



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA: EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE
AGUA POTABLE ENTRE EL PARQUE CENTRAL DE
COTOGCHOA Y LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTÓN
RUMIÑAHUI**

AUTOR:

NASIMBA LOYA, JONATHAN ALEXIS

DIRECTOR:

ING. MASABANDA CAISAGUANO, MARCO VINICIO Ph.D.

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ENTRE EL PARQUE CENTRAL DE COTOGCHOA Y LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTÓN RUMIÑAHUI**” realizado por el señor **NASIMBA LOYA JONATHAN ALEXIS**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **NASIMBA LOYA JONATHAN ALEXIS** para que lo sustente públicamente.

Sangolqui, 26 de Junio de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Caisaguano', is written over a light blue rectangular stamp. The signature is fluid and cursive.

Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio Ph.D

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **NASIMBA LOYA JONATHAN ALEXIS**, con cédula de identidad N° 172173395-2, declaro que este trabajo de titulación “**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ENTRE EL PARQUE CENTRAL DE COTOGCHOA Y LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTÓN RUMIÑAHUI**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolqui, 26 de Junio de 2017

JONATHAN ALEXIS NASIMBA LOYA

C.I. 172173395-2



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **NASIMBA LOYA JONATHAN ALEXIS**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución la presente trabajo de titulación “**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ENTRE EL PARQUE CENTRAL DE COTOGCHOA Y LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTÓN RUMIÑAHUI**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolqui, 26 de Junio de 2017

JONATHAN ALEXIS NASIMBA LOYA

C.I. 172173395-2

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mis padres José Manuel Nasimba Ñacato y Yolanda Graciela Loya Llumiquinga, quienes con su sacrificio y sabiduría me han sabido guiar y apoyar en los tiempos más difíciles llevándome por el buen camino.

A mi querido y amado hermano Jhon Jairo que con su inocencia y amor me alegra la vida y con su corazón puro siempre me desea lo mejor.

A mi hermana Karen y mi sobrino Leandro quienes me acompañaron en los momentos más difíciles dándome ánimos a seguir adelante.

A mis familiares y amigos/as, los cuales han estado en todo momento brindándome su apoyo, buenos consejos y ánimos en seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos quienes a pesar de mis fallas me han sabido comprender y brindar el apoyo incondicional que nunca me ha faltado en casa, sus enseñanzas y valores brindados me han servido mucho durante todo este tiempo.

A mi tía Fabiola Loya que más que tía es mi segunda madre su apoyo y amor incondicional me han ayudado a llegar lejos y a sus hijos Richard, Miguel y Paul que para mí son mis hermanos y han estado en las buenas y malas brindándome su apoyo.

A todos mis amigos/as que formaron parte de este proceso, en especial a mi amigo incondicional Andrés la amistad más sincera que he llegado a tener y como olvidar a toda su familia quienes fueron formando parte de mi vida.

A mis maestros de las aulas quienes con paciencia y dedicación compartieron parte de su experiencia y vida laboral brindándome consejos prácticos, a mi director de tesis Ing. Marco Masabanda PhD., por ser el promotor y colaborador en la realización del proyecto, así mismo al Gobierno Autónomo del Cantón Rumiñahui por haber brindado su guía y apoyo técnicos en especial al Ing. Nelson Pedraza.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACION.....	II
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
INDICE DE CONTENIDOS.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XV
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT.....	XX
1. CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Definición del problema.....	1
1.3. Descripción del área de influencia.....	2
1.3.1. Ubicación Geográfica.....	3
1.3.2. Área de influencia.....	3
1.3.3. Características del clima.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
2. CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. El Agua Líquido Vital.....	6
2.2. Importancia del Agua.....	7
2.3. Usos del Agua.....	7
2.4. Clasificación del Agua.....	7
2.4.1. Agua Cruda o en Estado Natural.....	7
2.4.2. Aguas Residuales.....	7
2.4.3. Aguas Tratada o Potable.....	8
2.5. Características del agua.....	8

2.5.1.	Características Físicas.....	8
2.5.2.	Características Químicas.....	8
2.5.3.	Características Bacteriológicas.....	9
2.6.	Calidad de Agua.....	9
2.6.1.	Normativa Aplicable para la Calidad del Agua.....	9
2.7.	Abastecimiento de Aguas.....	9
2.7.1.	Fuentes de Abastecimiento.....	10
2.7.2.	Obras de captación.....	11
2.7.3.	Línea de conducción.....	11
2.7.4.	Plantas de Tratamiento.....	12
2.7.5.	Tanques de Reserva.....	13
2.7.6.	Redes de Distribución.....	14
2.7.7.	Tuberías.....	15
2.7.8.	Válvulas.....	16
2.7.9.	Hidrantes.....	17
2.8.	Parámetros de diseño.....	18
2.8.1.	Periodo de Diseño.....	18
2.8.2.	Estudio Poblacional.....	18
2.8.3.	Población Actual.....	18
2.8.4.	Población Futura.....	18
2.8.5.	Oferta Disponible.....	19
2.8.6.	Demanda Total.....	19
2.8.7.	Demanda Requerida.....	19
2.8.8.	Demanda Neta.....	19
2.8.9.	Pérdidas de Agua o ANC.....	19
2.8.10.	Demanda Bruta.....	20
2.8.11.	Demanda Contra Incendios.....	20
2.8.12.	Dotación.....	20
2.8.13.	Variaciones del consumo.....	21
2.8.14.	Elementos que Afectan al Consumo de Agua.....	21
2.8.15.	Caudales de Diseño.....	21
2.8.16.	Caudal Medio Diario.....	22
2.8.17.	Caudal Máximo Diario.....	22
2.8.18.	Caudal Máximo Horario.....	22

2.9. Definición del Programa EPANET	22
2.9.1. Particularidades del Programa	23
2.9.2. Componentes Físicos	23
2.9.3. Pérdidas por Fricción	25
2.9.4. Perdidas Menores.....	26
3. CAPITULO 3. CATASTRO	28
3.1. Introducción.....	28
3.2. Captación.....	28
3.2.1. Vertiente Cotogchoa	29
3.2.2. Caudal derivado al Tanque Albornoz	33
3.3. Tuberías en la Red de Distribución	34
3.4. Válvulas.....	38
3.5. Hidrantes.....	38
4. CAPITULO 4. PARÁMETROS DE DISEÑO	40
4.1. Aspectos generales	40
4.2. Zonas de Analisis	41
4.3. Topografía de la Red	42
4.4. Distribución de las Áreas.....	43
4.5. Ubicación de los Nudos.....	44
4.6. Periodo de Diseño.....	44
4.7. Trazados de la Tubería de Distribución Principales y Secundarias	45
4.8. Ubicación y Profundidad de las Tuberías.....	46
4.9. Conexiones domiciliarias	46
4.10. Presiones de Servicio.....	47
4.11. Velocidad de Diseño.....	47
4.12. Diámetros Estándar	48
4.13. Pérdidas de Carga para la Red.....	48
4.14. Encuestas Socioeconómicas	50
4.14.1. Tamaño de la Muestra.....	50
4.14.2. Análisis e Interpretación de los Resultados	51
4.15. Análisis Poblacional	73
4.15.1. Población Actual.....	73
4.15.2. Calculo de la Densidad Poblacional	77

4.15.3.	Calculo Población Futura.....	78
4.16.	Dotaciones Actual	80
4.16.1.	Lectura de las planillas de Consumo	81
4.16.2.	Toma de Lectura de los Medidores.....	83
4.16.3.	Dotaciones Especiales.....	88
4.17.	Agua No Contabilizada	88
4.18.	Caudales de Diseño	90
4.18.1.	Caudal medio	90
4.18.2.	Caudal en la Conducción y Red de distribución.....	91
4.18.3.	Caudal Máximo Diario.....	91
4.18.3.	Caudal Máximo Horario	92
4.19.	Volúmenes de Almacenamiento.....	93
4.19.1.	Volumen de Regulación.....	93
4.19.2.	Volumen de Protección contra Incendios	93
4.19.3.	Volumen de Emergencia.....	94
5.	CAPITULO 5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.....	95
5.1.	Antecedentes.....	95
5.2.	Parámetros para la Evaluación	95
5.2.1.	Cota de los Nudos	95
5.2.2.	Dotación.....	95
5.3.	Calculo de Caudales para la Evaluación	95
5.4.	Modelamiento de la Red de Distribución Actual	97
5.4.1.	Cotas de los Nudos	98
5.4.2.	Demanda Base en los Nudos	98
5.4.3.	Tuberías en la Red Actual.....	99
5.5.	Evaluación del Sistema Actual.....	99
5.6.	Velocidades en la Red Actual.....	100
5.7.	Caudales en la Red Actual.....	100
5.8.	Presiones en la Red Actual	101
5.9.	Comprobación de Resultados	102
5.10.	Resultado de la Evaluación del Sistema Actual	107
6.	CAPITULO 6. CALIDAD DEL AGUA.....	109
6.1.	Introducción.....	109

6.2.	Toma de la Muestra	109
6.3.	Pruebas de Laboratorio Análisis Físico-Químico.....	111
6.3.1.	pH.....	111
6.3.2.	Oxígeno Disuelto	112
6.3.3.	Conductividad.....	113
6.3.4.	Turbidez.....	113
6.3.5.	Color	114
6.3.6.	Nitratos NO ₃	115
6.3.7.	Nitritos NO ₂	115
6.3.8.	Hierro Total Fe.....	116
6.3.9.	Cromo Hexavalente	117
6.3.10.	Cloro Total.....	117
6.3.11.	Plomo Pb.....	118
6.3.12.	Arsénico As.....	119
6.4.	Pruebas de Laboratorio-Análisis Bacteriológico.....	120
6.4.1.	Coliformes Fecales	120
6.4.2.	Colifomes Totales	123
6.5.	Análisis de Resultados.....	126
7.	CAPÍTULO 7. REDISEÑO DE LA RED.....	131
7.1.	Aspectos Generales	131
7.2.	Cobertura del servicio.....	131
7.3.	Oferta Existente	132
7.4.	Demanda.....	132
7.5.	Diseño de la Red de Distribución.....	135
7.6.	1era Alternativa de Rediseño.....	138
7.6.1.	Análisis en Periodo Estático	139
7.6.2.	Análisis en Periodo Extendido.....	141
7.6.3.	Presupuesto	145
7.7.	2da Alternativa de Rediseño.....	145
7.7.1.	Análisis en Periodo Estático	146
7.7.2.	Análisis en Periodo Extendido.....	148
7.7.3.	Presupuesto	152
7.8.	Implementación de Válvulas en la Línea de Conducción	152

7.8.1.	Válvulas de Aire	152
7.8.2.	Válvulas de Desagüe.....	153
7.9.	Identificación del Tipo de Suelo.....	154
7.9.1.	Humedad Natural.....	156
7.9.2.	Granulometría	156
7.9.3.	Límites de Atterberg	156
7.9.4.	Clasificación SUCS	157
7.10.	Valoración de las Alternativas de Rediseño	157
8.	CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	158
8.1.	Conclusiones.....	158
8.2.	Recomendaciones	160
	BIBLIOGRAFÍA.....	162

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caudal de la vertiente Cotogchoa.....	33
Tabla 2. Caudal de entrada al tanque Albornoz	34
Tabla 3. Tuberías del Sistema Actual.....	36
Tabla 4. Resumen de válvulas existentes en la Red Actual	38
Tabla 5. Resumen de hidrantes existentes en la Red Actual	38
Tabla 6. Identificación de las zonas de estudio	41
Tabla 7. Vida útil de los elemento de un Sistema de Agua Potable	45
Tabla 8. Velocidades máximas en tubo lleno	47
Tabla 9. Especificaciones para tuberías de PVC	48
Tabla 10. Calculo de las perdidas en las tuberías.....	49
Tabla 11. Coeficientes de Perdidas Menores	49
Tabla 12. Numero de encuestados según la localidad.....	52
Tabla 13. Tipo de vivienda en las zonas de estudio	52
Tabla 14. Uso de la Vivienda	53
Tabla 15. Tenencia de la vivienda.....	54
Tabla 16. Arriendo estimado de las viviendas que no son propias	55
Tabla 17. Sistema constructivo de las viviendas	56
Tabla 18. Características en elevación de las viviendas.....	56
Tabla 19. Servicios básicos de la vivienda.....	57
Tabla 20. Estación del valor de la luz eléctrica mensual.....	58
Tabla 21. Número de personas en la vivienda.....	58
Tabla 22. Número de personas que aportan al ingreso familiar	59
Tabla 23. Personas que actualmente buscan empleo.....	60
Tabla 24. Ingreso familiar promedio	61
Tabla 25. Disponibilidad de agua.....	62
Tabla 26. Disponibilidad de agua durante el día	62
Tabla 27. Información de pago del servicio de agua.....	63
Tabla 28. Pago promedio mensual del servicio de agua	64
Tabla 29. Opinión de los costos pagados del servicio de agua.	65
Tabla 30. Estimación de la cantidad de agua recibida por los usuarios	65
Tabla 31. Almacenamiento del agua	66
Tabla 32. Tipo de almacenamiento de agua	67

Tabla 33. Criterio de la calidad de agua entregada	68
Tabla 34. Satisfacción del servicio de agua brindado	68
Tabla 35. Tratamiento de agua antes de ser consumida	69
Tabla 36. Usos del agua en el hogar.....	70
Tabla 37. Opinión de enfermedades causadas por tomar agua directa de la llave	70
Tabla 38. Criterio sobre el precio del agua	71
Tabla 39. Criterio sobre enfermedades producida por el agua.....	71
Tabla 40. Total habitantes en El Milagro, El Carmen y la Cooperativa Eloy Alfaro.....	71
Tabla 41. Consumo mensual de la empresa EQF EL QUESO FRANCES S.A. ..	75
Tabla 42. Estimación de trabajadores por empresa.....	76
Tabla 43. Calculo de la Densidad Poblacional según las áreas de aportación	77
Tabla 44. Datos de Consumo Mensual por Sectores de Estudio.....	81
Tabla 45. Dotaciones por sectores.....	82
Tabla 46. Lectura Diaria de los Medidores	83
Tabla 47. Consumos Diarios de las Manzanas tipos	85
Tabla 48. Dotaciones Netas para la Fase de Evaluación.....	88
Tabla 49. Calculo de la Población y Caudales para la Evaluación del Sistema Actual.....	91
Tabla 50. Presiones de Campo vs Presiones de EPANET	103
Tabla 51. Resultados Vertiente Cotogchoa	126
Tabla 52. Resultados Muestra Entrada a la Tubería Principal	127
Tabla 53. Resultados Muestra en el Colegio Rumiñahui	128
Tabla 54. Caudal Existente y Caudal de Derivación.....	132
Tabla 55. Demanda Futura El Milagro, El Carmen y Cooperativa Eloy Alfaro .	133
Tabla 56. Demanda Futura Colegio Rumiñahui.....	133
Tabla 57. Demanda Futura Zona Industrial.....	134
Tabla 58. Balance Oferta y Demanda Futura	134
Tabla 59. Propuesta de Ocupación del Suelo Cantón Rumiñahui.....	136
Tabla 60. Dotaciones y Caudales futuros.....	137
Tabla 61. Patrones de Variación de consumo Q_{max} .día.....	141
Tabla 62. Volumen de almacenamiento	145
Tabla 63. Diámetro de Válvulas de aire en función del diámetro de la Conducción.....	145

Tabla 64. Diámetro de Válvulas de Desagüe en función del diámetro de la Conducción.....	147
--	-----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de estudio en las respectivas Parroquias	2
Figura 2. Sistema de agua potable entre el Parque Central de Cotogchoa y la Cooperativa Eloy Alfaro.....	3
Figura 3 Distribución del agua en la Tierra	6
Figura 4. Esquema de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable	10
Figura 5. Esquema de una conducción a gravedad trabando a presión.....	12
Figura 6. Esquema de una conducción por bombeo.....	12
Figura 7. Tanque de almacenamiento superficial.....	13
Figura 8. Componentes Físicos en un sistema de Distribución de Agua	23
Figura 9. Esquema del Sistema de Agua Potable.....	28
Figura 10. Estructura de protección de la vertiente Cotogchoa	29
Figura 11. Estructura de la captación del flujo vertical	29
Figura 12. Zona de Cloración.....	30
Figura 13. Simulación vertedero de pared delgada	30
Figura 14. Esquema del vertedero de pared delgada.....	31
Figura 15. Calculo del Caudal con Hcanales V 3.0	32
Figura 16. Tubería derivada hacia el Taque Albornoz.....	33
Figura 17. Vertedero de llegada al tanque Albornoz	34
Figura 18. Distribución de la tubería de la red según su diámetro.....	35
Figura 19. Hidrante tipo Cooperativa Eloy Alfaro.....	39
Figura 20. División de las zonas de estudio	41
Figura 21. Topografía del sector de estudio.....	42
Figura 22. Punto de Partida del levantamiento topográfico	43
Figura 23. Distribución de áreas en la Cooperativa Eloy Alfaro	43
Figura 24. Nomenclatura de los nudos ND25 y 12	44
Figura 25. Zonas Encuestadas.....	51
Figura 26. Numero de encuestados por localidad	52
Figura 27. Resultado porcentual de la pregunta 1	53
Figura 28. Resultado pregunta 2	53

Figura 29. Resultado porcentual de la Tenencia de la Vivienda	54
Figura 30. Grafico porcentual pregunta 4	55
Figura 31. Representación porcentual de la pregunta 5	56
Figura 32. Resultados del número de pisos de la vivienda	57
Figura 33. Resultados pregunta 7	57
Figura 34. Resultados del valor aproximado de la luz	58
Figura 35. Resultado de personas por vivienda	59
Figura 36. Resultado de la pregunta 10.....	60
Figura 37. Resultados del número de personas en busca de empleo.....	60
Figura 38. Resultados del ingreso familiar	61
Figura 39.resultado de la disponibilidad de agua.....	62
Figura 40. Resultados de la disponibilidad diaria del agua.....	63
Figura 41. Respuesta de la pregunta 15	63
Figura 42. Respuestas del pago promedio mensual	64
Figura 43. Respuesta de la pregunta 18	65
Figura 44. Resultados pregunta 19.....	66
Figura 45.Resultados del almacenamiento de agua por los usuarios	66
Figura 46. Resultado del tipo de almacenamiento de agua	67
Figura 47. Resultado de la pregunta 22.....	68
Figura 48. Resultados de la pregunta 23	68
Figura 49. Respuesta de la pregunta 24	69
Figura 50. Porcentaje de las respuestas de la pregunta 26	70
Figura 51. Resultados de la pregunta 27	71
Figura 52. Resultados de la pregunta 28	72
Figura 53. Registro de consumo promedio El Milagro.....	86
Figura 54. Dotación Promedio	86
Figura 55. Registro de consumo Promedio Coop. Eloy Alfaro	87
Figura 56. Dotación Promedio	87
Figura 57.Modelo del Sistema en EPANET	97
Figura 58. Mapa de Contorno-Cotas del Proyecto.....	98
Figura 59. Demanda Base en los Nudos	99
Figura 60. Velocidades del Sistema Actual-Periodo Estático.....	100
Figura 61. Caudales del Sistema Actual-Periodo Estático.....	101
Figura 62. Presiones del Sistema Actual-Periodo Estático	102

Figura 63. Punto de la Toma de Presiones	105
Figura 64. Presión de Campo ND3	106
Figura 65. Presión de campo ND27	107
Figura 66. Toma de Muestra Vertiente Cotogchoa	109
Figura 67. Toma de Muestra Entrada a la Tubería Principal	110
Figura 68. Toma de Muestras para Análisis bacteriológico.....	110
Figura 69. Almacenamiento para el Transporte de las Muestras	110
Figura 70. Multiparametrico HACH HQ30g	111
Figura 71. Medición del pH	112
Figura 72. Medición del oxígeno disuelto.....	112
Figura 73. Medición de la conductividad.....	113
Figura 74. Recubrimiento con aceite de silicona y Medición de la Turbidez....	114
Figura 75. Equipo Spectrophotometer HACH DR-500	114
Figura 76. Medición del Color RB 455mm	115
Figura 77. Reactivo NitraVer y Medición del Nitrato NO ₃	115
Figura 78. Reactivo NitriVer y Medición del Nitrato NO ₂	116
Figura 79. Reactivo FerroVer, Probeta de 10 ml y Medición del Hierro Total .	117
Figura 80. Reactivo ChromiumVer Diphenylcarb, Probeta de 10 ml y Medición del Cromo Hexavalente.....	117
Figura 81. Reactivo ChlorineVer, Muestra de 10 ml y Medición del Cloro Total.....	118
Figura 82. Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....	118
Figura 83. Toma de la Muestra y Resultado de la Medición Plomo Pb.....	119
Figura 84. Toma de la Muestra y Resultado de la Medición Arsénico As	120
Figura 85. Placas Petrifilm 3M	120
Figura 86. Colocación de la muestra en la Placa Petrifilm 3M.....	121
Figura 87. Incubación y Placa transcurrida las 24 horas.....	121
Figura 88. Membrana fíltrate y Colocación del matraz y la unidad de filtración.....	122
Figura 89. Cultivo m-FC with rosolic acid y Caja petri saturada	123
Figura 90. Incubación caja petri y Caja petri transcurrido las 24 horas.....	123
Figura 91. Placa Petrifilm 3M recuento de Coliformes totales transcurridas 24 h.....	124
Figura 92. Cultivo m-Endo Total Coliform Broth y Caja petri saturada	124

Figura 93. Incubación caja petri y Caja petri transcurrido las 24 horas.....	125
Figura 94. Cobertura de Servicios Básicos Cantón Rumiñahui.....	131
Figura 95. Demanda Total, Oferta Existente y Balance.....	135
Figura 96. Propuesta de Ocupación del Suelo Cantón Rumiñahui	136
Figura 97. Demanda base futura Q_{max} . día.....	138
Figura 98. Tuberías de la Red-Alternativa 1	139
Figura 99. Presiones de la Alternativa 1 Periodo estático.....	139
Figura 100. Velocidades de la Alternativa 1 Periodo estático	140
Figura 101. Presiones Mínimas Periodo extendido-Alternativa 1	142
Figura 102. Presiones Máximas Periodo Extendido-Alternativa 1	143
Figura 103. Velocidades máximas 7:00 am Alternativa 1	144
Figura 104. Variación de la demanda de la Vertiente Cotogchoa en 24.....	144
Figura 105. Volumen de Reserva de la red	146
Figura 106. Tuberías de la Red-Alternativa 2.....	146
Figura 107. Presiones de la Alternativa 2 Periodo estático.....	147
Figura 108. Velocidades de la Alternativa 2 Periodo estático	147
Figura 109. Presiones Mínimas Periodo Extendido-Alternativa 2.....	149
Figura 110. Presiones Máximas Periodo Extendido-Alternativa 3.....	150
Figura 111. Velocidades máximas 7:00 am Alternativa 2	151
Figura 112. Variación de la demanda del Tanque de 500 m ³	151
Figura 113. Pestaña de Ingreso de Datos al Programa AirValve	153
Figura 114. Resultados Obtenidos de Ubicación y Tipo de Válvula	153
Figura 115. Ubicación Válvulas de Desagüe y Válvulas de Aire	154
Figura 116. M1 km 0+260 y M 2 km 0+500, profundidad 1,30 m.....	155
Figura 117. Muestras M1 y M2 embaladas.....	155

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad el evaluar y presentar propuestas de mejoramiento del sistema de agua potable desde el Parque Central de Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro ubicada en el Cantón Rumiñahui. En este análisis intervienen parámetros importantes como son: la recopilación de toda la información posible en campo (válvulas, hidrantes, fuentes de captación, accesorios y tuberías), también la respectiva actualización de la topografía de toda la red, tanto de ramales principales como secundarios. Se realizaron encuestas socioeconómicas las cuales sirvieron para conocer los aspectos generales de la población servida (información sobre la vivienda, información sobre la familia, estatus económicos, información sobre el abastecimiento de agua, información de la calidad de agua actual y dotación actual servida). Con todos los parámetros mencionados se procedió al modelamiento de la red actual en el programa EPANET, tratando de que el modelo hidráulico se asemeje lo mejor posible a la realidad para una correcta modelación, posteriormente se comprobó las presiones de servicio en campo y de esta manera diagnosticar los problemas que se tienen actualmente ya sea en caudal, velocidad y presión, posteriormente se planteara soluciones en las cuales intervienen: el crecimiento poblacional, balance de oferta y demanda, teniendo en cuenta que se adicionara el correspondiente estudio de la calidad de agua que actualmente está siendo servida a la población y un reconocimiento del tipo de suelo en el lugar de estudio. Este trabajo se convierte en un proyecto importante ya que tiene como finalidad mejorar la entrega del servicio a los usuarios.

PALABRAS CLAVE

- **CONSUMO DE AGUA POTABLE**
- **CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE**
- **ENCUESTAS SOCIOECONÓMICAS**
- **ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA**
- **TANQUE DE RESERVA**

ABSTRACT

The present titling project aims to evaluate and present proposals for improvement of the drinking water system from the Cotogchoa Central Park to the Eloy Alfaro Cooperative located in the Rumiñahui Canton. This analysis involves important parameters such as: the collection of all possible information in the field (valves, hydrants, sources of capture, accessories and pipes), as well as the respective updating of the topography of the entire network, both main and secondary branches. Socioeconomic surveys were carried out to understand the general aspects of the population served (information on housing, family information, economic status, information on water supply, current water quality information and current supply). With all the mentioned parameters, the current network was modeled in the EPANET program, trying to make the hydraulic model as close as possible to the reality for a correct modeling, subsequently the field service pressures were checked and in this way To diagnose the problems that are currently present, whether in terms of flow, speed and pressure, solutions will be proposed in which they intervene: population growth, balance of supply and demand, taking into account that a corresponding study of water quality Is currently being served to the population and a survey of the type of soil in the study site. This work becomes an important project since its purpose is to improve the delivery of the service to the users.

KEY WORDS

- **CONSUMPTION OF DRINKING WATER**
- **RECOGNITION OF THE NETWORK OF DRINKING WATER**
- **SOCIO-ECONOMIC SURVEYS**
- **WATER QUALITY ANALYSIS**
- **RESERVE TANK**

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

El abastecimiento y distribución de agua es primordial en las necesidades para el buen vivir ya sea de una persona, grupo de personas o una población, dado que sin este elemento vital no puede existir la vida ni el progreso de la misma. El consumo de este recurso indispensable, representa muchos aspectos primordiales en el nivel de vida de la población.

Se ha seleccionado la red de agua potable Cotogchoa-Eloy Alfaro, en vista de que esta parte del Cantón Rumiñahui como todos los sectores es una población que se encuentra en un incremento y un elevado consumo de agua tanto en las zonas rurales como en las urbanas.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) la población total de las Parroquias de Cotogchoa y Sangolquí en el censo del 2001 fue de 2,834 y 62,562 habitantes respectivamente, mientras que el 2010 fue de 3,937 y 81,140 habitantes.

El Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Cantón Rumiñahui (DAPAC-R) en vista del crecimiento del Cantón y con su actual sistema de agua potable, el mismo que ha presentado inconsistencias en la red tales como falta de presiones, flujos intermitentes y problemas en la calidad del agua, que afectan la entrega del recurso hídrico a la población.

Razón por la cual el Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Cantón Rumiñahui ha considerado necesario establecer un estudio de dicho sector actualizando la información de la red de agua potable desde el parque central de Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro, para una propuesta de rediseño para mejorar la entrega de agua potable.

1.2. Definición del problema

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui 2012, el Cantón cuenta 12 vertientes y 6 pozos que producen 511,31 l/s, para consumo

humano. Rumiñahui es uno de los cantones con mayor cobertura del servicio de agua potable en el país. Actualmente alcanza al 96% del Cantón tanto en las zonas urbanas como en las rurales.

El alto desarrollo rural en la parroquia de Cotogchoa produce un incremento de población, de igual manera la Cooperativa Eloy Alfaro cuenta con un elevado crecimiento urbano, también se tiene un alto incremento de las Zonas Industriales mismos sectores que son abastecidos por la vertiente Cotogchoa esto va generando problemas en el abastecimiento del agua en vista que las presiones son deficientes.

1.3. Descripción del área de influencia

Como se conoce el Cantón Rumiñahui esta subdividida en “el sector urbano con tres parroquias urbanas: San Rafael, Sangolquí y San Pedro de Taboada y dos parroquias rurales como son Rumipamba y Cotogchoa” (GADMUR Rumiñahui, 2012).

Para el presente trabajo todos los análisis, cálculos, recolección de información se los realizara en las Parroquias de Sangolquí y Cotogchoa, en los cuales está situadas las zonas de estudio como se muestra en la Figura 1.

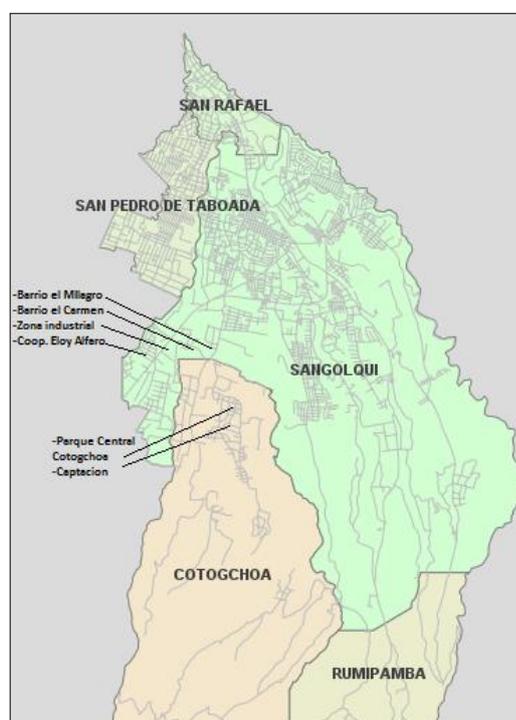


Figura 1. Zonas de estudio en las respectivas Parroquias

1.3.1. Ubicación Geográfica

Por la situación geográfica, el sistema de agua potable cruza por diferentes zonas razón por la cual la recopilación de toda la información se realiza en los siguientes sectores: Parque Central de Cotogchoa, Barrios el Milagro y El Carmen, la Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro. Todos estos sectores están ubicados como se muestra en la Figura 2.

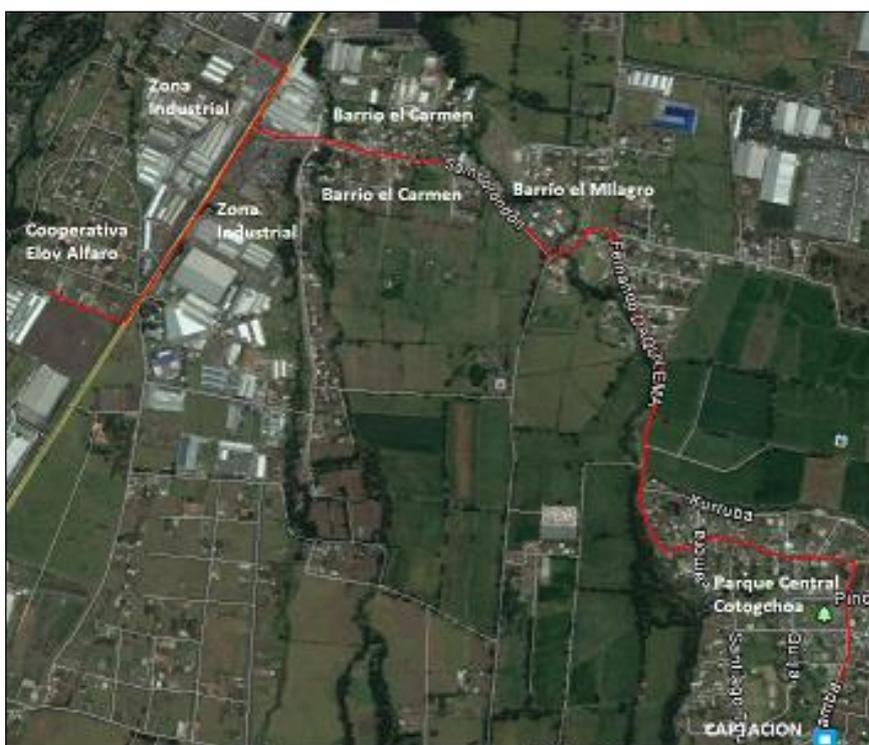


Figura 2. Sistema de agua potable entre el Parque Central de Cotogchoa y la Cooperativa Eloy Alfaro

Fuente: Google Earth

1.3.2. Área de influencia

La evaluación del sistema de agua potable tiene una influencia de 90 ha aproximadamente en los sectores comprendidos ente el Parque Central Cotogchoa, barrio El Milagro, barrio El Carmen, la Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro, dichos sectores mencionados tiene aproximadamente 5 km de línea principal de agua potable en el cual se realizan todos los estudios técnicos hidráulicos correspondientes para el Proyecto de Investigación.

1.3.3. Características del clima

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del Cantón Rumiñahui de 2012 menciona lo siguiente:

El cantón Rumiñahui tiene tres tipos de clima: Ecuatorial frío húmedo, Ecuatorial Mesotérmico Húmedo y Páramo. El 75% del cantón se encuentra dentro del clima Ecuatorial Mesotérmico húmedo, el 15% del cantón se encuentra en Ecuatorial Frío Húmedo y el 10% en Páramo.

El clima del Cantón Rumiñahui, corresponde a la zona subtropical de tierras altas, el cual oscila desde los 16 a 23 °C durante el día y en las noches baja hasta los 8 °C, siendo los meses más calurosos de Julio y agosto. Por otro lado, La precipitación media anual es de 1000mm, siendo los meses abril y octubre los de mayor precipitación, esto hace que la zona sea muy fértil y el paisaje se conserve siempre verde (datos presentados de la zona urbana del cantón). (pág. 37)

Sin embargo se debe tomar en cuenta que el lugar donde se encuentra la captación está ubicado en la Parroquia Cotogchoa en cual presenta una temperatura de 11.6 °C, una precipitación de 1000 mm anuales y una humedad de 81%. (GADMUR Rumiñahui, 2012).

1.4. Justificación

La presente investigación tiene por objeto realizar un estudio y una evaluación del sistema de agua potable desde el Parque Central Cotogchoa pasando por el barrio El Milagro, barrió El Carmen, la Zona Industrial hasta la Cooperativa Eloy Alfaro, ya que las redes del sistema de agua potable cuenta con aproximadamente más de 30 años de uso, sobrepasando su periodo de servicio.

Debido a ello, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y su Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, ven la necesidad de desarrollar Proyectos de investigación vinculados a los problemas que en la sociedad puedan existir, para esto se aplicara todo los conocimientos obtenidos en la carrera de Ingeniería Civil.

Por tal razón, el Gobierno Autónomo del Cantón Rumiñahui y su Departamento de Agua Potable y Alcantarillado, está interesado en brindar un servicio de excelencia a la población, por lo que necesitan realizar la evaluación del sistema de agua potable desde el Parque Centran de Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro.

Este proyecto generará datos importantes que servirán para el presente y futuros estudios, ya que las Parroquias Cotogchoa y Sangolquí pertenecientes al Cantón Rumiñahui están en un gran crecimiento tanto económico, comercial, industrial y manufacturero.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar y rediseñar el sistema de agua potable, mediante un catastro de la red, de los barrios El Milagro y El Carmen, la Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro, pertenecientes al Cantón Rumiñahui, en las condiciones actuales a fin de mejorar la entrega de agua potable hasta el año 2041.

1.5.2. Objetivos específicos

- Recopilar toda la información de campo posible desde el Parque Central Cotogchoa, barrio El Milagro, barrio El Carmen, Zona Industrial, hasta la Cooperativa Eloy Alfaro, teniendo un área de influencia de 90 ha aproximadamente.
- Realizar un levantamiento topográfico de la red del sistema de agua potable desde el Parque Central Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro.
- Realizar análisis de calidad de agua (físico, químico y bacteriológico) en diferentes puntos del tramo analizado.
- Realizar encuestas socioeconómicas en las Parroquias de Cotogchoa y Sangolquí en las cuales está ubicado el proyecto que servirán como parámetros de evaluación del sistema actual.
- Determinar las ofertas y demandas de agua de las poblaciones mencionadas para las dotaciones actuales y proyectarlas para el año 2041.
- Evaluar el sistema actual de Agua potable para diagnosticar los problemas existentes en la red desde el Parque central Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro.
- Realizar estudios de suelos en puntos estratégicos.
- Ejecutar un modelamiento de todo el sector de estudio en el programa EPANET.
- Rediseñar el sistema de agua potable en caso que el sistema actual presente inconsistencias en su diseño.
- Estimar un presupuesto del rediseño de la red de agua potable.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. El Agua Líquido Vital

El agua es uno de los elementos esenciales para la vida, la cual es un depósito de calor, fuente de frío y fuente de transporte, sin ella el hombre no puede vivir por ende el agua viene a considerarse un elemento vital para el sostenimiento y la reproducción de la vida en la Tierra

La disponibilidad de agua en la naturaleza está dividida de la siguiente manera según Ramírez (2011):

El agua circula en la naturaleza a través de los océanos, la atmosfera, lagos y ríos, glaciares y aguas subterráneas. El aire y el agua son los elementos físicos más móviles que tiene el sistema Tierra, y su movilidad permite operar el ciclo del agua. La circulación constante del agua desde los océanos a la atmosfera (evaporación), desde la atmosfera a la Tierra o de regreso a los océanos (precipitación) y desde la tierra a los océanos y atmosfera (evaporación escorrentía) puede ser llamada el ciclo planetario del agua, y existe muchos subciclos regionales y locales como se muestra en la Figura 3. (pág. 29)

Situación del agua	Volumen en km ³		Porcentaje	
	Agua dulce	Agua salada	de agua dulce	de agua total
Océanos y mares	-	1.338.000.000	-	96,5
Casquetes y glaciares polares	24.064.000	-	68,7	1,74
Agua subterránea salada	-	12.870.000	-	0,94
Agua subterránea dulce	10.530.000	-	30,1	0,76
Glaciares continentales y Permafrost	300.000	-	0,86	0,022
Lagos de agua dulce	91.00	-	0,26	0,007
Lagos de agua salada	-	85.400	-	0,006
Humedad del suelo	16.500	-	0,05	0,001
Atmósfera	129.000	-	0,04	0,001
Embalses	11.470	-	0,03	0,0008
Ríos	2.120	-	0,006	0,0002
Agua biológica	1.120	-	0,003	0,0001
Total agua dulce	35.029.110		100	-
Total agua en la tierra	1.386.000.000		-	100

Figura 3 Distribución del agua en la Tierra

Fuente: (Sierra, 2011, pág. 29)

2.2. Importancia del Agua

Como se sabe el agua es vital para la vida y reproducción de la misma, por lo tanto en lo que se refiere a importancia del agua, Prieto (2004) menciona que:

El agua es parte esencial de los seres vivos: hombre, animal, vegetales. La vida ha utilizado el agua como medio de disolución y transporte interno de elementos y sus combinaciones. El agua abunda en la tierra, es fundamental en la reproducción de alimentos, en el crecimiento y vida de las plantas, en el buen vivir del hombre, en la cría de animales, en la industria, en la construcción, en el movimiento y mantenimiento de máquinas, en la extinción de incendios, control de heladas y aseo en general. (pág. 1)

2.3. Usos del Agua

En lo que se refiere a usos del agua se puede mencionar que “el hombre aprovecha de diferentes maneras el agua, especialmente en el consumo, aseo, vías de comunicación por los ríos, fuerza transformable en energía eléctrica y riego”. (Prieto, 2004, pág. 61)

2.4. Clasificación del Agua

El agua se puede clasificar de varias maneras dependiendo del autor, la más común y para este proyecto de investigación es según su estado como vienen hacer “el agua cruda (superficial, subterránea, marina, etc.), aguas residuales y aguas tratada (potable)” (Sierra, 2011).

