567,593	8.41	265,218	10.93	15.14	182.00	298
2,030	3,207	100.00%	3,207	22.19%	579,088	8.61	271,525	11.19	15.50	186.00	304
2,031	3,275	100.00%	3,275	22.50%	591,349	8.83	278,463	11.48	15.89	191.00	310
2,032	3,345	100.00%	3,345	22.66%	603,610	9.03	284,770	11.74	16.25	195.00	316
2,033	3,417	100.00%	3,417	22.81%	616,638	9.25	291,708	12.03	16.65	200.00	323
2,034	3,490	100.00%	3,490	23.13%	629,666	9.48	298,961	12.32	17.06	205.00	330
2,035	3,565	100.00%	3,565	23.44%	642,693	9.72	306,530	12.64	17.50	210.00	336
2,036	3,641	100.00%	3,641	23.75%	656,487	9.96	314,099	12.95	17.93	215.00	343
2,037	3,719	100.00%	3,719	23.91%	670,281	10.20	321,667	13.26	18.36	220.00	350
2,038	3,799	100.00%	3,799	24.06%	684,842	10.44	329,236	13.57	18.79	226.00	358
2,039	3,880	100.00%	3,880	24.38%	699,402	10.70	337,435	13.91	19.26	231.00	365
2,040	3,963	100.00%	3,963	24.69%	713,962	10.97	345,950	14.26	19.75	237.00	373
2,041	4,048	100.00%	4,048	25.00%	729,289	11.25	354,780	14.63	20.25	243.00	381

Fuente: Elaboración propia

Tabla 139*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-01A, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	27,561	94.44%	26,029	47.17%	5,546,392	121.51	3,831,939	157.96	218.72	2,625.00	3,630
2,019	28,151	92.46%	26,029	47.17%	5,546,392	121.51	3,831,939	157.96	218.72	2,625.00	3,630
2,020	28,754	90.52%	26,029	47.17%	5,546,392	121.51	3,831,939	157.96	218.72	2,625.00	3,630
2,021	29,369	88.63%	26,029	47.17%	5,546,392	121.51	3,831,939	157.96	218.72	2,625.00	3,630
2,022	29,997	100.00%	29,997	20.00%	6,005,682	86.89	2,740,163	112.96	156.40	1,877.00	2,610
2,023	30,639	100.00%	30,639	20.31%	6,122,685	88.93	2,804,496	115.61	160.07	1,921.00	2,670
2,024	31,295	100.00%	31,295	20.63%	6,239,934	90.99	2,869,461	118.29	163.78	1,965.00	2,730
2,025	31,965	100.00%	31,965	20.94%	6,375,282	93.33	2,943,255	121.33	167.99	2,016.00	2,800
2,026	32,649	100.00%	32,649	21.25%	6,497,129	95.49	3,011,373	124.14	171.88	2,063.00	2,864
2,027	33,347	100.00%	33,347	21.41%	6,624,861	97.56	3,076,652	126.83	175.61	2,107.00	2,924
2,028	34,061	100.00%	34,061	21.56%	6,759,476	99.74	3,145,401	129.66	179.53	2,154.00	2,988
2,029	34,790	100.00%	34,790	21.88%	6,892,572	102.11	3,220,141	132.74	183.80	2,206.00	3,059
2,030	35,535	100.00%	35,535	22.19%	7,025,148	104.49	3,295,197	135.84	188.08	2,257.00	3,129
2,031	36,295	100.00%	36,295	22.50%	7,160,789	106.94	3,372,460	139.02	192.49	2,310.00	3,201
2,032	37,072	100.00%	37,072	22.66%	7,301,548	109.26	3,445,623	142.04	196.67	2,360.00	3,269
2,033	37,865	100.00%	37,865	22.81%	7,456,301	111.81	3,526,040	145.35	201.26	2,415.00	3,344
2,034	38,675	100.00%	38,675	23.13%	7,603,957	114.48	3,610,241	148.82	206.06	2,473.00	3,423
2,035	39,503	100.00%	39,503	23.44%	7,751,093	117.17	3,695,073	152.32	210.91	2,531.00	3,502
2,036	40,348	100.00%	40,348	23.75%	7,907,532	120.03	3,785,266	156.04	216.05	2,593.00	3,587
2,037	41,212	100.00%	41,212	23.91%	8,060,798	122.61	3,866,629	159.39	220.70	2,648.00	3,662
2,038	42,094	100.00%	42,094	24.06%	8,220,716	125.30	3,951,461	162.89	225.54	2,706.00	3,741
2,039	42,995	100.00%	42,995	24.38%	8,381,646	128.28	4,045,438	166.76	230.90	2,771.00	3,830
2,040	43,915	100.00%	43,915	24.69%	8,566,792	131.66	4,152,030	171.16	236.99	2,844.00	3,929
2,041	44,854	100.00%	44,854	25.00%	8,737,438	134.84	4,252,314	175.29	242.71	2,913.00	4,023

Fuente: Elaboración propia

Tabla 140*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-01B, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	24,652	58.77%	14,489	47.17%	3,101,990	67.96	2,143,187	88.35	122.33	1,468.00	2,052
2,019	25,180	57.54%	14,489	47.17%	3,101,990	67.96	2,143,187	88.35	122.33	1,468.00	2,052
2,020	25,719	56.34%	14,489	47.17%	3,101,990	67.96	2,143,187	88.35	122.33	1,468.00	2,052
2,021	26,269	55.16%	14,489	47.17%	3,093,419	67.77	2,137,195	88.10	121.99	1,464.00	2,047
2,022	26,831	100.00%	26,831	20.00%	5,217,247	75.48	2,380,337	98.12	135.86	1,630.00	2,273
2,023	27,406	100.00%	27,406	20.31%	5,319,936	77.27	2,436,787	100.45	139.09	1,669.00	2,327
2,024	27,992	100.00%	27,992	20.63%	5,435,146	79.25	2,499,228	103.03	142.65	1,712.00	2,385
2,025	28,591	100.00%	28,591	20.94%	5,541,666	81.13	2,558,516	105.47	146.03	1,752.00	2,440
2,026	29,203	100.00%	29,203	21.25%	5,650,486	83.05	2,619,065	107.97	149.49	1,794.00	2,497
2,027	29,828	100.00%	29,828	21.41%	5,762,370	84.86	2,676,145	110.32	152.75	1,833.00	2,550
2,028	30,466	100.00%	30,466	21.56%	5,875,788	86.70	2,734,171	112.71	156.06	1,873.00	2,605
2,029	31,118	100.00%	31,118	21.88%	6,003,259	88.94	2,804,812	115.62	160.09	1,921.00	2,670
2,030	31,784	100.00%	31,784	22.19%	6,121,275	91.05	2,871,353	118.37	163.89	1,967.00	2,733
2,031	32,464	100.00%	32,464	22.50%	6,242,355	93.23	2,940,101	121.20	167.81	2,014.00	2,797
2,032	33,159	100.00%	33,159	22.66%	6,366,501	95.27	3,004,435	123.85	171.49	2,058.00	2,857
2,033	33,869	100.00%	33,869	22.81%	6,501,116	97.48	3,074,129	126.72	175.46	2,106.00	2,922
2,034	34,593	100.00%	34,593	23.13%	6,632,679	99.86	3,149,185	129.82	179.75	2,157.00	2,992
2,035	35,334	100.00%	35,334	23.44%	6,764,489	102.26	3,224,871	132.94	184.07	2,209.00	3,063
2,036	36,090	100.00%	36,090	23.75%	6,899,363	104.73	3,302,765	136.15	188.51	2,262.00	3,135
2,037	36,862	100.00%	36,862	23.91%	7,036,537	107.03	3,375,298	139.14	192.65	2,312.00	3,204
2,038	37,651	100.00%	37,651	24.06%	7,185,712	109.52	3,453,823	142.38	197.14	2,366.00	3,277
2,039	38,457	100.00%	38,457	24.38%	7,331,836	112.21	3,538,655	145.87	201.98	2,424.00	3,356
2,040	39,280	100.00%	39,280	24.69%	7,478,205	114.93	3,624,432	149.41	206.87	2,482.00	3,436
2,041	40,120	100.00%	40,120	25.00%	7,628,407	117.72	3,712,418	153.04	211.90	2,543.00	3,519