2.4.1. Agua Cruda o en Estado Natural

El agua cruda se define como el agua que se encuentra en el ambiente como puede ser la lluvia, agua superficial, agua subterránea, entre otras, las cuales no han recibido ningún tipo de tratamiento ni modificación en su estado natural ya sea físico o químico. (Sierra, 2011, pág. 48)

2.4.2. Aguas Residuales

“Se define como agua residual como aquella que ha sido utilizada en cualquier uso benéfico, generalmente los generadores de aguas residuales se pueden agrupar en aguas residuales domésticas, industriales (caracterizadas, medidas y no medidas) y comerciales.” (Sierra, 2011, pág. 50).

2.4.3. Aguas Tratada o Potable

Se define como agua tratada “aquella a la cual se le han variado o cambiado sus características físicas, químicas y bacteriológicas con el propósito de utilizarla en algún uso benéfico” (Sierra, 2011, pág. 52).

La norma CPE INEN Parte 9-1 menciona que: “el agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales, y debe cumplir con los requisitos de estas normas” (pág. 25).

2.5. Características del agua

Ya que el agua no se encuentra en estado natural y debido a su capacidad de absorber sustancias se generan ciertas características las cuales veremos a continuación.

2.5.1. Características Físicas

El agua es una sustancia inodora, incolora, insípida y transparente por lo cual se puede definir que las características físicas son aquellas sustancias que tienen una incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua estas pueden ser: olor, color, sabor, temperatura, turbidez y todo lo que pueda incidir en su aspecto. (Sierra, 2011, pág. 55)

2.5.2. Características Químicas

Al hablar de características químicas del agua se refieren a los compuestos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial, mismos compuestos pueden ser benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración, entre las principales características químicas se deben tener en cuenta las siguientes: dureza, salinidad, hierro, manganeso, yodo, pH, nitratos entre muchos más (J & GARY, 1999, pág. 392).

2.5.3. Características Bacteriológicas

Sierra (2011) define que:

Las aguas crudas pueden tener una gran variedad de microorganismos. Los microorganismos en el agua pueden ser patógenos o no patógenos. Por patógenos se entienden aquellos organismos que causan enfermedad a los seres vivos mientras que por no patógenos se entiende lo contrario.

Los microorganismos más importantes que se encuentran en el agua y pueden producir enfermedades son las bacterias, los virus, las algas, los hongos y algunos protozoos. (pág. 78)

2.6. Calidad de Agua

Según American Water Works Association (1968) dice:

La calidad del agua depende de su origen e historia. Las aguas naturales muestran, en general, las calidades más características de sus fuentes. Sin embargo, muchos factores producen variaciones de la calidad de las aguas obtenidas del mismo tipo de fuente. Estas variaciones provienen de la oportunidad que tiene el agua de absorber sustancias en forma de solución o tenerlas en suspensión. Las condiciones climatológicas, geográficas y geológicas son factores importantes para determinar la calidad del agua. (pág. 1)

2.6.1. Normativa Aplicable para la Calidad del Agua

Las normas de calidad del agua para abastecimiento público dependen de la regulación de cada país. En Ecuador se han establecido ciertos criterios de calidad de las aguas para consumo humano y doméstico “de modo que se garantice que el consumidor no ingiera sustancias tóxicas o nocivas para la salud ni microorganismos.” (INEN, 1992, pág. 28). Los mismos que son publicados en la norma INEN 1108, TULAS y por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental.

2.7. Abastecimiento de Aguas

Prieto (2004) define que: “el abastecimiento debe conseguirse estudiando primero el lugar de obtención y conducción, su calidad y sanidad para evitar enfermedades de orden hídrico” (pág. 41).

“Cualquier sistema de abastecimiento de agua, por rudimentario que sea, consta de los siguientes elementos:

- Fuente de Abastecimiento.

- Obras de Captación.
- Líneas de Conducción.
- Tratamiento del Agua.
- Almacenamiento.
- Distribución” (López, 2003, pág. 22).

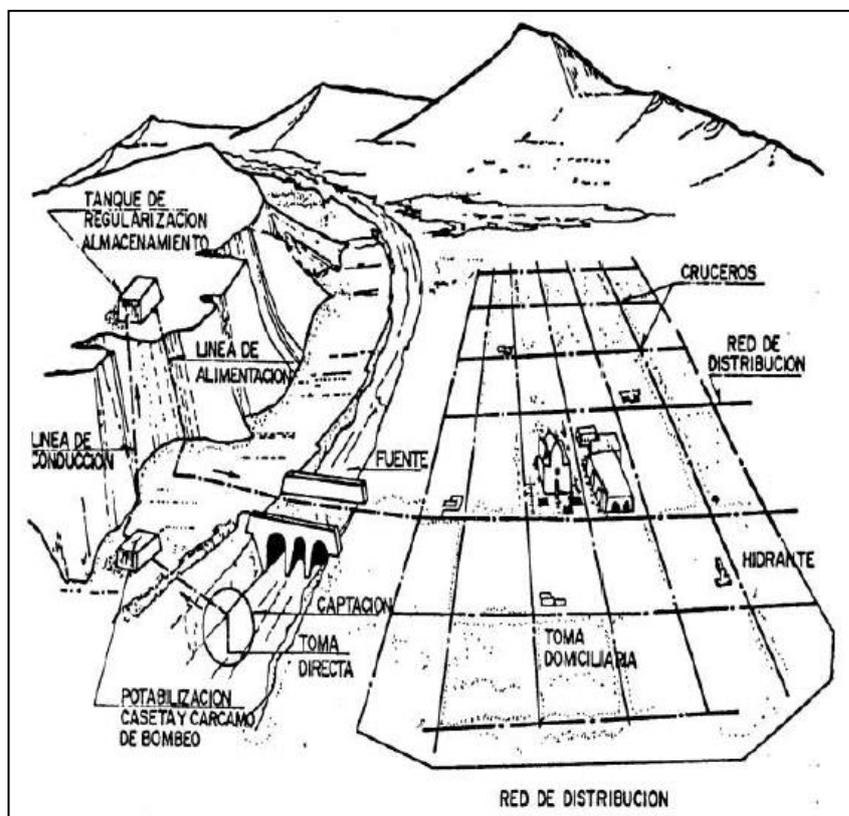


Figura 4. Esquema de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Fuente: (Rodríguez, 2001, pág. 23)

2.7.1. Fuentes de Abastecimiento

Según Prieto (2004) señala que el agua puede obtenerse de las siguientes formas:

- Recogiendo y almacenando agua lluvia.
- Aprovechando el agua que corre por la superficie de la tierra, siguiendo los lechos de los ríos, los cuales se forman en las montañas con aguas de los arroyos y manantiales, aumentando de manera progresiva su caudal por el aporte de una red d afluentes que van a servir a una misma cuenca.
- Empleando el agua filtrada por las capas del terreno, que manan naturalmente al exterior en los manantiales o captándola de las venas liquidas subterráneas. (pág. 41)

2.7.2. Obras de captación

Al hablar de captaciones se define como el tipo de estructura que va hacer utilizada para la captación del agua esta depende principalmente del tipo de fuente de abastecimiento que se tienen en el proyecto. (López, 2003, pág. 22)

2.7.3. Línea de conducción

Rodríguez (2001) menciona que:

Se llama " Línea de conducción " al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y accesorios cuyo objetivo es transportar el agua, procedente de la fuente de abastecimiento, a partir de la obra de captación, hasta el sitio donde se localiza el tanque de regularización, planta potabilizadora o directamente a la red de distribución.

Esta conducción, se puede efectuar de dos maneras, dependiendo de la ubicación de la fuente de abastecimiento con respecto a las obras de regularización. Si la fuente de abastecimiento se encuentra en un nivel topográfico arriba del tanque de almacenamiento, la conducción se realizara por gravedad, ya sea trabajando como canal, o como tubo, siendo este último el más común en las obras de abastecimiento de agua potable. Si la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel topográfico abajo del tanque de regularización, la conducción se realiza por bombeo. (pág. 118)

2.7.3.1 Conducción a Gravedad

Como su nombre lo dice conducción a gravedad o flujo libre “se presenta cuando la elevación del agua en la fuente es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponibles” (Rodríguez, 2001, pág. 118).

Se puede decir que las líneas de conducción a gravedad tienes dos variantes las cuales son: por canales que no trabajan a presión (cuando la línea piezométrica coincide con la superficie del agua) y por tuberías que trabajan a presión (cuando la línea piezométrica queda por arriba del lomo de los conductos). (Rodríguez, 2001, pág. 118)

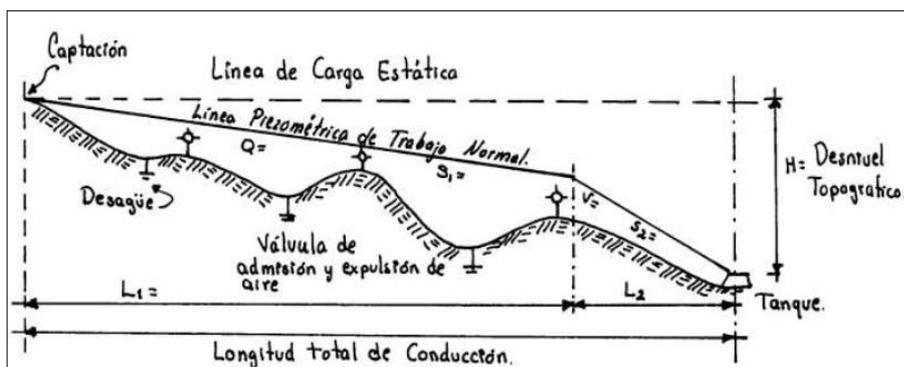


Figura 5. Esquema de una conducción a gravedad trabando a presión

Fuente: (Rodríguez, 2001, pág. 123)

1.4.1.1 Conducción por Bombeo

“Cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior al depósito o a la población, el agua captada se impulsa por bombeo. Cuando se llega a este caso, se elige el diámetro adecuado mediante un análisis económico.” (Rodríguez, 2001, pág. 207)

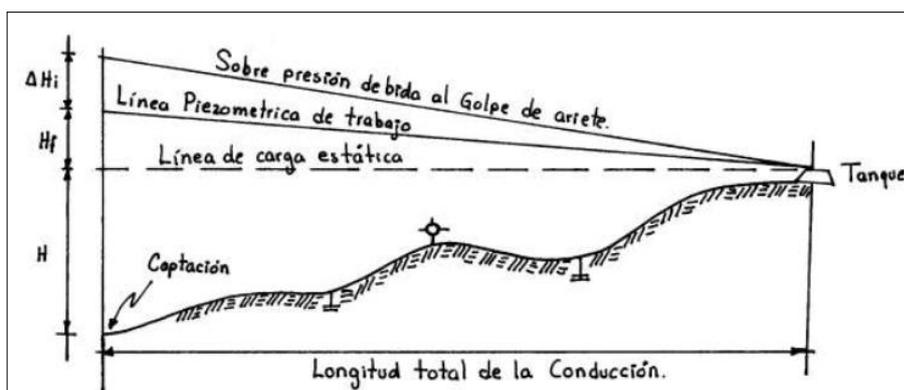


Figura 6. Esquema de una conducción por bombeo

Fuente: (Rodríguez, 2001, pág. 209)

2.7.4. Plantas de Tratamiento

Se puede definir que una Planta de Tratamiento “es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos y operaciones unitarias que permitan obtener agua potable a partir de agua cruda de fuentes superficiales o subterráneas.” (INEN, 1992, pág. 122). Dichas estructuras permiten eliminar o modificar los contaminantes perjudiciales para la salud humana y tener el agua en óptimas condiciones para el uso futuro de los consumidores.

2.7.5. Tanques de Reserva

Según (J. Glenn, Gary W) mencionan que:

El almacenamiento es necesario en cualquier sistema de suministro de agua para satisfacer la demanda variable de agua, para proporcionar protección contra incendios y para necesidades de emergencia.

Se utilizan tres tipos de depósitos:

- Depósitos de superficie: se ubican donde proporcionan suficiente presión de agua. Ya sea por altura natural en una colina o por medio de bombas, por lo general estos depósitos están cubiertos para evitar si contaminación.
- Columnas reguladoras: son básicamente tanques cilíndricos altos cuya sección inferior sirve para sostener la estructura, arriba d estos están colocados los tanques elevados de almacenamiento.
- Tanques elevados: son depósitos de almacenamiento los cuales están a una altura determinada.

Además de la selección del tipo y ubicación del almacenamiento, es necesario determinar las dimensiones de la reserva. Este parámetro depende de la población (demanda de agua) y del propósito del almacenamiento. Los volúmenes para los propósitos (compensación de flujos, protección contra incendios y necesidades de emergencia) se calculan por separado o a lo largo del cual se les puede necesitar. (págs. 411,412)

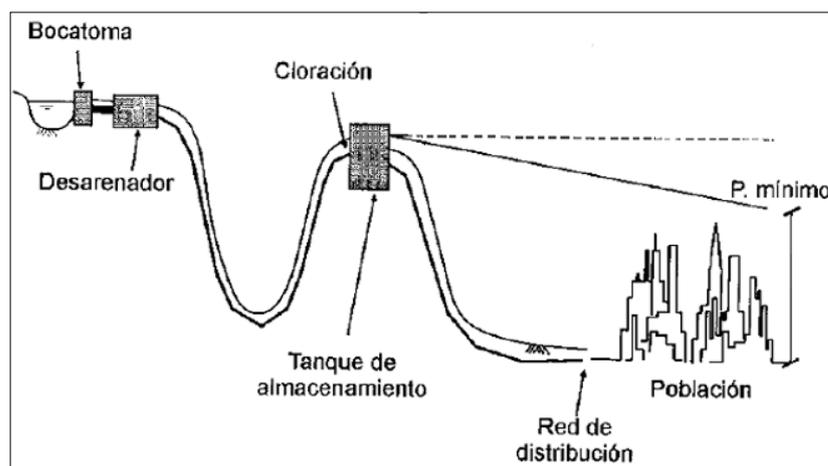


Figura 7. Tanque de almacenamiento superficial

Fuente: (López, 2003, pág. 260)

2.7.5.1 Reserva de Compensación

“También llamada reserva de operación, se emplea para satisfacer las demandas variables de agua al mismo tiempo que se mantienen una presión adecuada en el sistema” (J & GARY, 1999, pág. 414).

2.7.5.2 Reserva para Incendios

“Se calcula como el producto del flujo para incendios por la duración del mismo. La capacidad de flujo para incendios se puede aumentar o reducir de acuerdo con la confiabilidad de la fuente de suministro de agua” (J & GARY, 1999, pág. 414).

2.7.5.3 Reserva para Emergencias

“La Organización para la asesoría de seguros de EUA sugiere una reserva para emergencia es hasta cinco veces la demanda máxima diaria a fin de suministrar agua durante paros por mantenimiento o reparación del sistema” (J & GARY, 1999, pág. 414).

2.7.6. Redes de Distribución

Según Agüero (1997) define que:

La red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyos orígenes está en el punto de entrada al pueblo (fin de la línea de aducción) y que se desarrollan por todas las calles de la población.

Para el diseño de la red de distribución es necesario definir la ubicación tentativa del reservorio de almacenamiento con la finalidad de suministrar el agua en cantidad y presión adecuada a todos los puntos de la red. Las cantidades de agua se han definido en base a las dotaciones y en el diseño se contempla las condiciones más desfavorables, para lo cual se analizaron las variaciones de consumo considerando en el diseño de la red el consumo máximo horario (Q_{rn}).

Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas (parte alta del pueblo). También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen danos en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso (parte baja). (pág. 93)

Un buen diseño de una red de distribución debe tener una buena zonificación para que se aproveche al máximo la eficiencia del sistema. Para López (2003):

La sectorización de redes consiste en el aislamiento de una zona y su abastecimiento a través de un punto de entrada de agua al sector. Dependiendo del tamaño de la población, un sector puede ser subdividido en otro sector y así sucesivamente.

Una red sectorizada permite:

- Evaluar y controlar las pérdidas técnicas y comerciales (índice de pérdidas).

- Facilitar las labores de operación y mantenimiento general del sistema.
- Posibilitar la conformación de diferentes zonas de presión.
- Instalar macromedidores a la entrada y salida (si la hay) de cada sector, con lo que se verifica el correcto funcionamiento de los micromedidores.
- Agilizar el proceso de detección de fugas, conexiones clandestinas y pérdidas, consiguiéndose un ahorro en los costos de operación del sistema del acueducto. (pág. 299)

Para analizar las redes de distribución se tiene los siguientes tipos “el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema de circuito cerrado, conocido como malla, parrilla, etc.” (Agüero, 1997, pág. 93).

2.7.6.1 Sistema Abierto o Ramificado

En lo referente a sistemas Ramificados Agüero (1997) menciona que:

Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. Es utilizado cuando la topografía dificulta o no permite la interconexión entre ramales y cuando las poblaciones tienen un desarrollo lineal, generalmente a lo largo de un río o camino. La tubería matriz o principal se instala a lo largo de una calle de la cual se derivan las tuberías secundarias. (pág. 94)

2.7.6.2 Sistema Cerrado o Malla

Agüero (1997) señala que:

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y tratara de lograrse mediante la interconexión de tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente. En este sistema se eliminan los puntos muertos; si se tiene que realizar reparaciones en los tubos, el área que se queda sin agua se puede reducir a una cuadra, dependiendo de la ubicación de las válvulas. Los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros; ofrece más seguridad en caso de incendios, ya que se podría cerrar las válvulas que se necesiten para llevar el agua hacia el lugar del siniestro. (pág. 98)

2.7.7. Tuberías

Son conductos del cual están formados los sistemas tanto de conducción como de distribución los cuales pueden transportar agua y gases de un punto a otro se puede encontrar diversos tipos de tuberías. Para McGheen (2000) las tuberías se clasifican de la siguiente manera:

- **Tuberías de Hierro**

La tubería de hierro es fabricada fundiéndola en moldes que son rotados sobre su eje longitudinal, esta tubería es extremadamente durable y puede esperarse que tenga una vida de servicio de aproximadamente 100 años sin embargo está sujeta a la corrosión interna que puede afectar a su capacidad hidráulica.

- **Tuberías de Acero**

Esta tubería se usa más para agua potable, particularmente en circunstancias donde las dimensiones son largas y las presiones altas ya que es más resistente y por ende más liviana que una tubería de hierro, bajo condiciones favorables su vida útil puede sobrepasar los 50 años.

- **Tuberías de concreto**

Usada muy a menudo en el transporte de agua, esta es fabricada envolviendo un alambre de alta resistencia a la tensión alrededor de un cilindro de acero que ha sido revestido con un mortero de cemento colocado centrífugamente, la función del alambre es pretensar el núcleo, existen dos tipos de tuberías de concreto : tubería de presión de concreto reforzado y la tubería de presión de concreto no reforzado, este tipo de tuberías no sufren problemas de corrosión ni pérdidas de capacidad hidráulica con el tiempo.

- **Tuberías de Asbesto Cemento**

Estas tuberías está compuesta de una mezcla de cemento portland y fibra de asbesto; es construida sobre el eje de un horno rotatorio de acero y luego compactada con cilindros de presión de acero. Dado que tiene una superficie interna muy fina sus características hidráulicas son excelentes.

- **Tuberías de Plástico**

Las tuberías de plástico son fabricadas tanto de material sólido como de fibra reforzada. Tal tubería es ampliamente usada tanto en plomería domestica como en sistemas de distribución de agua, ya que es mucho más fácil de manejar e instalar y en general más económica que las tuberías de materiales tradicionales. (págs. 116-123)

2.7.8. Válvulas

Una válvula viene siendo un dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto, gracias a mecanismos de la misma, existen muchos tipos de válvulas. Para McGhee (2000) son las siguientes:

- **Válvula de compuerta:** Son por lo general usadas para servicio de prendido y apagado, ofrece cierres relativamente seguros. Estas están localizadas a intervalos regulares por todo el sistema de distribución para que los daños en el sistema puedan ser aislados con facilidad.

- Válvula de cheque: Permiten que el agua fluya en una sola dirección y son comúnmente usadas para impedir reversiones de flujo cuando las bombas son apagadas.
- Válvulas de globo o de ángulo: Son rara vez utilizadas en sistemas de distribución de agua, su principal aplicación es en la plomería doméstica, donde su bajo costo importa más que sus capacidades hidráulicas.
- Válvula de tapón: Consta de un tapón cónico que gira en una base cónica, esta válvula cuando está abierta no ofrece prácticamente resistencia al flujo.
- Válvula mariposa: son muy usadas tanto en aplicaciones de baja como de alta presión, son más fáciles de operar y menos sujetas a desgaste que las de compuerta.
- Válvulas reguladoras de presión: Reducen automáticamente la presión aguas abajo hasta cualquier nivel deseado. Dichas válvulas funcionan usando la presión aguas arriba para disminuir el flujo a través de una abertura similar a la que presenta la válvula de globo. (págs. 122, 123, 124)

2.7.9. Hidrantes

Los hidrantes son equipos que suministran gran cantidad de agua a presión en poco tiempo, mismos que permiten la conexión de mangueras y equipos para la extinción de incendios, estos deben ser colocados en la red de distribución para eventos desfavorables. Según McGhee (2000) se debe tener en cuenta ciertas especificaciones para los hidrantes las cuales son:

- El hidrante deberá ser lo suficientemente lento para cerrarse, de tal manera que el golpe de ariete no exceda la presión de trabajo
- El hidrante deberá estar fabricado de tal manera que la válvula permanezca cerrada si la parte de arriba se rompe.
- Se deberá prever de una válvula de purga para drenar el hidrante cuando la válvula principal esté cerrada, con el fin de prevenir el congelamiento.
- Las salidas de los hidrantes deben estar conformes con las normas nacionales a fin de permitir el intercambio de equipos de lucha contra incendios entre comunidades vecinas. (pág. 124)

2.8. Parámetros de diseño

2.8.1. Periodo de Diseño

Para los sistemas de abastecimiento de agua es necesario tener una proyección del tiempo de vida útil del proyecto que atiende las necesidades de un barrio, pueblo o ciudad. Tomando esto Agüero (1997) menciona que:

El periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones.

Para determinar el periodo de diseño se consideran factores como:

- Durabilidad o vida útil de las instalaciones.
- Factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución.
- Tendencias de crecimiento de la población y posibilidades de financiamiento. (pág. 19)

2.8.2. Estudio Poblacional

Siendo el ser humano por naturaleza sociable es importante tener en cuenta que el fenómeno de urbanización se presenta en la mayoría de las ciudades y conducen a una concentración de población, por lo que para proyectar la población hay que tener una visión sistemática del crecimiento en volumen y distribución sobre el territorio, tomando en cuenta las características sociales, culturales y económicas de los habitantes para el buen diseño de una red de distribución.

2.8.3. Población Actual

En base de los datos estadísticos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), tomando en cuenta los últimos tres censos disponibles para proyectos de agua potable mismos que se utilizan para la estimación de la población actual y futura.

2.8.4. Población Futura

En vista de que la población es siempre un factor relevante al estimular usos futuros del agua, es necesario predecir, de alguna manera, cuál será la población en el futuro

se dice que “para el cálculo de la población se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos (proyección aritmética, método geométrico, comparativo, entre otros)” (INEN, 1992, pág. 41).

2.8.5. Oferta Disponible

La oferta disponible viene a ser la suma de todos los caudales disponibles en los sistemas de captación que abastecen el sistema de suministro de agua, mismos caudales pueden provenir ya sea de ríos, vertientes, lagos pozos, etc.

2.8.6. Demanda Total

Para establecer el caudal de diseño se debe tener en cuenta el consumo total el cual “se debe calcular según datos estadísticos del consumo pasado y presente de la población” (López, 2003, pág. 53)

2.8.7. Demanda Requerida

Se refiere a toda la cantidad de agua que requiere ya sea un barrio o una ciudad, los mismos que cuentan con una población a la cual se debe satisfacer. El volumen total de demanda viene dado por los requerimientos de la población.

2.8.8. Demanda Neta

Se define como demanda neta a la “cantidad de líquido usada por cada población la cual está determinada por distintos factores, como son el clima, la hidrología, la clasificación del usuario, las costumbres locales, la actividad económica, etc.” (Rodríguez, 2001, pág. 36). Dicha demanda no considera las distintas pérdidas que se pueden generar en el sistema de distribución.

2.8.9. Pérdidas de Agua o ANC

López (2003) define que:

Las pérdidas de agua en el sistema son la diferencia entre el volumen de agua producido y el volumen de agua utilizado por los usuarios. Las pérdidas totales se clasifican como pérdidas técnicas o físicas, inherentes al sistema mismo, tales como fugas en la red, tanques de almacenamiento y errores en la medición de consumo y

las pérdidas comerciales debidas a conexiones clandestinas y a deficiencias en la cobertura de la medición del consumo. (pág. 58)

“Esta agua no contabilizada puede llegar a representar un 10 a un 15 % del consumo total” (Arrocha, 1977, pág. 5).

2.8.10. Demanda Bruta

La demanda bruta viene a contabilizar en su medida tanto a la demanda neta sumada las pérdidas de agua (agua no contabilizada). De acuerdo con López 2003 “el consumo de total proyectado al periodo de diseño debe tener en cuenta el incremento del consumo neto y la disminución en el índice de pérdidas” (pág. 58)

2.8.11. Demanda Contra Incendios

En los sistema de abastecimiento esta demanda contra incendios es un factor que debe ser considerado de acuerdo a la importancia que se le dé al sistema de abastecimiento, “el volumen adicional para combatir incendios será el que resulte de considerar un incendio con duración de dos horas para gastos en los hidrantes entre 5 y 10 tl/seg” (Arrocha, 1977, pág. 5).

2.8.12. Dotación

Rodríguez (2001) menciona lo siguiente:

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en lt/hab/día.

Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto. (pág. 36)

2.8.13. Variaciones del consumo

El consumo de agua varía durante el día (siendo baja en la noche), de día a día durante la semana, de semana a semana durante el mes, y de mes a mes durante el año.

Rodríguez (2001) menciona que:

El consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente.

Un sistema es eficiente cuando en su capacidad está prevista la máxima demanda de una población. Para diseñar las diferentes partes de un sistema, se necesita conocer las variaciones mensuales, diarias y horarias del consumo. Interesan las demandas medias, las máximas diarias y las máximas horarias (pág. 41)

2.8.14. Elementos que Afectan al Consumo de Agua

En cuanto a los factores que afectan el consumo de agua McGhee (2000) menciona los siguientes:

- *El tamaño de la comunidad* tienen un efecto en aquellas pequeñas comunidades que tienden a tener usos más limitados para el agua y están más propicias a tener áreas inadecuadamente servidas.
- *La industria y el comercio* tiene un efecto notable sobre el consumo total. Debido a que el uso industrial no tiene relación directa con la población, se debe estudiar la existencia de industrias en el área, su uso actual y valorar la posibilidad de más instalaciones, mientras que el uso comercial depende en gran medida del número de gente empleada en los distintos negocios.
- *Las características de la población*, en particular el nivel económico, pueden producir variaciones sustanciales del uso promedio del agua.
- *La medición* es conveniente porque permite analizar patrones de uso de diferentes clases de usuarios y, por consiguiente, provee una información útil en la planeación de expansión de instalaciones y en la valoración de la magnitud de pérdida debido a fugas en el sistema de distribución.
- *Los factores* diversos incluyen clima, calidad de agua, presiones, sistemas de mantenimientos y programas de conservación estos tienen una influencia directa en el consumo de agua. (págs. 12 ,13)

2.8.15. Caudales de Diseño

Para los caudales de diseño se dice que “normalmente se trabaja con tres tipos de caudales, a saber:

- Caudal Medio Diario

- Caudal Máximo Diario
- Caudal Máximo Horario” (López, 2003, pág. 59).

2.8.16. Caudal Medio Diario

De acuerdo con Arrocha (1977) define que el caudal medio diario “es el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, expresándolo en lt/seg” (pág. 18).

2.8.17. Caudal Máximo Diario

“Es la demanda máxima que se presenta en un día del año. En otras palabras, representa el día de mayor consumo en el año y se calcula como el producto del caudal medio diario y el coeficiente k_1 ” (López, 2003, pág. 59). Se puede definir k_1 como “el coeficiente de variación del consumo máximo diario mismo que debe establecerse en base a estudios en sistemas, y aplicar por analogía al proyecto en estudio” (INEN, 1992, pág. 42).

2.8.18. Caudal Máximo Horario

“Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo y se calcula como el producto del caudal máximo diario y el coeficiente k_2 ” (López, 2003, pág. 59). Se puede definir k_2 como “el coeficiente de variación del consumo máximo horario mismo que debe establecerse en base a estudios en sistemas, y aplicar por analogía al proyecto en estudio” (INEN, 1992, pág. 42).

2.9. Definición del Programa EPANET

Según U.S. Environmental Protection Agency (2000) EPANET es:

Un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. En general, una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento o depósitos. EPANET determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque y la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red durante un determinado periodo de simulación analizado en diferentes intervalos de tiempo. Además de la concentración de diferentes componentes químicos, es posible determinar el tiempo de permanencia del agua en las tuberías, así como estudios de la procedencia del agua en cada punto de la red. (pág. 1)

2.9.1. Particularidades del Programa

EPANET cuenta con muchas características las cuales nos ayudan para la evaluación de diferentes estrategias de gestión de los sistemas de distribución, U.S. Environmental Protection Agency (2000) define las siguientes:

- No existe límite en el tamaño de la red que se desea analizar.
- Calcula las pérdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, o Chezy-Manning. Incluyendo pérdidas menores en accesorios etc.
- Modela bombas funcionando tanto a velocidad de giro constante como a velocidades de giro variables. Así mismo calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones.
- Modela diferentes tipos de válvulas, incluyendo válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de control de caudal.
- Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación.
- Realiza el seguimiento en el tiempo de sustancias no reactivas que se encuentran en la red.
- Se puede estudiar cualquier fenómeno de calidad de agua tales como: mezclado de aguas de diferentes fuentes, edad del agua a lo largo del sistema, disminución del cloro residual. (págs. 2, 3)

2.9.2. Componentes Físicos

Los componentes físicos que se pueden modelar en el EPANET son múltiples dependiendo del tipo de red de distribución la cual se desee modelar o simularla (U.S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 23).

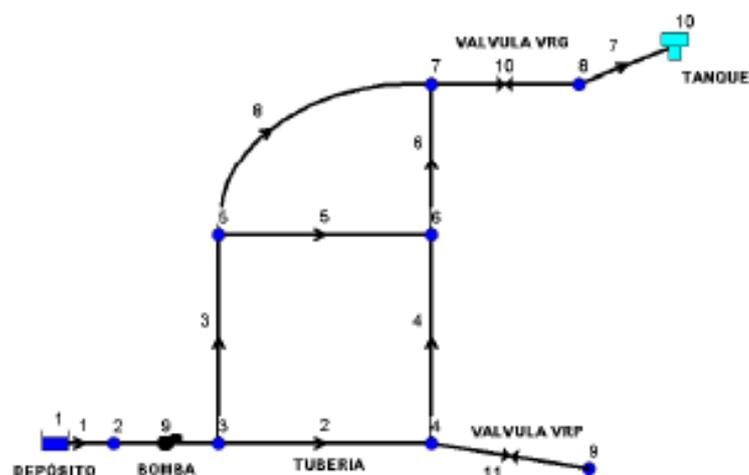


Figura 8. Componentes Físicos en un sistema de Distribución de Agua

Fuente: (U.S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 23)

2.9.2.1 Conexiones

En el EPANET los nombra generalmente como nudos los cuales son puntos por donde se unen las líneas (tuberías) o por donde entra o sale agua en el sistema de distribución, para el análisis la conexión o nodo deben tener datos conocidos de partida como son: cota, demanda del agua, calidad del agua inicial. Según, U.S. Environmental Protection Agency (2000) los resultados de las conexiones a lo largo de la simulación son:

- La altura piezométrica.
- La Presión del nudo.
- La calidad del agua (pág. 24)

2.9.2.2 Depósitos

Según U.S. Environmental Protection Agency (2000): “Los Depósitos son nudos que representan una fuente externa infinita o un sumidero para el sistema. Son utilizados para modelar lagos, ríos, acuíferos subterráneos y conexiones a otros sistemas, también pueden servir como fuente de Calidad de Agua” (pág. 24).

2.9.2.3 Tanque

Los tanques son un elemento en el caso de EPANET nudos fundamentales en una red de abastecimiento de agua, para compensar las variaciones horarias de la demanda gracias a su capacidad de almacenamiento este cuenta con las siguientes características: cota (donde el nivel del agua es cero), diámetro o geometría del tanque, valores iniciales máximos y mínimos del nivel de agua y la calidad del agua inicial (U:S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 24).

2.9.2.4 Bombas

Las bombas desplazan un líquido de un sitio de menor altitud o presión hacia otro lugar con mayor altitud y presión, ayudan a incrementar la altura piezometrica inyectando presión al fluido, los parámetros de salida más importantes que debe tener una bomba para su modelación en EPANET son el caudal, la carga y su curva característica (U:S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 30).

2.9.2.5 Tuberías

Las tuberías son conductos o líneas que transportan el agua o cualquier líquido de un punto de mayor energía de la red a otro punto donde haya disminución de la altura piezométrica. Para la simulación en EPANET los parámetros hidráulicos más importantes para las tuberías son: conexiones o nudos de entrada y salida, diámetro (estándar o nominal), longitud, coeficiente de rugosidad para determinar las pérdidas ocasionadas en la red y el estado de la tubería sea está abierta, cerrada o con válvula (U:S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 26).

2.9.2.6 Válvulas

Para U.S. Environmental Protection Agency (2000):

Las válvulas son líneas que limitan la presión y el caudal en puntos específicos de la red. Sus principales parámetros característicos son: nudos de entrada y salida, diámetro, consigna (tratado) y estado.

Las diferentes tipos de válvulas que incluye EPNET son:

- Válvula Reductora de Presión (VRPs) limitan la presión en un punto de la red de tuberías.
- Válvulas Sostenedoras de Presión (VSPs) mantienen la presión determinada en un punto específico de la red de tuberías.
- Válvulas de Rotura de Carga (VRCs) fuerzan a que la caída de presión en la válvula sea siempre un valor predeterminado. El caudal que atraviesa la válvula puede ir en ambas direcciones.
- Válvulas Controladoras de Caudal (VCQs) limitan el caudal a un valor específico.
- Válvulas Reguladoras por Estrangulación (VRGs) simulan a una válvula parcialmente cerrada ajustando adecuadamente el valor del coeficiente de pérdidas menores.
- Válvulas de Propósito General (VPGs) se utilizan para representar una línea con un comportamiento diferente y una relación caudal-pérdidas que no abarcan las formulas hidráulicas estándar.

Las válvulas de compuerta y las válvulas de retención, que abren o cierran completamente las tuberías, no están consideradas como elementos separados si no que se incluyen como una característica de la tubería en la que se encuentran. (págs. 30-32)

2.9.3. Pérdidas por Fricción

Las pérdidas de carga en la conducción son importantes debido a la rugosidad de las paredes de la tubería pueden medirse utilizando tres métodos diferentes:

- Método de Hazen-Williams.
- Método de Darcy-Weisbach.
- Método de chezy-Manning.

Cada uno de estos métodos utiliza la siguiente fórmula para calcular sus debidas perdidas entre el nuevo inicial y final de la tubería:

$$h_L = Aq^B$$

Donde:

h_L : Perdidas por longitud

A: Coeficiente de resistencia

q: Caudal (vol/tiempo)

B= Exponente del Caudal

2.9.2.7 Método de Hazen-Williams

Este método viene a ser el más utilizado en los modelos antiguos, la desventaja de este método es que solo se puede utilizar para el agua y generalmente trabaja para régimen sumergido. (American Water Works Association, 1968, pág. 27)

2.9.2.8 Método de Darcy-Weisbach

Este método viene a ser uno de los más exactos teóricamente para el cálculo de pérdidas, se puede aplicar para cualquier líquido y también para cualquier régimen en el que se encuentre ya sea laminar, turbulento y transitorio, dependiendo del régimen el factor de fricción varia. (U:S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 27)

2.9.2.9 Método de chezy-Manning

El método de Manning viene a ser uno de los más utilizados en conducciones de funcionamiento libre como por ejemplo los canales, en cuanto al coeficiente de manning que utiliza la formula este varían según el tipo de material. (U:S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 27)

2.9.4. Perdidas Menores

Comúnmente llamadas también perdidas locales las cuales se producen por la existencia de turbulencias ya sea en los codos, conexiones, té, válvulas y demás

accesorios, estas pérdidas dependen de la distribución en planta que se le da a la red y el grado de exactitud requerido. Para calcular estas pérdidas se le da un valor k la cual se la multiplica por la energía cinética con la que entra en la tubería. (U.S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 29)

CAPITULO 3

CATASTRO

3.1. Introducción

El catastro del proyecto tiene como finalidad identificar los elementos que conforman la red actual del sistema de conducción y distribución de agua potable, estos elementos son conformados por: tuberías, válvulas, bombas, hidrantes, acometidas y sitios de captación.

También tiene como propósito actualizar la información del Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Cantón Rumiñahui (DAPAC-R) concerniente a la red Cotogchoa-Eloy Alfaro, toda la red fue catastrada en su totalidad en diferentes recorridos de campo.

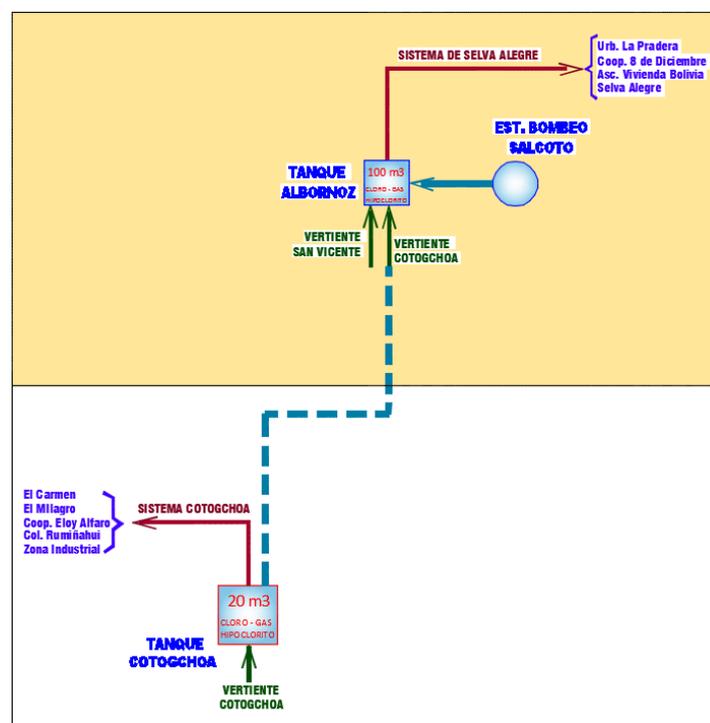


Figura 9. Esquema del Sistema de Agua Potable

3.2. Captación

El sistema de captación para el barrio El Milagro, el barrio El Carmen, Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro esta abastecido por la vertiente Cotogchoa. De esta fuente también se deriva una parte de su caudal para abastecer al Tanque

Albornoz, al cual también llegan caudales de la vertiente San Vicente y de la Estación de Bombeo Salcoto, este sistema de agua potable se puede apreciar en la Figura 9.

3.2.1. Vertiente Cotogchoa

La vertiente Cotogchoa está ubicada a aproximadamente en las coordenadas UTM 783555 Este y 9958924 Norte, en la intersección de las calles Jamba y Golopiango respectivamente, La cota de la estructura es de 2567,70 msnm.

La obra civil que protege y asegura a la captación cuenta con un cerramiento de ladrillo de 2 m de altura y con un cerramiento de malla de 1,50 m de altura y su respectivo aviso de seguridad como se puede ver en la Figura 10.



Figura 10. Estructura de protección de la vertiente Cotogchoa

En cuanto a la captación de agua, se puede afirmar que es una captación de flujo vertical ascendente, el cual cuenta con un tanque de recolección de tipo cajón, de aproximadamente 20 m³ como se puede mostrar en la Figura 11. Anteriormente contaba con un vertedero de 0,75 m de longitud, dicho vertedero de pared gruesa no existe actualmente y el agua entra directamente en la tubería de conducción.



Figura 11. Estructura de la captación del flujo vertical

También cuenta con 3 válvulas de desagüe para su mantenimiento y lavado del tanque estas válvulas están embebidas en el contrapiso razón por la cual no se pudo conocer su diámetro. Cuenta con un sistema de cloración como se muestra en la Figura 12, la cual cuenta con cilindros de cloro-gas o en caso de emergencia se utiliza hipoclorito de calcio.



Figura 12. Zona de Cloración

En cuanto al caudal de la vertiente Cotogchoa según datos del DAPAC-R es de 27,00 l/s, los resultados se comprobaron mediante la simulación de un vertedero de pared delgada como se puede observar en la Figura 13, el cual se logró con una tabla de monte, la cual tenía las siguientes medidas: 0,20 m de altura, un espesor de 0,02 m y con un ancho libre de 0,75 m de longitud, misma medición se realizó el día 21/02/2017 a las 10:30 am.



Figura 13. Simulación vertedero de pared delgada

Con las características del vertedero simulado se obtuvo una carga sobre la cresta de 0,07 m, para el cálculo del caudal se utilizó dos métodos el método analítico utilizando formulas conocidas y el otro utilizando el software Hcanales V 3.0.

3.2.1.1 Método analítico

Según Sandoval (2013) menciona que:

Si en la solera de un canal, natural o artificial, se coloca una obra para el paso del flujo sobre ésta, el nivel de la superficie libre de la corriente superficial se eleva hasta que el caudal que pasa sobre la estructura es igual al caudal que fluye por el canal. A esta estructura sobre la cual se vierte el líquido libre o controlado se le denomina vertedero o vertedor hidráulico. (pág. 110)

Para analizar el vertedero tenemos los siguientes parámetros:

H: tirante o carga de un vertedero.

s: ancho de la cresta o borde.

b: longitud de la cresta.

p1 y p2: alturas del vertedero aguas arriba y aguas abajo.

ha: profundidad o tirante del flujo en las zonas aguas abajo.

Mismos parámetros se los muestra en la Figura 14 con los datos respectivos a la simulación del vertedero de pared delgada.

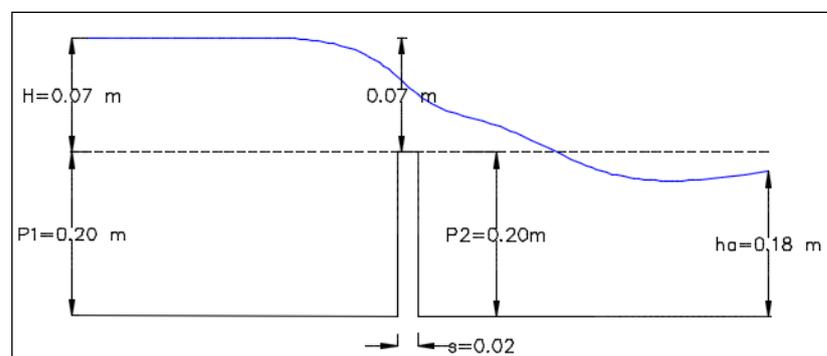


Figura 14. Esquema del vertedero de pared delgada

Para el cálculo del caudal del vertedero simulado se utilizó la siguiente fórmula según dada en Sandoval (2013) que permite tener una idea estimada del caudal que fluye de la vertiente para vertederos no sumergidos:

$$Q = m * b * \sqrt{2g} * H^{3/2}$$

Donde:

m: es el coeficiente de gasto o caudal.

b: longitud de la cresta.

g: gravedad.

H: tirante o carga del vertedero.

Para el coeficiente m se utilizó la siguiente formula:

$$m = 0,405 + \frac{0,03}{H}$$

$$m = 0,405 + \frac{0,003}{0,07} = 0,447$$

Con todos los parámetros definidos se aplicará la fórmula y se calculará el caudal que pasa por el vertedero.

$$Q = 0,447 * 0,75 * \sqrt{2 * 9,8 * 0,07^3/2}$$

$$Q = 0,0275 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 27,54 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

3.2.1.2 Programa Hcanales

Para el programa Hcanales los datos de entrada son la longitud del vertedero 0,75 m y la carga sobre el vertedero 0,07 m con estos datos se obtuvo un caudal de 25,58 l/s como se puede mostrar en la Figura 15.

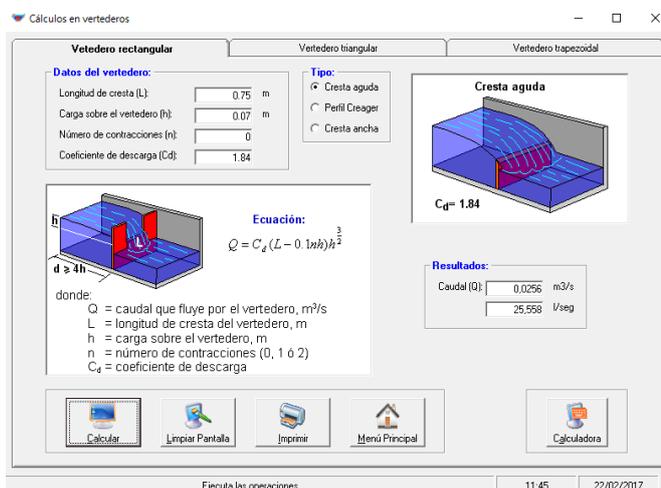


Figura 15. Cálculo del Caudal con Hcanales V 3.0

Como se observar en la Figura 15 al correr el programa con los datos de entrada respectivos se obtuvo los siguientes resultados.

$$Q = 0,0256 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 25,55 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Los caudales de los cálculos respectivos se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1.
Caudal de la vertiente Cotogchoa

Método	Caudal l/s	Promedio l/s
Aforo Municipio	27,00	
Método analítico	27,54	26,70
Programa Hcanales	25,56	

En conclusión se puede decir que las medidas de los cálculos son aproximadas, de igual manera son similares al aforo realizado por el DAPAC-R, para el caudal final se decide hacer un promedio de los 3 caudales y adoptar el valor de 26.70 l/s.

3.2.2. Caudal derivado al Tanque Albornoz

Parte de los 26,70 l/s en la vertiente Cotogchoa abastece también al tanque Albornoz mediante una tubería de asbesto cemento con un diámetro nominal de 315 mm como se puede mostrar en la Figura 16. El tanque cuenta, en su sitio de llegada con un vertedero de cresta ancha como se muestra en la Figura 17, con una carga sobre su cresta de 0,035 m y una longitud de la cresta de 1,20 m dicha medición se la realizo el 21/02/2016 a las 2:30 pm.



Figura 16. Tubería derivada hacia el Tanque Albornoz



Figura 17. Vertedero de llegada al tanque Albornoz

De igual manera el DAPAC-R tiene un aforo del caudal que llega al tanque mencionado que es de 7,79 l/s el cual fue medido en agosto 2016. De la misma manera se dio la labor de comprobar los caudales con los métodos vistos en las secciones 3.2.1.1 y 3.2.1.2 respectivamente, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 2.
Caudal de entrada al tanque Albornoz

Método	Caudal	Promedio
	l/s	l/s
Aforo Municipio	7,79	
Método analítico	10,77	7.82
Programa Hcanales	7,86	

En los datos arrojados se puede ver que el caudal calculado por el Hcanales es similar al aforado por el DAPAC-R, mientras que el calculado analíticamente dio con un margen de error, razón por la cual se excluye para sacar el promedio de los caudales, entonces el caudal que se deriva de la vertiente Cotogchoa hacia el tanque es Albornoz es de 7,82 l/s dejando un caudal de 18,88 l/s que abastecen a parte del barrio El Milagro, barrio El Carmen, la Zona Industrial y a la Cooperativa Eloy Alfaro.

3.3. Tuberías en la Red de Distribución

El catastro de las tuberías que están instaladas actualmente en la red se lo realizó en varios días de recorrido de campo, con ayuda de trabajadores del Municipio de Rumiñahui que debido a las reparaciones que se realizan en la red fueron de mucha

ayuda al momento de comprobar los diámetros en los planos entregados por el DAPAC, los datos obtenidos se los refleja en la Figura 18.

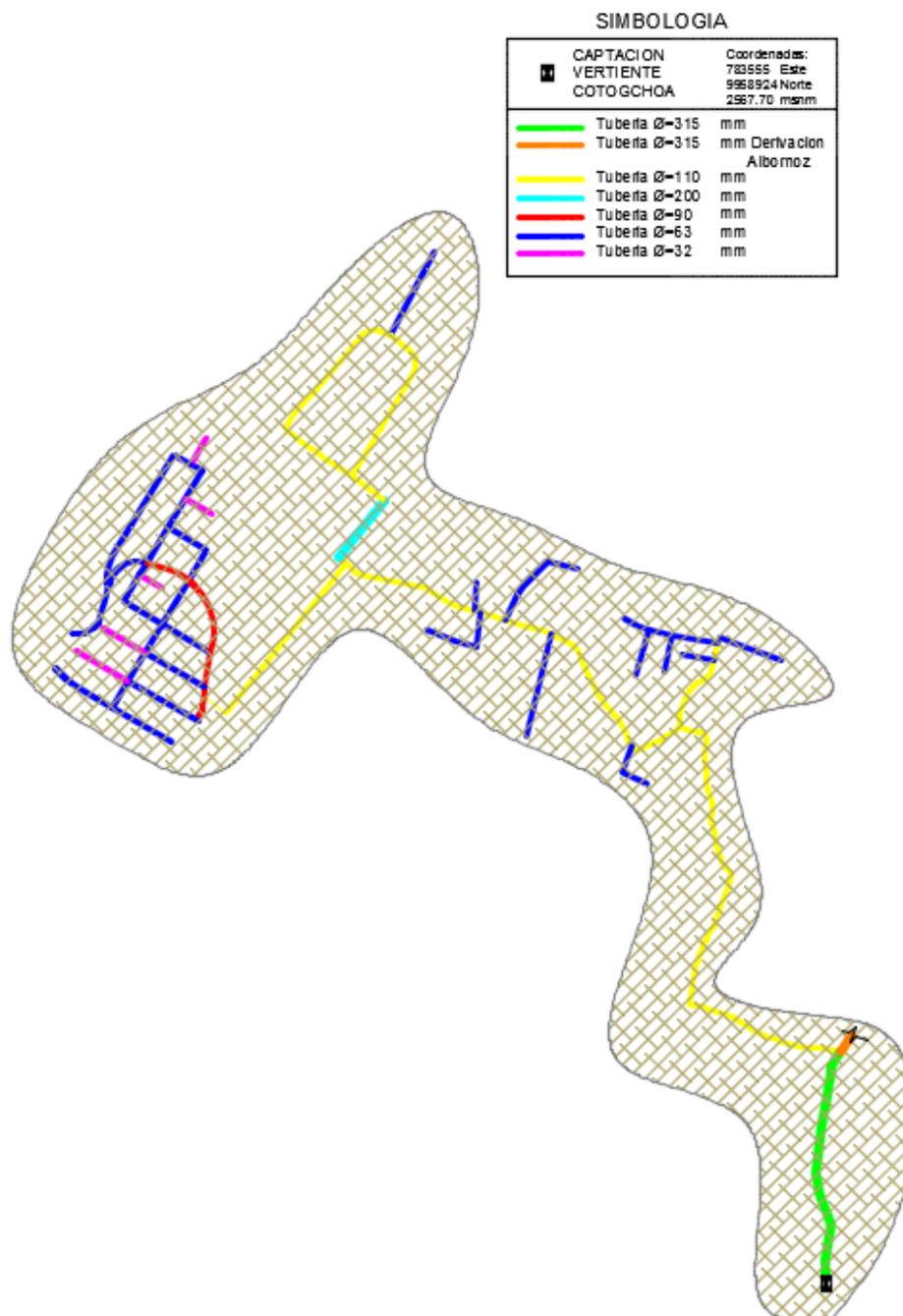


Figura 18. Distribución de la tubería de la red según su diámetro

Se muestra también una tabla resumen de todo el catastro realizado donde se presenta el diámetro nominal e interno, el tipo de material que está constituida la tubería y la longitud de cada tramo de la Red.

Tabla 3.
Tuberías del Sistema Actual

Tubería	Diámetro		Longitud m	Material
	Nominal (mm)	Interno (mm)		
EL Milagro				
TUB1	315	285,00	626,4	AC
TUB2	110	99,60	1185,00	PVC
TUB3	110	99,60	78,54	PVC
TUB4	63	57,00	212,80	PVC
TUB5	63	57,00	47,20	PVC
TUB6	63	57,00	13,67	PVC
TUB7	63	57,00	174,10	PVC
TUB8	63	57,00	124,80	PVC
TUB9	63	57,00	86,380	PVC
TUB10	63	57,00	98,080	PVC
TUB11	63	57,00	62,98	PVC
TUB12	63	57,00	71,41	PVC
TUB13	63	57,00	128,90	PVC
TUB14	110	99,6	154,10	PVC
TUB15	63	57,00	77,14	PVC
TUB16	63	57,00	71,98	PVC
El Carmen				
TUB17	110	99,60	380,00	PVC
TUB18	63	57,00	281,20	PVC
TUB19	110	99,60	128,80	PVC
TUB20	63	57,00	196,60	PVC
TUB21	63	57,00	88,43	PVC
TUB22	110	99,60	67,47	PVC
TUB23	63	57,00	96,06	PVC
TUB24	63	57,00	141,70	PVC
TUB25	110	99,60	18,90	PVC
TUB26	63	57,00	75,12	PVC
TUB27	110	99,60	371,4	PVC
Zona Industrial				
TUB28	110	99,60	26,53	PVC
TUB29	200	181,00	199,80	PVC
TUB30	110	99,60	109,60	PVC
TUB31	110	99,60	224,00	PVC
TUB32	110	99,60	405,20	PVC
TUB33	110	99,60	459,00	PVC
TUB34	63	57,00	257,80	PVC
TUB36	110	99,60	74,07	PVC

Tabla 3. Continuación
Tuberías del Sistema Actual

Tubería	Diámetro		Longitud m	Material
	Nominal (mm)	Interno (mm)		
Cooperativa Eloy Alfaro				
TUB37	90	81,40	25,45	PVC
TUB38	90	81,40	36,93	PVC
TUB39	90	81,40	18,63	PVC
TUB40	90	81,40	15,80	PVC
TUB41	90	81,40	93,24	PVC
TUB42	90	81,40	217,40	PVC
TUB43	63	57,00	150,40	PVC
TUB44	63	57,00	184,50	PVC
TUB45	63	57,00	218,50	PVC
TUB46	63	57,00	181,60	PVC
TUB47	63	57,00	83,99	PVC
TUB48	63	57,00	87,80	PVC
TUB49	63	57,00	87,25	PVC
TUB50	63	57,00	139,30	PVC
TUB51	63	57,00	93,50	PVC
TUB52	63	57,00	120,80	PVC
TUB53	90	81,40	123,00	PVC
TUB54	32	29,00	70,85	PVC
TUB55	63	57,00	120,40	PVC
TUB56	32	29,00	128,60	PVC
TUB57	32	29,00	162,50	PVC
TUB58	63	57,00	189,70	PVC
TUB59	63	57,00	187,10	PVC
TUB60	63	57,00	402,30	PVC
TUB61	63	57,00	132,30	PVC
TUB62	63	57,00	86,63	PVC
TUB63	63	57,00	36,00	PVC
TUB64	63	57,00	110,90	PVC
TUB65	63	57,00	90,40	PVC
TUB66	63	57,00	83,73	PVC
TUB67	63	57,00	89,40	PVC
TUB68	63	57,00	34,48	PVC
TUB69	63	57,00	50,51	PVC
TUB70	32	29,00	83,37	PVC
Total ml tubería			2407,00	

3.4. Válvulas

Una parte fundamental del catastro fue la identificación de las válvulas, las cuales controlan el nivel de flujo que corren a través de las tuberías, este reconocimiento se lo realizo en varios recorridos de campo en los se determinó la localización de la mayor cantidad de válvulas.

Se observó que la red cuenta con válvulas de cierre las cuales sirven para aislar solo una parte de la red en caso que se necesite realizar reparaciones o cambios de tubería, estas válvulas están trabajando totalmente abiertas, también cuenta con válvulas de desagüe las cuales sirven para el vaciado de un ramal en especial de la red para efectuar los trabajos pertinentes, todas estas válvulas están trabajando totalmente cerradas.

Tabla 4.
Resumen de válvulas existentes en la Red Actual

Sector	Numero de Válvulas			
	Ø=63 mm	Ø=90 mm	Ø=110 mm	Ø=200 mm
El Milagro	10		1	
EL Carmen	3			
Zona Industrial	2		3	2
Cooperativa Eloy Alfaro		4		

3.5. Hidrantes

Los hidrantes son puntos de agua accesibles para el abastecimiento de agua en la lucha en la extinción de incendios. En los diversos recorridos sobre el sector de estudio se verifico los diferentes tipos de hidrantes, instalados en caso de emergencia, con los siguientes resultados:

Tabla 5.
Resumen de hidrantes existentes en la Red Actual

Sector	Numero de hidrantes			
	Ø=50 mm	Ø=75 mm	Ø=100 mm	Ø=150 mm
El Milagro				
EL Carmen				
Zona Industrial			1	
Cooperativa Eloy Alfaro		1	2	3



Figura 19. Hidrante tipo Cooperativa Eloy Alfaro

Se llegó a la conclusión de que hay un déficit de hidrantes en la red actual, ya que en los barrios El Milagro y El Carmen no existe ninguno, también se notó que en el barrio EL Milagro, a pesar que existe en este sector el colegio Rumiñahui, no cuenta con las instalaciones pertinentes en caso de incendios.

Los resultados obtenidos en el catastro de la red actual se los presenta en los planos del Anexo 1.

CAPITULO 4

PARÁMETROS DE DISEÑO

4.1. Aspectos generales

Para cualquier sistema de distribución de agua potable uno de los objetivos primordiales es proporcionar el servicio durante todos los 365 días del año, considerando la continuidad del servicio sin interrupciones inesperadas, en caso que las haya, estas puedan ser controladas para no afectar el servicio del sistema de distribución.

También se consideran como parámetros importantes: el nivel de salubridad del recurso hídrico entregado a los consumidores, las pérdidas que puedan haberse dado en el sistema ya sea por un mal diseño, por las fugas que se presentan con el pasar de los años, por conexiones clandestinas o por un uso irracional del recurso hídrico por parte de los consumidores. Los parámetros mencionados anteriormente actúan de forma directa para la evaluación del funcionamiento actual del sistema, así mismo para el rediseño en el cual se busca brindar un beneficio para la mayor cantidad de personas posibles, optimizando el uso del agua potable y así ofrecer un servicio de buena calidad, evitando principalmente cortes repentinos del agua y las quejas de los usuarios. Es aconsejable usar una buena tecnología al momento de la medición, instalación y mantenimiento de los elementos que conforman la red de agua potable.

A continuación se detalla la información obtenida en el campo por medio de visitas técnicas a los lugares que brinda cobertura la red actual y la realización de encuestas socioeconómicas, también se describe y analiza la información brindada por parte del GADMUR y se describen los estudios de ingeniería realizados desde el Parque Central Cotogchoha, sitio donde se encuentra la captación hasta la Cooperativa Eloy Alfaro tales como: registro de consumos mensuales, oferta disponible de la fuente, demanda de agua requerida por los habitantes, dotaciones y registro topográfico, toma de presiones de servicio en la red actual.

4.2. Zonas de Análisis

Para el proyecto se ha dividido el sector de estudio en 4 zonas como se muestra en la Figura 20 para facilitar todo el manejo de los datos obtenidos.

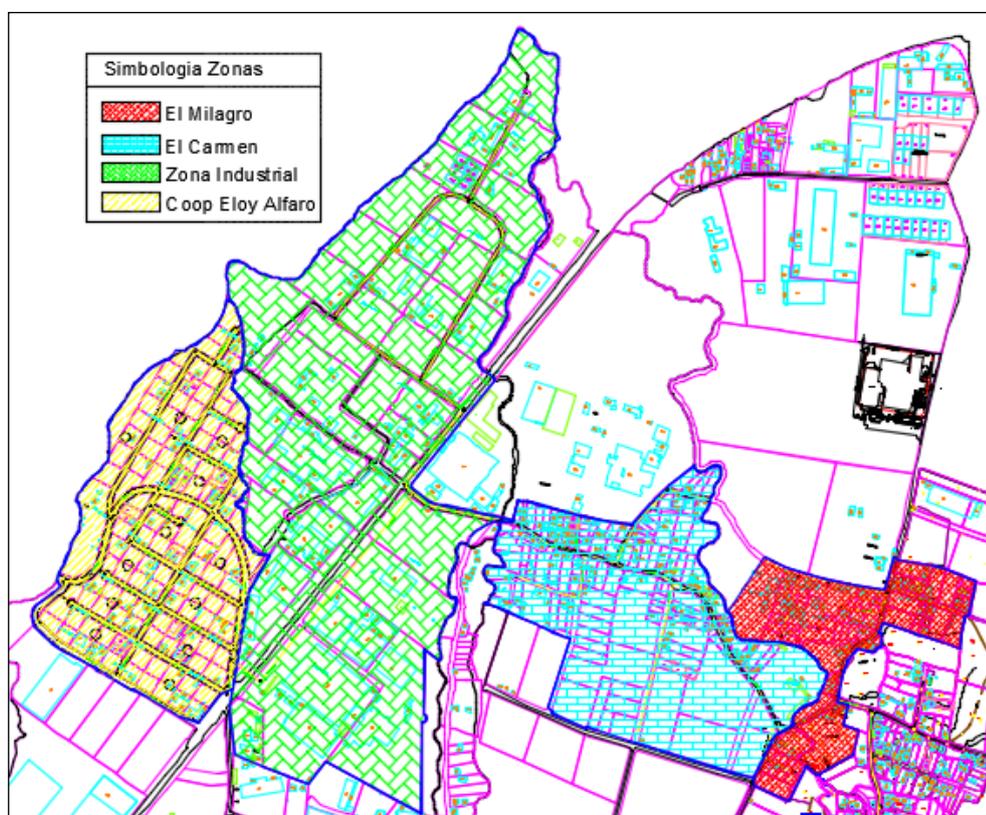


Figura 20. División de las zonas de estudio

Fuente: (GADMUR Rumiñahui, 2012)

Tabla 6.
Identificación de las zonas de estudio

ZONAS	NOMBRE DE LOS SECTORES ANALIZADOS
1	EL Milagro
2	El Carmen
3	Zona Industrial
4	Cooperativa Eloy Alfaro

Las zonas 1, 2 y 4 son de consumos residenciales, mientras que la zona 3 presenta consumos industriales. Sin embargo en los sectores el Milagro y la Cooperativa Eloy Alfaro se realizó la toma de la lectura de los medidores para su respectivo análisis correspondiente de consumo.

4.3. Topografía de la Red

La topografía se la realizó conjuntamente con el personal del Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Cantón Rumiñahui pertenecientes al GADMUR. Este trabajo se lo ejecutó detalladamente, así fue posible actualizar la información de altimetría y planimetría de la zona de estudio.

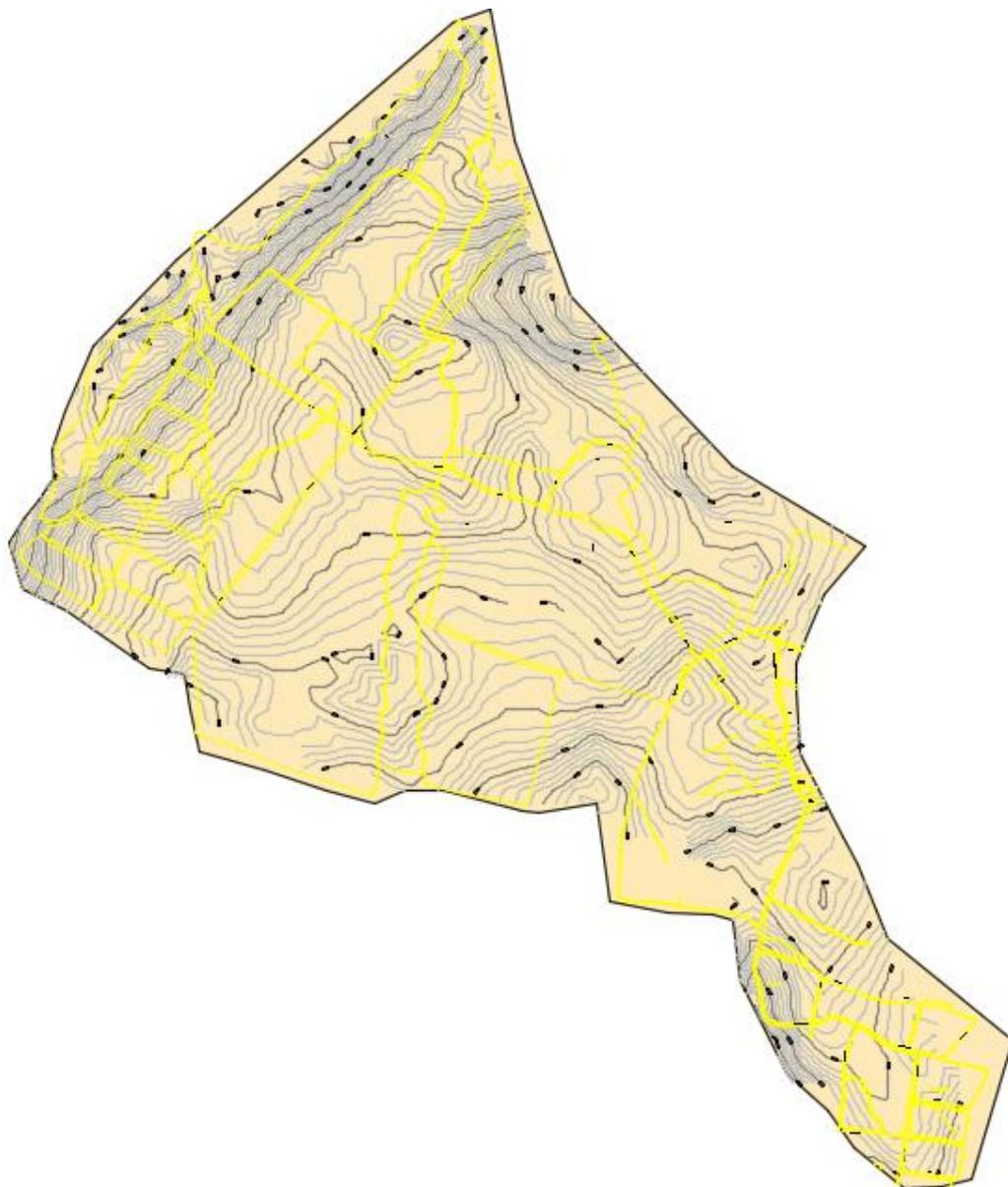


Figura 21. Topografía del sector de estudio

Para el levantamiento topográfico se inició con una cota base en el parque Central Cotogchoa como se muestra en la Figura 22, para todo el proyecto se realizó la toma

de puntos en el eje por donde cruza la red actual, así mismo, se tomó puntos topográficos a 5 m tanto a la derecha como a la izquierda del eje de la tubería.

También se realizó la toma de puntos en cada uno de los nudos tanto principales como auxiliares, estas cotas en los cálculos posteriores se les resto 1,20 m de altura a la que se encuentra enterrada las tuberías de la red principal como secundarias.



Figura 22. Punto de Partida del levantamiento topográfico

4.4. Distribución de las Áreas

La distribución de las áreas de aportación a los nudos de consumo, se las trazo con un criterio óptimo y racional. Las áreas fueron trazadas y calculadas en los planos proporcionados por el DAPAC-R con la ayuda del AutoCAD, como podemos ver en la Figura 23. En los planos del Anexo 1 se muestra la totalidad de las áreas de aportación para cada nudo.

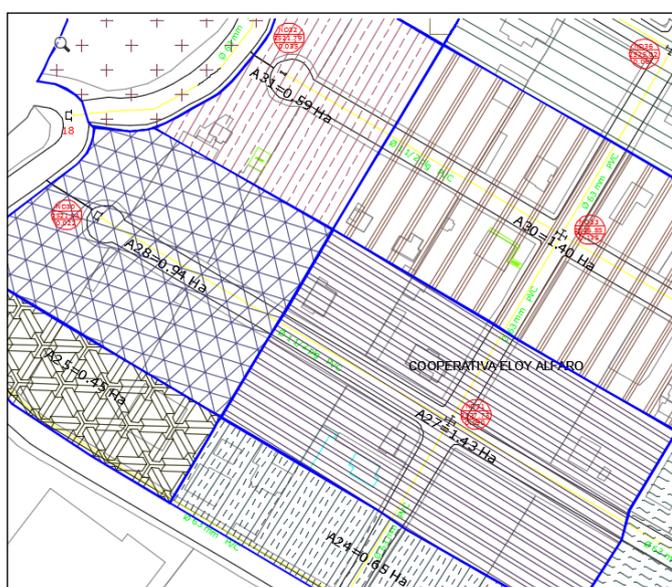


Figura 23. Distribución de áreas en la Cooperativa Eloy Alfaro

4.5. Ubicación de los Nudos

Para los nudos de consumo de la red actual, se eligieron puntos claves para el modelamiento, teniendo en cuenta un patrón opimo y que represente la realidad de la red actual.

En el modelamiento de la red actual la simbología utilizada es la siguiente: para los nudos principales, que tienen una demanda base, se los nombro como (ND1, ND2,..., etc.) según el número que corresponda y para los nudos que no tienen demanda base se los llamo nudos auxiliares, los cuales van enumerados normalmente (1, 2,..., etc.) para mayor comprensión de los lectores esta nomenclatura se la ve en la Figura 24 y en la simbología del Anexo 1.

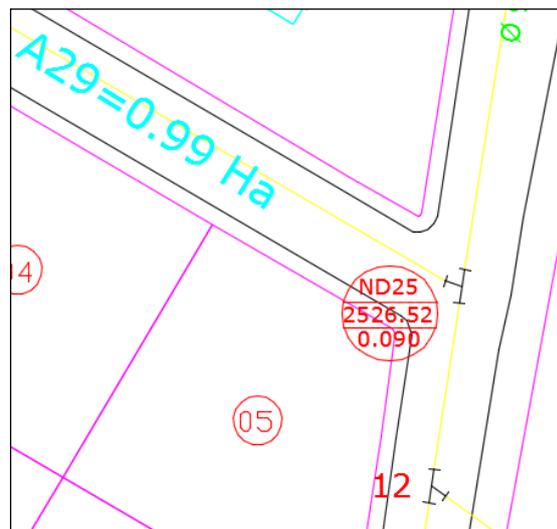


Figura 24. Nomenclatura de los nudos ND25 y 12

4.6. Periodo de Diseño

El periodo de diseño se refiere al tiempo para el cual se estima que un sistema va a funcionar satisfactoriamente, considerando que durante ese periodo de tiempo se proporcionara un servicio de calidad, sin incurrir en costos innecesarios y optimizando la economía del proyecto, garantizando la rentabilidad del sistema durante el periodo escogido.

“En general se considera que las obras de fácil ampliación deben tener períodos de diseño más cortos, mientras que las obras de gran envergadura o aquellas que sean de difícil ampliación, deben tener períodos de diseño más largos” (INEN, 1992, pág. 40).

La vida útil establecida, para varios elementos de un sistema de agua potable se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.
Vida útil de los elemento de un Sistema de Agua Potable

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (años)
Obras de Captación	25 a 50
Diques grandes y túneles	50 a 100
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de AC o PVC	20 a 30
Plantas de Tratamiento	30 a 40
Tanques de Almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red: - Hierro dúctil	40 a 50
- AC o PVC	20 a 25
-Otros materiales	Variables de acuerdo a especificaciones del fabricante

Fuente: (INEN, 1992, pág. 41)

Analizando detenidamente la Tabla 7 se estableció un periodo de diseño de 25 años para la red futura, garantizando una eficiencia del sistema que debe cubrir hasta el año 2041.

4.7. Trazados de la Tubería de Distribución Principales y Secundarias

Para el trazado de las tuberías se debe poseer un buen criterio teniendo en cuenta algunos aspectos primordiales como son: los aspectos económicos en las diferentes alternativas de trazado, la factibilidad relacionada a la construcción y los aspectos concernientes con el control del sistema de abastecimiento y su respectivo mantenimiento.

También debemos tener en cuenta que “está prohibido la instalación de tuberías de agua potable en sitios susceptibles a deslizamientos, así como en lugares ocupados por letrinas, lagunas de oxidación, cementerios, campos de riego que utilizan aguas residuales, camales, establos y complejos industriales” (INEN, 1992, pág. 53).

Por norma las tuberías de conducción generalmente son diseñadas enterradas, pero también existen tuberías que van al aire libre o dentro de otras tuberías que incluyen otros servicios, este tipo de diseño solo se permitirá si existe la suficiente sustentación técnica adecuada por parte del diseñador (INEN, 1992, pág. 112).

4.8. Ubicación y Profundidad de las Tuberías

En cuanto a la colocación de las tuberías la INEN (1992) menciona los siguientes criterios:

- La localización de las tuberías principales y secundarias se hará en los costados norte y este de las calzadas.
- Se diseñarán obras de protección cuando las tuberías deban cruzar ríos, quebradas, etc.
- Como complemento de la red se proyectarán conexiones domiciliarias cuyo número se estimará al dividir la población de diseño para 10.
- Se ubicarán válvulas de aire en los puntos en los que se necesite para el funcionamiento correcto de la red.
- Las tuberías de agua potable, deberán estar separadas de las de alcantarillado por lo menos 3 m horizontalmente y 30 cm verticalmente, entre sus superficies exteriores.
- Las tuberías deberán estar instaladas a una profundidad mínima de 1 m sobre la corona del tubo.
- Se tomarán todas las precauciones necesarias para impedir conexiones cruzadas y flujo inverso.
- Se utilizarán anclajes en todos los puntos en los que haya un desequilibrio de fuerzas. (pág. 179)

4.9. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias llamadas también (tomas) son derivaciones de la red de distribución y sirven a cada una de las edificaciones u hogares. Cada toma o conexión son individuales, ya sea edificación o vivienda, esta conexión se la realiza con tubería de cobre la cual debe estar aprobada por las autoridades competentes al caso, el diámetro mínimo para viviendas es de 19 mm (3/4") y para otros tipos de edificaciones se la realiza con tomas de mayor diámetro (Arrocha, 1977, pág. 87).

4.10. Presiones de Servicio

La norma para el estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 habitantes, INEN (1992) afirma lo siguiente:

En lo que a presión se refiere, se establece un mínimo de 10 m de columna de agua en los puntos y condiciones más desfavorables de la red. Para el caso de proyectos en los que el abastecimiento se realiza a través de grifos públicos, esta presión podrá ser reducida a 5 m.

La presión estática máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 70 m. de columna de agua y presión máxima dinámica, 50 m. Para lograr esto, la red podrá ser dividida en varias subredes interconectadas mediante estructuras o equipos reductores de presión convenientemente localizados. (pág. 117)

4.11. Velocidad de Diseño

Para López (2003) el considera dos tipos de velocidades: como son velocidades mínimas y máximas para las cuales menciona que:

Teniendo en cuenta la posibilidad de transportar sólidos suspendidos en una conducción a presión, se recomienda una velocidad mínima de 0.6 m/s. La velocidad máxima depende del tipo de material de la tubería, por lo que la suministra el fabricante. Como criterio general se recomienda una velocidad máxima de 6 m/s pero debe verificarse la magnitud de la sobre presión por golpe de ariete. (pág. 224)

Ya que la velocidad máxima depende del fabricante se presenta la siguiente tabla con valores recomendados según la norma INEN (1992).

Tabla 8.
Velocidades máximas en tubo lleno

MATERIALES DE LAS PAREDES	VELOCIDAD MÁXIMA m/s
Hormigón (simple o armado)	4,5 a 5,0
Hierro fundido y hierro dúctil	4,0 a 5,0
Asbesto – Cemento	4,5 a 5,0
Acero	6,0
Cerámica vitrificada	4,0 a 6,0
Plástico	4,5

Fuente: (INEN, 1992, pág. 190)

4.12. Diámetros Estándar

En la selección de los diámetros óptimos para el diseño de la red de distribución hay muchos parámetros que se deben considerar los cuales son importantes, Agüero (1997) define que:

Para determinar los diámetros se consideran soluciones y se estudian diversas alternativas desde el punto de vista económico. Considerando el máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener capacidad para conducir el gasto de diseño con velocidades comprendidas entre 0.6 y 3.0 m/s; y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible. (pág. 55)

Tabla 9.
Especificaciones para tuberías de PVC

Diámetro Nominal (mm)	Espesor de Pared (mm)	Diámetro Interno (mm)	Presión de trabajo		
			(Mpa)	(PSI)	(Fgf/cm ²)
40	1,9	36,2	1,25	181	12,75
50	2,4	45,2	1,25	181	12,75
63	3,0	57	1,25	181	12,75
90	4,3	81,4	1,25	181	12,75
110	5,2	99,6	1,25	181	12,75
125	6,0	113	1,25	181	12,75
140	6,7	126,6	1,25	181	12,75
160	7,6	144,8	1,25	181	12,75
200	9,5	181	1,25	181	12,75
225	10,7	203,6	1,25	181	12,75
250	11,9	226,2	1,25	181	12,75
315	15	285	1,25	181	12,75
400	15,4	369,2	1,25	181	12,75

Fuente: Manual de Plastigama

4.13. Pérdidas de Carga para la Red

Con referente al cálculo de las pérdidas por fricción para el modelamiento de la red se utilizara el método de Hazen-Williams, el cual utiliza la formula mostrada a continuación en la

Tabla 10.

Tabla 10.
Calculo de las pérdidas en las tuberías

Fórmula	Coefficiente de Resistencia (A)	Exponente de Caudal (B)
Hazen-Williams	$4,727C^{-1.852}d^{-4.871}L$	1,852
Darcy-Weisbach	$0,0252f(\varepsilon, d, q)d^{-5}L$	2
Chezy-Manning	$4,66n^2d^{-5.33}L$	2
Notas:	C: coeficiente de rugosidad de Hazen Williams ε: coeficiente de rugosidad de Darcy Weisbach(ft) f: factor de fricción (depende de ε, d y Q) n: coeficiente de rugosidad de Manning d: diámetro de la tubería m) L: longitud de la tubería (m) Q: caudal (m ³ /seg)	

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000, pág. 28)

Para el coeficiente de rugosidad se utilizara los siguientes valores

- Tubería de PVC C=140
- Tubería de Asbesto Cemento C=120

Para el cálculo de las pérdidas menores se utiliza los coeficientes k mostrados a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11.
Coefficientes de Pérdidas Menores

Conectores	Coefficiente de pérdidas K
Válvula de Globo, totalmente abierta	10,0
Válvula de Ángulo, totalmente abierta	5,0
Válvula de Retención de Clapeta, totalmente abierta	2,5
Válvula de Compuerta, totalmente abierta	0,2
Codo de radio pequeño	0,9
Codo de radio medio	0,8
Codo de radio grande	0,6
Codo a 45°	0,4
Codo cerrado con inversión de flujo	2,2
Te estándar - dirección de paso	0,6
Te estándar - dirección desvío	1,8
Entrada Recta	0,5

Salida brusca 1,0

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000)

Para el modelo hidráulico aplicado en la red se considera que todos los accesorios como son; las válvulas de cierre, válvulas de desagüe, codos (45°, 90°) y las Te, por su periodo de servicio se tomara un valor de 1,3 que viene hacer el 30% de pérdidas por accesorios.