Fuente: Elaboración propia

Tabla 141*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-03, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	21,240	94.75%	20,126	47.17%	4,370,315	95.75	3,019,572	124.48	172.35	2,068.00	2,871
2,019	21,695	92.77%	20,126	47.17%	4,370,315	95.75	3,019,572	124.48	172.35	2,068.00	2,871
2,020	22,159	90.83%	20,126	47.17%	4,370,315	95.75	3,019,572	124.48	172.35	2,068.00	2,871
2,021	22,633	88.92%	20,126	47.17%	4,370,315	95.75	3,019,572	124.48	172.35	2,068.00	2,871
2,022	23,117	100.00%	23,117	20.00%	4,806,216	69.53	2,192,698	90.39	125.15	1,502.00	2,099
2,023	23,612	100.00%	23,612	20.31%	4,894,345	71.09	2,241,894	92.42	127.96	1,536.00	2,145
2,024	24,117	100.00%	24,117	20.63%	4,987,592	72.73	2,293,613	94.55	130.91	1,571.00	2,193
2,025	24,634	100.00%	24,634	20.94%	5,079,552	74.36	2,345,017	96.67	133.85	1,606.00	2,241
2,026	25,161	100.00%	25,161	21.25%	5,197,780	76.39	2,409,035	99.31	137.50	1,650.00	2,301
2,027	25,699	100.00%	25,699	21.41%	5,293,572	77.96	2,458,547	101.35	140.33	1,684.00	2,347
2,028	26,249	100.00%	26,249	21.56%	5,394,482	79.60	2,510,266	103.48	143.28	1,719.00	2,395
2,029	26,811	100.00%	26,811	21.88%	5,494,872	81.41	2,567,346	105.83	146.54	1,758.00	2,448
2,030	27,385	100.00%	27,385	22.19%	5,599,614	83.29	2,626,633	108.28	149.92	1,799.00	2,504
2,031	27,971	100.00%	27,971	22.50%	5,706,655	85.22	2,687,498	110.79	153.40	1,841.00	2,561
2,032	28,569	100.00%	28,569	22.66%	5,813,175	86.99	2,743,317	113.09	156.58	1,879.00	2,613
2,033	29,181	100.00%	29,181	22.81%	5,924,814	88.84	2,801,658	115.49	159.91	1,919.00	2,667
2,034	29,805	100.00%	29,805	23.13%	6,044,102	91.00	2,869,776	118.30	163.80	1,966.00	2,731
2,035	30,443	100.00%	30,443	23.44%	6,161,105	93.14	2,937,263	121.08	167.65	2,012.00	2,794
2,036	31,094	100.00%	31,094	23.75%	6,290,569	95.49	3,011,373	124.14	171.88	2,063.00	2,864
2,037	31,760	100.00%	31,760	23.91%	6,412,170	97.53	3,075,706	126.79	175.55	2,107.00	2,924
2,038	32,439	100.00%	32,439	24.06%	6,533,251	99.58	3,140,355	129.45	179.24	2,151.00	2,984
2,039	33,134	100.00%	33,134	24.38%	6,659,450	101.92	3,214,149	132.50	183.46	2,201.00	3,052
2,040	33,843	100.00%	33,843	24.69%	6,785,895	104.29	3,288,889	135.58	187.72	2,253.00	3,123
2,041	34,567	100.00%	34,567	25.00%	6,917,459	106.75	3,366,468	138.78	192.15	2,306.00	3,195

Fuente: Elaboración propia

Tabla 142*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-10, Sector II*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	14,480	5.88%	852	47.17%	241,584	5.29	166,825	6.88	9.52	114.00	206
2,019	14,790	5.76%	852	47.17%	241,584	5.29	166,825	6.88	9.52	114.00	206
2,020	15,106	5.64%	852	47.17%	241,584	5.29	166,825	6.88	9.52	114.00	206
2,021	15,430	5.52%	852	47.17%	241,584	5.29	166,825	6.88	9.52	114.00	206
2,022	15,760	100.00%	15,760	20.00%	2,890,826	41.82	1,318,836	54.37	75.28	903.00	1,282
2,023	16,097	100.00%	16,097	20.31%	2,951,366	42.87	1,351,948	55.73	77.17	926.00	1,313
2,024	16,442	100.00%	16,442	20.63%	3,012,673	43.93	1,385,376	57.11	79.07	949.00	1,344
2,025	16,793	100.00%	16,793	20.94%	3,075,512	45.02	1,419,751	58.53	81.04	972.00	1,376
2,026	17,153	100.00%	17,153	21.25%	3,139,118	46.14	1,455,071	59.98	83.05	997.00	1,410
2,027	17,520	100.00%	17,520	21.41%	3,204,256	47.19	1,488,184	61.35	84.94	1,019.00	1,440
2,028	17,895	100.00%	17,895	21.56%	3,271,693	48.28	1,522,558	62.76	86.90	1,043.00	1,473
2,029	18,278	100.00%	18,278	21.88%	3,339,897	49.48	1,560,401	64.32	89.06	1,069.00	1,508
2,030	18,669	100.00%	18,669	22.19%	3,417,036	50.83	1,602,975	66.08	91.49	1,098.00	1,548
2,031	19,068	100.00%	19,068	22.50%	3,488,305	52.10	1,643,026	67.73	93.78	1,125.00	1,585
2,032	19,476	100.00%	19,476	22.66%	3,561,107	53.29	1,680,553	69.28	95.92	1,151.00	1,620
2,033	19,893	100.00%	19,893	22.81%	3,635,441	54.51	1,719,027	70.86	98.12	1,177.00	1,656
2,034	20,319	100.00%	20,319	23.13%	3,711,308	55.88	1,762,232	72.64	100.58	1,207.00	1,696
2,035	20,754	100.00%	20,754	23.44%	3,788,708	57.27	1,806,067	74.45	103.09	1,237.00	1,737
2,036	21,198	100.00%	21,198	23.75%	3,867,640	58.71	1,851,479	76.32	105.68	1,268.00	1,780
2,037	21,651	100.00%	21,651	23.91%	3,948,872	60.06	1,894,052	78.08	108.11	1,297.00	1,819
2,038	22,115	100.00%	22,115	24.06%	4,030,869	61.44	1,937,572	79.87	110.59	1,327.00	1,860
2,039	22,588	100.00%	22,588	24.38%	4,115,166	62.98	1,986,137	81.87	113.36	1,360.00	1,905
2,040	23,071	100.00%	23,071	24.69%	4,201,762	64.57	2,036,280	83.94	116.23	1,395.00	1,953
2,041	23,565	100.00%	23,565	25.00%	4,289,124	66.19	2,087,368	86.05	119.14	1,430.00	2,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 143*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-03, Sector III*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	27,699	91.75%	25,414	47.17%	5,217,295	114.30	3,604,565	148.59	205.74	2,469.00	3,418
2,019	28,292	89.83%	25,414	47.17%	5,217,295	114.30	3,604,565	148.59	205.74	2,469.00	3,418
2,020	28,897	87.95%	25,414	47.17%	5,217,295	114.30	3,604,565	148.59	205.74	2,469.00	3,418
2,021	29,516	86.10%	25,414	47.17%	5,217,295	114.30	3,604,565	148.59	205.74	2,469.00	3,418
2,022	30,147	100.00%	30,147	20.00%	5,988,611	86.64	2,732,279	112.63	155.95	1,871.00	2,602
2,023	30,792	100.00%	30,792	20.31%	6,103,561	88.65	2,795,666	115.25	159.57	1,915.00	2,662
2,024	31,451	100.00%	31,451	20.63%	6,223,629	90.75	2,861,892	117.98	163.35	1,960.00	2,724
2,025	32,124	100.00%	32,124	20.94%	6,345,997	92.90	2,929,694	120.77	167.22	2,007.00	2,787
2,026	32,812	100.00%	32,812	21.25%	6,471,430	95.11	2,999,389	123.64	171.20	2,054.00	2,852
2,027	33,514	100.00%	33,514	21.41%	6,598,993	97.18	3,064,668	126.33	174.92	2,099.00	2,913
2,028	34,231	100.00%	34,231	21.56%	6,737,960	99.42	3,135,309	129.25	178.96	2,147.00	2,979
2,029	34,964	100.00%	34,964	21.88%	6,871,056	101.79	3,210,049	132.33	183.22	2,199.00	3,049
2,030	35,712	100.00%	35,712	22.19%	7,007,218	104.23	3,286,997	135.50	187.61	2,251.00	3,120
2,031	36,476	100.00%	36,476	22.50%	7,143,625	106.68	3,364,260	138.68	192.02	2,304.00	3,193
2,032	37,257	100.00%	37,257	22.66%	7,298,898	109.22	3,444,362	141.99	196.60	2,359.00	3,268
2,033	38,054	100.00%	38,054	22.81%	7,443,490	111.61	3,519,733	145.09	200.90	2,411.00	3,339
2,034	38,869	100.00%	38,869	23.13%	7,591,913	114.30	3,604,565	148.59	205.74	2,469.00	3,418
2,035	39,700	100.00%	39,700	23.44%	7,739,815	117.00	3,689,712	152.10	210.60	2,527.00	3,497
2,036	40,550	100.00%	40,550	23.75%	7,893,602	119.82	3,778,644	155.77	215.68	2,588.00	3,580
2,037	41,418	100.00%	41,418	23.91%	8,051,221	122.46	3,861,899	159.20	220.43	2,645.00	3,658
2,038	42,304	100.00%	42,304	24.06%	8,211,906	125.16	3,947,046	162.71	225.29	2,703.00	3,737
2,039	43,209	100.00%	43,209	24.38%	8,375,487	128.18	4,042,284	166.63	230.72	2,769.00	3,827
2,040	44,134	100.00%	44,134	24.69%	8,543,068	131.29	4,140,361	170.68	236.32	2,836.00	3,918
2,041	45,079	100.00%	45,079	25.00%	8,722,650	134.61	4,245,061	174.99	242.30	2,908.00	4,016