4.14. Encuestas Socioeconómicas

Uno de los objetivos primordiales de las encuestas socioeconómicas es de tener la información tanto real como actual del sistema analizado, con esto se puede tener un diagnostico a nivel general de calidad y cobertura del servicio brindado, calidad del agua entregada a los usuarios, costo del servicio si este está acorde a su consumo, también identificar las deficiencias de la red actual en la zonas donde hay más quejas por parte de los encuestados.

4.14.1. Tamaño de la Muestra

El tamaño se puede definir como el número de sujetos que componen una muestra extraída de una población existente, necesaria para que los datos obtenidos sean representativos de la población total. En este caso la muestra constituye a hogares los cuales constan con un medidor de agua potable entregado por el DAPAC-R, los barrios El Milagro, El Carmen, la Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro cuentan con un total de 311 medidores de agua potable actualmente instalados en la red de distribución.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N - 1) + (Z^2 p q)}$$

Donde:

Z:	Nivel de confianza (95%)	=1,96
N:	Población	= 311 medidores
p:	Probabilidad de éxito	= 0,50

q:	Probabilidad de fracaso	=0,50
e:	Error de estimación (va de 0.10 hasta 0.15)	=0,14
n:	Tamaño de la muestra	

$$n = \frac{1,96^2 * 311 * 0,5 * 0,5}{0,14^2(311 - 1) + (1,96^2 * 0,5 * 0,5)}$$

$$n = 43$$

Una vez calculada la muestra se puede ver que el resultado es de 43 medidores instalados por parte del DAPAC-R que formaran parte de las respectivas encuestas socioeconómicas a ejecutar, para realizar las encuestas a toda la zona de estudio de la dividió en tres sectores los cuales son los más representativos como son: el barrio El Milagro y el barrio El Carmen con un total de 15 encuestas a realizarse respectivamente en cada una de las mismas y La Cooperativa Eloy Alfaro con 13 encuestas, la división de la zonificación para la toma de las muestras respectivas se la aprecia en la Figura 25.

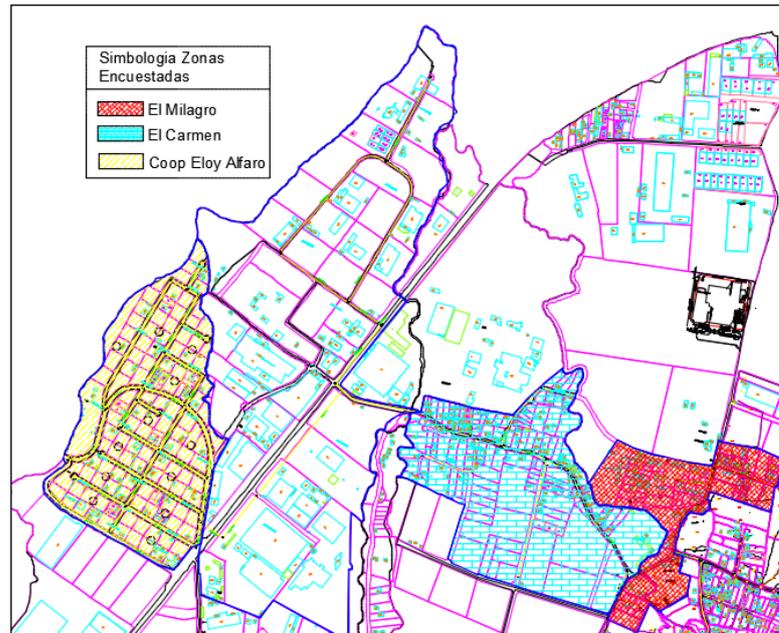


Figura 25. Zonas Encuestadas

4.14.2. Análisis e Interpretación de los Resultados

En cuanto a la encuesta realizada, a continuación se realiza cada una de las preguntas, así mismo se interpreta los resultados en graficas de pasteles que permitirá

un análisis visual de la opinión de los usuarios sobre la red de agua potable, el modelo de encuesta utilizada se lo puede observar en el Anexo 2.

4.14.2.1 Información Básica de la Localización

Tabla 12.
Numero de encuestados según la localidad

Localidad. Barrio	
El Milagro	15
El Carmen	15
Cooperativa Eloy Alfaro	13

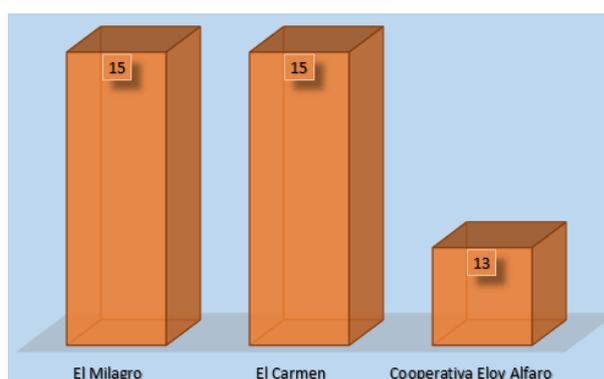


Figura 26. Numero de encuestados por localidad

4.14.2.2 Información Sobre la Vivienda

Tabla 13.
Tipo de vivienda en las zonas de estudio

Pregunta 1. Tipo de vivienda					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Casa Unifamiliar	14	13	12	39	91%
b. Departamento	0	1	0	1	2%
c. Cuartos de inquilinato	0	0	0	0	0%
d. Mediagua	1	1	1	3	7%
			Total	43	100%

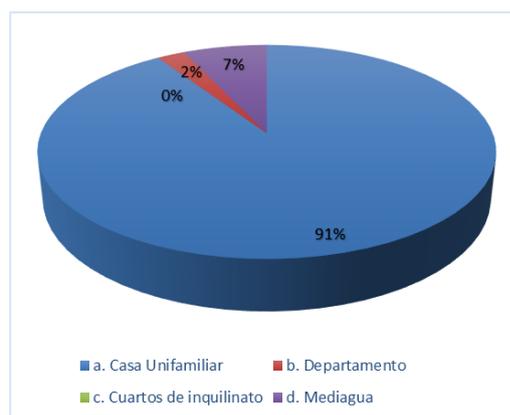


Figura 27. Resultado porcentual de la pregunta 1

Con la totalidad de la muestra encuestada se puede observar que; el 91% de los predios poseen casas unifamiliares, el 2% son departamentos que corresponde al barrio el Carmen, 7% restante entran en la categoría de “mediagua” que vienen hacer viviendas sencillas y que ocupan poco espacio para familias de bajos ingresos.

Tabla 14.
Uso de la Vivienda

Pregunta 2. Uso					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Residencial	13	12	13	38	88%
b. Industrial	0	0	0	0	0%
c. Comercial	0	0	0	0	0%
c. Mixta	2	3	0	5	12%
Total				43	100%

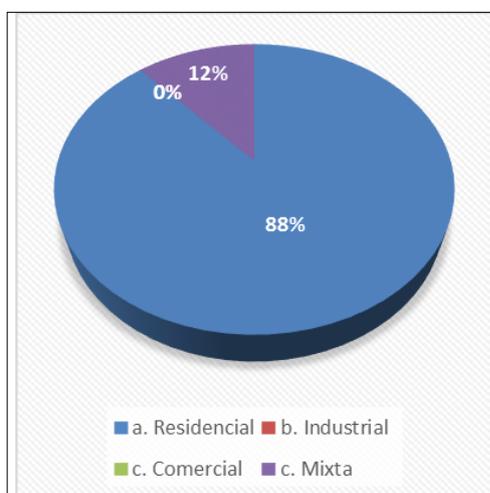


Figura 28. Resultado pregunta 2

Como se puede apreciar en la Figura 28; un 88% de la muestra cuenta con una vivienda de uso residencial, el 12% tienen una vivienda de uso mixto, porque aparte del uso residencial que le dan a la misma también se le da un uso comercial, estos sectores de clasificación mixta se los puede apreciar más en los barrios El Milagro y El Carmen, ya que estas partes están comprendidos en sectores rurales, mientras que en la Cooperativa Eloy Alfaro solo se presentan predios de uso residencial puesto que este sector es asignado como un sector urbano.

Tabla 15.
Tenencia de la vivienda

Pregunta 3. Tenencia de la vivienda					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Propia	15	13	11	39	91%
b. Arrendada	0	2	2	4	9%
			Total	43	100%

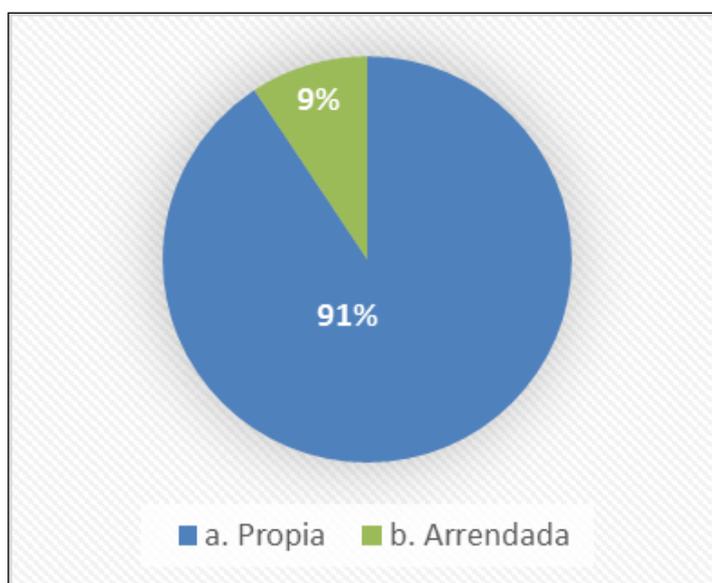


Figura 29. Resultado porcentual de la Tenencia de la Vivienda

En cuestiones de propiedad de la vivienda se puede ver en la Tabla 15 que; el 91% del total cuentan con vivienda propia, mientras que el 9% restantes cuentan con una vivienda arrendada este porcentaje se le atribuye a el barrio el Carmen y la cooperativa Eloy Alfaro.

Tabla 16.
Arriendo estimado de las viviendas que no son propias

Pregunta 4. Arriendo mensual valorado:					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Menos de 80 dólares	0	1	0	1	25%
b. Entre los 80 y 150 dólares	0	1	0	1	25%
c. Entre 150 y 200 dólares	0	0	0	0	0%
d. Entre 200 y 250 dólares	0	0	2	2	50%
e. Entre 250 y 300 dólares	0	0	0	0	0%
f. Más de 300 dólares	0	0	0	0	0%
				Total	4 100%

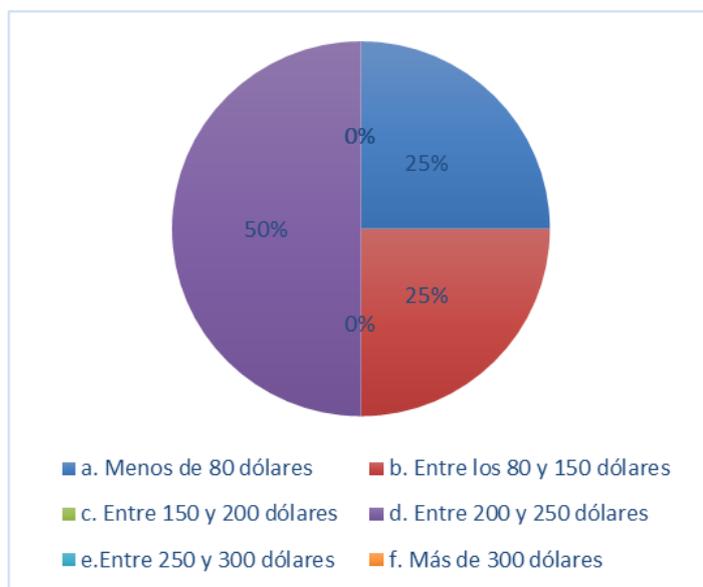


Figura 30. Gráfico porcentual pregunta 4

Entre los usuarios encuestados con respecto a la pregunta 3, el número de personas que cuentan con una vivienda arrendada era de 4, de los cuales dos viviendas pagan entre 80 y 150 dólares pertenecientes al barrio el Carmen como se puede apreciar en la

Tabla 16, mientras que las 2 viviendas restante pagan entre 200 y 250 dólares como también se puede ver en la

Tabla 16. Este precio de pago del arrendamiento es elevado ya que están dentro de la cooperativa Eloy Alfaro y es razonable ya que es un sector urbano, por ende sube su plusvalía recalcando que se arrienda todo el predio.

Tabla 17.
Sistema constructivo de las viviendas

Pregunta 5. Sistema constructivo de la vivienda					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Hormigón Armado	9	9	8	26	60%
b. Mampostería	0	0	0	0	0%
c. Madera	0	0	2	2	5%
d. Adobe	0	2	0	2	5%
e. Mixta	6	4	3	13	30%
Total				43	100%

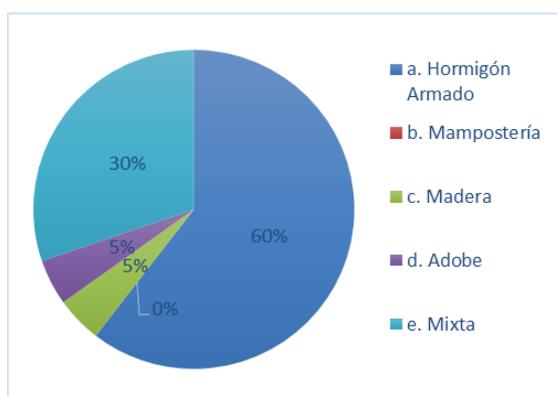


Figura 31. Representación porcentual de la pregunta 5

En cuanto al sistema constructivo de las viviendas se puede ver en la Figura 31 que; el 60% son viviendas construidas de hormigón armado (columnas, losa, mampostería), el 30% son mixtas (columnas, etenit, estructura metálica), el 5% son viviendas de adobe y el 5% restante son construcciones de madera este tipo de vivienda más se la encontró en la cooperativa Eloy Alfaro, ya que la madera es un material muy vistoso para los compradores y en zonas urbanas se presenta a menudo este tipo de construcción.

Tabla 18.
Características en elevación de las viviendas

Pregunta 6. Número de pisos de la vivienda.					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. 1	9	12	9	30	70%
b. 2	6	3	4	13	30%
c. 3	0	0	0	0	0%
d. 4	0	0	0	0	0%
e. más de 4	0	0	0	0	0%
Total				43	100%



Figura 32. Resultados del número de pisos de la vivienda

Los datos de la Tabla 18 reflejan que; el 70 % de las viviendas construidas en los predios son de un nivel de construcción (1 piso) y un 30% son viviendas de dos niveles de construcción (2 pisos), se pudo notar que en los tres sectores de estudio no cuentan con viviendas mayores a dos niveles (2 pisos).

Tabla 19.
Servicios básicos de la vivienda

Pregunta 7. La vivienda posee los servicios básicos como:					
	a. Energía eléctrica	b. Red de agua	c. Red de alcantarillado	d. Pozo séptico/letrina/otro	e. Teléfono e internet
si	43	43	43	2	37
no	0	0	0	41	6
Total	43	43	43	43	43

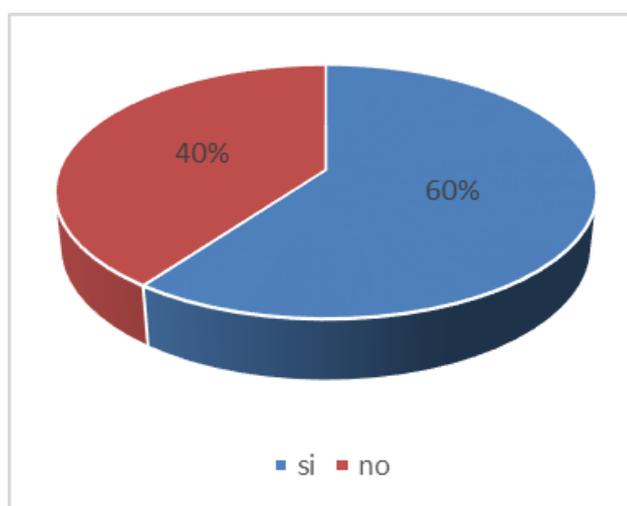


Figura 33. Resultados pregunta 7

Se puede ver en la Figura 33 qué; un 40% de la muestra cuenta con todos los servicios básicos como son: luz, agua, alcantarillado, pozo séptico y teléfono e internet y el 60% restante solo cuenta con: luz, agua, alcantarillado y teléfono e internet.

Tabla 20.
Estación del valor de la luz eléctrica mensual

Pregunta 8. Valor pago de luz eléctrica.					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. \$0 - \$10	0	0	1	1	2%
b. \$10- \$15	1	5	0	6	14%
c. \$15- \$20	2	2	0	4	9%
d. \$20 - \$25	3	3	4	10	23%
e. Más de \$25	9	5	8	22	51%
Total				43	100%

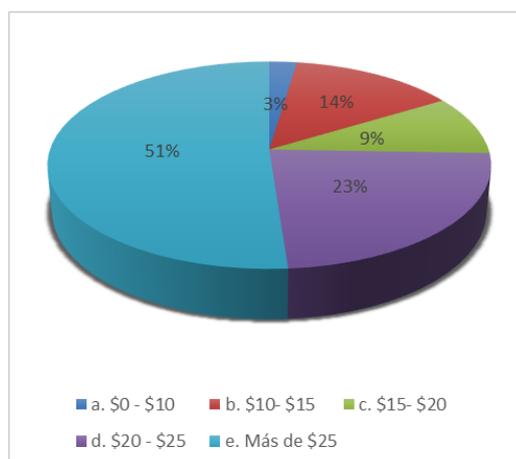


Figura 34. Resultados del valor aproximado de la luz

Se tiene que; el 51% de muestra pagan más de 25\$ estos valores se da más en la cooperativa Eloy Alfaro y el barrio el Milagro, el 23% paga entre \$20-\$25, el 9% paga entre \$15-\$20, el 14% paga entre \$10-\$15 y solo el 2% paga menos de \$10.

Tabla 21.
Número de personas en la vivienda

Pregunta 9. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. 2 a 3	0	8	0	8	19%
b. 4 a 6	14	6	9	29	67%
c. Más de 7	1	1	4	6	14%
Total				43	100%

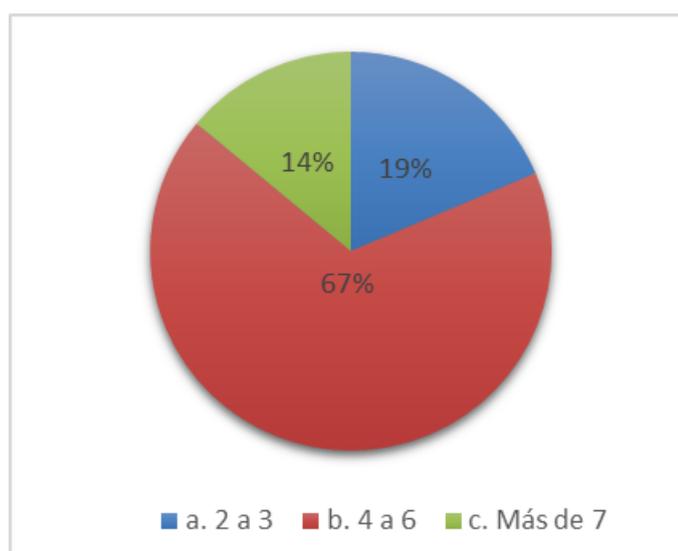


Figura 35. Resultado de personas por vivienda

En la Tabla 21 se puede apreciar que; en el 19% de las viviendas habitan de 2 a 3 personas destacando las viviendas ubicadas en el barrio el Milagro, el 67% de domicilios están habitadas de 4 a 6 individuos destacando también el barrio el Milagro y la Cooperativa Eloy Alfaro donde se presenta esta población y el 14% restante de las viviendas están habitadas por más de 7 personas aquí resaltamos a la cooperativa Eloy Alfaro.

Esta pregunta es una parte primordial del trabajo porque se puede estimar que; en el sector el Milagro hay una población aproximada de 5 personas por vivienda, en el barrio el Carmen se estima una población cercana a 5 individuos por vivienda y en la Cooperativa Eloy Alfaro el número de personas que habitan una vivienda es de aproximadamente 6.

**Tabla 22.
Número de personas que aportan al ingreso familiar**

Pregunta 10. ¿Cuántas personas aportan al ingreso familiar?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. 1 a 2	14	15	12	41	95%
b. 3 a 4	1	0	1	2	5%
c. 5 a 6	0	0	0	0	0%
d. Más de 7	0	0	0	0	0%
			Total	43	100%

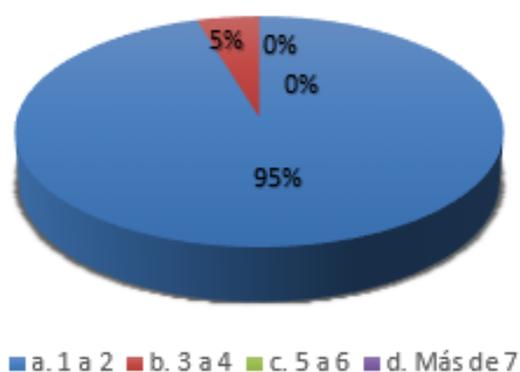


Figura 36. Resultado de la pregunta 10

En referencia al número de personas que contribuyen al ingreso familiar un 95% de la muestra afirman que aportan de 1 a 2 individuos y el 5% restante contribuyen de 3 a 4 personas, esta pregunta se ve directamente relacionada al ingreso económico en el hogar.

Tabla 23.
Personas que actualmente buscan empleo

Pregunta 11. ¿Número de personas de la familia que actualmente buscan empleo?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. 1 a 2	8	9	9	26	60%
b. 3 a 4	0	0	0	0	0%
c. 5 a 6	0	0	0	0	0%
d. Más de 7	0	0	0	0	0%
No buscan empleo				17	40%
				Total	43 100%

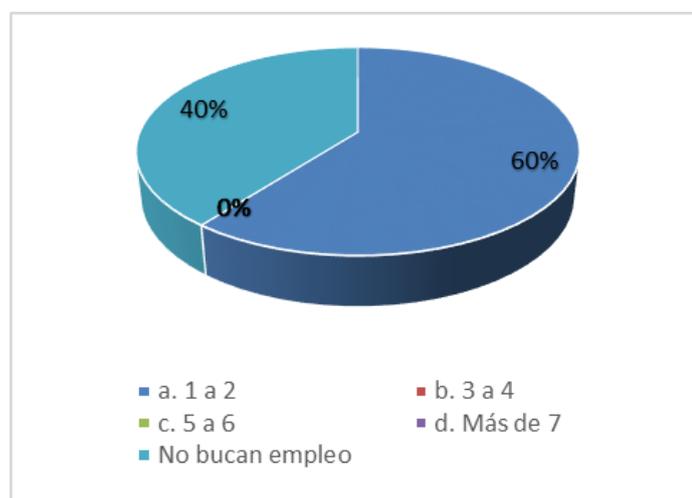


Figura 37. Resultados del número de personas en busca de empleo

Para analizar esta pregunta se puede observar la Tabla 24 la cual nos da una pauta que; el 40% de las familias encuestadas se bastan con el individuo que aporta en el hogar mientras que un 60% afirmo que tiene en sus hogares de 1 a 2 personas las cuales buscan empleo actualmente.

Tabla 24.
Ingreso familiar promedio

Pregunta 12. El ingreso familiar promedio mensual es de (aproximadamente)					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Menos de 366 dólares	1	3	1	5	12%
b. Entre 366 y 400 dólares	5	3	0	8	19%
c. Entre 400 y 500 dólares	2	2	0	4	9%
d. Entre 500 y 600 dólares	0	3	1	4	9%
e. Entre los 600 y 800 dólares	4	3	5	12	28%
f. Más de 800 dólares	3	1	6	10	23%
			Total	43	100%

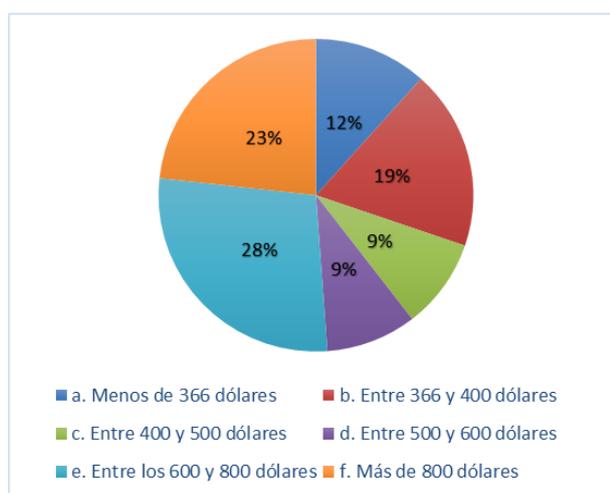


Figura 38. Resultados del ingreso familiar

En la Tabla 24 se puede observar que; el 12% tiene ingresos familiares menores a 366 dólares, el 19% estima sus ingresos entre 366 y 400 dólares, el 9% asumen ingresos del hogar entre 400 y 500 dólares, también un 9% disfrutan de ingresos entre 500 y 600 dólares, el 28% de familias consta con ingresos de 600 y 800 dólares y con un 23% de la muestra asume que sus ingresos mayores a los 800 dólares.

Estos dos últimos ingresos se puede ver claramente que pertenece la mayoría a las viviendas ubicadas en el Carmen y la cooperativa Eloy Alfaro, se puede concluir que

las familias pertenecientes a los sectores mencionados son de ingresos económicos medio alta.

4.14.2.3 Información sobre el Abastecimiento de Agua

Tabla 25.
Disponibilidad de agua

Pregunta 13. ¿Dispone de agua todos los días?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. si	15	15	8	38	88%
b. no	0	0	5	5	12%
			Total	43	100%

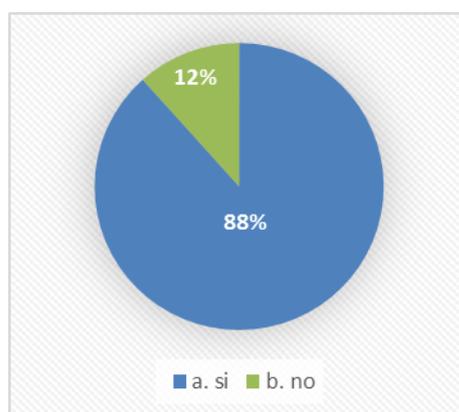


Figura 39. resultado de la disponibilidad de agua

En lo referente a la disponibilidad de agua diaria mencionaron: un 88% de la muestra encuestada que si dispone de agua todos los días y el 12% restante afirmo que no llega el agua todos los días, este último resultado como se puede ver en la Tabla 25 corresponde a las familias de la cooperativa Eloy Alfaro.

Tabla 26.
Disponibilidad de agua durante el día

Pregunta 14. Dispone del servicio de agua.					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Mañana	0	0	4	4	9%
b. Tarde	0	0	0	0	0%
c. Noche	0	0	4	4	9%
d. Todo el día	15	15	5	35	81%
			Total	43	100%

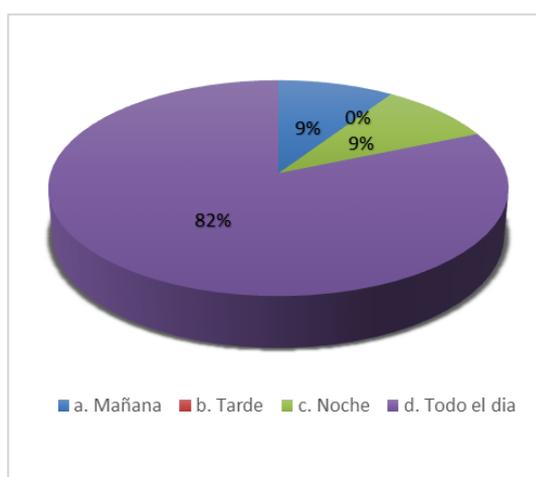


Figura 40. Resultados de la disponibilidad diaria del agua

En base a los datos de la Tabla 26; el 81% de la muestra encuestada afirmó que dispone de agua todo el día, el 9% menciona que solo dispone de agua en la noche y el 9% restante indicó que solo dispone de agua en las mañanas, cabe recalcar que los usuarios que disponen de agua el día o la noche son los pertenecientes a la cooperativa Eloy Alfaro.

Tabla 27.
Información de pago del servicio de agua

Pregunta 15. ¿Paga usted por el servicio de agua?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. si	15	15	13	43	100%
b. no	0	0	0	0	0%
			Total	43	100%

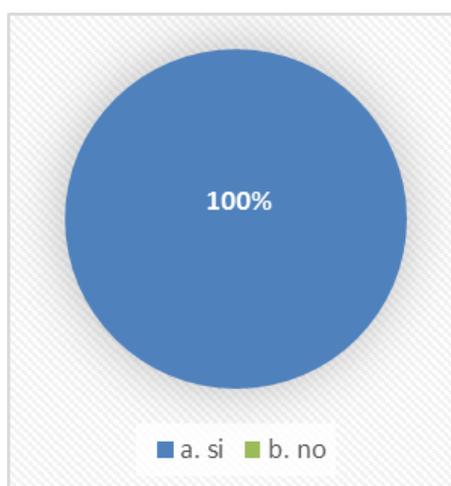


Figura 41. Respuesta de la pregunta 15

En la Tabla 27 se puede ver qué; el 100% de las familias pagan por el servicio de agua potable entregado por el GADMUR.

Con respecto a la pregunta número 16, está ligada a la pregunta 15 para quienes su respuesta fuere negativa, la pregunta es “Si es no, ¿Por qué?”, como todos pagan por el servicio esta pregunta no tuvo respuesta por parte de todos los encuestados.

Tabla 28.
Pago promedio mensual del servicio de agua

Pregunta 17. Si es si, el valor promedio aproximado es de:					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. \$0 - \$5	2	3	1	6	14%
b. \$5- \$10	1	4	3	8	19%
c. \$10- \$15	5	5	4	14	33%
d. \$15 - \$20	4	1	5	10	23%
e. Más de \$20	3	2	0	5	12%
			Total	43	100%

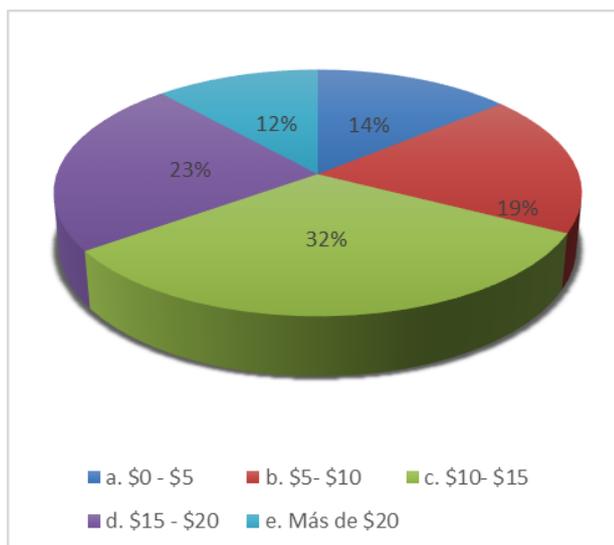


Figura 42. Respuestas del pago promedio mensual

Se puede observar en Tabla 28 que; el 14% de la muestra encuestada paga un valor menor a los \$5, el 19% costean valores entre \$5-\$10, el 33% afirman que el valor de la planilla del agua llega entre \$10-\$15, un 23% aseguro que su valor mensual a pagar consta entre \$15-\$20 y el 12% restante pagan valores mayores a los \$20 este pago se lo observa más en los barrios el Milagro y el Carmen.

Tabla 29.
Opinión de los costos pagados del servicio de agua.

Pregunta 18. Cree usted que lo que paga por el servicio de agua es:					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Bajo	0	0	0	0	0%
b. Justo	9	9	5	23	53%
c. Elevado	6	6	8	20	47%
			Total	43	100%

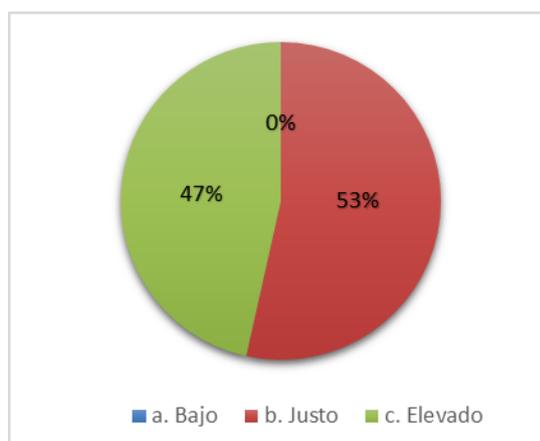


Figura 43. Respuesta de la pregunta 18

El 53% de los encuestados afirmaron que lo que pagan por el servicio es justo que va concorde a lo consumido y el 47% restante aseguran que el pago realizado por el servicio de agua potable es muy elevado como se muestra en la Tabla 29.

Este 47% de los encuestados la mayor parte perteneces a la cooperativa Eloy Alfaro, afirmaron que para la cantidad de agua que reciben el precio es muy alto, ya que no cuentan con el servicio continuo todo el día y las presiones de servicio son extremadamente bajas.

Tabla 30.
Estimación de la cantidad de agua recibida por los usuarios

Pregunta 19. La cantidad de agua que recibe es:					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Suficiente	10	8	3	21	49%
b. Insuficiente	5	7	10	22	51%
			Total	43	100%

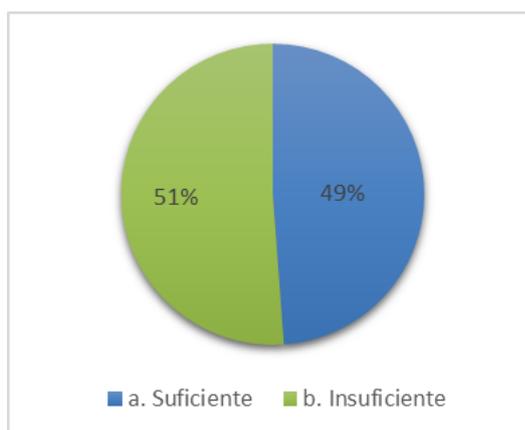


Figura 44. Resultados pregunta 19

Como se puede ver en la Tabla 30; el 49% de los encuestados afirman que la cantidad de agua recibida es suficiente; teniendo en cuenta que la satisfacción del servicio va bajando mientras las zonas encuestadas se alejan más de la fuente de captación, el 51% restante afirma que la cantidad de agua no es suficiente, así mismo el número de individuos insatisfechos va aumentando mientras la zona se aleja más de la fuente, se puede observar que en la cooperativa Eloy Alfaro hay más personas insatisfechas testificando que la cantidad de agua es insuficiente, así mismo hay quejas sobre la presión de servicio es baja.

**Tabla 31.
Almacenamiento del agua**

Pregunta 20. ¿Almacena agua para el consumo de su familia?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. si	4	6	9	19	44%
b. no	11	9	4	24	56%
			Total	43	100%

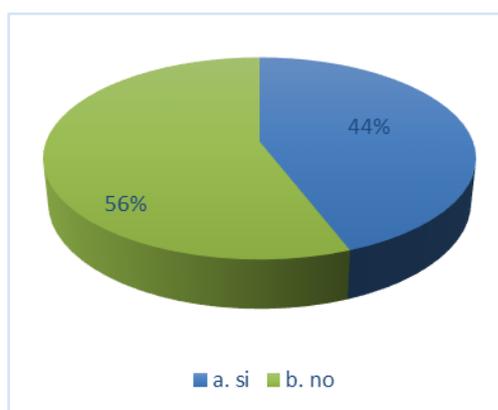


Figura 45. Resultados del almacenamiento de agua por los usuarios

En cuanto al almacenamiento del agua se puede apreciar en la Tabla 31 que; el 56% de los encuestados afirmaron que no almacenan agua; esto tiene que ver con el nivel de agua que llega a los usuarios reflejados en la pregunta anterior, el 56% restante afirmaron que si almacenan agua; y se puede observar que mientras la zona encuestada se aleja de la fuente de captación hay más usuarios quienes almacenan agua; en la cooperativa Eloy Alfaro se aprecia el mayor número de individuos en recolectar agua para sus usos cotidianos.

Tabla 32.
Tipo de almacenamiento de agua

Pregunta 21. Si es sí, el agua la almacena en					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Baldes	0	2	0	2	5%
b. Tanque	4	4	3	11	26%
c. Cisterna	0	0	6	6	14%
d. Otros	0	0	0	0	0%
No almacenan (pregunta 20)				24	56%
			Total	43	100%

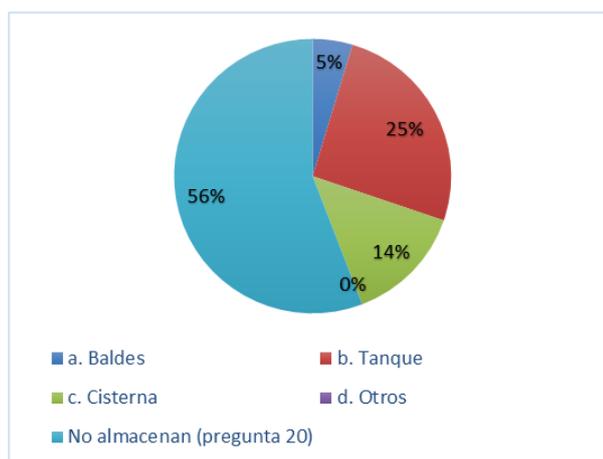


Figura 46. Resultado del tipo de almacenamiento de agua

Para los usuarios que almacenan el agua que vienen hacer 19 encuestados; un 5% almacenan agua en baldes, un 26% afirmaron que acumulan agua en tanques y el 14% respondieron que almacenan el agua en cisternas, mismo porcentajes se los puede observar en la Tabla 32, el 19% referente a las cisternas se puede ver que todas las familias que la usan pertenecen a la cooperativa Eloy Alfaro; ya que al momento de realizar las encuestas se quejaban de la falta de agua y falta de presión de servicio.

Tabla 33.
Criterio de la calidad de agua entregada

Pregunta 22. La calidad del agua es:					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Buena	11	12	5	28	65%
b. Mala	1	0	1	2	5%
c. Regular	3	3	7	13	30%
Total				43	100%

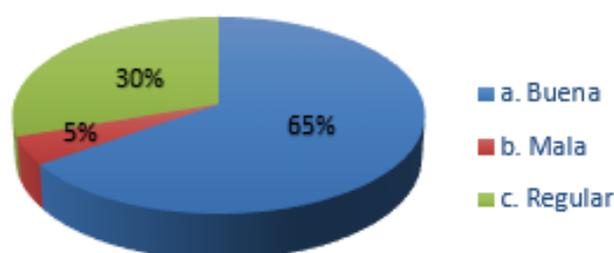


Figura 47. Resultado de la pregunta 22

En la Tabla 33 se observa que; el 65% de los encuestados afirman que la calidad de agua que recibe es buena, el 30% en cambio aseguro que la calidad de agua es regular y el 5% restante mencionaron que la calidad de agua es mala.