Fuente: Elaboración propia

Tabla 144*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-18, Sector III*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	6,227	93.09%	5,796	47.17%	1,111,651	24.35	767,902	31.66	43.83	526.00	767
2,019	6,360	91.13%	5,796	47.17%	1,111,651	24.35	767,902	31.66	43.83	526.00	767
2,020	6,496	89.23%	5,796	47.17%	1,111,651	24.35	767,902	31.66	43.83	526.00	767
2,021	6,635	87.36%	5,796	47.17%	1,111,651	24.35	767,902	31.66	43.83	526.00	767
2,022	6,777	100.00%	6,777	20.00%	1,276,576	18.47	582,470	24.01	33.25	399.00	594
2,023	6,922	100.00%	6,922	20.31%	1,302,631	18.92	596,661	24.60	34.06	409.00	608
2,024	7,070	100.00%	7,070	20.63%	1,328,686	19.37	610,852	25.18	34.87	418.00	620
2,025	7,221	100.00%	7,221	20.94%	1,358,159	19.88	626,936	25.84	35.78	429.00	635
2,026	7,376	100.00%	7,376	21.25%	1,385,747	20.37	642,388	26.48	36.67	440.00	650
2,027	7,534	100.00%	7,534	21.41%	1,414,101	20.82	656,580	27.07	37.48	450.00	664
2,028	7,695	100.00%	7,695	21.56%	1,442,456	21.28	671,086	27.66	38.30	460.00	677
2,029	7,860	100.00%	7,860	21.88%	1,472,343	21.81	687,800	28.35	39.26	471.00	692
2,030	8,028	100.00%	8,028	22.19%	1,502,230	22.34	704,514	29.04	40.21	483.00	709
2,031	8,200	100.00%	8,200	22.50%	1,532,883	22.89	721,859	29.76	41.20	494.00	724
2,032	8,375	100.00%	8,375	22.66%	1,563,536	23.40	737,942	30.42	42.12	505.00	739
2,033	8,554	100.00%	8,554	22.81%	1,598,373	23.97	755,918	31.16	43.15	518.00	756
2,034	8,737	100.00%	8,737	23.13%	1,630,559	24.55	774,209	31.92	44.19	530.00	773
2,035	8,924	100.00%	8,924	23.44%	1,664,278	25.16	793,446	32.71	45.29	543.00	791
2,036	9,115	100.00%	9,115	23.75%	1,697,997	25.77	812,683	33.50	46.39	557.00	810
2,037	9,310	100.00%	9,310	23.91%	1,733,248	26.36	831,289	34.27	47.45	569.00	826
2,038	9,510	100.00%	9,510	24.06%	1,768,499	26.95	849,895	35.04	48.51	582.00	844
2,039	9,713	100.00%	9,713	24.38%	1,804,517	27.62	871,024	35.91	49.72	597.00	864
2,040	9,921	100.00%	9,921	24.69%	1,842,067	28.31	892,784	36.80	50.96	611.00	884
2,041	10,133	100.00%	10,133	25.00%	1,882,269	29.05	916,121	37.77	52.29	627.00	905

Fuente: Elaboración propia

Tabla 145*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-07, Sector III*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	31,959	51.88%	16,580	47.17%	3,127,614	68.52	2,160,847	89.08	123.34	1,480.00	2,069
2,019	32,643	50.79%	16,580	47.17%	3,127,614	68.52	2,160,847	89.08	123.34	1,480.00	2,069
2,020	33,342	49.73%	16,580	47.17%	3,127,614	68.52	2,160,847	89.08	123.34	1,480.00	2,069
2,021	34,055	48.69%	16,580	47.17%	3,127,614	68.52	2,160,847	89.08	123.34	1,480.00	2,069
2,022	34,784	100.00%	34,784	20.00%	6,337,401	91.69	2,891,536	119.20	165.04	1,981.00	2,752
2,023	35,528	100.00%	35,528	20.31%	6,472,796	94.01	2,964,699	122.21	169.22	2,031.00	2,820
2,024	36,289	100.00%	36,289	20.63%	6,608,437	96.36	3,038,809	125.27	173.45	2,081.00	2,889
2,025	37,065	100.00%	37,065	20.94%	6,747,143	98.77	3,114,811	128.40	177.79	2,133.00	2,960
2,026	37,858	100.00%	37,858	21.25%	6,888,149	101.24	3,192,705	131.61	182.23	2,187.00	3,033
2,027	38,669	100.00%	38,669	21.41%	7,035,039	103.60	3,267,130	134.68	186.48	2,238.00	3,103
2,028	39,496	100.00%	39,496	21.56%	7,182,941	105.99	3,342,501	137.79	190.78	2,289.00	3,172
2,029	40,341	100.00%	40,341	21.88%	7,333,143	108.64	3,426,071	141.23	195.55	2,347.00	3,251
2,030	41,205	100.00%	41,205	22.19%	7,487,176	111.37	3,512,164	144.78	200.47	2,406.00	3,332
2,031	42,086	100.00%	42,086	22.50%	7,646,327	114.19	3,601,096	148.45	205.54	2,467.00	3,415
2,032	42,987	100.00%	42,987	22.66%	7,807,257	116.83	3,684,351	151.88	210.29	2,524.00	3,493
2,033	43,907	100.00%	43,907	22.81%	7,971,253	119.53	3,769,498	155.39	215.15	2,582.00	3,572
2,034	44,846	100.00%	44,846	23.13%	8,141,133	122.57	3,865,368	159.34	220.63	2,648.00	3,662
2,035	45,806	100.00%	45,806	23.44%	8,312,025	125.65	3,962,498	163.35	226.17	2,714.00	3,752
2,036	46,786	100.00%	46,786	23.75%	8,486,749	128.82	4,062,468	167.47	231.88	2,783.00	3,846
2,037	47,788	100.00%	47,788	23.91%	8,664,539	131.79	4,156,129	171.33	237.22	2,847.00	3,933
2,038	48,810	100.00%	48,810	24.06%	8,849,746	134.88	4,253,576	175.34	242.78	2,913.00	4,023
2,039	49,855	100.00%	49,855	24.38%	9,035,965	138.29	4,361,113	179.78	248.92	2,987.00	4,124
2,040	50,922	100.00%	50,922	24.69%	9,226,015	141.79	4,471,489	184.33	255.22	3,063.00	4,228
2,041	52,012	100.00%	52,012	25.00%	9,419,898	145.37	4,584,388	188.98	261.67	3,140.00	4,333

Fuente: Elaboración propia

Tabla 146*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-08, Sector III*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	19,979	95.61%	19,101	47.17%	4,154,817	91.02	2,870,407	118.33	163.84	1,966.00	2,732
2,019	20,407	93.60%	19,101	47.17%	4,154,817	91.02	2,870,407	118.33	163.84	1,966.00	2,732
2,020	20,844	91.64%	19,101	47.17%	4,154,817	91.02	2,870,407	118.33	163.84	1,966.00	2,732
2,021	21,290	89.72%	19,101	47.17%	4,154,817	91.02	2,870,407	118.33	163.84	1,966.00	2,732
2,022	21,745	100.00%	21,745	20.00%	4,576,150	66.21	2,087,999	86.07	119.18	1,430.00	2,001
2,023	22,211	100.00%	22,211	20.31%	4,662,500	67.72	2,135,618	88.04	121.90	1,463.00	2,045
2,024	22,686	100.00%	22,686	20.63%	4,749,617	69.26	2,184,183	90.04	124.67	1,496.00	2,091
2,025	23,171	100.00%	23,171	20.94%	4,839,032	70.84	2,234,010	92.09	127.51	1,530.00	2,137
2,026	23,667	100.00%	23,667	21.25%	4,929,811	72.45	2,284,783	94.19	130.41	1,565.00	2,185
2,027	24,174	100.00%	24,174	21.41%	5,023,058	73.97	2,332,718	96.16	133.15	1,598.00	2,230
2,028	24,691	100.00%	24,691	21.56%	5,117,838	75.52	2,381,599	98.18	135.94	1,631.00	2,275
2,029	25,219	100.00%	25,219	21.88%	5,228,664	77.46	2,442,779	100.70	139.43	1,673.00	2,332
2,030	25,759	100.00%	25,759	22.19%	5,327,275	79.24	2,498,913	103.01	142.63	1,712.00	2,385
2,031	26,310	100.00%	26,310	22.50%	5,436,355	81.19	2,560,408	105.55	146.14	1,754.00	2,442
2,032	26,873	100.00%	26,873	22.66%	5,539,564	82.90	2,614,334	107.77	149.22	1,791.00	2,493
2,033	27,448	100.00%	27,448	22.81%	5,645,072	84.65	2,669,522	110.05	152.37	1,828.00	2,544
2,034	28,036	100.00%	28,036	23.13%	5,749,294	86.56	2,729,756	112.53	155.81	1,870.00	2,601
2,035	28,636	100.00%	28,636	23.44%	5,859,400	88.58	2,793,459	115.15	159.44	1,913.00	2,659
2,036	29,249	100.00%	29,249	23.75%	5,973,690	90.68	2,859,684	117.88	163.22	1,959.00	2,722
2,037	29,875	100.00%	29,875	23.91%	6,088,394	92.61	2,920,549	120.39	166.70	2,000.00	2,778
2,038	30,514	100.00%	30,514	24.06%	6,204,631	94.57	2,982,360	122.94	170.23	2,043.00	2,837
2,039	31,167	100.00%	31,167	24.38%	6,323,934	96.79	3,052,369	125.83	174.22	2,091.00	2,902
2,040	31,834	100.00%	31,834	24.69%	6,445,535	99.06	3,123,956	128.78	178.31	2,140.00	2,969
2,041	32,515	100.00%	32,515	25.00%	6,569,435	101.38	3,197,120	131.79	182.48	2,190.00	3,037

Fuente: Elaboración propia

Tabla 147*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-01, Sector IV*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	18,198	90.75%	16,515	47.17%	3,699,172	81.04	2,555,677	105.35	145.87	1,750.00	2,437
2,019	18,587	88.85%	16,515	47.17%	3,699,172	81.04	2,555,677	105.35	145.87	1,750.00	2,437
2,020	18,985	86.99%	16,515	47.17%	3,699,172	81.04	2,555,677	105.35	145.87	1,750.00	2,437
2,021	19,391	85.17%	16,515	47.17%	3,699,172	81.04	2,555,677	105.35	145.87	1,750.00	2,437
2,022	19,806	100.00%	19,806	20.00%	4,253,895	61.54	1,940,725	80.00	110.77	1,329.00	1,863
2,023	20,230	100.00%	20,230	20.31%	4,331,815	62.92	1,984,245	81.80	113.26	1,359.00	1,904
2,024	20,663	100.00%	20,663	20.63%	4,412,035	64.33	2,028,711	83.63	115.79	1,390.00	1,946
2,025	21,105	100.00%	21,105	20.94%	4,496,438	65.82	2,075,700	85.57	118.48	1,422.00	1,990
2,026	21,557	100.00%	21,557	21.25%	4,579,722	67.31	2,122,688	87.50	121.16	1,454.00	2,033
2,027	22,018	100.00%	22,018	21.41%	4,664,540	68.69	2,166,208	89.30	123.64	1,484.00	2,074
2,028	22,489	100.00%	22,489	21.56%	4,750,890	70.10	2,210,674	91.13	126.18	1,514.00	2,115
2,029	22,971	100.00%	22,971	21.88%	4,853,286	71.90	2,267,438	93.47	129.42	1,553.00	2,168
2,030	23,462	100.00%	23,462	22.19%	4,943,467	73.53	2,318,842	95.59	132.35	1,588.00	2,216
2,031	23,964	100.00%	23,964	22.50%	5,038,599	75.25	2,373,084	97.83	135.45	1,625.00	2,267
2,032	24,477	100.00%	24,477	22.66%	5,132,612	76.81	2,422,280	99.85	138.26	1,659.00	2,313
2,033	25,001	100.00%	25,001	22.81%	5,226,105	78.36	2,471,161	101.87	141.05	1,693.00	2,359
2,034	25,536	100.00%	25,536	23.13%	5,323,950	80.16	2,527,926	104.21	144.29	1,731.00	2,411
2,035	26,082	100.00%	26,082	23.44%	5,424,094	82.00	2,585,952	106.60	147.60	1,771.00	2,466
2,036	26,641	100.00%	26,641	23.75%	5,526,537	83.89	2,645,555	109.06	151.00	1,812.00	2,522
2,037	27,211	100.00%	27,211	23.91%	5,631,279	85.65	2,701,058	111.35	154.17	1,850.00	2,573
2,038	27,793	100.00%	27,793	24.06%	5,740,205	87.49	2,759,085	113.74	157.48	1,890.00	2,628
2,039	28,388	100.00%	28,388	24.38%	5,848,778	89.51	2,822,787	116.36	161.12	1,933.00	2,687
2,040	28,995	100.00%	28,995	24.69%	5,959,651	91.59	2,888,382	119.07	164.86	1,978.00	2,748
2,041	29,616	100.00%	29,616	25.00%	6,072,823	93.72	2,955,554	121.84	168.70	2,024.00	2,811

Fuente: Elaboración propia

Tabla 148*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-11, Sector V*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	12,238	64.06%	7,840	47.17%	2,388,648	52.33	1,650,279	68.03	94.19	1,130.00	1,591
2,019	12,500	62.72%	7,840	47.17%	2,388,648	52.33	1,650,279	68.03	94.19	1,130.00	1,591
2,020	12,767	61.41%	7,840	47.17%	2,388,648	52.33	1,650,279	68.03	94.19	1,130.00	1,591
2,021	13,041	60.12%	7,840	47.17%	2,388,648	52.33	1,650,279	68.03	94.19	1,130.00	1,591
2,022	13,320	100.00%	13,320	20.00%	3,424,523	49.54	1,562,293	64.40	89.17	1,070.00	1,510
2,023	13,605	100.00%	13,605	20.31%	3,487,987	50.66	1,597,614	65.86	91.19	1,094.00	1,542
2,024	13,896	100.00%	13,896	20.63%	3,546,416	51.71	1,630,727	67.22	93.08	1,117.00	1,574
2,025	14,193	100.00%	14,193	20.94%	3,604,657	52.77	1,664,155	68.60	94.99	1,140.00	1,605
2,026	14,497	100.00%	14,497	21.25%	3,674,523	54.01	1,703,259	70.21	97.22	1,167.00	1,642
2,027	14,807	100.00%	14,807	21.41%	3,735,217	55.01	1,734,795	71.51	99.02	1,188.00	1,671
2,028	15,124	100.00%	15,124	21.56%	3,799,370	56.06	1,767,908	72.88	100.91	1,211.00	1,702
2,029	15,448	100.00%	15,448	21.88%	3,864,340	57.25	1,805,436	74.43	103.05	1,237.00	1,737
2,030	15,778	100.00%	15,778	22.19%	3,935,980	58.54	1,846,117	76.10	105.37	1,264.00	1,774
2,031	16,116	100.00%	16,116	22.50%	4,003,404	59.79	1,885,537	77.73	107.62	1,291.00	1,811
2,032	16,461	100.00%	16,461	22.66%	4,070,640	60.91	1,920,858	79.18	109.64	1,316.00	1,845
2,033	16,813	100.00%	16,813	22.81%	4,148,191	62.20	1,961,539	80.86	111.96	1,344.00	1,883
2,034	17,173	100.00%	17,173	23.13%	4,221,829	63.56	2,004,428	82.63	114.41	1,373.00	1,923
2,035	17,540	100.00%	17,540	23.44%	4,293,153	64.90	2,046,686	84.37	116.82	1,402.00	1,962
2,036	17,916	100.00%	17,916	23.75%	4,374,792	66.41	2,094,306	86.33	119.54	1,434.00	2,006
2,037	18,299	100.00%	18,299	23.91%	4,450,205	67.69	2,134,672	88.00	121.84	1,462.00	2,044
2,038	18,691	100.00%	18,691	24.06%	4,528,258	69.02	2,176,615	89.73	124.24	1,491.00	2,084
2,039	19,091	100.00%	19,091	24.38%	4,612,981	70.60	2,226,442	91.78	127.08	1,525.00	2,130
2,040	19,499	100.00%	19,499	24.69%	4,693,487	72.13	2,274,692	93.77	129.83	1,558.00	2,175
2,041	19,917	100.00%	19,917	25.00%	4,776,446	73.71	2,324,519	95.82	132.68	1,592.00	2,222

Fuente: Elaboración propia

Tabla 149*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-21, Sector V*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	3,765	62.63%	2,358	47.17%	534,098	11.70	368,971	15.21	21.06	253.00	395
2,019	3,846	61.31%	2,358	47.17%	534,098	11.70	368,971	15.21	21.06	253.00	395
2,020	3,928	60.03%	2,358	47.17%	534,098	11.70	368,971	15.21	21.06	253.00	395
2,021	4,012	58.77%	2,358	47.17%	534,098	11.70	368,971	15.21	21.06	253.00	395
2,022	17,029	100.00%	17,029	20.00%	3,319,634	48.03	1,514,674	62.44	86.45	1,037.00	1,465
2,023	17,393	100.00%	17,393	20.31%	3,389,135	49.22	1,552,202	63.99	88.60	1,063.00	1,500
2,024	17,765	100.00%	17,765	20.63%	3,461,581	50.48	1,591,937	65.62	90.86	1,090.00	1,537
2,025	18,146	100.00%	18,146	20.94%	3,533,536	51.73	1,631,357	67.25	93.11	1,117.00	1,574
2,026	18,534	100.00%	18,534	21.25%	3,607,126	53.01	1,671,723	68.91	95.42	1,145.00	1,612
2,027	18,931	100.00%	18,931	21.41%	3,684,174	54.25	1,710,828	70.53	97.65	1,172.00	1,649
2,028	19,336	100.00%	19,336	21.56%	3,762,343	55.52	1,750,879	72.18	99.94	1,199.00	1,686
2,029	19,749	100.00%	19,749	21.88%	3,841,657	56.91	1,794,714	73.98	102.44	1,229.00	1,726
2,030	20,172	100.00%	20,172	22.19%	3,921,788	58.33	1,839,495	75.83	104.99	1,260.00	1,769
2,031	20,604	100.00%	20,604	22.50%	4,003,555	59.79	1,885,537	77.73	107.62	1,291.00	1,811
2,032	21,045	100.00%	21,045	22.66%	4,089,083	61.19	1,929,688	79.55	110.14	1,322.00	1,853
2,033	21,495	100.00%	21,495	22.81%	4,174,120	62.59	1,973,838	81.37	112.66	1,352.00	1,894
2,034	21,955	100.00%	21,955	23.13%	4,261,611	64.16	2,023,350	83.41	115.49	1,386.00	1,940
2,035	22,425	100.00%	22,425	23.44%	4,350,736	65.77	2,074,123	85.50	118.39	1,421.00	1,988
2,036	22,905	100.00%	22,905	23.75%	4,443,624	67.45	2,127,103	87.69	121.41	1,457.00	2,037
2,037	23,395	100.00%	23,395	23.91%	4,536,838	69.01	2,176,299	89.71	124.22	1,491.00	2,084
2,038	23,896	100.00%	23,896	24.06%	4,633,510	70.62	2,227,072	91.81	127.12	1,525.00	2,130
2,039	24,407	100.00%	24,407	24.38%	4,730,812	72.40	2,283,206	94.12	130.32	1,564.00	2,183
2,040	24,929	100.00%	24,929	24.69%	4,831,058	74.24	2,341,233	96.51	133.63	1,604.00	2,238
2,041	25,463	100.00%	25,463	25.00%	4,932,449	76.12	2,400,520	98.96	137.02	1,644.00	2,292