Tabla 34.
Satisfacción del servicio de agua brindado

Pregunta 23. ¿Está usted satisfecho con el servicio de agua? ¿Cómo lo calificaría?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Bueno	11	8	4	23	53%
b. Malo	0	0	3	3	7%
c. Regular	4	7	6	17	40%
Total				43	100%

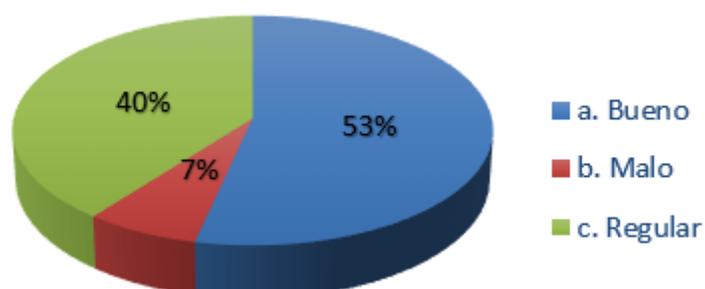


Figura 48. Resultados de la pregunta 23

Las personas en su criterio sobre la satisfacción del servicio brindado dieron a conocer que; el 53% afirma que el servicio es bueno, el 40% menciona que el servicio es regular y el 7% señalan que él no está satisfecho y lo califica como malo teniendo en cuenta que este criterio es de individuos perteneciente a la cooperativa Eloy Alfaro como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35.
Tratamiento de agua antes de ser consumida

Pregunta 24. ¿Al agua antes de ser consumida le da algún tratamiento?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. si	10	9	6	25	58%
b. no	5	6	7	18	42%
			Total	43	100%

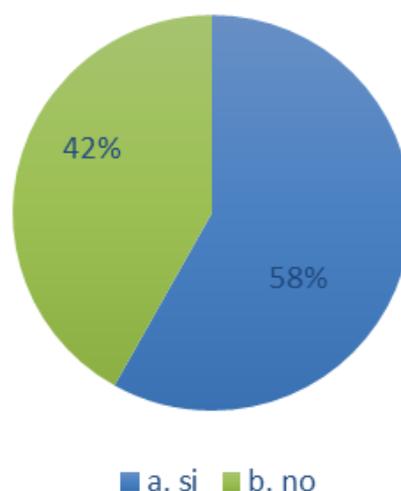


Figura 49. Respuesta de la pregunta 24

Con un total de; 58% de las personas encuestadas afirman que si le dan un tratamiento al agua antes de ser consumida y el 42% restante mencionaron que no le dan tratamiento al agua antes de ser consumida.

Según con el 58% que afirman tratar el agua antes de ser consumida; la forma de tratamiento que se le da al agua, por los usuarios, antes de ser ingerida es de tomarse la labor de hacerla hervir, en algunos casos los encuestados mencionaron que usan pastillas de cloro para su tratamiento.

Tabla 36.
Usos del agua en el hogar

Pregunta 25. El agua que viene de la red pública la usa para:							
ítem	a. Beber	b. Lavar ropa	c. Preparar alimentos	d. Limpieza vivienda	e. Riego	f. Higiene	g. otro
si	32	43	43	43	17	43	0
no	11	0	0	0	26	0	43
Total	43	43	43	43	43	43	43

Como se puede observar en la Tabla 36 que; 32 de los 43 encuestados usan el agua potable para beber, el resto prefieren comprar el agua en botellones para su consumo esto se da más en la cooperativa Eloy Alfaro, los 43 encuestados afirmaron que usan el agua potable para lavar la ropa, preparar alimentos, limpieza de las viviendas y para la higiene, 17 de las 43 personas mencionan que también utilizan el agua para riego de los campos cultivados eso se da en las zonas urbanas, también para el riego de césped eso se da en las zonas residenciales.

Tabla 37.
Opinión de enfermedades causadas por tomar agua directa de la llave

Pregunta 26. ¿Alguna vez se ha enfermado por beber agua del grifo sin hervir?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. si	4	2	4	10	23%
b. no	11	13	9	33	77%
			Total	43	100%

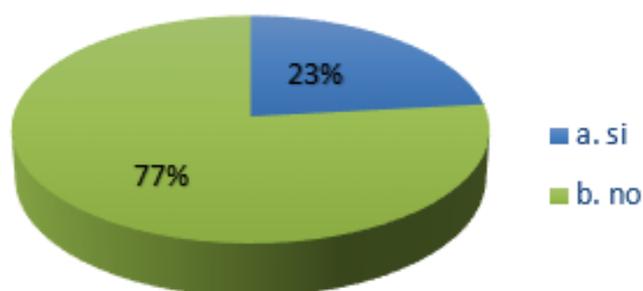


Figura 50. Porcentaje de las respuestas de la pregunta 26

En cuanto a las enfermedades causadas por consumir agua directo del grifo las personas encuestadas respondieron como se muestra en la Tabla 37; el 23% afirmo

que si se han enfermado por beber agua directo de la llave y el 77% de encuestados menciono que jamás se han enfermado por tomar agua directa del grifo.

Entre los usuarios que mencionaron que si sufrieron enfermedades, las más frecuentes son tifoidea, bacteria licobacter y problemas estomacales.

4.14.2.4 Información general

Tabla 38.
Criterio sobre el precio del agua

Pregunta 27. Considera usted que el agua potable es un servicio que:					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Debe pagarse	12	13	13	38	88%
b. No debe pagarse	3	2	0	5	12%
			Total	43	100%

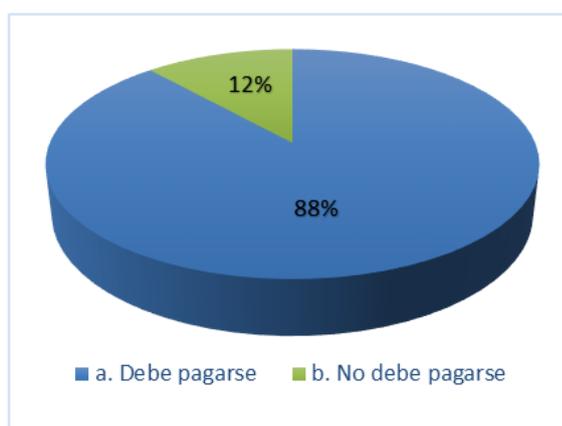


Figura 51. Resultados de la pregunta 27

En la Tabla 38 se observa que; el 88% de los encuestados consideran que el agua debe pagarse ya que se necesita presupuesto para el mantenimiento, mejora y revisiones de la red de agua potable y el 12% restante afirma que el recuso del agua debería no pagarse.

Tabla 39.
Criterio sobre enfermedades producida por el agua

Pregunta 28. ¿Cree usted que el agua que consume puede causar enfermedades?					
ítem	EL Milagro	El Carmen	Coop. Eloy Alfaro	Total	
a. Si	13	13	12	38	88%
b. No	2	2	1	5	12%
			Total	43	100%

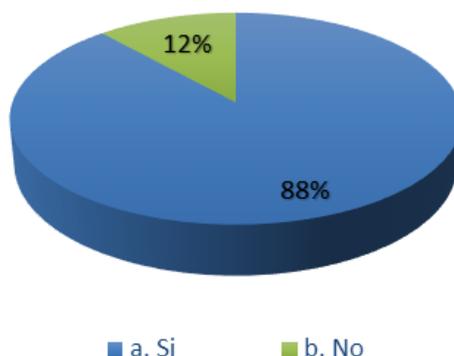


Figura 52. Resultados de la pregunta 28

En cuestiones de la perspectiva de la gente del agua en general él; 88% de la muestra afirmó que el agua que consume puede causar enfermedades, por diversos problemas como: el mal tratamiento que se le da, el elevado cloro en el agua y deterioro de las tuberías, el 12% menciona que el agua no puede causar enfermedades.

4.14.2.5 Conclusiones

En conclusión se puede recalcar que la zona más cercana a la fuente que viene a ser el barrio El Milagro y el barrio el Carmen en cuestiones de disponibilidad de agua diaria, la cantidad recibida y calidad de agua catalogan que el servicio es bueno, mientras que en la zona más alejada como es la Cooperativa Eloy Alfaro en las mismas cuestiones anteriores afirman que el servicio es ineficaz y malo, por los siguientes aspectos que la mayoría de individuos encuestados coincidieron:

- La disponibilidad del agua no es continua durante todo el día, por ende tienen que almacenar el agua ya sea en tanques o como la mayoría de familias en sistemas.
- Las presiones de servicio son extremadamente bajas, razón por la cual los individuos que constan con casas mayores a un piso y no cuentan con una cisterna el agua no tiene la suficiente presión para abastecer al nivel superior.
- En otros casos mencionan que para usar la ducha, deben cerrar todas las llaves de agua para que tenga presión en este servicio.
- En cuestiones de lavado de ropa, los moradores coinciden que no pueden instalar lavadoras ya que la falta de presión hace ineficiente su uso.

- La calidad del agua va de regular a mala según el criterio de los encuestados, razón por la cual una parte coincidió que no beben el agua directamente si no que compran botellones sellados para su consumo.
- En cuanto al valor a pagar de la planilla de agua, afirman que el costo es elevado para la cantidad de agua usada.

4.15. Análisis Poblacional

El análisis poblacional viene a ser el número de habitantes que viven en el sector de estudio en un determinado momento y es de vital importancia tanto para la evaluación actual como para el rediseño de la red futura de agua potable, la población actual interviene de manera directa para él; diagnóstico, detectar problemas e inconvenientes en la red y estimar si la oferta disponible en la fuente es la suficiente, mientras que la población futura nos servirá para el rediseño de la red tratando de solventar los problemas que surjan en la evaluación actual.

4.15.1. Población Actual

La población actual se la determino con la ayuda a los planos proporcionados por el DAPAC-R de la siguiente forma:

Como ya se mencionó la distribución de áreas para cada nodo en la sección 4.4. el trabajo consistió en saber cuántas casas hay en los predios que esta registrados en el DAPAC-R ese mismo número de casas se las multiplico por el número de habitantes que estimamos para cada sector, este dato se lo calculo en las encuestas socioeconómicas en la sección 4.14.2.2 en base a la pregunta 9 de la cual se determinó que:

- El número de habitantes por hogar en los Barrios el Carmen y el Milagro es de 5 personas.
- En cambio para la Cooperativa Eloy Alfaro el número de individuos que ocupa un hogar es de 6.

La población estimada para los barrios El Milagro, El Carmen y la cooperativa Eloy Alfaro se la puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 40.
Total habitantes en El Milagro, El Carmen y la Cooperativa Eloy Alfaro

# de Área	# de casas por área	# de hab por casa	Población hab	Sector
1	18	5	90	EL Milagro
2	6	5	30	EL Milagro
3	5	5	25	EL Milagro
4	16	5	80	EL Milagro
5	Unidad	Educativa	1120	Colegio Rumiñahui
6	17	5	85	EL Milagro
7	6	5	30	EL Milagro
8	10	5	50	EL Milagro
9	44	5	220	El Carmen
10	22	5	110	El Carmen
11	25	5	125	El Carmen
12	11	5	55	El Carmen
13	12	5	60	El Carmen
14	33	5	165	El Carmen
15	22	5	110	El Carmen
23	6	6	36	Cooperativa Eloy Alfaro
24	5	6	30	Cooperativa Eloy Alfaro
25	1	6	6	Cooperativa Eloy Alfaro
26	6	6	36	Cooperativa Eloy Alfaro
27	8	6	48	Cooperativa Eloy Alfaro
28	2	6	12	Cooperativa Eloy Alfaro
29	8	6	48	Cooperativa Eloy Alfaro
30	12	6	72	Cooperativa Eloy Alfaro
31	3	6	18	Cooperativa Eloy Alfaro
32	1	6	6	Cooperativa Eloy Alfaro
33	6	6	36	Cooperativa Eloy Alfaro
34	4	6	24	Cooperativa Eloy Alfaro
35	4	6	24	Cooperativa Eloy Alfaro
36	4	6	24	Cooperativa Eloy Alfaro
37	4	6	24	Cooperativa Eloy Alfaro
38	5	6	30	Cooperativa Eloy Alfaro
39	4	6	24	Cooperativa Eloy Alfaro
40	4	6	24	Cooperativa Eloy Alfaro
41	4	6	24	Cooperativa Eloy Alfaro
42	3	6	18	Cooperativa Eloy Alfaro
43	1	6	6	Cooperativa Eloy Alfaro
44	2	6	12	Cooperativa Eloy Alfaro
Total	344	Total	2937	

Como se observa en la Tabla 40 el número actual de los habitantes en los barrios El Milagro, El Carmen y la Cooperativa Eloy Alfaro es de **2937 habitantes**, se debe tener en cuenta que ha este valor se le está incluyendo 1120 en el cual constan;

alumnos, docentes y personal de servicio del Colegio Rumiñahui ubicado en el Barrio El Milagro, esta cifra la proporcionó el Rector de la Unidad educativa Rumiñahui.

Para estimar el número de los trabajadores en cada empresa de la Zona Industrial se empleó un criterio basado en un consumo diario estadístico de la siguiente manera:

Se tomó el catastro de consumos mensuales durante un año (Dic-15, Nov-16) proporcionado por el DAPAC-R, estos consumos se los promedio para tener un consumo mensual del predio y se lo transformo a consumo promedio diario.

La NEC-11 menciona que para consumo industrial se le da una dotación de 80 l/hab/día para cada trabajador por turno de trabajo de 8 horas.

Para saber el número de trabajadores que tiene la empresa se procedió a dividir el consumo promedio diario entre la dotación por trabajador, dándonos como resultado un número aproximado de trabajadores en la empresa, para mayor comprensión a continuación se realizara el cálculo de trabajadores para la empresa EQF EL QUESO FRANCES S.A.

Tabla 41.
Consumo mensual de la empresa EQF EL QUESO FRANCES S.A.

CONSUMO (m ³) EQF EL QUESO FRANCES S.A.	nov-16	oct-16
	68	100
	sep-16	ago-16
	73	79
	jul-16	jun-16
	69	81
	may-16	abr-16
	59	64
mar-16	feb-16	
51	59	
ene-16	dic-15	
72	56	
Promedio Mensual (m ³)		
69,25		

Fuente: Adaptado (GADMUR Rumiñahui)

Se tiene que la empresa consume mensualmente un valor de 69,25 m³, procedemos a dividir para 30 días que tiene un mes, el cual nos da un valor de consumo diario igual a 2,31 m³= 2308,33 litros.

Entonces se procede a dividir el consumo promedio diario entre la dotación por trabajado:

$$\frac{2308,33 \text{ litros/día}}{80 \text{ litros/hab/día}} = 28,85 \text{ habitantes} \approx 29 \text{ trabajadores}$$

De tal manera se puede decir que la empresa EQF EL QUESO FRANCES S.A. consta de 29 trabajadores, este proceso se lo realizo de forma similar para todas las empresas que intervienen en la zona industrial como se muestra a continuación.

Tabla 42.
Estimación de trabajadores por empresa

EMPRESA	NUMERO DE TRABAJADORES
SEDEMI SERVICIOS DE MECANICA INDUSTRIAL	224
DISEÑO CONSTRUCCION Y MONTAJE S.C.C.	
FABRICA DE ALIMENTOS S.A. FALIMENSA	166
MUÑOZ ORTUÑO MARIA MARTHA	106
POZO FERNANDEZ VICENTE ANIBAL	69
COLTEX S.A	23
JACOME TAPIA CONSUELO DEL CARMEN	69
EQF EL QUESO FRANCES S.A.	29
ZAVATO S.A.	51
CONSTRUCTORA HERDOIZA GUERRERO S.A	28
TERMOPACK GONZALEZ ESCOBAR COMPAÑIA LIMITADA	32
EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. E.E.Q.	12
COELLO ZAPATA GONZALO HERNAN	36
TEXTIL SAN PEDRO S.A.	41
TEXTILES DEL VALLE SA TEXVALLE	58
GRAIMAN CIA. LTDA.	23
UNION VERA PLASTIK S.C.C.	37
NEGOCIOS AUTOMOTRICES NEOHYUNDAI S.A.	32
FIGUEROA SALAZAR JACQUELINE BERNARDETTE	30
VALLE STOLZ JOSE SANTIAGO	144
EMPAQPLAST S.A.	48
CHAIDE Y CHAIDE S.A.	75
STRAESSLE MOSER DOMINIC ANDRES	30
Total	1393

Como se muestra en la Tabla 42 se tiene **1393 trabajadores o habitantes** en la Zona Industrial. En conclusión se tiene una población para la zona de estudio de **4330 habitantes** los cuales intervienen en el diagnóstico de la red actual.

4.15.2. Cálculo de la Densidad Poblacional

La densidad poblacional para el proyecto se la calculó con la ayuda de las encuestas socioeconómicas redactadas en la sección 4.14. Las cuales dieron como resultado un número aproximado de habitantes por casa y por sector de estudio.

Como ya se vio en la sección 4.4. Se tiene una distribución de áreas para el proyecto las cuales constan con un número determinado de habitantes, se dividió el número de habitantes para el área, los resultados se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 43.
Calculo de la Densidad Poblacional según las áreas de aportación

# de Area	Área Bruta		Área Neta		# de casas	# de hab por casa	Poblacion (hab)	Sector	Densidad Bruta hab/Ha	Densidad Neta hab/Ha
	m2	Ha	m2	Ha						
1	27612,13	2,76	23470,31	2,35	18	5	90	EL Milagro	32,59	38,35
2	7973,15	0,80	6777,18	0,68	6	5	30	EL Milagro	37,63	44,27
3	8998,82	0,90	7649,00	0,76	5	5	25	EL Milagro	27,78	32,68
4	10234,52	1,02	8699,34	0,87	16	5	80	EL Milagro	78,17	91,96
5	12431,52	1,24	10566,79	1,06	Plantel	Educativo	1120	Colegio Rumiñahui	0,00	UED
6	22385,74	2,24	19027,88	1,90	17	5	85	EL Milagro	37,97	44,67
7	4630,60	0,46	3936,01	0,39	6	5	30	EL Milagro	64,79	76,22
8	21891,00	2,19	18607,35	1,86	10	5	50	EL Milagro	22,84	26,87
9	17147,78	1,71	14575,62	1,46	44	5	220	El Carmen	128,30	150,94
10	35082,77	3,51	29820,36	2,98	22	5	110	El Carmen	31,35	36,89
11	25856,61	2,59	21978,12	2,20	25	5	125	El Carmen	48,34	56,87
12	9332,57	0,93	7932,68	0,79	11	5	55	El Carmen	58,93	69,33
13	5814,20	0,58	4942,07	0,49	12	5	60	El Carmen	103,20	121,41
14	14643,09	1,46	12446,62	1,24	33	5	165	El Carmen	112,68	132,57
15	41196,84	4,12	35017,31	3,50	22	5	110	El Carmen	26,70	31,41
16	57873,36	5,79	49192,36	4,92	Empresas	Industriales	32	Zona Industrial	0,00	A.M.A
17	125562,51	12,56	106728,13	10,67	Empresas	Industriales	623	Zona Industrial	0,00	A.M.A
18	67201,41	6,72	57121,20	5,71	Empresas	Industriales	247	Zona Industrial	0,00	A.M.A
19	80368,47	8,04	68313,20	6,83	Empresas	Industriales	31	Zona Industrial	0,00	A.M.A
20	46768,77	4,68	39753,45	3,98	Empresas	Industriales	92	Zona Industrial	0,00	A.M.A
21	55852,54	5,59	47474,66	4,75	Empresas	Industriales	70	Zona Industrial	0,00	A.M.A
22	157259,38	15,73	133670,47	13,37	Empresas	Industriales	298	Zona Industrial	0,00	A.M.A
23	4718,82	0,47	4011,00	0,40	6	6	36	Coop. Eloy Alfaro	76,29	89,75
24	6517,70	0,65	5540,04	0,55	5	6	30	Coop. Eloy Alfaro	46,03	54,15
25	4508,12	0,45	3831,90	0,38	1	6	6	Coop. Eloy Alfaro	13,31	15,66
26	11661,22	1,17	9912,04	0,99	6	6	36	Coop. Eloy Alfaro	30,87	36,32
27	14362,87	1,44	12208,44	1,22	8	6	48	Coop. Eloy Alfaro	33,42	39,32
28	9459,67	0,95	8040,72	0,80	2	6	12	Coop. Eloy Alfaro	12,69	14,92
29	9856,56	0,99	8378,08	0,84	8	6	48	Coop. Eloy Alfaro	48,70	57,29
30	14013,77	1,40	11911,71	1,19	12	6	72	Coop. Eloy Alfaro	51,38	60,44
31	5937,07	0,59	5046,51	0,50	3	6	18	Coop. Eloy Alfaro	30,32	35,67
32	12525,13	1,25	10646,36	1,06	1	6	6	Coop. Eloy Alfaro	4,79	5,64
33	14617,87	1,46	12425,19	1,24	6	6	36	Coop. Eloy Alfaro	24,63	28,97
34	9878,33	0,99	8396,58	0,84	4	6	24	Coop. Eloy Alfaro	24,30	28,58
35	28353,62	2,84	24100,58	2,41	4	6	24	Coop. Eloy Alfaro	8,46	9,96
36	14724,10	1,47	12515,49	1,25	4	6	24	Coop. Eloy Alfaro	16,30	19,18
37	10559,88	1,06	8975,90	0,90	4	6	24	Coop. Eloy Alfaro	22,73	26,74
38	7326,95	0,73	6227,91	0,62	5	6	30	Coop. Eloy Alfaro	40,94	48,17
39	8989,35	0,90	7640,95	0,76	4	6	24	Coop. Eloy Alfaro	26,70	31,41
40	6994,40	0,70	5945,24	0,59	4	6	24	Coop. Eloy Alfaro	34,31	40,37
41	19269,26	1,93	16378,87	1,64	4	6	24	Coop. Eloy Alfaro	12,46	14,65
42	11598,17	1,16	9858,44	0,99	3	6	18	Coop. Eloy Alfaro	15,52	18,26
43	5475,38	0,55	4654,07	0,47	1	6	6	Coop. Eloy Alfaro	10,96	12,89
44	5058,78	0,51	4299,96	0,43	2	6	12	Coop. Eloy Alfaro	23,72	27,91

4.15.3. Calculo Población Futura

Para el cálculo de la población futura se utilizara una tasa de crecimiento de 2,941 % correspondiente al Cantón Rumiñahui, este dato es proporcionado por el INEC el cual se basó en el estudio de los tres últimos censos poblacionales, dichos estudios abarcan elementos importantes como son: crecimiento histórico, migración, mortalidad, fecundidad, estadísticas vitales, perspectivas de desarrollo económico, entre otros.

Para las proyección futura se utilizara un número total de **1817 habitantes** pertenecientes a los barrios El Milagro, El Carmen y la Cooperativa Eloy Alfaro, mientras que la Zona Industrial y el Colegio Rumiñahui se descartan ya que son lugares en los cuales funcionan a su máxima capacidad ya sea de trabajadores como de estudiantes por la infraestructura instalada ya que no se pueden expandir más, el número de estudiantes y trabajadores se le añadirá al final de la proyección.

Como menciona el INEN el cálculo de la población futura se la realiza por lo menos con tres métodos, para nuestro caso utilizaremos el método detallados a continuación:

4.16.2.1 Método Aritmético

Es un método de proyección completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento. En la estimación de la población de diseño, a través de este método, sólo se necesita el tamaño de la población en dos tiempos distintos.

Este método puede ser aplicable a comunidades pequeñas, como las rurales; o a ciudades grandes, cuyo crecimiento se puede considerar estabilizado. Se la calcula con la siguiente formula:

$$Pf = Pa(1 + i * n)$$

Dónde:

Pf=Población futura (hab).

Pa=Población actual (hab).

n=Periodo de diseño que fija el proyectista en base a la normativas (años).

i =Crecimiento promedio anual.

Para la utilización de la formula se empleó los siguientes datos:

P_a = 1817 hab

i = 0,02941

n = 25 años

Una vez reemplazado dos datos y aplicando la fórmula del método aritmético tenemos una población futura de **3153 hab**, a este valor se le añade 2513 pertenecientes a la Zona Industrial y el Colegio Rumiñahui y se tiene un valor total de **5666 habitantes** en el sector de estudio.

4.16.2.2 Método Geométrico

Mediante este método, se asume que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de esa. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el usado para el método aritmético.

Con la siguiente formula se calcula la población futura a través del método geométrico:

$$P_f = P_a(1 + i)^n$$

Dónde:

P_f =Población futura (hab).

P_a =Población actual (hab).

n =Periodo de diseño que fija el proyectista en base a la normativas (años).

i =Crecimiento promedio anual.

Para la utilización de la formula se empleó los siguientes datos:

P_a = 1817 hab

i = 0,02941

n = 25 años

Una vez reemplazado los datos y aplicando la fórmula del método geométrico tenemos una población futura de **3750 hab**, a este valor se le añade 2513 pertenecientes

a la Zona Industrial y el Colegio Rumiñahui y se tiene un valor total de **6263 habitantes** en el sector de estudio.

4.16.2.3 Método Mixto

Este método es un promedio entre los métodos analítico y geométrico el cual utiliza una formula simple que es:

$$P_{fmm} = \frac{P_{fma} + P_{fmg}}{2}$$

Dónde:

P_{fma} =Población futura método aritmético (hab).

P_{fmg} =Población futura método geométrico (hab).

P_{fmm} =Población futura método mixto.

Una vez reemplazado dos datos y aplicando la fórmula del método mixto tenemos una población futura de **5965 hab** en el sector de estudio.

4.16.2.4 Conclusiones

De los tres métodos analizados se puede decir que; el más conveniente en el cálculo de la estimación de la población futura es el método geométrico ya que los resultados son los más reales y confiables para las proyecciones pertinentes realizadas. Entonces la población futura para el proyecto que se adoptara es de **6263** habitantes teniendo en cuenta la Zona industrial y el Colegio Rumiñahui.

4.16. Dotación Actual

Para las dotaciones se realizó dos métodos comparativos y se eligió el que más se asemeje a la realidad del proyecto, los métodos que se efectuaron son:

- La lectura de las planillas mensuales proporcionadas por el DAPAC-R, en dicha planillas se cuenta con el número de medidor y el registro de lo medido por parte del DAPAC-R mensualmente.
- La toma de lecturas de los medidores en los sectores de estudio para ver en realidad cuánta agua se está consumiendo en la vivienda.

4.16.1. Lectura de las planillas de Consumo

En este método se determinó la dotación en base a las planillas mensuales de agua potable en los sectores de estudio en un periodo comprendido entre Diciembre del 2015 y Noviembre 2016, mismos datos fueron proporcionados por el DAPAC-R se los clasifico según las zonas de estudio como se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44.
Datos de Consumo Mensual por Sectores de Estudio

El Milagro	CONSUMO (m ³)	dic-15 1049	ene-16 1317	feb-16 1095	mar-16 886	Promedio Mensual (m ³)	Promedio Diario (m ³)
		abr-16 1142	may-16 1063	jun-16 1158	jul-16 1328		
		ago-16 1328	sep-16 1625	oct-16 1295	nov-16 1738		
El Carmen	CONSUMO (m ³)	dic-15 2403	ene-16 3045	feb-16 2639	mar-16 1888	Promedio Mensual (m ³)	Promedio Diario (m ³)
		abr-16 3007	may-16 2301	jun-16 3403	jul-16 2801		
		ago-16 3121	sep-16 2628	oct-16 2342	nov-16 2451		
Zona Industrial	CONSUMO (m ³)	dic-15 3699	ene-16 4065	feb-16 2736	mar-16 2418	Promedio Mensual (m ³)	Promedio Diario (m ³)
		abr-16 3164	may-16 2643	jun-16 3806	jul-16 3544		
		ago-16 3679	sep-16 3327	oct-16 3474	nov-16 2872		
Coop. Eloy Alfaro	CONSUMO (m ³)	dic-15 1365	ene-16 1260	feb-16 1873	mar-16 1924	Promedio Mensual (m ³)	Promedio Diario (m ³)
		abr-16 1598	may-16 1416	jun-16 1520	jul-16 1292		
		ago-16 1753	sep-16 1617	oct-16 1591	nov-16 1663		

Fuente: Adaptado de (GADMUR Rumiñahui, 2012)

Como ya se lo determino en la sección 4.15.1 la población actual del sector de estudio, entonces se procedió a tomar los valores de la Tabla 40 con referente a la población de cada sector para proceder hacer el cálculo de la dotación como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 45.
Dotaciones por sectores

Sector	Consumo Promedio Mensual (m ³)	Consumo Promedio Diario (l)	# de medidores	Población (hab)	Dotación l/hab/día
El Milagro	1243,92	41463.89	73	390	114
El Carmen	2669,08	88969.44	133	845	134
Zona Industrial	3285,58	109519.44	31	1393	80
Coop. Eloy Alfaro	1572,67	52422.22	74	582	142

Como se puede ver las dotaciones por este método son bajas y no se ajustan a la realidad de nuestro proyecto.

4.16.2. Toma de Lectura de los Medidores

La toma de lectura de los medidores se los realizo en dos sectores como son; el barrio El Milagro y la Cooperativa Eloy Alfaro, la recolección de toda la información se la realizo en 8 días de trabajo para tener valores más exactos, cada una de las mediciones se las realizaron a la misma hora todos los días, así mismo se procedió a averiguar el número de personas que habitan en la vivienda.

Tabla 46.
Lectura Diaria de los Medidores

# MEDIDOR	LECTURA(m3)									
	HORA	# PERS	L	M	M	J	V	S	D	L
			16/01/2017	17/01/2017	18/01/2017	19/01/2017	20/01/2017	21/01/2017	22/01/2017	23/01/2017
04003806	9:07	4	4688	4690	4692	4694	4695	4697	4698	4700
A15N078665	9:10	2	83	83	84	84	85	86	87	88
06032903	9:12	7	2681	2681	2682	2682	2683	2683	2684	2685
A15N078950	9:14	3	82	82	82	82	82	82	82	83
A15N078936	9:15	2	337	338	338	339	340	341	342	343
04003724	9:15	4	3685	3688	3689	3690	3691	3691	3692	3694
A13N941148	9:20	7	1189	1190	1191	1194	1195	1196	1198	1199
050545592	9:26	4	653	653	654	654	654	654	654	654
04003722	9:28	5	1960	1961	1963	1964	1965	1966	1966	1967
A16N550365	9:30	4	89	90	90	91	91	91	91	92
08007371	9:37	4	263	264	264	266	267	267	267	267
A10N910043	9:38	1	3501	3503	3504	3505	3506	3507	3508	3508
A12N930520	9:41	2	119	119	119	119	119	120	120	120

Continua 

Como se puede ver en la Tabla 46 se registró los consumo de todos los medidores posibles de los sectores anteriormente mencionados, para los cálculos se tuvo que suprimir algunos medidores ya que presentaban algunas inconsistencias al momento de calcular su consumo diario y solo se escogió los datos más significativos que pertenezcan a una sola manzana como se presenta a continuación.

Tabla 47.
Consumos Diarios de las Manzanas tipos

		LECTURA(m3) Enero 2017														
		L		M		M		J		V		S		D		L
# MEDIDOR	# PERS	16	consumo (m3)	17	consumo (m3)	18	consumo (m3)	19	consumo (m3)	20	consumo (m3)	21	consumo (m3)	22	consumo (m3)	23
El Milagro																
A15N078665	2	83	0	83	1	84	0	84	1	85	1	86	1	87	1	88
4003724	4	3685	3	3688	1	3689	1	3690	1	3691	0	3691	1	3692	2	3694
A13N941148	7	1189	1	1190	1	1191	3	1194	1	1195	1	1196	2	1198	1	1199
4003722	5	1960	1	1961	2	1963	1	1964	1	1965	1	1966	0	1966	1	1967
A12N930518	3	847	1	848	1	849	0	849	1	850	1	851	1	852	1	853
A12N930513	3	779	1	780	1	781	0	781	1	782	1	783	1	784	1	785
A12N929735	6	760	1	761	1	762	1	763	1	764	1	765	1	766	1	767
A12N930519	5	577	0	577	1	578	0	578	1	579	1	580	1	581	1	582
Cooperativa Eloy Alfaro																
130198	5	3404	1	3405	0	3405	1	3406	1	3407	1	3408	1	3409	0	3409
178300	6	4675	1	4676	0	4676	1	4677	1	4678	1	4679	0	4679	1	4680
36413	6	1872	1	1873	0	1873	0	1873	0	1873	0	1873	1	1874	1	1875
A16N550306	10	355	1	356	0	356	2	358	2	360	3	363	3	366	4	370

Como se puede observar en la Tabla 47 se escogieron 8 lecturas de medidores en el barrio El Milagro perteneciente a una manzana y de igual manera 4 medidores en la Cooperativa Eloy Alfaro, para mayor comprensión del lector se muestran a continuación graficas de consumo de cada sector.

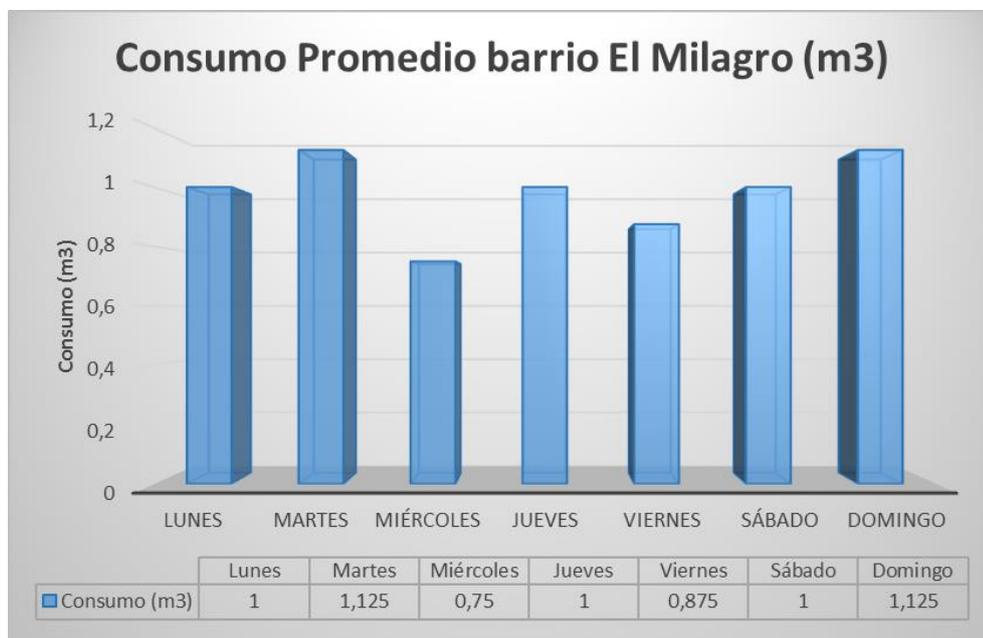


Figura 53. Registro de consumo promedio El Milagro

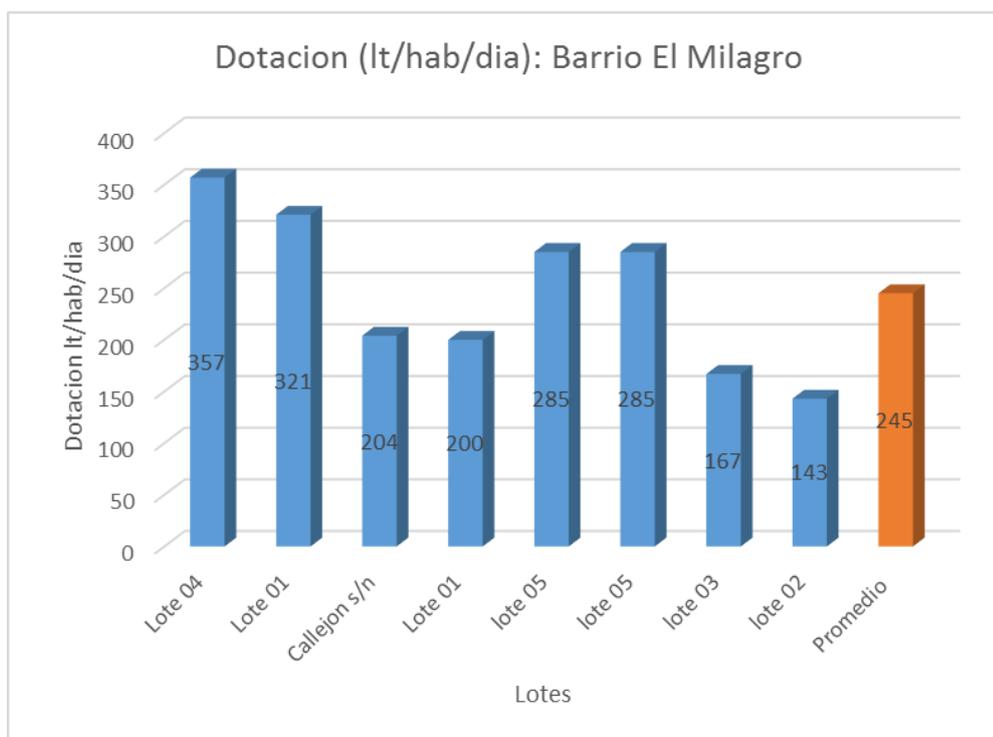


Figura 54. Dotación Promedio

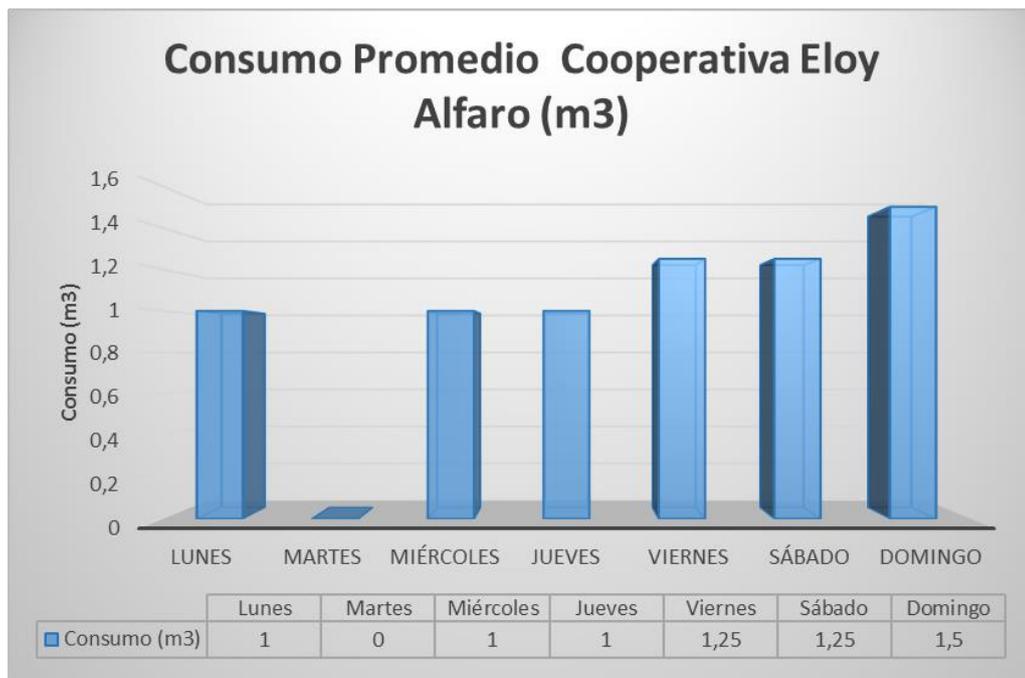


Figura 55. Registro de consumo Promedio Coop. Eloy Alfaro

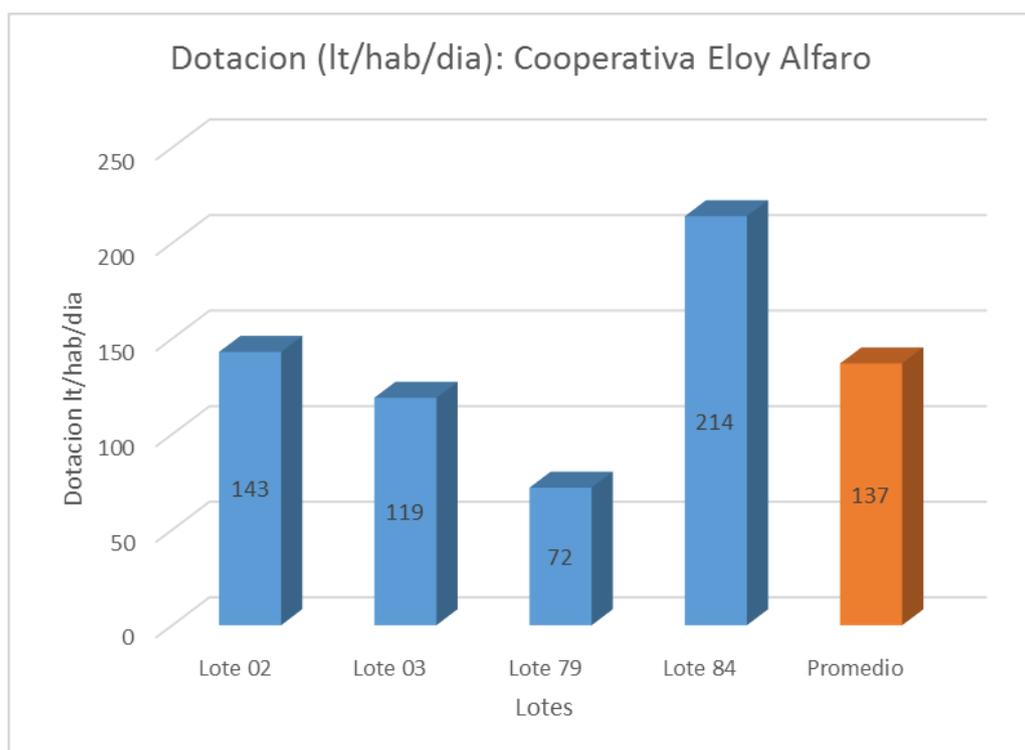


Figura 56. Dotación Promedio

Como se pueden ver en la Figura 54 la dotación promedio para el barrio el Milagro es de **245 l/hab/día**, este valor se asemeja mucho más a la realidad ya que al momento

de realizar las encuestas socioeconómicas ningún usuario se quejó de la cantidad de agua recibida, al igual que en el barrio el Carmen ya que son colindantes por ende se asumirá también que la dotación es la misma que el barrio el Milagro.