Fuente: Elaboración propia

Tabla 150*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-05, Sector V*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	11,674	87.50%	10,216	47.17%	2,100,074	46.01	1,450,971	59.81	82.82	994.00	1,406
2,019	11,924	85.67%	10,216	47.17%	2,100,074	46.01	1,450,971	59.81	82.82	994.00	1,406
2,020	12,179	83.88%	10,216	47.17%	2,100,074	46.01	1,450,971	59.81	82.82	994.00	1,406
2,021	12,440	82.12%	10,216	47.17%	2,100,074	46.01	1,450,971	59.81	82.82	994.00	1,406
2,022	12,706	100.00%	12,706	20.00%	2,566,790	37.14	1,171,247	48.28	66.85	802.00	1,144
2,023	12,978	100.00%	12,978	20.31%	2,618,303	38.03	1,199,314	49.44	68.45	821.00	1,170
2,024	13,256	100.00%	13,256	20.63%	2,671,452	38.95	1,228,327	50.64	70.11	841.00	1,197
2,025	13,539	100.00%	13,539	20.94%	2,724,600	39.89	1,257,971	51.86	71.80	862.00	1,226
2,026	13,829	100.00%	13,829	21.25%	2,780,201	40.86	1,288,561	53.12	73.55	883.00	1,254
2,027	14,125	100.00%	14,125	21.41%	2,836,620	41.77	1,317,259	54.30	75.19	902.00	1,280
2,028	14,427	100.00%	14,427	21.56%	2,893,857	42.70	1,346,587	55.51	76.86	922.00	1,308
2,029	14,736	100.00%	14,736	21.88%	2,952,729	43.74	1,379,385	56.86	78.73	945.00	1,339
2,030	15,052	100.00%	15,052	22.19%	3,012,419	44.81	1,413,128	58.25	80.66	968.00	1,370
2,031	15,374	100.00%	15,374	22.50%	3,075,357	45.93	1,448,448	59.71	82.67	992.00	1,403
2,032	15,703	100.00%	15,703	22.66%	3,137,500	46.95	1,480,615	61.04	84.51	1,014.00	1,433
2,033	16,039	100.00%	16,039	22.81%	3,201,278	48.00	1,513,728	62.40	86.40	1,037.00	1,464
2,034	16,382	100.00%	16,382	23.13%	3,266,691	49.18	1,550,940	63.93	88.52	1,062.00	1,499
2,035	16,732	100.00%	16,732	23.44%	3,332,922	50.38	1,588,784	65.49	90.68	1,088.00	1,534
2,036	17,091	100.00%	17,091	23.75%	3,401,606	51.63	1,628,204	67.12	92.93	1,115.00	1,571
2,037	17,456	100.00%	17,456	23.91%	3,471,108	52.80	1,665,101	68.64	95.04	1,140.00	1,605
2,038	17,830	100.00%	17,830	24.06%	3,541,427	53.98	1,702,313	70.17	97.16	1,166.00	1,640
2,039	18,211	100.00%	18,211	24.38%	3,614,199	55.31	1,744,256	71.90	99.56	1,195.00	1,680
2,040	18,601	100.00%	18,601	24.69%	3,688,607	56.69	1,787,776	73.70	102.04	1,225.00	1,721
2,041	18,999	100.00%	18,999	25.00%	3,763,832	58.08	1,831,611	75.50	104.54	1,255.00	1,762

Fuente: Elaboración propia

Tabla 151*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-02, Sector VI*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	19,248	79.59%	15,319	47.17%	3,170,700	69.46	2,190,491	90.30	125.03	1,500.00	2,096
2,019	19,660	77.92%	15,319	47.17%	3,170,700	69.46	2,190,491	90.30	125.03	1,500.00	2,096
2,020	20,080	76.29%	15,319	47.17%	3,170,700	69.46	2,190,491	90.30	125.03	1,500.00	2,096
2,021	20,510	74.69%	15,319	47.17%	3,170,700	69.46	2,190,491	90.30	125.03	1,500.00	2,096
2,022	20,949	100.00%	20,949	20.00%	4,202,219	60.80	1,917,389	79.04	109.44	1,313.00	1,841
2,023	21,397	100.00%	21,397	20.31%	4,289,897	62.31	1,965,008	81.00	112.16	1,346.00	1,886
2,024	21,855	100.00%	21,855	20.63%	4,376,569	63.82	2,012,628	82.97	114.88	1,379.00	1,931
2,025	22,323	100.00%	22,323	20.94%	4,467,518	65.40	2,062,454	85.02	117.72	1,413.00	1,977
2,026	22,801	100.00%	22,801	21.25%	4,558,279	66.99	2,112,597	87.09	120.58	1,447.00	2,024
2,027	23,289	100.00%	23,289	21.41%	4,650,675	68.49	2,159,901	89.04	123.28	1,479.00	2,067
2,028	23,787	100.00%	23,787	21.56%	4,750,269	70.09	2,210,358	91.12	126.16	1,514.00	2,115
2,029	24,296	100.00%	24,296	21.88%	4,846,754	71.80	2,264,285	93.34	129.24	1,551.00	2,166
2,030	24,816	100.00%	24,816	22.19%	4,945,691	73.56	2,319,788	95.63	132.41	1,589.00	2,217
2,031	25,347	100.00%	25,347	22.50%	5,054,944	75.49	2,380,653	98.14	135.88	1,631.00	2,275
2,032	25,889	100.00%	25,889	22.66%	5,157,970	77.19	2,434,264	100.35	138.94	1,667.00	2,324
2,033	26,443	100.00%	26,443	22.81%	5,265,272	78.95	2,489,767	102.64	142.11	1,705.00	2,376
2,034	27,009	100.00%	27,009	23.13%	5,373,204	80.90	2,551,262	105.17	145.62	1,747.00	2,433
2,035	27,587	100.00%	27,587	23.44%	5,482,771	82.88	2,613,704	107.74	149.18	1,790.00	2,492
2,036	28,178	100.00%	28,178	23.75%	5,596,614	84.95	2,678,983	110.44	152.91	1,835.00	2,553
2,037	28,781	100.00%	28,781	23.91%	5,711,087	86.87	2,739,532	112.93	156.37	1,876.00	2,609
2,038	29,397	100.00%	29,397	24.06%	5,829,836	88.86	2,802,289	115.52	159.95	1,919.00	2,668
2,039	30,026	100.00%	30,026	24.38%	5,950,033	91.06	2,871,668	118.38	163.91	1,967.00	2,733
2,040	30,668	100.00%	30,668	24.69%	6,071,866	93.31	2,942,624	121.30	167.96	2,015.00	2,799
2,041	31,325	100.00%	31,325	25.00%	6,201,713	95.71	3,018,311	124.42	172.28	2,067.00	2,870

Fuente: Elaboración propia

Tabla 152*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-12, Sector VI*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	22,484	96.11%	21,610	47.17%	4,610,968	101.02	3,185,767	131.33	181.84	2,182.00	3,026
2,019	22,965	94.10%	21,610	47.17%	4,610,968	101.02	3,185,767	131.33	181.84	2,182.00	3,026
2,020	23,456	92.13%	21,610	47.17%	4,610,968	101.02	3,185,767	131.33	181.84	2,182.00	3,026
2,021	23,958	90.20%	21,610	47.17%	4,610,968	101.02	3,185,767	131.33	181.84	2,182.00	3,026
2,022	24,471	100.00%	24,471	20.00%	5,129,057	74.21	2,340,287	96.47	133.58	1,603.00	2,236
2,023	24,995	100.00%	24,995	20.31%	5,230,635	75.97	2,395,790	98.76	136.75	1,641.00	2,288
2,024	25,530	100.00%	25,530	20.63%	5,333,848	77.78	2,452,870	101.11	140.00	1,680.00	2,342
2,025	26,076	100.00%	26,076	20.94%	5,446,372	79.73	2,514,365	103.65	143.51	1,722.00	2,399
2,026	26,634	100.00%	26,634	21.25%	5,553,673	81.62	2,573,968	106.11	146.92	1,763.00	2,455
2,027	27,204	100.00%	27,204	21.41%	5,664,246	83.41	2,630,418	108.43	150.14	1,802.00	2,508
2,028	27,786	100.00%	27,786	21.56%	5,776,453	85.24	2,688,129	110.81	153.43	1,841.00	2,561
2,029	28,381	100.00%	28,381	21.88%	5,891,114	87.28	2,752,462	113.46	157.10	1,885.00	2,621
2,030	28,988	100.00%	28,988	22.19%	6,009,045	89.38	2,818,688	116.19	160.88	1,931.00	2,684
2,031	29,608	100.00%	29,608	22.50%	6,128,612	91.53	2,886,490	118.99	164.75	1,977.00	2,747
2,032	30,242	100.00%	30,242	22.66%	6,250,632	93.54	2,949,877	121.60	168.37	2,020.00	2,805
2,033	30,889	100.00%	30,889	22.81%	6,381,961	95.70	3,017,995	124.41	172.26	2,067.00	2,869
2,034	31,550	100.00%	31,550	23.13%	6,509,705	98.01	3,090,843	127.41	176.42	2,117.00	2,938
2,035	32,225	100.00%	32,225	23.44%	6,639,901	100.38	3,165,584	130.49	180.68	2,168.00	3,007
2,036	32,915	100.00%	32,915	23.75%	6,774,164	102.83	3,242,847	133.68	185.09	2,221.00	3,079
2,037	33,619	100.00%	33,619	23.91%	6,910,084	105.10	3,314,434	136.63	189.18	2,270.00	3,146
2,038	34,339	100.00%	34,339	24.06%	7,048,457	107.43	3,387,912	139.66	193.37	2,320.00	3,215
2,039	35,074	100.00%	35,074	24.38%	7,190,100	110.04	3,470,221	143.05	198.07	2,377.00	3,292
2,040	35,824	100.00%	35,824	24.69%	7,334,197	112.71	3,554,423	146.52	202.88	2,435.00	3,371
2,041	36,591	100.00%	36,591	25.00%	7,488,421	115.56	3,644,300	150.23	208.01	2,496.00	3,455

Fuente: Elaboración propia

Tabla 153*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-13, Sector VI*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	4,234	57.52%	2,436	47.17%	487,590	10.68	336,804	13.88	19.22	231.00	365
2,019	4,325	56.33%	2,436	47.17%	487,590	10.68	336,804	13.88	19.22	231.00	365
2,020	4,417	55.15%	2,436	47.17%	487,590	10.68	336,804	13.88	19.22	231.00	365
2,021	4,512	53.99%	2,436	47.17%	487,590	10.68	336,804	13.88	19.22	231.00	365
2,022	4,609	100.00%	4,609	20.00%	897,905	12.99	409,653	16.89	23.38	281.00	433
2,023	4,707	100.00%	4,707	20.31%	916,712	13.31	419,744	17.30	23.96	287.00	442
2,024	4,808	100.00%	4,808	20.63%	935,518	13.64	430,151	17.73	24.55	295.00	452
2,025	4,911	100.00%	4,911	20.94%	955,142	13.98	440,873	18.17	25.16	302.00	462
2,026	5,016	100.00%	5,016	21.25%	975,584	14.34	452,226	18.64	25.81	310.00	473
2,027	5,123	100.00%	5,123	21.41%	996,025	14.67	462,633	19.07	26.41	317.00	482
2,028	5,233	100.00%	5,233	21.56%	1,016,467	15.00	473,040	19.50	27.00	324.00	492
2,029	5,345	100.00%	5,345	21.88%	1,037,726	15.37	484,708	19.98	27.67	332.00	503
2,030	5,459	100.00%	5,459	22.19%	1,059,803	15.76	497,007	20.49	28.37	340.00	514
2,031	5,576	100.00%	5,576	22.50%	1,081,880	16.16	509,622	21.01	29.09	349.00	526
2,032	5,695	100.00%	5,695	22.66%	1,104,775	16.53	521,290	21.49	29.75	357.00	537
2,033	5,817	100.00%	5,817	22.81%	1,127,670	16.91	533,274	21.98	30.44	365.00	548
2,034	5,942	100.00%	5,942	23.13%	1,151,382	17.33	546,519	22.53	31.19	374.00	560
2,035	6,069	100.00%	6,069	23.44%	1,175,094	17.76	560,079	23.09	31.97	384.00	574
2,036	6,199	100.00%	6,199	23.75%	1,200,442	18.22	574,586	23.69	32.80	394.00	587
2,037	6,331	100.00%	6,331	23.91%	1,224,972	18.63	587,516	24.22	33.53	402.00	598
2,038	6,467	100.00%	6,467	24.06%	1,251,137	19.07	601,392	24.79	34.33	412.00	612
2,039	6,605	100.00%	6,605	24.38%	1,277,303	19.55	616,529	25.42	35.19	422.00	626
2,040	6,747	100.00%	6,747	24.69%	1,304,286	20.04	631,981	26.05	36.07	433.00	641
2,041	6,891	100.00%	6,891	25.00%	1,331,269	20.54	647,749	26.70	36.97	444.00	655

Fuente: Elaboración propia

Tabla 154*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-20, Sector VI*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	7,005	30.10%	2,109	47.17%	417,427	9.15	288,554	11.90	16.47	198.00	320
2,019	7,155	29.47%	2,109	47.17%	417,427	9.15	288,554	11.90	16.47	198.00	320
2,020	7,308	28.86%	2,109	47.17%	417,427	9.15	288,554	11.90	16.47	198.00	320
2,021	7,465	28.25%	2,109	47.17%	417,427	9.15	288,554	11.90	16.47	198.00	320
2,022	7,625	100.00%	7,625	20.00%	1,465,076	21.20	668,563	27.56	38.16	458.00	675
2,023	7,788	100.00%	7,788	20.31%	1,496,147	21.73	685,277	28.25	39.11	469.00	690
2,024	7,954	100.00%	7,954	20.63%	1,528,036	22.28	702,622	28.96	40.10	481.00	706
2,025	8,125	100.00%	8,125	20.94%	1,559,925	22.84	720,282	29.69	41.11	493.00	723
2,026	8,299	100.00%	8,299	21.25%	1,593,450	23.42	738,573	30.45	42.16	506.00	740
2,027	8,476	100.00%	8,476	21.41%	1,626,974	23.96	755,603	31.15	43.13	518.00	756
2,028	8,658	100.00%	8,658	21.56%	1,661,316	24.51	772,947	31.86	44.12	529.00	772
2,029	8,843	100.00%	8,843	21.88%	1,696,476	25.13	792,500	32.67	45.23	543.00	791
2,030	9,032	100.00%	9,032	22.19%	1,732,453	25.77	812,683	33.50	46.39	557.00	810
2,031	9,225	100.00%	9,225	22.50%	1,769,248	26.42	833,181	34.35	47.56	571.00	829
2,032	9,423	100.00%	9,423	22.66%	1,806,861	27.04	852,733	35.15	48.67	584.00	847
2,033	9,624	100.00%	9,624	22.81%	1,845,291	27.67	872,601	35.97	49.81	598.00	866
2,034	9,830	100.00%	9,830	23.13%	1,883,721	28.36	894,361	36.87	51.05	613.00	886
2,035	10,041	100.00%	10,041	23.44%	1,923,787	29.08	917,067	37.80	52.34	628.00	907
2,036	10,256	100.00%	10,256	23.75%	1,966,493	29.85	941,350	38.81	53.73	645.00	930
2,037	10,475	100.00%	10,475	23.91%	2,008,194	30.55	963,425	39.72	54.99	660.00	950
2,038	10,699	100.00%	10,699	24.06%	2,050,713	31.26	985,815	40.64	56.27	675.00	971
2,039	10,928	100.00%	10,928	24.38%	2,094,867	32.06	1,011,044	41.68	57.71	692.00	994
2,040	11,162	100.00%	11,162	24.69%	2,139,021	32.87	1,036,588	42.73	59.17	710.00	1,018
2,041	11,401	100.00%	11,401	25.00%	2,183,992	33.70	1,062,763	43.81	60.66	728.00	1,043

Fuente: Elaboración propia

Tabla 155

Proyección de la demanda de agua potable para el REP-04, Sector VI

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	20,569	72.97%	15,009	47.17%	3,151,135	69.04	2,177,245	89.75	124.27	1,491.00	2,084
2,019	21,009	71.44%	15,009	47.17%	3,151,135	69.04	2,177,245	89.75	124.27	1,491.00	2,084
2,020	21,459	69.94%	15,009	47.17%	3,151,135	69.04	2,177,245	89.75	124.27	1,491.00	2,084
2,021	21,918	68.48%	15,009	47.17%	3,151,135	69.04	2,177,245	89.75	124.27	1,491.00	2,084
2,022	22,387	100.00%	22,387	20.00%	4,530,920	65.55	2,067,185	85.22	117.99	1,416.00	1,981
2,023	22,866	100.00%	22,866	20.31%	4,624,321	67.17	2,118,273	87.32	120.91	1,451.00	2,029
2,024	23,355	100.00%	23,355	20.63%	4,717,535	68.79	2,169,361	89.43	123.82	1,486.00	2,077
2,025	23,855	100.00%	23,855	20.94%	4,819,241	70.55	2,224,865	91.72	126.99	1,524.00	2,129
2,026	24,366	100.00%	24,366	21.25%	4,917,339	72.27	2,279,107	93.95	130.09	1,561.00	2,179
2,027	24,887	100.00%	24,887	21.41%	5,018,100	73.90	2,330,510	96.07	133.02	1,596.00	2,227
2,028	25,420	100.00%	25,420	21.56%	5,119,490	75.54	2,382,229	98.20	135.97	1,632.00	2,276
2,029	25,964	100.00%	25,964	21.88%	5,223,334	77.38	2,440,256	100.59	139.28	1,671.00	2,329
2,030	26,519	100.00%	26,519	22.19%	5,328,813	79.26	2,499,543	103.04	142.67	1,712.00	2,385
2,031	27,087	100.00%	27,087	22.50%	5,438,568	81.22	2,561,354	105.59	146.20	1,754.00	2,443
2,032	27,666	100.00%	27,666	22.66%	5,549,444	83.04	2,618,749	107.95	149.47	1,794.00	2,497
2,033	28,258	100.00%	28,258	22.81%	5,669,139	85.01	2,680,875	110.51	153.02	1,836.00	2,554
2,034	28,863	100.00%	28,863	23.13%	5,784,430	87.09	2,746,470	113.22	156.76	1,881.00	2,616
2,035	29,481	100.00%	29,481	23.44%	5,903,179	89.24	2,814,273	116.01	160.63	1,928.00	2,680
2,036	30,112	100.00%	30,112	23.75%	6,024,989	91.45	2,883,967	118.89	164.61	1,975.00	2,744
2,037	30,756	100.00%	30,756	23.91%	6,146,821	93.49	2,948,301	121.54	168.28	2,019.00	2,804
2,038	31,414	100.00%	31,414	24.06%	6,271,924	95.59	3,014,526	124.27	172.06	2,065.00	2,867
2,039	32,086	100.00%	32,086	24.38%	6,402,121	97.98	3,089,897	127.37	176.36	2,116.00	2,936
2,040	32,773	100.00%	32,773	24.69%	6,538,987	100.49	3,169,053	130.64	180.88	2,171.00	3,011
2,041	33,474	100.00%	33,474	25.00%	6,672,266	102.97	3,247,262	133.86	185.35	2,224.00	3,084