En la Figura 56 se muestra en cambio que la dotación promedio en la Cooperativa Eloy Alfaro se reduce notablemente ya que es de **137 l/hab/día**, se constata que de igual manera que en las encuestas socioeconómicas la gente se quejaba de la cantidad de agua recibida ya que no tenían un servicio continuo.

4.16.3. Dotaciones Especiales

Como se sabe que el sistema que abastece la red actual de agua potable involucra la Zona Industrial conformada por las empresas mostradas en la Tabla 42, en tales empresas fue difícil tener la información referente a personal de trabajo y el registro de consumo de cada uno de los medidores, razón por la cual la dotación seleccionada es de **80 l/hab/día** como menciona norma hidrosanitaria NHE agua.

También se tiene en el barrio El Milagro una unidad educativa que viene hacer el Colegio Rumiñahui para la cual la NEC-11 menciona que las dotaciones de agua para edificaciones destinadas a planteles educativos fluctúa de 20-50 l/s, para el caso de la red actual se adoptara una dotación de 50 l/alumno/día, este valor es una aproximado considerando el personal no residente que entra a las instalaciones.

Tabla 48.
Dotaciones Netas para la Fase de Evaluación

Sector	Dotación (l/hab/día)
EL Milagro	245
EL Carmen	245
Colegio Rumiñahui	50
Zona Industrial	80
Coop. Eloy Alfaro	137

4.17. Agua No Contabilizada

En cuestión de la determinación del agua no contabilizada, se utilizó los datos de los registros de consumos de cada medidor proporcionados por el DAPAC-R procediéndose de la siguiente manera:

- Se tomó los consumos promedios mensuales de cada sector detallados en la Tabla 44, sumándolos todos dando como resultado 8771,25 m³.
- Como ya se lo detallo en la sección 3.2. el caudal de abastecimiento de la vertiente Cotogchoa es de 26,70 l/s, produciendo un volumen mensual de aproximadamente 69206,4 m³.
- De la misma manera el caudal que se deriva al tanque Albornoz es de 7,82 l/s derivándose un volumen mensual de alrededor de 20269,44 m³.

Con los datos mencionados se procede a calcular el % de agua no contabilizada con la siguiente formula:

$$\% \text{ ANC} = \frac{\text{Volumen Producido} - \text{Volumen Consumido}}{\text{Volumen Producido}} * 100$$

$$\% \text{ ANC} = \frac{69206,4 \text{ m}^3 - (20269,44 \text{ m}^3 + 8771,25 \text{ m}^3)}{69206,4 \text{ m}^3} * 100 = 57,89\%$$

Para la el funcionamiento de la red actual se tomó un 58 % de agua no contabilizada los factores que pueden intervenir en este alto valor pueden ser:

- Conexiones clandestinas que se generan en la red por parte de usuarios que destinan está agua para mecánicas, camales o casas clandestinas.
- Fugas internas que se pueden dar en la red ya que por su tiempo de instalación puede haber fallado ya sea la tubería como las conexiones
- También se puede dar el caso en la derivación hacia el tanque Albornoz ya que se pudo constatar por los vestigios en el vertedero que hay días en el que la lámina de agua aumenta y eso produce que el caudal de llegada sea mayor al calculado el día de la visita de campo y eso afecta de forma directa al momento de contabilizar el agua que está llegando al tanque, esta variación va ligada directamente a la precipitación del Cantón ya que la fuente de captación es de flujo vertical ascendente (ojo de agua) la cual depende de la infiltración que ocurra y la humedad. El Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del Cantón Rumiñahui de 2012 menciona que “los meses secos que se registran para Rumiñahui son junio, julio y agosto, mientras que el mes de julio es el mes más seco y los meses húmedos

corresponden a septiembre y mayo, los de mayor precipitación son abril y octubre” (pág. 38) .

Para el rediseño de la red se tratara de optimizar el sistema de agua potable para tener una mayor eficiencia, para lo cual se bajara el porcentaje de agua no contabilizada a un 25%, tratando de hacer una concientización del ahorro de agua en la población y d esta manera tener índices de agua no contabilizada estables entre un 25-30 % que es el aceptable.

4.18. Caudales de Diseño

4.18.1. Caudal medio

El caudal medio se lo calcula multiplicando la población (habitantes) por la dotación (l/hab/día) este producto se lo divide para 86400 segundos que tiene un día.

$$Q_m = \frac{\text{Población} * \text{Dotacion}}{86400}$$

En nuestro caso tenemos distintos caudales según la zona como son:

- El Milagro

$$Q_m = \frac{390 \text{ hab} * 245 \text{ l/hab/día}}{86400 \text{ seg}} = 1,106 \text{ l/seg}$$

- Colegio Rumiñahui

$$Q_m = \frac{1120 \text{ hab} * 50 \text{ l/hab/día}}{86400 \text{ seg}} = 0,648 \text{ l/seg}$$

- El Carmen

$$Q_m = \frac{845 \text{ hab} * 245 \text{ l/hab/día}}{86400 \text{ seg}} = 2,396 \text{ l/seg}$$

- Zona Industrial

$$Q_m = \frac{1393 \text{ hab} * 80 \text{ l/hab/día}}{86400 \text{ seg}} = 1,289 \text{ l/seg}$$

- Cooperativa Eloy Alfaro

$$Q_m = \frac{582 \text{ hab} * 137 \text{ l/hab/día}}{86400 \text{ seg}} = 0,923 \text{ l/seg}$$

4.18.2. Caudal en la Conducción y Red de distribución

Como se menciona en la Norma INEN 1992 el caudal Q_m se le debe adicionar un porcentaje de acuerdo al elemento que se vaya a diseñar para este caso se tomara $Q_m+5\%$ que pertenecen a captación de aguas subterráneas y conducción de aguas subterráneas ya que para este caso se adapta perfectamente.

$$Q_m = Q_m + 5\%$$

- El Milagro

$$Q_m = 1,106 \text{ l/seg} + 0,0553 \text{ l/seg} = 1,161 \text{ l/seg}$$

- Colegio Rumiñahui

$$Q_m = 0,648 \text{ l/seg} + 0,0324 \text{ l/seg} = 0,681 \text{ l/seg}$$

- El Carmen

$$Q_m = 2,396 \text{ lt/seg} + 0,1198 \text{ lt/seg} = 2,516 \text{ lt/seg}$$

- Zona Industrial

$$Q_m = 1,289 \text{ lt/seg} + 0,06445 \text{ lt/seg} = 1,354 \text{ lt/seg}$$

- Cooperativa Eloy Alfaro

$$Q_m = 0,923 \text{ lt/seg} + 0,0462 \text{ lt/seg} = 0,969 \text{ lt/seg}$$

4.18.3. Caudal Máximo Diario

Para el proyecto se estableció un coeficiente de variación diaria k igual 1.5 con el cual estamos estimando un 50% más de caudal para cubrir los días de máximo consumo ya que el Cantón cuenta con un clima templado eso es uno de los factores que intervienen de forma directa en el coeficiente de variación diaria.

- El Milagro

$$Q_{max. dia} = k_{max. día} * Q_m$$

$$Q_{max. dia} = 1,5 * 1,161 = 1,742 \text{ l/seg}$$

- Colegio Rumiñahui

$$Q_{max. dia} = k_{max. día} * Q_m$$

$$Q_{max. dia} = 1,5 * 0,681 = 1.022 \text{ l/seg}$$

- El Carmen

$$Q_{max. dia} = k_{max. día} * Q_m$$

$$Q_{max. dia} = 1,5 * 2,516 = 3,774 \text{ l/seg}$$

- Zona Industrial

$$Q_{max. dia} = k_{max. día} * Q_m$$

$$Q_{max. dia} = 1,5 * 1,354 = 2,031 \text{ l/seg}$$

- Cooperativa Eloy Alfaro

$$Q_{max. dia} = k_{max. día} * Q_m$$

$$Q_{max. dia} = 1,5 * 0,969 = 1,454 \text{ l/seg}$$

A estos caudales diarios se le debe adicionar el caudal que es que deriva al tanque Albornoz el cual se lo detallo en la sección 3.2.2 el cual es tiene un valor de 7,82 l/seg.

Para el proyecto se trabajara con el caudal máximo diario ya que nuestro sistema es un sistema a gravedad entonces el caudal para la fase de diagnóstico es:

$$Q(\text{Conducción}) = 1,742 + 1,022 + 3,774 + 2,031 + 1,454 + 7,82 = 17,879 \text{ l/s}$$

4.18.3. Caudal Máximo Horario

En concerniente al coeficiente de variación horaria se estableció un valor de 2 para el cálculo del caudal máximo horario.

- El Milagro

$$Q_{max. hora} = k_{max. hora} * Q_m,$$

$$Q_{max. hora} = 2 * 1,161 = 2,322 \text{ l/seg}$$

- Colegio Rumiñahui

$$Q_{max. hora} = k_{max. hora} * Q_m$$

$$Q_{max. hora} = 2 * 0,681 = 1,362 \text{ l/seg}$$

- El Carmen

$$Q_{max. hora} = k_{max. hora} * Q_m$$

$$Q_{max. hora} = 2 * 2,516 = 5,032 \text{ l/seg}$$

- Zona Industrial

$$Q_{max. hora} = k_{max. hora} * Q_m$$

$$Q_{max. hora} = 2 * 1,354 = 2,708 \text{ l/seg}$$

- Cooperativa Eloy Alfaro

$$Q_{max. hora} = k_{max. hora} * Q_m$$

$$Q_{max. hora} = 2 * 0,969 = 1,938 \text{ l/seg}$$

4.19. Volúmenes de Almacenamiento

El volumen de almacenamiento juega un papel importante en el sistema de distribución ya que este volumen sirve para compensar las variaciones de consumos que se producen durante todo el día, mantienen las presiones de servicio en la red de distribución y almacena volúmenes de agua para atender situaciones de emergencia. (Arrocha, 1977, pág. 127)

4.19.1. Volumen de Regulación

Este volumen se lo calcula en base a las variaciones horarias del consumo en base a los respectivos análisis por parte del proyectista, en caso que no se cuenten con el dato de las variaciones se recomienda que “para poblaciones mayores de 5000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño” (INEN, 1992, pág. 44).

4.19.2. Volumen de Protección contra Incendios

El Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9-1 menciona que:

- Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios.
- Para poblaciones de hasta 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 50 \sqrt{p}$, en m³.

- Para poblaciones de más de 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 100 \sqrt{p}$, en m³.

En estas fórmulas:

p = población en miles de habitantes

V_i = volumen para protección contra incendios, en m³. (pág. 44)

4.19.3. Volumen de Emergencia

“Para poblaciones mayores de 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia. Para comunidades con menos de 5 000 habitantes no se calculará ningún volumen para emergencias” (INEN, 1992, pág. 44).

CAPITULO 5

EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

5.1. Antecedentes

En la fase de evaluación del sistema actual intervendrán todos los parámetros vistos en el capítulo anterior como son: el catastro realizado (tuberías, válvulas, accesorios), levantamiento topográfico, dotaciones en el sistema actual y oferta de la fuente de captación entre otros. Con estos parámetros se trata de proponer un modelo hidráulico que se asemeje a la realidad de la red actual, para encontrar las posibles falencias, problemas e incertidumbres que aquejan a los usuarios del sistema de agua potable. Posteriormente se comprobará los datos generados en el programa EPANET con los datos tomados en campo como son las presiones en nudos.

5.2. Parámetros para la Evaluación

5.2.1. Cota de los Nudos

Para la altimetría del sistema actual se lo realizó con los datos detallados en la sección 4.3. con referencia al levantamiento topográfico realizado, a las cotas de los nudos se les restó 1,20 m de altura que se sabe que está enterrada la tubería tanto principal como secundarias.

5.2.2. Dotación

En cuestión de las dotaciones para la evaluación se las calculó en la sección 4.16. las cuales se ven en la Tabla 48 las cuales son; los barrios El Milagro y El Carmen con un valor de **245 l/hab/día**, el colegio Rumiñahui con una dotación de **40 l/hab/día**, la Zona Industrial con un valor de **80 l/hab/día** y la Cooperativa Eloy Alfaro con un dotación promedio de **137 l/hab/día**.

5.3. Cálculo de Caudales para la Evaluación

Como ya se vio en la sección 4.15. se calculó la población actual a la que brinda el servicio la red de distribución, la siguiente tabla detalla la población y el caudal que se estima se consume en cada nudo actualmente.

Tabla 49.
Calculo de la Población y Caudales para la Evaluación del Sistema Actual

# de Area	# Nodo	Ubicación			Área Bruta		Área Neta		# de casas	# de hab por casa	Poblacion hab	Dotación l/Hab/dia	Qm l/s	Qm + 5% l/s	Qmax.dia (kmax.dia =1.5) l/s	Qmax.hora (kmas.hora=2) l/s	Qmax.hora sectores l/s	Sector
		Este	Norte	Elevacion	m2	Ha	m2	Ha										
	2	783329,67	9959520,05	2558,23										7,858		7,858	Caudal derivado Albornoz	
1	8	782789,62	9960426,66	2537,22	27612,13	2,76	23470,31	2,35	18	5	90	245	0,255	0,268	0,402	0,536	EL Milagro	
2	4	782540,22	9960342,37	2532,69	7973,15	0,80	6777,18	0,68	6	5	30	245	0,085	0,089	0,134	0,179	EL Milagro	
3	5	782511,48	9960282,72	2530,25	8998,82	0,90	7649,00	0,76	5	5	25	245	0,071	0,074	0,112	0,149	EL Milagro	
4	6	782447,49	9960240,44	2527,25	10234,52	1,02	8699,34	0,87	16	5	80	245	0,227	0,238	0,357	0,476	EL Milagro	
5	7	782349,00	9960362,70	2529,32	12431,52	1,24	10566,79	1,06	Plantel	Educativo	1120	50	0,648	0,681	1,021	1,361	Colegio Rumiñahui	
6	3	782602,42	9960154,87	2530,16	22385,74	2,24	19027,88	1,90	17	5	85	245	0,241	0,253	0,380	0,506	EL Milagro	
7	9	782573,73	9959984,73	2531,29	4630,60	0,46	3936,01	0,39	6	5	30	245	0,085	0,089	0,134	0,179	EL Milagro	
8	10	782524,48	9960061,61	2529,82	21891,00	2,19	18607,35	1,86	10	5	50	245	0,142	0,149	0,223	0,298	EL Milagro	
9	12	782197,19	9960256,67	2523,81	17147,78	1,71	14575,62	1,46	44	5	220	245	0,624	0,655	0,983	1,310	El Carmen	
10	11	782255,63	9959915,34	2537,16	35082,77	3,51	29820,36	2,98	22	5	110	245	0,312	0,328	0,491	0,655	El Carmen	
11	13	782068,76	9960244,23	2527,32	25856,61	2,59	21978,12	2,20	25	5	125	245	0,354	0,372	0,558	0,744	El Carmen	
12	14	782192,34	9960441,58	2518,31	9332,57	0,93	7932,68	0,79	11	5	55	245	0,156	0,164	0,246	0,328	El Carmen	
13	15	782004,31	9960239,77	2529,11	5814,20	0,58	4942,07	0,49	12	5	60	245	0,170	0,179	0,268	0,357	El Carmen	
14	17	781963,59	9960292,39	2529,03	14643,09	1,46	12446,62	1,24	33	5	165	245	0,468	0,491	0,737	0,983	El Carmen	
15	16	781890,75	9960138,82	2525,17	41196,84	4,12	35017,31	3,50	22	5	110	245	0,312	0,328	0,491	0,655	El Carmen	
16	18	781614,07	9960222,46	2524,82	57873,36	5,79	49192,36	4,92	Empresas	Industriales	32	80	0,030	0,031	0,047	0,062	Zona Industrial	
17	19	781601,33	9960226,15	2525,03	125562,51	12,56	106728,13	10,67	Empresas	Industriales	623	80	0,577	0,606	0,909	1,211	Zona Industrial	
18	20	781544,26	9960444,94	2520,25	67201,41	6,72	57121,20	5,71	Empresas	Industriales	247	80	0,229	0,240	0,360	0,480	Zona Industrial	
19	22	781492,90	9960838,57	2516,95	80368,47	8,04	68313,20	6,83	Empresas	Industriales	31	80	0,029	0,030	0,045	0,060	Zona Industrial	
20	23	781511,39	9961024,89	2511,88	46768,77	4,68	39753,45	3,98	Empresas	Industriales	92	80	0,085	0,089	0,134	0,179	Zona Industrial	
21	21	781323,72	9960497,07	2516,10	55852,54	5,59	47474,66	4,75	Empresas	Industriales	70	80	0,065	0,068	0,102	0,136	Zona Industrial	
22	24	781451,77	9959723,63	2529,38	157259,38	15,73	133670,47	13,37	Empresas	Industriales	298	80	0,276	0,290	0,435	0,579	Zona Industrial	
23	27	781355,37	9959599,32	2531,92	4718,82	0,47	4011,00	0,40	6	6	36	137	0,057	0,060	0,090	0,120	Urbanizacion Eloy Alfaro	
24	28	781186,02	9959624,36	2523,32	6517,70	0,65	5540,04	0,55	5	6	30	137	0,048	0,050	0,075	0,100	Urbanizacion Eloy Alfaro	
25	29	781069,53	9959642,07	2513,54	4508,12	0,45	3831,90	0,38	1	6	6	137	0,010	0,010	0,015	0,020	Urbanizacion Eloy Alfaro	
26	26	781413,02	9959677,28	2530,21	11661,22	1,17	9912,04	0,99	6	6	36	137	0,057	0,060	0,090	0,120	Urbanizacion Eloy Alfaro	
27	31	781197,83	9959706,52	2527,73	14362,87	1,44	12208,44	1,22	8	6	48	137	0,076	0,080	0,120	0,160	Urbanizacion Eloy Alfaro	
28	30	781074,32	9959724,91	2521,04	9459,67	0,95	8040,72	0,80	2	6	12	137	0,019	0,020	0,030	0,040	Urbanizacion Eloy Alfaro	
29	25	781395,84	9959767,23	2526,52	9856,56	0,99	8378,08	0,84	8	6	48	137	0,076	0,080	0,120	0,160	Urbanizacion Eloy Alfaro	
30	33	781210,83	9959793,46	2526,85	14013,77	1,40	11911,71	1,19	12	6	72	137	0,114	0,120	0,180	0,240	Urbanizacion Eloy Alfaro	
31	32	781101,69	9959810,18	2521,79	5937,07	0,59	5046,51	0,50	3	6	18	137	0,029	0,030	0,045	0,060	Urbanizacion Eloy Alfaro	
32	37	781376,93	9959858,42	2523,98	12525,13	1,25	10646,36	1,06	1	6	6	137	0,010	0,010	0,015	0,020	Urbanizacion Eloy Alfaro	
33	36	781224,33	9959880,71	2525,02	14617,87	1,46	12425,19	1,24	6	6	36	137	0,057	0,060	0,090	0,120	Urbanizacion Eloy Alfaro	
34	35	781103,10	9959898,57	2519,82	9878,33	0,99	8396,58	0,84	4	6	24	137	0,038	0,040	0,060	0,080	Urbanizacion Eloy Alfaro	
35	34	781053,59	9959954,21	2510,19	28353,62	2,84	24100,58	2,41	4	6	24	137	0,038	0,040	0,060	0,080	Urbanizacion Eloy Alfaro	
36	39	781244,55	9960018,99	2518,74	14724,10	1,47	12515,49	1,25	4	6	24	137	0,038	0,040	0,060	0,080	Urbanizacion Eloy Alfaro	
37	38	781177,29	9959974,66	2520,34	10559,88	1,06	8975,90	0,90	4	6	24	137	0,038	0,040	0,060	0,080	Urbanizacion Eloy Alfaro	
38	40	781121,38	9960020,60	2515,40	7326,95	0,73	6227,91	0,62	5	6	30	137	0,048	0,050	0,075	0,100	Urbanizacion Eloy Alfaro	
39	42	781257,96	9960112,10	2514,07	8989,35	0,90	7640,95	0,76	4	6	24	137	0,038	0,040	0,060	0,080	Urbanizacion Eloy Alfaro	
40	41	781137,66	9960129,58	2512,65	6994,40	0,70	5945,24	0,59	4	6	24	137	0,038	0,040	0,060	0,080	Urbanizacion Eloy Alfaro	
41	44	781080,79	9960320,04	2497,02	19269,26	1,93	16378,87	1,64	4	6	24	137	0,038	0,040	0,060	0,080	Urbanizacion Eloy Alfaro	
42	43	781230,69	9960207,14	2509,57	11598,17	1,16	9858,44	0,99	3	6	18	137	0,029	0,030	0,045	0,060	Urbanizacion Eloy Alfaro	
43	45	781130,57	9960312,76	2500,97	5475,38	0,55	4654,07	0,47	1	6	6	137	0,010	0,010	0,015	0,020	Urbanizacion Eloy Alfaro	
44	46	781142,48	9960392,92	2498,65	5058,78	0,51	4299,96	0,43	2	6	12	137	0,019	0,020	0,030	0,040	Urbanizacion Eloy Alfaro	
Total					1092524,83	109,25	928646,11	92,86	344		4330		6,363	6,681	10,021	13,362	21,219	

Como se muestra en la Tabla 49 la red cubre un área bruta aproximada de 109,25 Ha y con un área neta de 92,86 Ha, al hablar de área neta se refiere a la superficie la cual está descontando la parte del terreno ocupada por las calles, pasajes y vías principales el cual viene a ocupar un 15% del área bruta.

5.4. Modelamiento de la Red de Distribución Actual

Para el modelamiento de la red actual se utilizó el programa EPANET el cual se lo detallo en la sección 2.9. para la geometría de la red (diámetros, longitudes, válvulas) se las modelo de acuerdo al catastro realizado y esquematizado en los planos entregados por el DAPAC-R. Con la ayuda del Programa EpaCAD se exporto la red del AutoCAD hacia el EPANET, modelándose de la siguiente manera como se muestra en la Figura 57, el modelo se lo realizo con el método de Hazen-Williams.

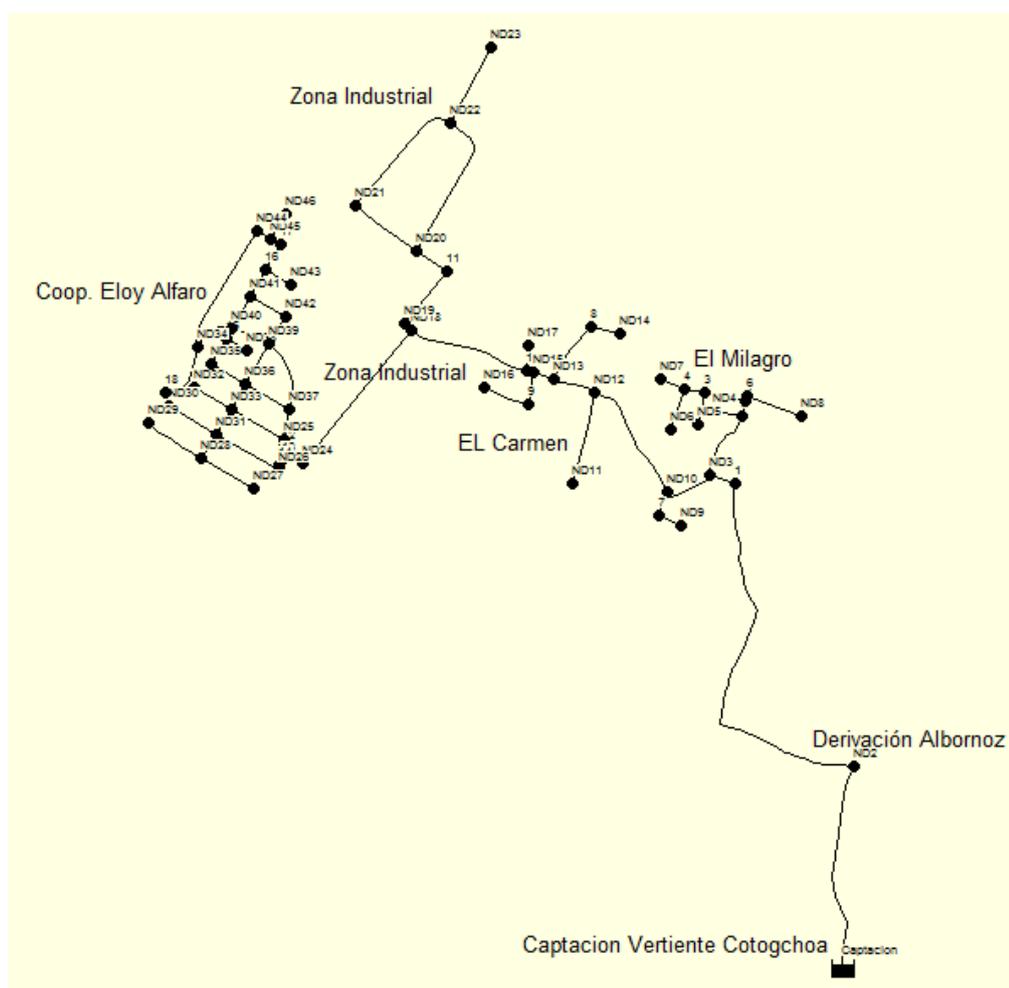


Figura 57. Modelo del Sistema en EPANET

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000)

5.4.1. Cotas de los Nudos

Para las alturas del proyecto se utilizó los datos de topografía detallados en la sección, así mismo las cotas en los nodos se las detallo en la Tabla 49.

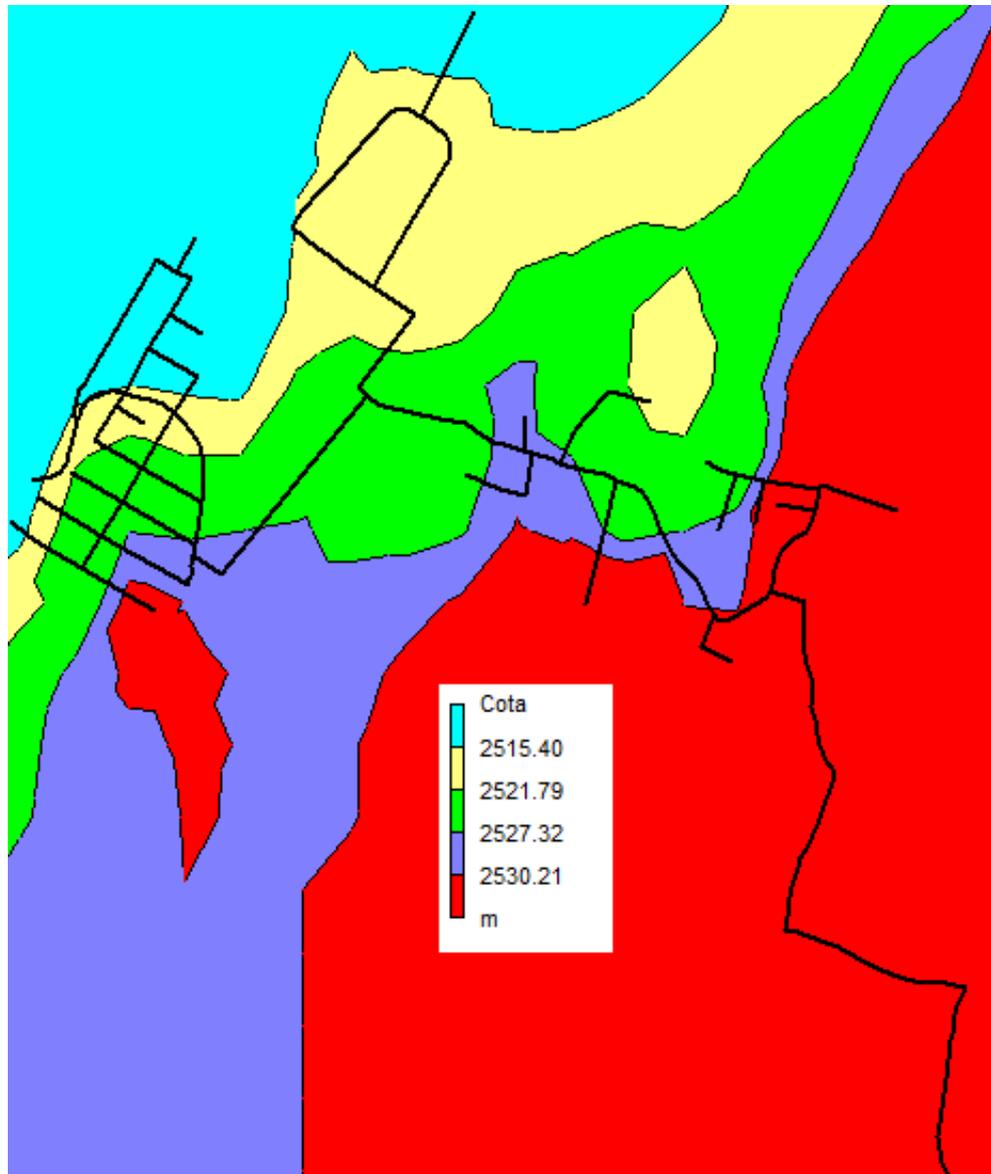


Figura 58. Mapa de Contorno-Cotas del Proyecto

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000)

5.4.2. Demanda Base en los Nudos

La demanda base se las calculo en la Tabla 49 para cada uno de los nudos del sistema, para posteriormente ser ingresados en el EPANET, se utilizó el caudal

máximo diario en el modelamiento, a continuación en la Figura 59 se puede ver demanda base de los nudos.

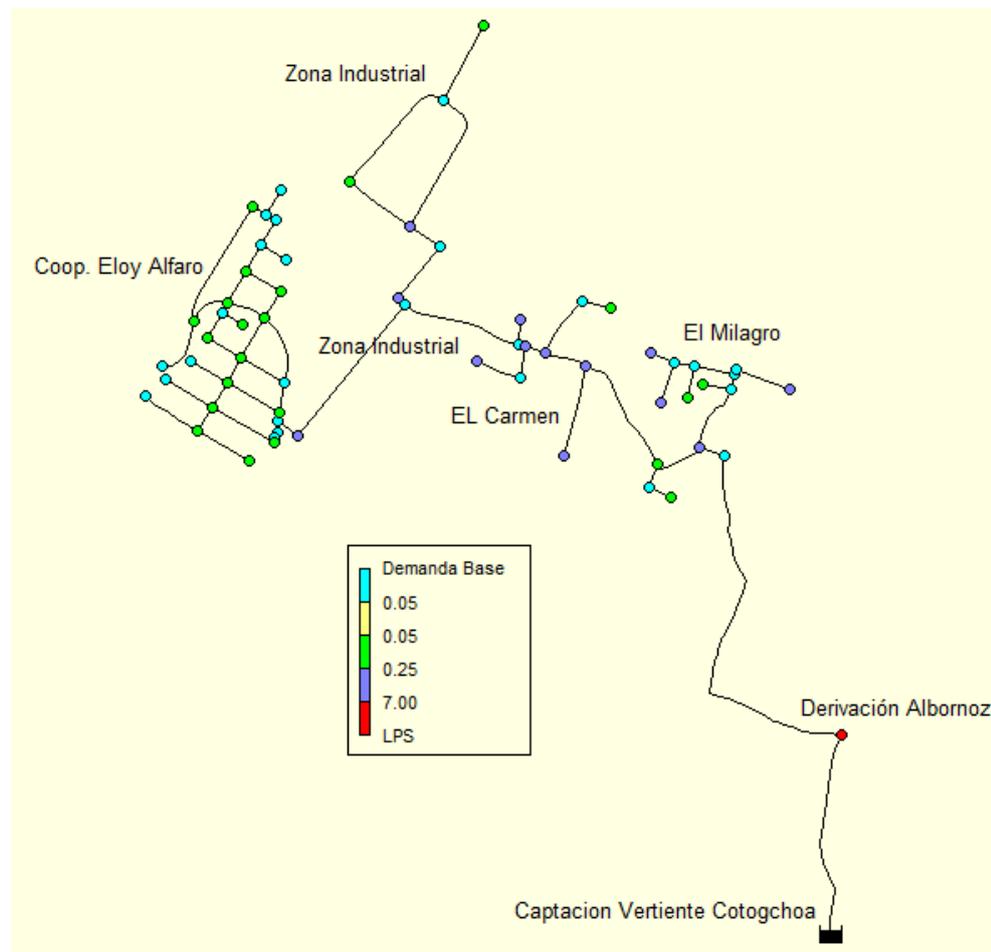


Figura 59. Demanda Base en los Nudos

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000)

5.4.3. Tuberías en la Red Actual

La tubería con la que está funcionando el sistema actual se la definió en el catastro en la sección 3.3. Mientras que el tipo de material, longitud (nominal & estándar) y diámetro a ser ingresados en el EPANET para el modelo hidráulico se lo detallo en la Tabla 3.

5.5. Evaluación del Sistema Actual

La evaluación actual solo se la realizo en periodo estático ya que con esto estamos simulando las condiciones máximas de la red actual de agua potable por ende tanto las velocidades, caudales y presiones serán las máximas probables que se den en la red.

5.6. Velocidades en la Red Actual

Las velocidades que consta el sistema actual vienen a ser bajas con un rango de 0,0 m/s hasta 1,28 m/s, se puede observar en el Anexo 3 que en la Cooperativa Eloy Alfaro y la Zona Industrial tienen las velocidades por debajo de 0,05 m/s, mientras que el barrio El Milagro cuentan con rangos un poco más elevados, los resultados obtenidos en el EPANET se los muestra a continuación en la Figura 60.

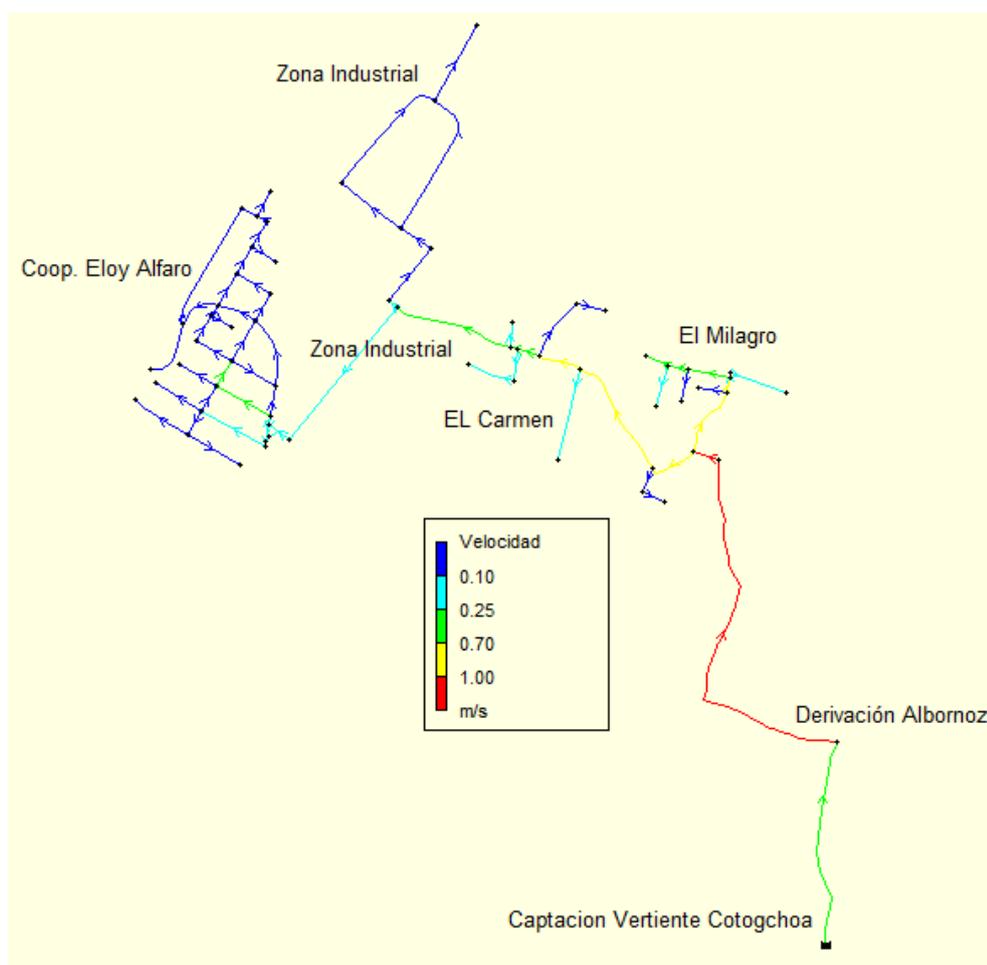


Figura 60. Velocidades del Sistema Actual-Periodo Estático

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000)

5.7. Caudales en la Red Actual

Como se puede ver en la Figura 61, el caudal saliente de la vertiente es mayor a los 16 l/s, al derivarse el caudal a Albornoz el caudal baja considerablemente y su valor varía entre 8 y 10 l/s, mientras que el caudal distribuido para el sector de EL Milagro fluctúa entre 0 y 3 l/s, el barrio EL Carmen tiene caudales de 0 a 8 l/s, para la zona

industrial son de 0 a 3 l/s y para la Cooperativa Eloy Alfaro sus caudales están entre 0 y 1 l/s dentro de la Cooperativa, todos los caudales se los puede ver en el Anexo 3.