Fuente: Elaboración propia

Tabla 156*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-06, Sector VII*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	28,220	73.18%	20,651	47.17%	4,235,841	92.80	2,926,541	120.64	167.04	2,004.00	2,784
2,019	28,824	71.65%	20,651	47.17%	4,235,841	92.80	2,926,541	120.64	167.04	2,004.00	2,784
2,020	29,440	70.14%	20,651	47.17%	4,235,841	92.80	2,926,541	120.64	167.04	2,004.00	2,784
2,021	30,070	68.68%	20,651	47.17%	4,235,841	92.80	2,926,541	120.64	167.04	2,004.00	2,784
2,022	30,714	100.00%	30,714	20.00%	6,124,056	88.60	2,794,090	115.18	159.48	1,914.00	2,661
2,023	31,371	100.00%	31,371	20.31%	6,248,342	90.75	2,861,892	117.98	163.35	1,960.00	2,724
2,024	32,043	100.00%	32,043	20.63%	6,379,334	93.02	2,933,479	120.93	167.44	2,009.00	2,790
2,025	32,728	100.00%	32,728	20.94%	6,510,160	95.30	3,005,381	123.89	171.54	2,058.00	2,857
2,026	33,429	100.00%	33,429	21.25%	6,645,263	97.67	3,080,121	126.97	175.81	2,110.00	2,928
2,027	34,144	100.00%	34,144	21.41%	6,782,818	99.89	3,150,131	129.86	179.80	2,158.00	2,993
2,028	34,875	100.00%	34,875	21.56%	6,921,821	102.14	3,221,087	132.78	183.85	2,206.00	3,059
2,029	35,621	100.00%	35,621	21.88%	7,066,714	104.69	3,301,504	136.10	188.44	2,261.00	3,134
2,030	36,383	100.00%	36,383	22.19%	7,211,441	107.27	3,382,867	139.45	193.09	2,317.00	3,210
2,031	37,162	100.00%	37,162	22.50%	7,361,261	109.94	3,467,068	142.92	197.89	2,375.00	3,289
2,032	37,957	100.00%	37,957	22.66%	7,515,661	112.47	3,546,854	146.21	202.45	2,429.00	3,363
2,033	38,770	100.00%	38,770	22.81%	7,670,200	115.01	3,626,955	149.51	207.02	2,484.00	3,438
2,034	39,599	100.00%	39,599	23.13%	7,829,014	117.87	3,717,148	153.23	212.17	2,546.00	3,523
2,035	40,447	100.00%	40,447	23.44%	7,991,708	120.81	3,809,864	157.05	217.46	2,609.00	3,609
2,036	41,312	100.00%	41,312	23.75%	8,158,699	123.84	3,905,418	160.99	222.91	2,675.00	3,699
2,037	42,196	100.00%	42,196	23.91%	8,328,144	126.67	3,994,665	164.67	228.01	2,736.00	3,782
2,038	43,099	100.00%	43,099	24.06%	8,499,854	129.55	4,085,489	168.42	233.19	2,798.00	3,867
2,039	44,022	100.00%	44,022	24.38%	8,683,514	132.90	4,191,134	172.77	239.22	2,871.00	3,966
2,040	44,964	100.00%	44,964	24.69%	8,864,196	136.23	4,296,149	177.10	245.21	2,943.00	4,064
2,041	45,926	100.00%	45,926	25.00%	9,049,176	139.65	4,404,002	181.55	251.37	3,016.00	4,164

Fuente: Elaboración propia

Tabla 157*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-14, Sector VII*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	11,261	79.59%	8,963	47.17%	1,788,132	39.17	1,235,265	50.92	70.51	846.00	1,204
2,019	11,502	77.92%	8,963	47.17%	1,788,132	39.17	1,235,265	50.92	70.51	846.00	1,204
2,020	11,748	76.29%	8,963	47.17%	1,788,132	39.17	1,235,265	50.92	70.51	846.00	1,204
2,021	12,000	74.69%	8,963	47.17%	1,788,132	39.17	1,235,265	50.92	70.51	846.00	1,204
2,022	12,257	100.00%	12,257	20.00%	2,396,518	34.67	1,093,353	45.07	62.41	749.00	1,072
2,023	12,519	100.00%	12,519	20.31%	2,446,396	35.53	1,120,474	46.19	63.95	767.00	1,096
2,024	12,787	100.00%	12,787	20.63%	2,497,909	36.42	1,148,541	47.35	65.56	787.00	1,123
2,025	13,060	100.00%	13,060	20.94%	2,549,422	37.32	1,176,924	48.52	67.18	806.00	1,149
2,026	13,340	100.00%	13,340	21.25%	2,604,393	38.28	1,207,198	49.76	68.90	827.00	1,178
2,027	13,625	100.00%	13,625	21.41%	2,658,359	39.15	1,234,634	50.90	70.47	846.00	1,204
2,028	13,917	100.00%	13,917	21.56%	2,713,960	40.05	1,263,017	52.07	72.09	865.00	1,230
2,029	14,215	100.00%	14,215	21.88%	2,770,379	41.04	1,294,237	53.35	73.87	886.00	1,259
2,030	14,519	100.00%	14,519	22.19%	2,828,434	42.07	1,326,720	54.69	75.73	909.00	1,290
2,031	14,830	100.00%	14,830	22.50%	2,887,306	43.12	1,359,832	56.06	77.62	931.00	1,320
2,032	15,147	100.00%	15,147	22.66%	2,947,813	44.11	1,391,053	57.34	79.40	953.00	1,350
2,033	15,471	100.00%	15,471	22.81%	3,009,138	45.12	1,422,904	58.66	81.22	975.00	1,380
2,034	15,802	100.00%	15,802	23.13%	3,073,712	46.28	1,459,486	60.16	83.30	1,000.00	1,414
2,035	16,140	100.00%	16,140	23.44%	3,140,130	47.47	1,497,014	61.71	85.45	1,025.00	1,448
2,036	16,486	100.00%	16,486	23.75%	3,205,543	48.66	1,534,542	63.26	87.59	1,051.00	1,484
2,037	16,839	100.00%	16,839	23.91%	3,272,592	49.78	1,569,862	64.71	89.60	1,075.00	1,516
2,038	17,199	100.00%	17,199	24.06%	3,341,276	50.93	1,606,128	66.21	91.67	1,100.00	1,550
2,039	17,567	100.00%	17,567	24.38%	3,410,778	52.20	1,646,179	67.86	93.96	1,128.00	1,588
2,040	17,943	100.00%	17,943	24.69%	3,482,732	53.52	1,687,807	69.58	96.34	1,156.00	1,627
2,041	18,327	100.00%	18,327	25.00%	3,555,505	54.87	1,730,380	71.33	98.77	1,185.00	1,666

Fuente: Elaboración propia

Tabla 158*Proyección de la demanda de agua potable para el RE-15, Sector VII*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	7,332	39.26%	2,879	47.17%	582,778	12.77	402,715	16.60	22.99	276.00	426
2,019	7,489	38.44%	2,879	47.17%	582,778	12.77	402,715	16.60	22.99	276.00	426
2,020	7,650	37.64%	2,879	47.17%	582,778	12.77	402,715	16.60	22.99	276.00	426
2,021	7,813	36.85%	2,879	47.17%	582,778	12.77	402,715	16.60	22.99	276.00	426
2,022	7,981	100.00%	7,981	20.00%	1,549,279	22.41	706,722	29.13	40.34	484.00	710
2,023	8,151	100.00%	8,151	20.31%	1,581,168	22.97	724,382	29.86	41.35	496.00	727
2,024	8,326	100.00%	8,326	20.63%	1,614,692	23.54	742,357	30.60	42.37	508.00	743
2,025	8,504	100.00%	8,504	20.94%	1,648,217	24.13	760,964	31.37	43.43	521.00	761
2,026	8,686	100.00%	8,686	21.25%	1,683,376	24.74	780,201	32.16	44.53	534.00	779
2,027	8,872	100.00%	8,872	21.41%	1,718,536	25.31	798,176	32.90	45.56	547.00	796
2,028	9,062	100.00%	9,062	21.56%	1,754,513	25.89	816,467	33.66	46.60	559.00	813
2,029	9,256	100.00%	9,256	21.88%	1,791,308	26.54	836,965	34.50	47.77	573.00	832
2,030	9,454	100.00%	9,454	22.19%	1,828,921	27.20	857,779	35.36	48.96	588.00	852
2,031	9,656	100.00%	9,656	22.50%	1,867,351	27.89	879,539	36.26	50.20	602.00	871
2,032	9,863	100.00%	9,863	22.66%	1,906,599	28.53	899,722	37.09	51.35	616.00	890
2,033	10,074	100.00%	10,074	22.81%	1,946,665	29.19	920,536	37.95	52.54	631.00	911
2,034	10,289	100.00%	10,289	23.13%	1,987,548	29.92	943,557	38.90	53.86	646.00	931
2,035	10,509	100.00%	10,509	23.44%	2,029,249	30.68	967,524	39.88	55.22	663.00	954
2,036	10,734	100.00%	10,734	23.75%	2,074,199	31.48	992,753	40.92	56.66	680.00	978
2,037	10,964	100.00%	10,964	23.91%	2,117,535	32.21	1,015,775	41.87	57.98	696.00	999
2,038	11,199	100.00%	11,199	24.06%	2,161,689	32.95	1,039,111	42.84	59.31	712.00	1,021
2,039	11,438	100.00%	11,438	24.38%	2,209,301	33.81	1,066,232	43.95	60.86	730.00	1,046
2,040	11,683	100.00%	11,683	24.69%	2,255,908	34.67	1,093,353	45.07	62.41	749.00	1,072
2,041	11,933	100.00%	11,933	25.00%	2,303,333	35.55	1,121,105	46.22	63.99	768.00	1,098