Se puede ver también que los caudales de la linera principal para; el barrio El Milagro, barrio El Carmen y la Cooperativa Eloy Alfaro fluctúan entre 1 y 8 l/s.

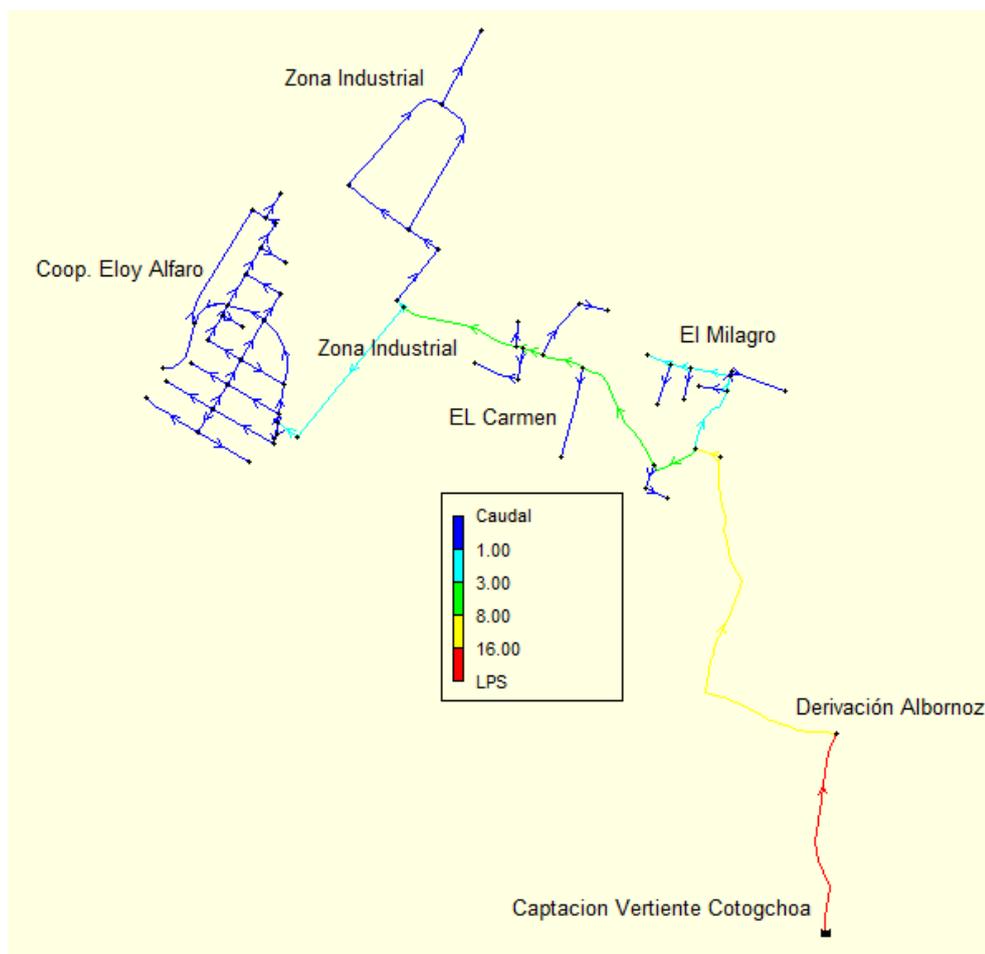


Figura 61. Caudales del Sistema Actual-Periodo Estático

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000)

5.8. Presiones en la Red Actual

Las presiones de la red actual fluctúan de 0 a 40,09 mca estos rangos de presiones en los nudos varían dependiendo el nivel del terreno ya que el sistema funciona por gravedad las presiones más altas se dan en los puntos donde hay una diferencia significativa de cota, mientras que donde la cota se acerca a la cota de la captación pues la presión disminuye considerablemente para mayor comprensión visual se presenta la siguiente imagen con respecto a las presiones de servicio.

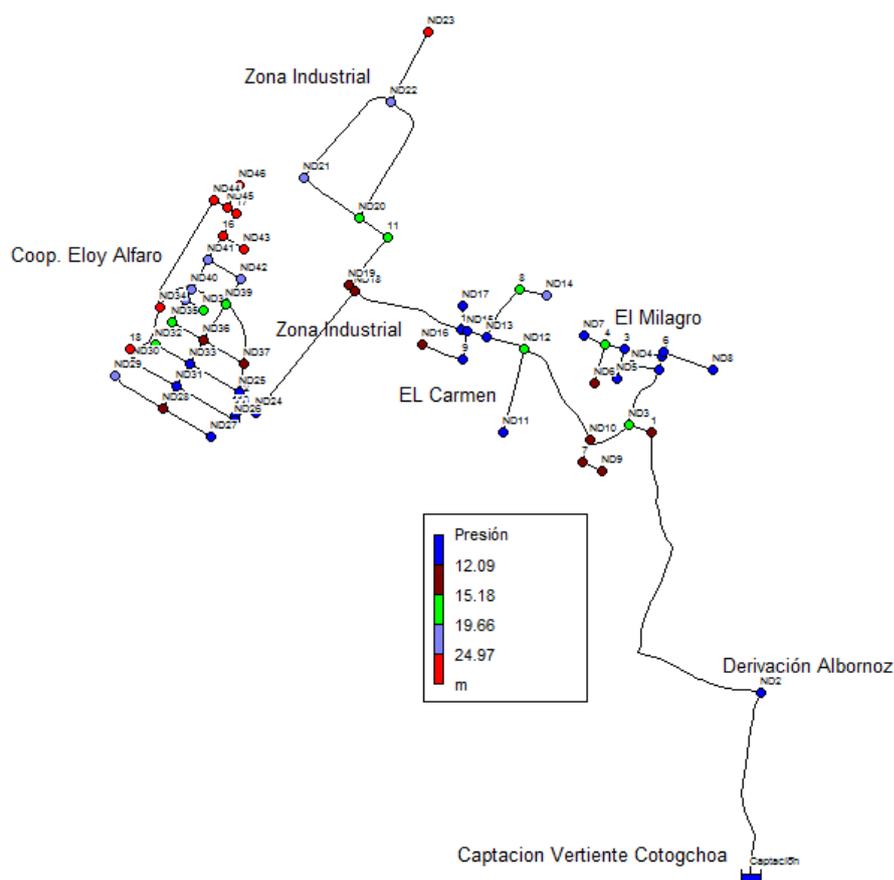


Figura 62. Presiones del Sistema Actual-Periodo Estático

Fuente: (U:S: Environmental Protection Agency, 2000)

Como se puede observar en la Figura 62 en la mayor parte de la Cooperativa Eloy Alfaro, el Barrio el Milagro y el barrio el Carmen sus presiones fluctúan entre 0 y 12,09 mca, así mismo se puede ver que las presiones en ciertas partes de la Cooperativa Eloy Alfaro superan los 24 mca esto se debe a la alta diferencia de cota que existen en los nudos, todas las presiones de los nudos se los puede ver en el Anexo 4.

5.9. Comprobación de Resultados

Para poder comprobar y verificar si el modelo hidráulico adoptado esta acorde a la realidad de la red actual se procedió a realizar visitas de campo en ciertos predios cercanos a los nudos del modelo hidráulico mostrados en la Figura 62, para posteriormente proceder a tomar la presión con un manómetro en la llave más cercana al medidor, mismas visitas se las realizó en un día completo los datos de presiones de campo se los presenta a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 50.
Presiones de Campo vs Presiones de EPANET

NUMERO DE NODO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NUMERO DE MEDIDOR	HORA DE LA MEDICIÓN	COTA msnm	PRESION EN CAMPO		PRESIÓN EPANET	DIFERENCIA		ANEXO FOTOGRAFICO
					Psi	mca	mca	mca	psi	
3	ZURITA OLALLA JOSE TOBIAS	04002865	9:52	2530,25	21	14,763	15,26	-0,497	-0,71	
8	TOPON CUEVA MARIA ANA	04003808	9:55	2537,22	6	4,218	4,59	-0,372	-0,53	
7	DIRECCION DISTRITAL 17D11-MEJIA- RUMIÑAHUI- EDUCACION	B16N970634	10:04	2529,32	12	8,436	10,95	-2,514	-3,57	
6	CHANATAXI TOAPANTA MARIA CECILIA	A12N930511	10:15	2527,25	19	13,357	13,23	0,127	0,18	
14	CHALCO ANDRANGO JOSE SANTOS	A13N941499	10:29	2518,31	25	17,575	20,99	-3,415	-4,85	

Tabla 50. Continuación**Presiones de Campo vs Presiones de EPANET**

NUMERO DE NODO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NUMERO DE MEDIDOR	HORA DE LA MEDICIÓN	COTA msnm	PRESION EN CAMPO		PRESIÓN EPANET	DIFERENCIA		ANEXO FOTOGRAFICO
					Psi	mca	mca	mca	psi	
17	CHAVEZ MINCHALA LUIS ALFONSO	8007142	10:38	2529,03	13	9,139	9,83	-0,691	-0,98	
22	EQF EL QUESO FRANCES S.A.	A10N910085	10:40	2516,95	27	18,981	21,09	-2,109	-2,99	
25	CONSTANTE BOHORQUEZ FRANKLIN EDMUNDO	A13N940650	10:50	2526,52	15	10,545	11,09	-0,545	-0,77	
31	JARAMILLO GODOY PAOLA CARMEN	A15N201735	11:19	2527,73	10	7,03	9,6	-2,57	-3,65	
39	PAZMIÑO SALAZAR FLERIDA ASUNCION	A12N924295	11:00	2518,74	26	18,278	18,39	-0,112	-0,16	

La medición de presiones de los nudos se la realizo de la siguiente manera; ND3, ND6, ND7, ND8 ubicados en el barrio El Milagro, los nudos ND14, ND17 pertenece al barrio el Carmen, ND22 situado en la Zona Industrial y los nodos ND31, ND39 corresponden a la Cooperativa Eloy Alfaro como se muestra en la Figura 63.

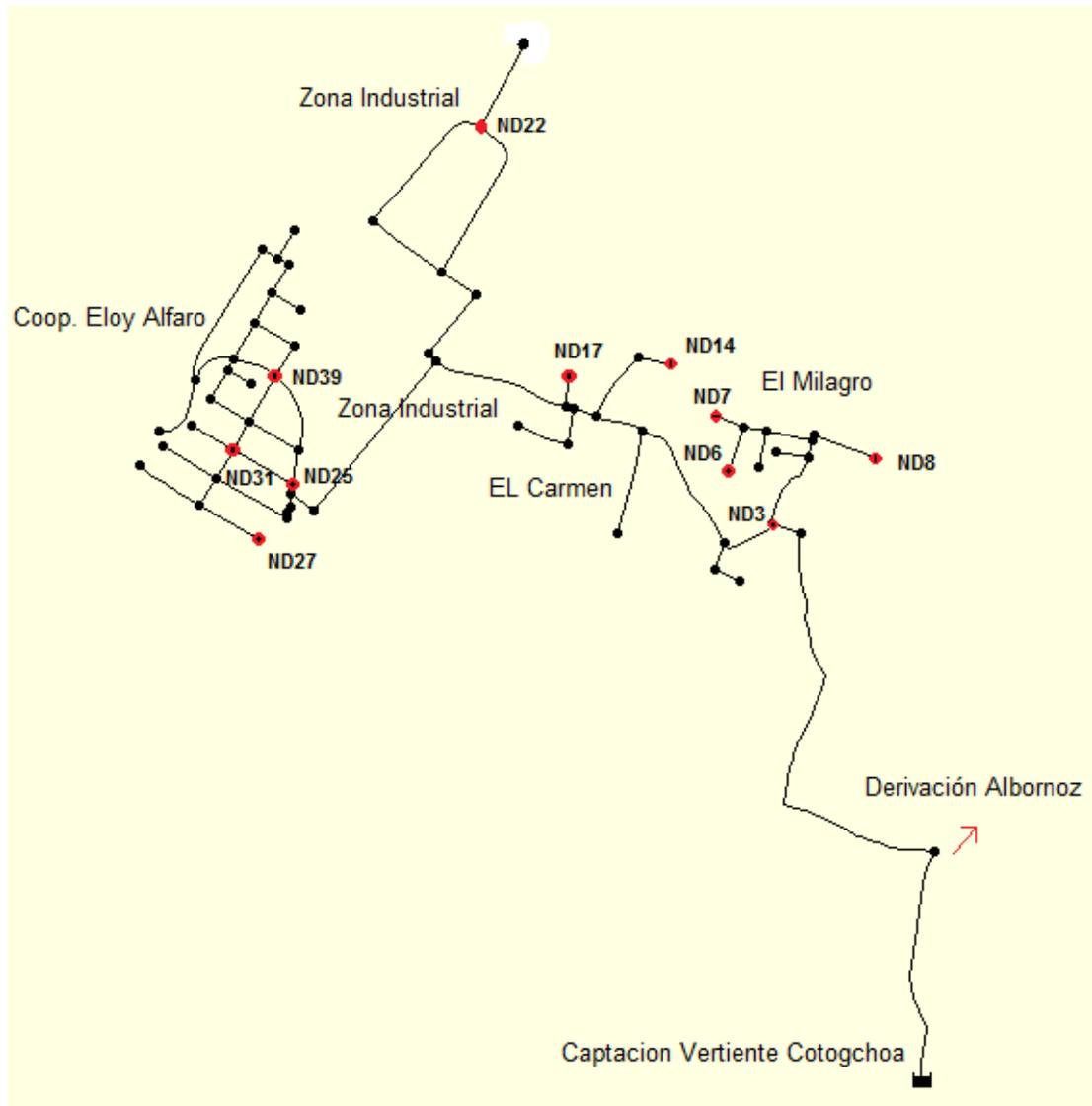


Figura 63. Punto de la Toma de Presiones

Como se puede observar en la Tabla 50 las presiones tomadas en campo se las midió en psi para posteriormente ser transformadas a mca y a su vez hacer una comparación entre la presión dada en el software EPANET sacando una diferencia de presiones, si la diferencia de presiones es negativa quiere decir que la presión del

EPANET es mayor que la de campo caso contrario si es positiva significa que la de campo es mayor a la del EPANET.

Se puede ver en la Tabla 50 que en los nodos; ND3, ND8, ND6, ND17, ND25 y ND39 la diferencia de presiones de campo y dadas en el EPANET son menores a 1 mca y se puede concluir que son muy aceptables ya que van acorde con la realidad de la red actual, para ejemplificar lo anterior se muestra a continuación la siguiente figura.



Figura 64. Presión de Campo ND3

Como se puede ver en la Figura 64 la presión aproximada de campo es de 21 psi que transformados a mca resulta 14,76 mientras que la presión resultante del EPANET es de 15,26 mca, entonces se puede apreciar una diferencia de presiones de 0,497 mca.

Mientras que en los nodos; ND7, ND14, ND22 y ND3 la diferencia de presiones fluctúa entre 0 y 3,5 y pues se darán como válidas ya que por problemas como por ejemplo conexiones clandestinas entre otros puede ser que la presión que llegue no este concorde con la del EPANET.

En la comparación de presiones hubo un caso especial concerniente al ND27 perteneciente a la Cooperativa Eloy Alfaro, el cual en la toma de presión de campo el resultado del manómetro fue de cero como se puede mostrar en la siguiente figura.



Figura 65. Presión de campo ND27

Dada esta presión de 0 mca la cual se tomó a las 10:55 am, la comparamos con la presión del EPANET la cual dio de 5,39 mca, la usuaria del servicio supo mencionar que hay ciertos intervalos de tiempo en el cual no tiene presión ni caudal como se demostró aquella mañana en la toma respectiva de la presión, el lapso del día donde si tiene presión y caudal es en la noche en la cual puede almacenar el agua para sus usos cotidianos.

Este resultado del EPANET tuvo una variación ya que como mencionamos anteriormente en el periodo estático se dan los máximos valores ya sea de velocidad de caudal o de presión.

5.10. Resultado de la Evaluación del Sistema Actual

Con respecto al modelamiento el en EPANET, en cuestión de velocidades se tiene que en la mayor parte de la cooperativa Eloy Alfaro las velocidades en las tuberías son menores a 0,09 m/s mientras que en otras tienen velocidades que llegan a los 0,26 m/s.

Con relación al caudal las zonas que menos reciben caudal son; la Cooperativa Eloy Alfaro que presenta caudales bajos el más bajo que se pudo detectar es de 0,01 l/s y la Zona industrial la cual tiene un caudal mínimo de 0,02 l/s

En cuestiones de presiones se ve claramente una déficit en el sector de la Cooperativa Eloy Alfaro, se lo demostró con la opinión de los usuarios en la encuesta socioeconómica y ahora también en el modelamiento en EPANET, las mismas fueron comprobadas en el campo, los únicos sectores que cuentan con presiones necesarias en dicho sector son las zonas que cuentan con una cota menor a los 2518 msnm ya que

la diferencia de altura con respecto a la captación es de gran magnitud y como el sistema funciona a gravedad estos sectores si cuentan con la presión necesaria de servicio.

Con respecto al porcentaje de agua no contabilizada de 58% calculadas en la red influyen los parámetros vistos anteriormente en su respectivo cálculo, para reducir ese porcentaje en el rediseño del sistema se deberá levantar la tubería en mal estado para así poder controlar ya sea las fugas y las conexiones clandestinas que pueden existir.

Por estas razones se define que el sistema está fallando en cuestiones de la entrega del servicio y necesita un rediseño de la red tratando de aprovechar la tubería que en algunos tramos ya fueron ya cambiadas.

CAPITULO 6

CALIDAD DEL AGUA

6.1. Introducción

El agua potable proporcionada por el DAPAC-R se sabe es destinada para el consumo humano y debe estar exenta de microorganismos capaces de causar enfermedades o efectos fisiológicos por ende debe cumplir con las disposiciones detallados en la norma INEN 1108 para que así se garantice su calidad tanto física, química y bacteriológica.

Antes de comenzar cualquier proyecto de agua potable se debe garantizar que el agua es apta para consumo humano y si no lo es ver las posibilidades de darle un tratamiento adecuado según el grado de contaminación viendo si es factible económicamente, como la captación de la vertiente Cotogchoa está en uso se sabe que el agua es apta, pero para el rediseño de la red se constatará nuevamente la calidad de agua de la captación.

6.2. Toma de la Muestra

Se procedió a tomar tres muestras de agua la primera en la vertiente Cotogchoa antes de ser aplicado el cloro gas, la segunda en la entrada a la tubería principal y la última en el colegio Rumiñahui, la misma toma se las realizó el día 15 de Marzo del 2017 a las 7:10 am, previamente se recibió una charla por parte de la Jefa de Laboratorio de Medio Ambiente de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE acerca del procedimiento para la toma de la muestra.



Figura 66. Toma de Muestra Vertiente Cotogchoa



Figura 67. Toma de Muestra Entrada a la Tubería Principal

Para los parámetros físico-químicos se procedió a tomar una muestra en un recipiente de 3000 ml y dos de 1200 ml esterilizados previamente y en buen estado como se muestra en la Figura 66 y en la Figura 67.

Para los parámetros bacteriológicos se tomó cuatro muestras en frascos winkler de 300 ml proporcionados en el laboratorio de Medio Ambiente, una vez extraída la muestra en el recipiente se los cello insitu como se puede observar en la Figura 68.



Figura 68. Toma de Muestras para Análisis bacteriológico

Todas las muestras para su transporte fueron almacenadas en un couler como se puede apreciar en la Figura 69 para que se pueda mantenerse a una temperatura que no permita que los microorganismos existentes mueran y así tener un análisis más exacto con respecto a los parámetros ya sea físicos, químicos y bacteriológicos.



Figura 69. Almacenamiento para el Transporte de las Muestras

Una vez selladas las muestras se procedió a transportarlas al Laboratorio de Medio Ambiente de la ESPE, la muestra se la ingreso a las 8:00 am del mismo día.

6.3. Pruebas de Laboratorio Análisis Físico-Químico

Para los tres ensayos siguientes se utilizó el equipo llamado Multiparamétrico HACH HQ30d, a continuación se describe el funcionamiento y el procedimiento que se utiliza el equipo para su respectivo ensayo.



Figura 70. Multiparametrico HACH HQ30g

Fuente: Hatch.com. <http://latam.hatch.com/>

6.3.1. pH

Para establecer el pH de la muestra se siguió los siguientes pasos:

1. Comprobar que el multiparamétrico este calibrado caso contrario calibrarlo con las soluciones reguladoras de pH.
2. Con la ayuda de una piceta se procede a lavar la sonda con agua destilada.
3. Se procede a sacar la muestra en un frasco de tal manera que su volumen tape la sonda, también se debe tener en cuenta que se debe agitar la muestra para homogenizarla.
4. Se introduce la sonda en la muestra.

5. Se selecciona la opción medir pH y se espera hasta que se estabilice el resultado de la medición.
6. Retirar la sonda y limpiarla con agua destilada para la siguiente medición.

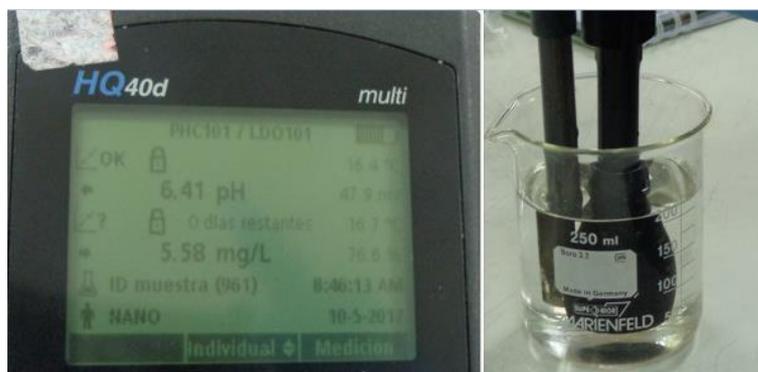


Figura 71. Medición del pH

6.3.2. Oxígeno Disuelto

Para medir el oxígeno disuelto de la muestra se siguió los siguientes pasos:

1. Conectar la sonda que mide el oxígeno disuelto.
2. Con la ayuda de una piceta se procede a lavar la sonda con agua destilada.
3. Se procede a sacar la muestra en un frasco de tal manera que su volumen tape la sonda, también se debe tener en cuenta que se debe agitar la muestra para homogenizarla.
4. Se introduce la sonda en la muestra.
5. Se selecciona la opción medir oxígeno disuelto y se espera hasta que se estabilice el resultado de la medición.
6. Retirar la sonda y limpiarla con agua destilada para la siguiente medición.

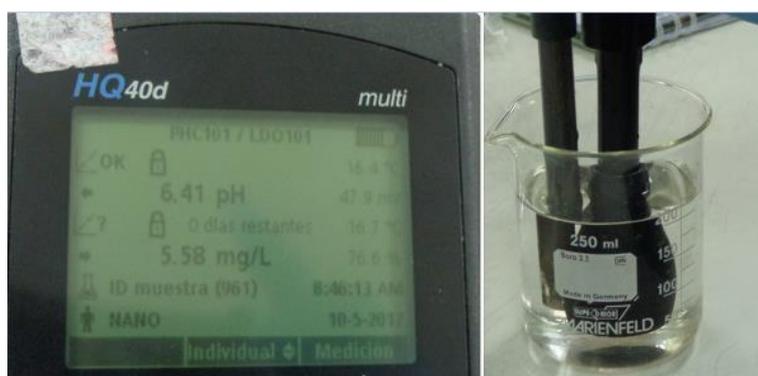


Figura 72. Medición del oxígeno disuelto

6.3.3. Conductividad

Para determinar la conductividad se tiene que seguir los siguientes pasos:

1. Conectar la sonda que mide la conductividad.
2. Se procede a lavar la sonda con agua destilada.
3. Se procede a sacar la muestra en un frasco de tal manera que su volumen tape la sonda, también se debe tener en cuenta que se debe agitar la muestra para homogenizarla.
4. Se introduce la sonda en la muestra
5. Se selecciona la opción medir conductividad y se espera hasta que se estabilice el resultado de la medición.
6. Retirar la sonda y limpiarla con agua destilada para la siguiente medición.



Figura 73. Medición de la conductividad

6.3.4. Turbidez

Para la turbiedad se utilizó el Turbidímetro HAC 2100P de la siguiente forma:

1. Se comprueba si el equipo está calibrado; caso contrario, calibrarlo con los estándares respectivos para el Turbidímetro HAC 2100P.
2. Se mide una muestra de agua destilada en una celda de 25 ml para encerrar el equipo.
3. Se procede a sacar la muestra que se desea analizar en una celda de 25 ml; antes de colorarlo en el equipo se limpia la celda con un recubrimiento de aceite de silicona.
4. Se selecciona la opción "Read" y se espera hasta que se fije el resultado de la medición.



Figura 74. Recubrimiento con aceite de silicona y Medición de la Turbidez

Para los siguientes parámetros físico-químicos se utilizó el Equipo Spectrophotometer HACH DR-500 el cual mide una gran cantidad de parámetros entre los cuales tenemos los siguientes:



Figura 75. Equipo Spectrophotometer HACH DR-500

6.3.5. Color

Para la determinación del color se procede de la manera siguiente:

1. En la pantalla táctil se selecciona el programa N. 120 que tiene una longitud de onda de 455 nm.
2. Añadir 25 ml de agua destilada en la celda, luego se ingresa en el equipo y se selecciona la opción “Cero” la cual sirve para encerrar el equipo antes de la medición.
3. Se llena 25 ml de la muestra ejemplar en la celda y se introduce en el equipo, luego se selecciona la opción “Medición” y se espera el resultado en la pantalla táctil.

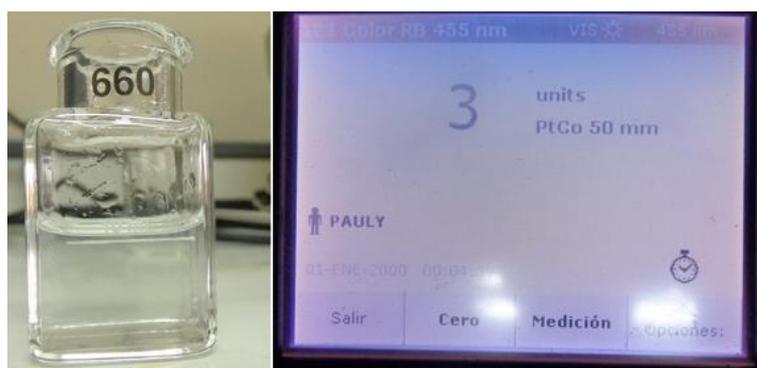


Figura 76. Medición del Color RB 455mm

6.3.6. Nitratos NO₃

Para la determinación del contenido de nitratos se tiene el siguiente procedimiento:

1. En la pantalla táctil se selecciona el programa N. 355
2. Colocar 25 ml de agua destilada en la celda luego se ingresa en el quipo y se selecciona la opción “Cero” la cual sirve para encerrar el equipo antes de la medición.
3. Se coloca 25 ml de la muestra en una celda, se le añade el reactivo correspondiente al ensayo para este caso NitraVer y se procede a mezclar hasta disolver las partículas.
4. Reposar la celda 5 minutos hasta que reaccione la muestra.
5. Se coloca la celda en el equipo y se selecciona la opción “Medición” y se espera el resultado en la pantalla táctil.



Figura 77. Reactivo NitraVer y Medición del Nitrato NO₃

6.3.7. Nitritos NO₂

1. En la pantalla táctil se selecciona el programa N. 375

- Colocar 10 ml de agua destilada en la celda luego se ingresa en el quipo y se selecciona la opción “Cero” la cual sirve para encerrar el equipo antes de la medición.
- Se coloca 10 ml de la muestra en una celda, se le añade el reactivo correspondiente al ensayo para este caso NitriVer y se procede a mezclar hasta disolver las partículas.
- Dejar que la celda repose 20 minutos hasta que reaccione la muestra.
- Se coloca la celda en el equipo y se selecciona la opción “Medición” y se espera el resultado en la pantalla táctil.



Figura 78. Reactivo NitriVer y Medición del Nitrato NO₂

6.3.8. Hierro Total Fe

Para la cuantificación del hierro total:

- En la pantalla táctil se selecciona el programa N. 267
- Colocar 10 ml de agua destilada en la celda luego se ingresa en el quipo y se selecciona la opción “Cero” la cual sirve para encerrar el equipo antes de la medición.
- Se coloca 10 ml de la muestra en una celda, se le añade el reactivo correspondiente al ensayo para este caso FerroVer se procede a mezclar hasta disolver las partículas.
- Dejar reposar 3 minutos hasta que reaccione la muestra.
- Se coloca la celda en el equipo y se selecciona la opción “Medición” y se espera el resultado en la pantalla táctil.



Figura 79. Reactivo FerroVer, Probeta de 10 ml y Medición del Hierro Total

6.3.9. Cromo Hexavalente

Para la medición del Cromo hexavalente se debe seguir el siguiente proceso:

1. En la pantalla táctil se selecciona el programa N. 540
2. Colocar 10 ml de agua destilada en la celda luego se ingresa en el quipo y se selecciona la opción “Cero” la cual sirve para encerrar el equipo antes de la medición.
3. Se coloca 10 ml de la muestra en una celda, se le añade el reactivo correspondiente al ensayo para este caso ChroqmiumVer Diphenylcarbz y se procede a mezclar hasta disolver las partículas.
4. Dejar reposar 5 minutos hasta que reaccione la muestra.
5. Se coloca la celda en el equipo y se selecciona la opción “Medición” y se espera el resultado en la pantalla táctil.



Figura 80. Reactivo ChroqmiumVer Diphenylcarbz, Probeta de 10 ml y Medición del Cromo Hexavalente

6.3.10. Cloro Total

Para conocer la concentración del cloro total se debe seguir el siguiente proceso:

1. En la pantalla táctil se selecciona el programa N. 530

2. Colocar 10 ml de agua destilada en la celda luego se ingresa en el quipo y se selecciona la opción “Cero” la cual sirve para encerrar el equipo antes de la medición.
3. Se coloca 10 ml de la muestra en una celda, se le añade el reactivo correspondiente al ensayo para este caso ChlorineVer y se procede a mezclar hasta disolver las partículas.
4. Dejar reposar 3 minutos hasta que reaccione la muestra.
5. Se coloca la celda en el equipo y se selecciona la opción “Medición” y se espera el resultado en la pantalla táctil.



Figura 81. Reactivo ChlorineVer, Muestra de 10 ml y Medición del Cloro Total

Para la medición de la concentración de los metales se utilizó el equipo espectrofotómetro de absorción atómica, para este análisis se midió solo dos metales mencionados a continuación.



Figura 82. Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica

6.3.11. Plomo Pb

Para la medición del plomo se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Se coloca la lámpara de cátodo hueco en el equipo.
2. Se calibra el equipo con los estándares según el elemento a analizar en este caso el plomo.
3. Se selecciona la opción “analizar estándar”.
4. Una vez analizado los estándares el equipo procede a realizar la curva de calibración
5. Una vez que se tiene la curva calibrada se encera el equipo con agua destilada con la opción “analizar blanco”.
6. Una vez calibrado y encerado el equipo se selecciona la opción “analizar muestra” y se espera hasta que el equipo procese la medición.

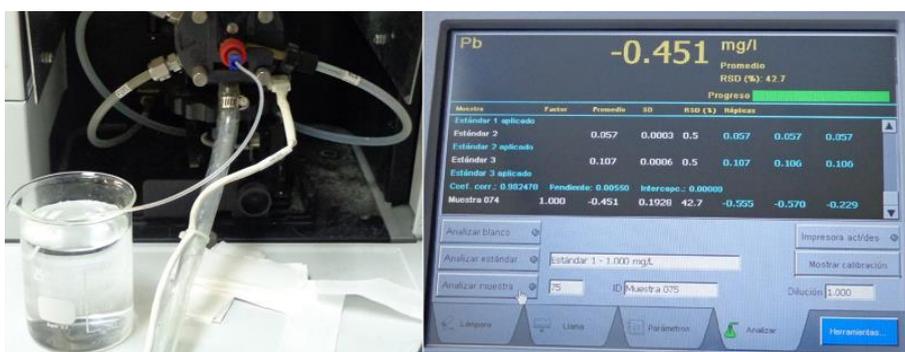


Figura 83. Toma de la Muestra y Resultado de la Medición Plomo Pb

6.3.12. Arsénico As

Para la medición del arsénico se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Se coloca la lámpara de cátodo hueco en el equipo.
2. Se calibra el equipo con los estándares según el elemento a analizar en este caso el arsénico.
3. Se selecciona la opción “analizar estándar”.
4. Una vez analizado los estándares el equipo procede a realizar la curva de calibración
5. Una vez que se tiene la curva calibrada se encera el equipo con agua destilada con la opción “analizar blanco”.
6. Una vez calibrado y encerado el equipo se selecciona la opción “analizar muestra” y se espera hasta que el equipo procese la medición.

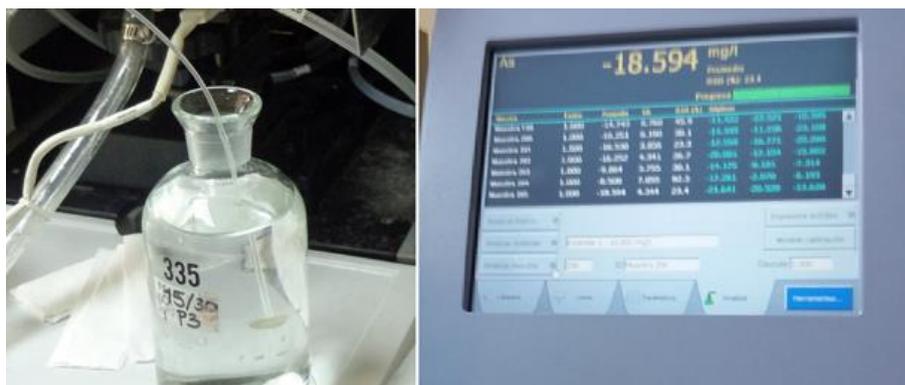


Figura 84. Toma de la Muestra y Resultado de la Medición Arsénico As

6.4. Pruebas de Laboratorio-Análisis Bacteriológico

Los análisis bacteriológicos se los realizaron el mismo día para evitar que la muestra se contamine y así dar más precisión al ensayo y comprobar su calidad bacteriológica. Para determinar las coliformes se lo realizó por dos métodos deferentes que se muestran a continuación.

6.4.1. Coliformes Fecales

6.4.1.1 Método Petrifilm 3M

Placas 3M™ Petrifilm™ E. coli/Coliformes para verificación de E. coli y otros coliformes con resultados confirmados en 24-48 horas es un método rápido.



Figura 85. Placas Petrifilm 3M

El proceso para recuento de coliformes fecales con Petrifilm 3M se lo realiza de la siguiente manera:

1. Se esteriliza el lugar de trabajo descontaminado la mesa de trabajo, los materiales a utilizarse y el aire con un mechero.
2. Se destapa el paquete de Petrifilm 3M teniendo cuidado de sacar de una en una las placas sin contaminarles.
3. Se coloca la placa de Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Se levanta la película superior.
4. Con una pipeta electrónica se coloca perpendicularmente y se vierte 1ml de la muestra en el centro de la película interior.
5. Bajar con cuidado la película superior para evitar que atrape burbujas de aire. Con el dispersor se presiona suavemente para distribuir el líquido sobre el área circular de la placa.

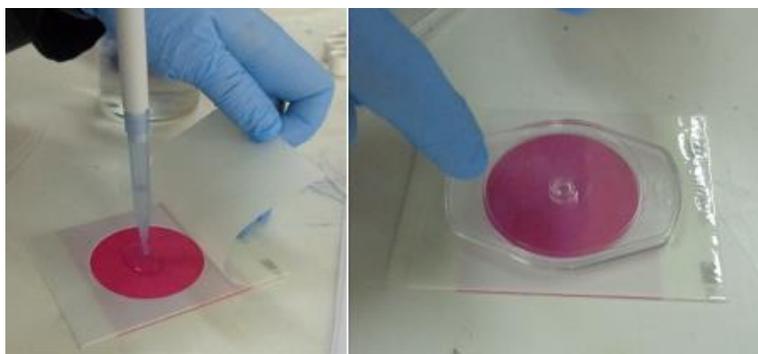


Figura 86. Colocación de la muestra en la Placa Petrifilm 3M

6. Esperar un minuto hasta que se solidifique el gel e incubar la placa a $44\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
7. Una vez transcurrido las 24 horas se cuenta el número de colonias formadas en cada cuadrícula en el interior del círculo de la placa Petrifilm 3M, en este caso ufc /1 ml.



Figura 87. Incubación y Placa transcurrida las 24 horas

6.4.1.2 Método de Filtros de Membrana

Para este método se debe tener en cuenta la utilización de 100 ml que es el referencial para un análisis de agua potable, el procedimiento realizado se lo detalla a continuación:

1. Se esteriliza el lugar de trabajo descontaminando la mesa de trabajo, los materiales a utilizarse y el aire con un mechero.
2. A continuación se conecta la bomba de vacío en un matraz Erlenmeyer, colocándose la unidad de filtración en posición vertical.
3. Se coloca la membrana de filtro estéril en el soporte poroso que posee el matraz Erlenmeyer, teniendo en cuenta que la membrana cuadrículada debe estar hacia arriba.
4. Se coloca el recipiente superior de la unidad del matraz Erlenmeyer y se o sujeta con unas prensas para evitar el movimiento de la misma.



Figura 88. Membrana filtrate y Colocación del matraz y la unidad de filtración

5. Se procede a añadir los 100 ml de la muestra y se pone en acción la bomba de vacío para que la muestra pase por el filtro en su totalidad.
6. Se procede a destapar la ampolleta la cual tiene el medio de cultivo (m-FC with Rosolic Acid) y se coloca en una caja Petri hasta en su totalidad para que quede encima de la membrana.



Figura 89. Cultivo m-FC with rosolic acid y Caja petri saturada

7. Se procede a inculcar la caja Petri a una temperatura de $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
8. Una vez transcurrido las 24 horas se cuenta el número de colonias formadas en cada cuadrícula en el interior de la caja petri, en este caso ufc /100 ml.



Figura 90. Incubación caja petri y Caja petri transcurrido las 24 horas

6.4.2. Coliformes Totales

6.4.2.1 Método Petrifilm 3M

En el método Petrifilm para el análisis de coliformes totales se sigue el mismo proceso que el de coliformes fecales la única diferencia es que varía la temperatura de incubación la cual viene hacer de $32\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

De igual manera una vez transcurrido las 24 horas se cuenta el número de colonias formadas en cada cuadrícula en el interior del círculo de la placa Petrifilm 3M, en este caso ufc /1 ml.



Figura 91. Placa Petrifilm 3M recuento de Coliformes totales transcurridas 24 h

6.4.2.2 Método de Filtros de Membrana

De igual manera el procedimiento para el análisis de coliformes totales es el mismo que para el de coliformes fecales hasta el paso número 5, por ende se relata a continuación desde el paso 6.

6. Se procede a destapar la ampolleta la cual tiene el medio de cultivo (m-Endo Total Coliform Broth) y se coloca en una caja Petri hasta saturarla o acabar su contenido.



Figura 92. Cultivo m-Endo Total Coliform Broth y Caja petri saturada

7. Procede a inculbar la caja Petri a una temperatura de $37.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

8. Una vez transcurrido las 24 horas se cuenta el número de colonias formadas en cada cuadrícula en el interior de la caja petri, en este caso ufc /100 ml.