Fuente: Elaboración propia

Tabla 159*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-06, Sector VII*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	19,299	12.82%	2,474	47.17%	497,525	10.90	343,742	14.17	19.62	235.00	371
2,019	19,712	12.55%	2,474	47.17%	497,525	10.90	343,742	14.17	19.62	235.00	371
2,020	20,134	12.29%	2,474	47.17%	497,525	10.90	343,742	14.17	19.62	235.00	371
2,021	20,565	12.03%	2,474	47.17%	497,525	10.90	343,742	14.17	19.62	235.00	371
2,022	21,005	100.00%	21,005	20.00%	4,015,459	58.09	1,831,926	75.52	104.56	1,255.00	1,762
2,023	21,455	100.00%	21,455	20.31%	4,101,314	59.57	1,878,600	77.44	107.23	1,287.00	1,805
2,024	21,914	100.00%	21,914	20.63%	4,188,804	61.08	1,926,219	79.40	109.94	1,319.00	1,849
2,025	22,383	100.00%	22,383	20.94%	4,277,930	62.63	1,975,100	81.42	112.73	1,353.00	1,895
2,026	22,862	100.00%	22,862	21.25%	4,368,691	64.21	2,024,927	83.47	115.58	1,387.00	1,942
2,027	23,351	100.00%	23,351	21.41%	4,461,905	65.71	2,072,231	85.42	118.28	1,419.00	1,986
2,028	23,851	100.00%	23,851	21.56%	4,556,754	67.24	2,120,481	87.41	121.03	1,452.00	2,031
2,029	24,361	100.00%	24,361	21.88%	4,653,239	68.94	2,174,092	89.62	124.09	1,489.00	2,081
2,030	24,883	100.00%	24,883	22.19%	4,752,177	70.69	2,229,280	91.90	127.24	1,527.00	2,133
2,031	25,415	100.00%	25,415	22.50%	4,855,181	72.51	2,286,675	94.26	130.52	1,566.00	2,186
2,032	25,959	100.00%	25,959	22.66%	4,959,024	74.21	2,340,287	96.47	133.58	1,603.00	2,236
2,033	26,514	100.00%	26,514	22.81%	5,064,503	75.94	2,394,844	98.72	136.69	1,640.00	2,287
2,034	27,082	100.00%	27,082	23.13%	5,172,435	77.87	2,455,708	101.23	140.17	1,682.00	2,344
2,035	27,661	100.00%	27,661	23.44%	5,282,003	79.85	2,518,150	103.81	143.73	1,725.00	2,403
2,036	28,253	100.00%	28,253	23.75%	5,394,841	81.89	2,582,483	106.46	147.40	1,769.00	2,463
2,037	28,858	100.00%	28,858	23.91%	5,509,314	83.80	2,642,717	108.94	150.84	1,810.00	2,519
2,038	29,475	100.00%	29,475	24.06%	5,627,058	85.77	2,704,843	111.50	154.39	1,853.00	2,577
2,039	30,106	100.00%	30,106	24.38%	5,746,437	87.95	2,773,591	114.34	158.31	1,900.00	2,641
2,040	30,751	100.00%	30,751	24.69%	5,869,087	90.20	2,844,547	117.26	162.36	1,948.00	2,707
2,041	31,409	100.00%	31,409	25.00%	5,994,190	92.50	2,917,080	120.25	166.50	1,998.00	2,775

Fuente: Elaboración propia

Tabla 160*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-11, Sector VIII*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m³)	Volumen requerido (m³)
						Qp (l/s)	Qp (m3/año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	693	0.00%	0	47.17%	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	50
2,019	708	0.00%	0	47.17%	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	50
2,020	723	0.00%	0	47.17%	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	50
2,021	738	0.00%	0	47.17%	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	50
2,022	754	100.00%	754	20.00%	134,108	1.94	61,180	2.52	3.49	42.00	107
2,023	770	100.00%	770	20.31%	137,174	1.99	62,757	2.59	3.58	43.00	109
2,024	787	100.00%	787	20.63%	140,239	2.04	64,333	2.65	3.67	44.00	110
2,025	803	100.00%	803	20.94%	143,304	2.10	66,226	2.73	3.78	45.00	112
2,026	821	100.00%	821	21.25%	146,370	2.15	67,802	2.80	3.87	46.00	113
2,027	838	100.00%	838	21.41%	149,435	2.20	69,379	2.86	3.96	48.00	115
2,028	856	100.00%	856	21.56%	152,500	2.25	70,956	2.93	4.05	49.00	117
2,029	875	100.00%	875	21.88%	155,566	2.30	72,533	2.99	4.14	50.00	118
2,030	893	100.00%	893	22.19%	159,397	2.37	74,740	3.08	4.27	51.00	120
2,031	912	100.00%	912	22.50%	162,463	2.43	76,632	3.16	4.37	52.00	121
2,032	932	100.00%	932	22.66%	166,294	2.49	78,525	3.24	4.48	54.00	124
2,033	952	100.00%	952	22.81%	169,360	2.54	80,101	3.30	4.57	55.00	125
2,034	972	100.00%	972	23.13%	173,191	2.61	82,309	3.39	4.70	56.00	127
2,035	993	100.00%	993	23.44%	177,023	2.68	84,516	3.48	4.82	58.00	129
2,036	1,014	100.00%	1,014	23.75%	180,855	2.75	86,724	3.58	4.95	59.00	131
2,037	1,036	100.00%	1,036	23.91%	184,686	2.81	88,616	3.65	5.06	61.00	133
2,038	1,058	100.00%	1,058	24.06%	188,518	2.87	90,508	3.73	5.17	62.00	135
2,039	1,081	100.00%	1,081	24.38%	192,350	2.94	92,716	3.82	5.29	64.00	137
2,040	1,104	100.00%	1,104	24.69%	196,948	3.03	95,554	3.94	5.45	65.00	139
2,041	1,127	100.00%	1,127	25.00%	200,779	3.10	97,762	4.03	5.58	67.00	141

Fuente: Elaboración propia

Tabla 161*Proyección de la demanda de agua potable para el REP-12, Sector VIII*

Año	Población Total	Cobertura (%)	Población servida (hab)	Pérdidas de agua (%)	Consumo total (l/día)	Demanda de agua				Volumen de Regulación (m ³)	Volumen requerido (m ³)
						Qp (l/s)	Qp (m ³ /año)	Qmd (l/s)	Qmh (l/s)		
2,018	5,495	31.17%	1,713	47.17%	387,921	8.50	268,056	11.05	15.30	184.00	301
2,019	5,613	30.52%	1,713	47.17%	387,921	8.50	268,056	11.05	15.30	184.00	301
2,020	5,733	29.88%	1,713	47.17%	387,921	8.50	268,056	11.05	15.30	184.00	301
2,021	5,855	29.25%	1,713	47.17%	387,921	8.50	268,056	11.05	15.30	184.00	301
2,022	5,981	100.00%	5,981	20.00%	1,142,169	16.52	520,975	21.48	29.74	357.00	537
2,023	6,109	100.00%	6,109	20.31%	1,165,159	16.92	533,589	22.00	30.46	365.00	548
2,024	6,239	100.00%	6,239	20.63%	1,188,149	17.33	546,519	22.53	31.19	374.00	560
2,025	6,373	100.00%	6,373	20.94%	1,211,906	17.74	559,449	23.06	31.93	383.00	572
2,026	6,509	100.00%	6,509	21.25%	1,236,428	18.17	573,009	23.62	32.71	392.00	585
2,027	6,649	100.00%	6,649	21.41%	1,260,951	18.57	585,624	24.14	33.43	401.00	597
2,028	6,791	100.00%	6,791	21.56%	1,286,240	18.98	598,553	24.67	34.16	410.00	609
2,029	6,936	100.00%	6,936	21.88%	1,312,295	19.44	613,060	25.27	34.99	420.00	623
2,030	7,085	100.00%	7,085	22.19%	1,338,351	19.91	627,882	25.88	35.84	430.00	637
2,031	7,236	100.00%	7,236	22.50%	1,365,939	20.40	643,334	26.52	36.72	441.00	651
2,032	7,391	100.00%	7,391	22.66%	1,393,527	20.85	657,526	27.11	37.53	450.00	664
2,033	7,549	100.00%	7,549	22.81%	1,421,115	21.31	672,032	27.70	38.36	460.00	678
2,034	7,711	100.00%	7,711	23.13%	1,450,235	21.83	688,431	28.38	39.29	472.00	694
2,035	7,876	100.00%	7,876	23.44%	1,479,356	22.36	705,145	29.07	40.25	483.00	709
2,036	8,044	100.00%	8,044	23.75%	1,509,243	22.91	722,490	29.78	41.24	495.00	725
2,037	8,217	100.00%	8,217	23.91%	1,539,896	23.42	738,573	30.45	42.16	506.00	740
2,038	8,392	100.00%	8,392	24.06%	1,571,316	23.95	755,287	31.14	43.11	517.00	755
2,039	8,572	100.00%	8,572	24.38%	1,603,502	24.54	773,893	31.90	44.17	530.00	773
2,040	8,756	100.00%	8,756	24.69%	1,636,454	25.15	793,130	32.70	45.27	543.00	791
2,041	8,943	100.00%	8,943	25.00%	1,669,407	25.76	812,367	33.49	46.37	556.00	809

Fuente: Elaboración propia