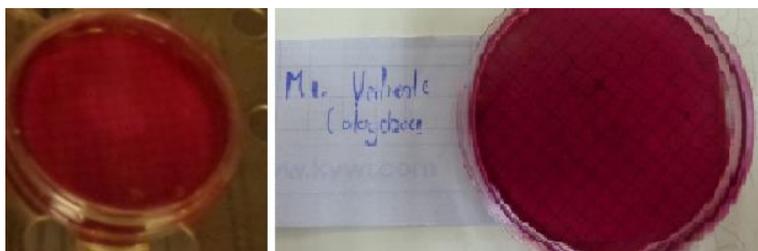


Figura 93. Incubación caja petri y Caja petri transcurrido las 24 horas

Nota: En cuestiones de los parámetros como son el olor y el sabor la norma INEN 1108 no establece límites permisibles para los mismos, de tal manera que se tomó pruebas ya sea detectando algún olor raro en las muestras o de igual manera algún sabor desagradable para descartar la presencia de estos parámetros.

Todos los resultados realizados se los presenta en el Anexo 5 certificados por la jefa del laboratorio de Medio Ambiente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

6.5. Análisis de Resultados

Tabla 51.
Resultados Vertiente Cotogchoa

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO				NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	MUESTRA		LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
Características Físico-Químicas					
pH	-	6,54		6,5-8,5	SI CUMPLE
Temperatura	°C	16,7		Cond. Natural +/- 3	SI CUMPLE
Conductividad	uS/cm	170,3		***	SI CUMPLE
Turbiedad	NTU	0,37		5,0	SI CUMPLE
Potencial Redox	mv	196,6		***	SI CUMPLE
Color	U. Pt-Co	3		15	SI CUMPLE
Olor	-	Ausencia		no objetable	SI CUMPLE
Sabor	-	Ausencia		no objetable	SI CUMPLE
Inorgánicos					
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,58		6,0	SI CUMPLE
Hierro Total, Fe	mg/L	0,05		0,3	SI CUMPLE
Nitratos, NO ₃	mg/L	5,6		50	SI CUMPLE
Nitritos, NO ₂	mg/L	0,037		3,0	SI CUMPLE
Cromo Hexavalente	mg/L	0,032		0,05	SI CUMPLE
Metales					
Plomo Pb	mg/L	No Detectable		0,05	SI CUMPLE
Arsenico As	mg/L	No detectable		0,05	SI CUMPLE
ANÁLISIS BACTEREOLÓGICO				NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	M 1	M 2	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
METODO PETRIFILM 3M					
Coliformes Fecales	ufc/1 ml	0	-	0	SI CUMPLE
Coliformes Totales	ufc/1 ml	0	-	1	SI CUMPLE
METODO DE FILTRACION POR MEMBRANAS					
Coliformes Fecales	ufc/100 ml	1	0	1	SI CUMPLE
coliformes Totales	ufc/100 ml	2	3	50	SI CUMPLE

Tabla 52.
Resultados Muestra Entrada a la Tubería Principal

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO				NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	MUESTRA		LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
Características Físico-Químicas					
pH	-	6,73		6,5-8,5	SI CUMPLE
Temperatura	°C	16,1		Cond. Natural +/- 3	SI CUMPLE
Conductividad	uS/cm	150,6		***	SI CUMPLE
Turbiedad	NTU	0,30		5.0	SI CUMPLE
Potencial Redox	mv	648,4		***	SI CUMPLE
Color	U. Pt-Co	2		15	SI CUMPLE
Olor	-	Ausencia		no objetable	SI CUMPLE
Sabor	-	Ausencia		no objetable	SI CUMPLE
Inorgánicos					
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,67		6,0	SI CUMPLE
Hierro Total, Fe	mg/L	0,22		0,3	SI CUMPLE
Nitratos, NO3	mg/L	4,7		50	SI CUMPLE
Nitritos, NO2	mg/L	0,017		3,0	SI CUMPLE
Cromo Hexavalente	mg/L	0,04		0,05	SI CUMPLE
ANÁLISIS BACTEREOLÓGICO				NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	M 1	M 2	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
METODO PETRIFILM 3M					
Coliformes Fecales	ufc/1 ml	0	-	0	SI CUMPLE
Coliformes Totales	ufc/1 ml	0	-	1	SI CUMPLE
METODO DE FILTRACION POR MEMBRANAS					
Coliformes Fecales	ufc/100 ml	0	0	1	SI CUMPLE
coliformes Totales	ufc/100 ml	0	0	50	SI CUMPLE

Tabla 53.
Resultados Muestra en el Colegio Rumiñahui

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO				NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	MUESTRA		LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
Características Físico-Químicas					
pH	-	6,53		6,5-8,5	SI CUMPLE
Temperatura	°C	17,1		Cond. Natural +/- 3	SI CUMPLE
Conductividad	uS/cm	182,9		***	SI CUMPLE
Turbiedad	NTU	0,19		5,0	SI CUMPLE
Potencial Redox	mv	678,8		***	SI CUMPLE
Color	U. Pt-Co	4		15	SI CUMPLE
Olor	-	Ausencia		no objetable	SI CUMPLE
Sabor	-	Ausencia		no objetable	SI CUMPLE
Inorgánicos					
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,36		6,0	SI CUMPLE
Hierro Total, Fe	mg/L	0,19		0,3	SI CUMPLE
Nitratos, NO ₃	mg/L	5,4		50	SI CUMPLE
Nitritos, NO ₂	mg/L	0,024		3,0	SI CUMPLE
Cromo Hexavalente	mg/L	0,043		0,05	SI CUMPLE
ANÁLISIS BACTEREOLÓGICO				NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	M 1	M 2	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
METODO PETRIFILM 3M					
Coliformes Fecales	ufc/1 ml	0	-	0	SI CUMPLE
Coliformes Totales	ufc/1 ml	0	-	1	SI CUMPLE
METODO DE FILTRACION POR MEMBRANAS					
Coliformes Fecales	ufc/100 ml	0	0	1	SI CUMPLE
coliformes Totales	ufc/100 ml	0	0	50	SI CUMPLE

Una vez realizados los análisis de calidad de agua en los laboratorios de Medio Ambiente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se procede a concluir los resultados los cuales se presentan a continuación:

- Con relación al **pH** este parámetro cumple con la normativa NTE INEN 1108 teniendo un rango de 6,5 a 8,5. En las muestras analizadas se presentan los siguientes resultados; en la vertiente Cotogchoca presenta un Ph de 6,54, en la entrada a la tubería principal cuenta con un pH de 6,53 y en el colegio Rumiñahui el pH tiende a 6,73 estos tres valores entran en el límite inferior de la norma, lo cual nos dice que el agua de la red de distribución es ligeramente base.
- Para la **turbidez** tenemos un valor máximo permisible de 5 NTU mencionados en la NTE INEN 1108, este parámetro se lo puede apreciar a simple vista ya que viene a ser el grado de transparencia de un líquido, los valores de los tres sitios analizados están por debajo de este parámetro se pueden decir que no llegan ni a 1 NTU por lo tanto cumplen con la norma.
- El **color** según la norma NTE INEN 1108 establece un valor máximo de 15 Pt-Co en los respectivos análisis las muestras no sobrepasan el valor de 5 pt-Co cumplido con la norma establecida.
- En cuestión de **Hierro Total (Fe)** se puede apreciar que todas las muestras cuentan con un valor que está por debajo de los 0,3 ml/L que es el límite máximo establecido en la INEN 1108 cumpliendo así con este parámetro.
- Las muestras analizadas presentan una concentración de **Nitritos (NO₂)** menores a 3 ml/L que es el máximo permisible entrado así en el cumplimiento de la norma y una concentración de **Nitratos (NO₃)** menores a 10 ml/L cumpliendo con límite máximo permisible q es de 50 ml/L establecidos en la NTE INEN 1108.
- Con relación al cromo hexavalente las muestras ensayadas presentan concentraciones menores a los 0,05 ml/L entrando en el máximo permisible estipulados en la NTE INEN 1108.

- En cuestión de la concentración de metales en las muestras, se analizó dos metales en la vertiente cotogchoa y se determinó que hay ausencia de **Plomo (Pb)** y de **Arsenico (As)** en la muestra analizada ya que es inmedible en los parámetros de calibración del equipo utilizado.
- El cumplimiento con respecto a coliformes fecales de la fuente es aceptable y cumple con la norma NTE INEN 1108, de igual manera cumple con la normativa del TULSMA para coliformes totales.

CAPÍTULO 7

REDISEÑO DE LA RED

7.1. Aspectos Generales

Como se apreció en el capítulo V, se comprobó que el sistema actual sufre de falencias en la entrega del servicio de agua potable ya sea por falta de caudal, falta de presión o presencia de intermitencias en la entrega de agua, para lo cual se plantea dos alternativas para solucionar el problema tratando de brindar un servicio eficiente y de calidad a la ciudadanía.

El rediseño se lo modelara de igual manera en el programa EPANET el cual servirá para comprobar el funcionamiento de las alternativas de rediseño de la misma forma se tratara de comprobar las mejoras en las presiones del rediseño con las presiones dadas en la evaluación del sistema actual.

7.2. Cobertura del servicio

Con respecto a la cobertura del servicio el Cantón Rumiñahui, el GADMUR trata de brindar la mejor cobertura de sus servicios a sus usuarios con respecto a la parte del agua potable que está dirigido por el DAPAC-R menciona que la cobertura del servicio alcanza un 98% en las zonas urbanas mientras que en la zona rural es de 93%. (GADMUR Rumiñahui, 2012, pág. 205)



Figura 94. Cobertura de Servicios Básicos Cantón Rumiñahui

Cabe recalcar que estos valores de cobertura de los servicios son realizados en base a la población existente ya que como se sabe la población se extiende y tales sectores no van contabilizados, esto depende del área que tenga la población para desarrollarse a futuro y su capacidad de cobertura.

7.3. Oferta Existente

Con el fin de realizar un balance hídrico entre la oferta de la fuente de captación y la demanda requerida por los consumidores, se presenta un balance cada 5 años hasta llegar al periodo de diseño, el cual ayudara a visualizar si la fuente de captación es capaz de abastecer a la población futura.

Para la red analizada se sabe que su única fuente de captación es la vertiente Cotogchoa, este caudal abastece a los barrios El Carmen, El Milagro, la Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro, pero también este caudal se deriva al tanque Albornoz como se vio en la sección 3.2.2 los caudales respectivos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 54.
Caudal Existente y Caudal de Derivación

Vertiente	Caudal (l/s)	Conducción
Cotogchoa	26,7	gravedad
Derivación Albornoz	7,82	gravedad

7.4. Demanda

Los parámetros que fueron tomados para estimar la demanda futura son los siguientes: la tasa de crecimiento proporcionado por el INEC la misma que nos sirve para calcular la proyección de la población, la dotación neta, el porcentaje de agua no contabilizada, la cobertura del servicio, y la dotación bruta.

Se sabe los únicos sectores que tienen una tasa de crecimiento son los barrios El Milagro y El Carmen también la Cooperativa Eloy Alfaro, mientras que la zona industrial y el colegio Rumiñahui no lo tienen ya que trabajan a su máxima capacidad.

Razón por la cual la tasa de crecimiento se aplicó solo a la población de las zonas anteriormente mencionadas, mientras que la Zona Industrial y el colegio Rumiñahui se mantuvo con la población existente las demandas se las presenta a continuación.

Tabla 55.
Demanda Futura El Milagro, El Carmen y Cooperativa Eloy Alfaro

Año	Tasa i de Crecimiento (INEC)	Proyección Población	Dotación Neta	ANC	Cobertura del Servicio	Población Servida	Dotación Bruta	Qm	Qmax.día kmax.dia=1.5	Qmax.hora Kmax.hora=2
		(hab)	(lt/hab/día)	%	%	(hab)	(lt/hab/día)	(lt/seg)	(lt/seg)	(lt/seg)
2016	-	1817	250	58	85	1544	395,00	7,06	10,59	14,12
2021	0,02941	2100	250	50	85	1785	375,00	7,75	11,62	15,49
2026	0,02941	2428	245	45	90	2185	356,00	9,00	13,50	18,01
2031	0,02941	2807	235	40	90	2526	329,00	9,62	14,43	19,24
2036	0,02941	3244	200	35	95	3082	270,00	9,63	14,45	19,26
2041	0,02941	3750	200	25	95	3563	250,00	10,31	15,46	20,62

Tabla 56.
Demanda Futura Colegio Rumiñahui

Año	Tasa i de Crecimiento (INEC)	Población Constante	Dotación Neta	ANC	Cobertura del Servicio	Población Servida	Dotación Bruta	Qm	Qmax.día kmax.dia=1,5	Qmax.hora Kmax.hora=2
		(hab)	(lt/hab/día)	%	%	(hab)	(lt/hab/día)	(lt/seg)	(lt/seg)	(lt/seg)
2016	-	1120	50	58	70	784	79,00	0.72	1,08	1,43
2021	-	1120	45	50	80	896	68,00	0.71	1,06	1,41
2026	-	1120	45	45	80	896	66,00	0.68	1,03	1,37
2031	-	1120	40	40	80	896	56,00	0.58	0,87	1,16
2036	-	1120	40	25	80	896	54,00	0,56	0,84	1,12
2041	-	1120	40	25	85	952	50,00	0,55	0,83	1,10

Tabla 57.
Demanda Futura Zona Industrial

Año	Tasa i de Crecimiento (INEC)	Población	Dotación	ANC	Cobertura del Servicio	Población Servida	Dotación Bruta	Qm	Qmax.día kmax.dia=1,5	Qmax.hora Kmax.hora=2
		Constante	Neta							
2016	-	1393	80	58	80	1114	127,00	1,64	2,46	3,27
2021	-	1393	80	50	80	1114	120,00	1,55	2,32	3,09
2026	-	1393	75	45	80	1114	109,00	1,41	2,11	2,81
2031	-	1393	75	40	80	1114	105,00	1,35	2,03	2,71
2036	-	1393	70	35	80	1114	95,00	1,22	1,84	2,45
2041	-	1393	64	25	85	1184	80,00	1,10	1,64	2,19

Tabla 58.
Balance Oferta y Demanda Futura

Año	Q DEMANDA	Q DERIVADO	Q DEMANDA	Q OFERTA	Balance
	Qmax.dia	Vertiente Albornoz	TOTAL Qmax.dia	Vertiente Cotogchoa	OFERTA- DEMANDA
	(lt/seg)	(lt/seg)	(lt/seg)	(lt/seg)	(lt/seg)
2016	14,12	7,82	21,94	26,7	4,76
2021	15,00	7,82	22,82	26,7	3,88
2026	16,64	7,82	24,46	26,7	2,24
2031	17,33	7,82	25,15	26,7	1,55
2036	17,12	7,82	24,94	26,7	1,76
2041	17,94	7,82	25,75	26,7	0,94

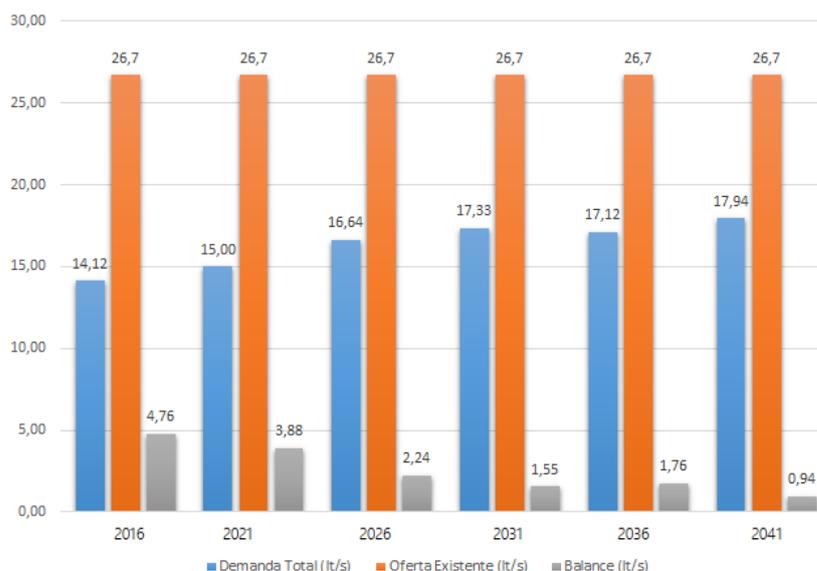


Figura 95. Demanda Total, Oferta Existente y Balance

Como se puede apreciar en la Figura 95 para el año 2041 se tiene balance hídrico de 0,94 l/s esto quiere decir que la fuente si puede abastecer al sistema pero se debe tener en cuenta que hidráulicamente es un valor inestable que puede producir intermitencias en el servicio por ende se ve necesario el rediseño y buscar alternativas para cubrir las variaciones de la demanda que se producirá ya sea diarias u horarias.

7.5. Diseño de la Red de Distribución

En el rediseño de la red tomaremos en cuenta los siguientes aspectos:

- Cambiar el tramo de la tubería principal el cual es de asbesto cemento de 315 mm por una tubería de PVC.
- De igual manera se observó que la misma tubería de A/C pasa por debajo de terrenos el cual es propiedad privada, para el rediseño se trazara a la tubería por la para no afectar a los dueños de los predios.
- Se cambiara las tuberías las cuales cuentan con diámetros pequeños y se aumentara la tubería en las zonas en las cuales hay caminos por ende se poblara en un futuro, también se debe tener en cuenta en algunas zonas que el agua la llevan por medio de mangueras por ende tendrá que alargar la tubería brindando un mejor servicio de cobertura para la comunidad futura.

Para el cálculo de la población futura en las alternativas de diseño usaremos la densidad poblacional proyectada, para la cual el GADMUR en base de estudios realizo

una propuesta de ocupación del suelo del Cantón Rumiñahui como se observa en la siguiente figura.

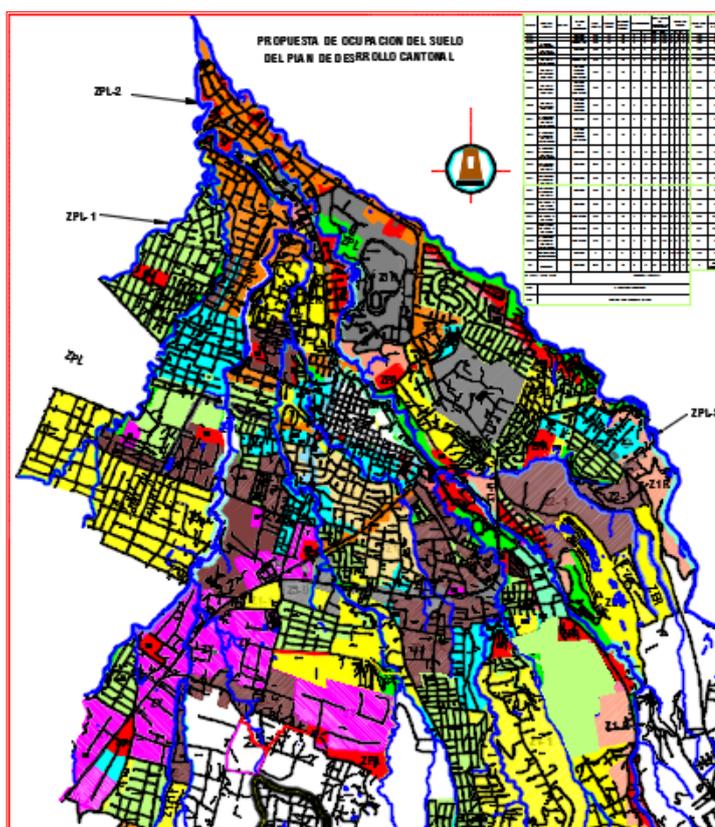


Figura 96. Propuesta de Ocupación del Suelo Cantón Rumiñahui

Fuente: (GADMUR Rumiñahui, 2012)

Tabla 59. Propuesta de Ocupación del Suelo Cantón Rumiñahui

Sector	Uso del Suelo	Forma de Ocupación	Lote min	C.O.U		Densidad Neta	Densidad Bruta
			(m)	COS	CUS	(hab/Ha)	(hab/Ha)
Z2-1	VIVIENDA	PAREADA	300	50	150	300	84
Z1-R	VIVIENDA RESTRINGIDA	AISLADA	500	50	150	180	69
ZY	INDUSTRIA	AISLADA	2500	50	200	0	0

Fuente:(GADMUR Rumiñahui, 2012)

Como se puede observar en la Tabla 59 los barrios EL Milagro y El Carmen pertenece al sector Z2-1, la Cooperativa Eloy Alfaro pertenece al sector Z1-R, la Zona Industrial al sector ZY para los cuales se tiene su respectivo valor de densidad neta y densidad bruta que se utilizara para el rediseño.

Tabla 60.
Dotaciones y Caudales futuros

# de Area	# Nodo	Ubicación Nodo			Área Neta		Densidad Neta hab/Ha	Poblacion (hab)	Dotación Bruta l/Hab/día	Qm l/s	Qm + 5% l/s	Qmax.día (kmax.día =1.5) l/s	Qmax.hora (kmas.hora=2) l/s	Sector
		Este	Norte	Elevacion	m2	Ha								
	2	783329,67	9959520,05	2558,23								7,858		Caudal derivado Albornoz
1	8	782789,62	9960426,66	2537,22	23470,31	2,35	84	198	250	0,573	0,602	0,902	1,203	EL Milagro
2	4	782540,22	9960342,37	2532,69	6777,18	0,68	84	57	250	0,165	0,173	0,260	0,346	EL Milagro
3	5	782511,48	9960282,72	2530,25	7649,00	0,76	84	65	250	0,188	0,197	0,296	0,395	EL Milagro
4	6	782447,49	9960240,44	2527,25	8699,34	0,87	84	74	250	0,214	0,225	0,337	0,450	EL Milagro
5	7	782349,00	9960362,70	2529,32	11188,37	1,12	UED	1120	50	0,648	0,681	1,021	1,361	Colegio Rumiñahui
6	3	782602,42	9960154,87	2530,16	20147,17	2,01	84	170	250	0,492	0,516	0,775	1,033	EL Milagro
7	9	782573,73	9959984,73	2531,29	4167,54	0,42	84	36	250	0,104	0,109	0,164	0,219	EL Milagro
8	10	782524,48	9960061,61	2529,82	23200,38	2,32	84	195	250	0,564	0,592	0,889	1,185	EL Milagro
9	12	782197,19	9960256,67	2523,81	14575,62	1,46	84	123	250	0,356	0,374	0,561	0,747	El Carmen
10	11	782255,63	9959915,34	2537,16	78011,93	7,80	84	656	250	1,898	1,993	2,990	3,986	El Carmen
11	13	782068,76	9960244,23	2527,32	22753,82	2,28	84	192	250	0,556	0,583	0,875	1,167	El Carmen
12	14	782192,34	9960441,58	2518,31	8212,66	0,82	84	69	250	0,200	0,210	0,314	0,419	El Carmen
13	15	782004,31	9960239,77	2529,11	4942,07	0,49	84	42	250	0,122	0,128	0,191	0,255	El Carmen
14	17	781963,59	9960292,39	2529,03	13032,35	1,30	84	110	250	0,318	0,334	0,501	0,668	El Carmen
15	16	781890,75	9960138,82	2525,17	35017,31	3,50	84	295	250	0,854	0,896	1,344	1,793	El Carmen
16	18	781614,07	9960222,46	2524,82	49192,36	4,92	A.M.AD	32	80	0,030	0,031	0,047	0,062	Zona Industrial
17	19	781601,33	9960226,15	2525,03	106728,13	10,67	A.M.AD	623	80	0,577	0,606	0,909	1,211	Zona Industrial
18	20	781544,26	9960444,94	2520,25	57121,20	5,71	A.M.AD	247	80	0,229	0,240	0,360	0,480	Zona Industrial
19	22	781492,90	9960838,57	2516,95	68313,20	6,83	A.M.AD	31	80	0,029	0,030	0,045	0,060	Zona Industrial
20	23	781511,39	9961024,89	2511,88	39753,45	3,98	A.M.AD	92	80	0,085	0,089	0,134	0,179	Zona Industrial
21	21	781323,72	9960497,07	2516,10	47474,66	4,75	A.M.AD	70	80	0,065	0,068	0,102	0,136	Zona Industrial
22	24	781451,77	9959723,63	2529,38	133670,47	13,37	A.M.AD	298	80	0,276	0,290	0,435	0,579	Zona Industrial
23	27	781355,37	9959599,32	2531,92	4011,00	0,40	69	28	250	0,081	0,085	0,128	0,170	Coop. Eloy Alfaro
24	28	781186,02	9959624,36	2523,32	5540,04	0,55	69	39	250	0,113	0,118	0,178	0,237	Coop. Eloy Alfaro
25	29	781069,53	9959642,07	2513,54	4057,31	0,41	69	28	250	0,081	0,085	0,128	0,170	Coop. Eloy Alfaro
26	26	781413,02	9959677,28	2530,21	10495,10	1,05	69	73	250	0,211	0,222	0,333	0,444	Coop. Eloy Alfaro
27	31	781197,83	9959706,52	2527,73	12926,58	1,29	69	90	250	0,260	0,273	0,410	0,547	Coop. Eloy Alfaro
28	30	781074,32	9959724,91	2521,04	8513,70	0,85	69	59	250	0,171	0,179	0,269	0,359	Coop. Eloy Alfaro
29	25	781395,84	9959767,23	2526,52	8870,91	0,89	69	62	250	0,179	0,188	0,283	0,377	Coop. Eloy Alfaro
30	33	781210,83	9959793,46	2526,85	12612,40	1,26	69	88	250	0,255	0,267	0,401	0,535	Coop. Eloy Alfaro
31	32	781101,69	9959810,18	2521,79	5343,36	0,53	69	37	250	0,107	0,112	0,169	0,225	Coop. Eloy Alfaro
32	37	781376,93	9959858,42	2523,98	11272,62	1,13	69	78	250	0,226	0,237	0,355	0,474	Coop. Eloy Alfaro
33	36	781224,33	9959880,71	2525,02	13156,08	1,32	69	91	250	0,263	0,276	0,415	0,553	Coop. Eloy Alfaro
34	35	781103,10	9959898,57	2519,82	8396,58	0,84	69	58	250	0,168	0,176	0,264	0,352	Coop. Eloy Alfaro
35	34	781053,59	9959954,21	2510,19	25518,26	2,55	69	177	250	0,512	0,538	0,807	1,076	Coop. Eloy Alfaro
36	39	781244,55	9960018,99	2518,74	13251,69	1,33	69	92	250	0,266	0,280	0,419	0,559	Coop. Eloy Alfaro
37	38	781177,29	9959974,66	2520,34	9503,90	0,95	69	66	250	0,191	0,201	0,301	0,401	Coop. Eloy Alfaro
38	40	781121,38	9960020,60	2515,40	6594,26	0,66	69	46	250	0,133	0,140	0,210	0,280	Coop. Eloy Alfaro
39	42	781257,96	9960112,10	2514,07	8090,42	0,81	69	56	250	0,162	0,170	0,255	0,340	Coop. Eloy Alfaro
40	41	781137,66	9960129,58	2512,65	6294,96	0,63	69	44	250	0,127	0,134	0,201	0,267	Coop. Eloy Alfaro
41	44	781080,79	9960320,04	2497,02	17342,33	1,73	69	120	250	0,347	0,365	0,547	0,729	Coop. Eloy Alfaro
42	43	781230,69	9960207,14	2509,57	10438,35	1,04	69	73	250	0,211	0,222	0,333	0,444	Coop. Eloy Alfaro
43	45	781130,57	9960312,76	2500,97	4654,07	0,47	69	33	250	0,095	0,100	0,150	0,201	Coop. Eloy Alfaro
44	46	781142,48	9960392,92	2498,65	4299,96	0,43	69	30	250	0,087	0,091	0,137	0,182	Coop. Eloy Alfaro
Total					995282,41	99,53		6263		12,789	13,428	20,142	26,856	

Como se puede apreciar en la Tabla 60 utilizando la densidad neta se calculó los caudales en cada nudo para ser ingresados posteriormente al EPANET en las respectivas alternativas de rediseño.

La demanda base de cada nudo se lo muestra a continuación mismos datos fueron calculados en la Tabla 60.

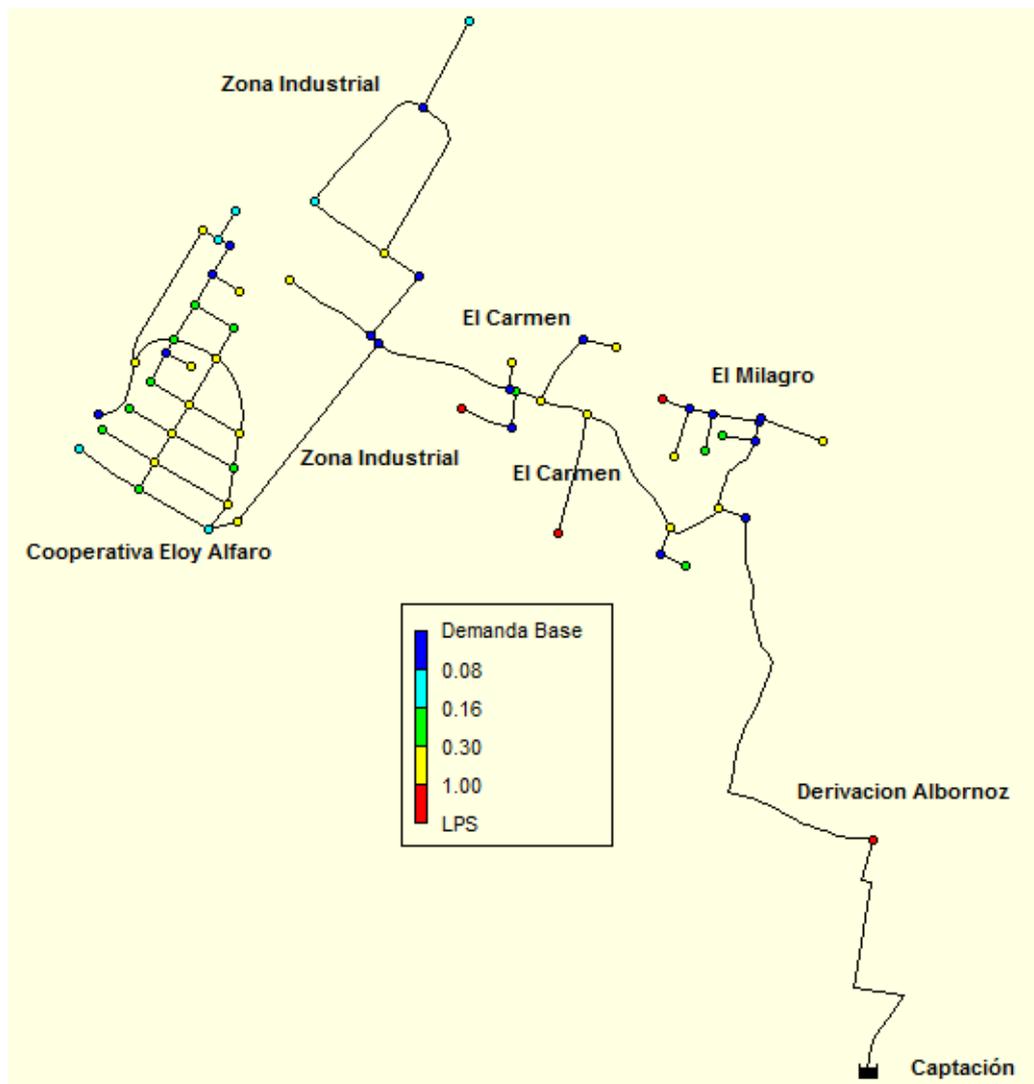


Figura 97. Demanda base futura Qmax.día

7.6. 1era Alternativa de Rediseño

Se procedió a cambiar un tramo de la tubería principal la cual actualmente es de asbesto cemento de 315 mm por una tubería de menor diámetro que es de 250 mm, así mismo se aumentaron los diámetros en ciertas partes de la tubería principal como se muestra a continuación en la siguiente figura.

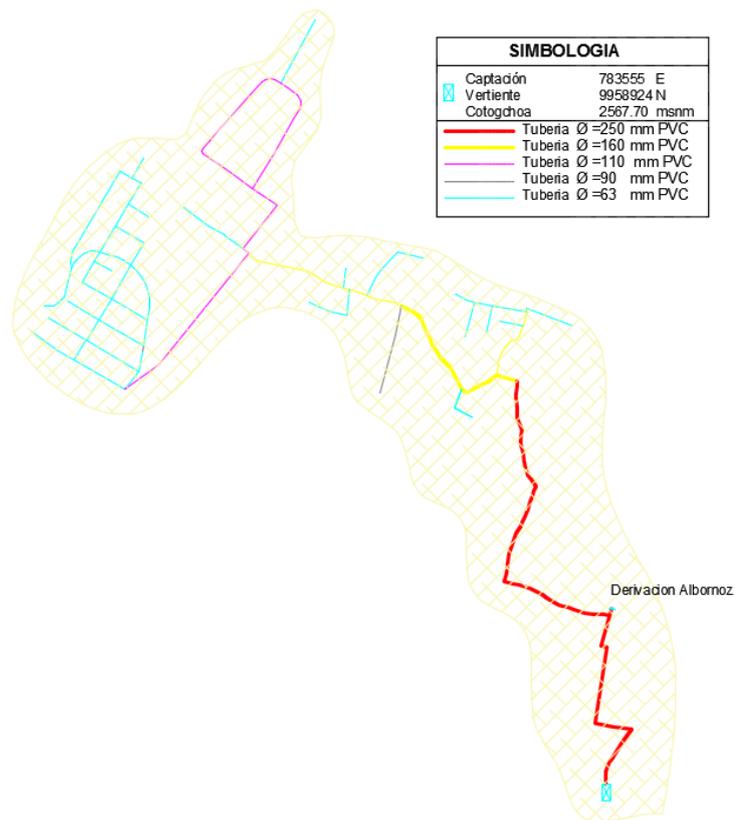


Figura 98. Tuberías de la Red-Alternativa 1

7.6.1. Análisis en Periodo Estático

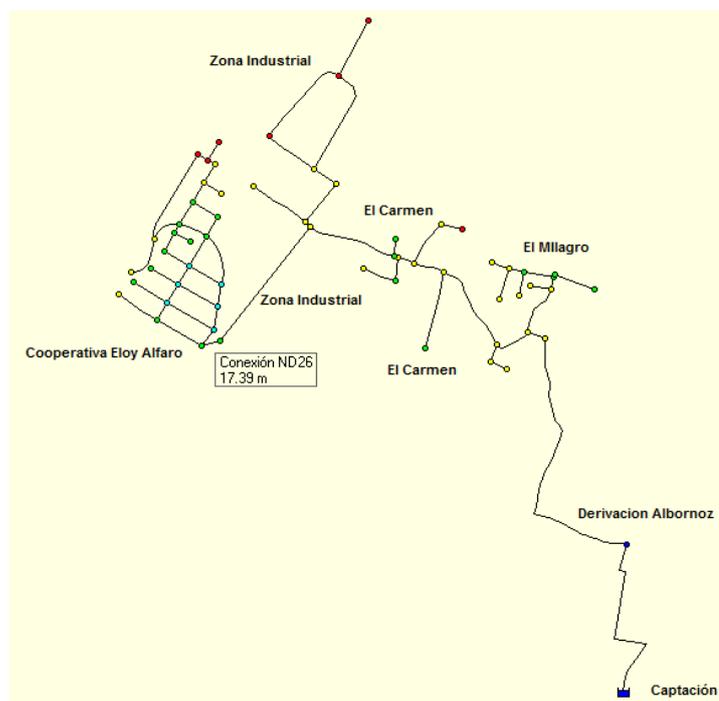


Figura 99. Presiones de la Alternativa 1 Periodo estático

Como se puede observar en la Figura 99 el rango de presiones aumentaron notablemente con el cambio de la tubería principal, en el barrio El Milagro se da una presión mínima de **25,60 mca**, mientras que en el Carmen la presión mínima es de **21,16 mca** y en la Cooperativa Eloy Alfaro cuenta con una presión mínima es de **17,39 mca** perteneciente al ND27 el cual en el diagnostico presentaba un déficit considerable de presión, cumpliendo así con las presiones mínimas de servicio mencionadas en la sección 4.10. Así solucionando el déficit de presión encontrada en la evaluación del sistema actual, la presión máxima se produce en la Zona Industrial con un valor de **46,29 mca** pertenecientes al nudo 23 ND (23).

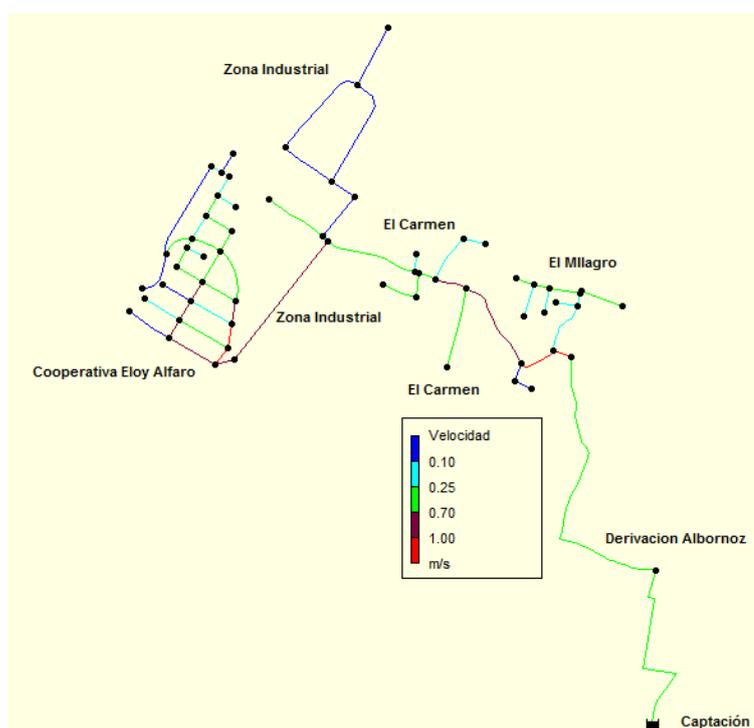


Figura 100. Velocidades de la Alternativa 1 Periodo estático

Con respecto a las velocidades de la alternativa 1, en el sistema se presentan la máxima velocidad en el Milagro de **1,22 m/s** y la mínima de **0,10 m/s**, en el barrio el Carmen se tiene una velocidad máxima de **0,94 m/s** como también una velocidad mínima de **0,12 m/s**, en la cooperativa Eloy Alfaro presenta su máxima velocidad de **1,62 m/s** y **0,10 m/s** y con respecto a la zona industrial sus velocidades están en un rango de **0,10 m/s**, todas las velocidades de las tuberías se las presenta en el Anexo 6.

7.6.2. Análisis en Periodo Extendido

En el análisis del periodo extendido se toma en cuenta la variación del consumo que sufre la red de agua potable en las 24 horas que tiene un día en los distintos sectores.

Cuando se trata de variaciones consumo y su modelación en el EPANET se debe tener en cuenta los distintos patrones que van a afectar al caudal máximo ingresado en los nudos de la red, estos patrones varía dependiendo del tipo de clima, el nivel de vida socioeconómico y otros factores importantes, en las zonas definidas en la Figura 25 se aplicara los siguientes patrones de consumo.

Tabla 61.
Patrones de Variación de consumo Qmax.día

Sector	Horas del día											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Barrios	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8
Zona Indus.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4
Cooperativa	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	1	0,8	0,8	0,8	0,7
Sector	Horas del día											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Barrios	0,8	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
Zona Indus.	0,8	0,	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	0,4
Cooperativa	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7

Fuente: (GADMUR Rumiñahui, 2012)

Con respecto a las presiones mínimas estas se producen en el nudo 26 (ND26) perteneciente a la Cooperativa Eloy Alfaro la cual tiene un valor de **18,35 mca** a las **7:00 am** y de **22,51 mca** producidas a las **6:00 pm** como se puede observar en la Figura 101. En general las presiones más bajas en la red están en un rango de **18 a 26 mca** producidas de **7:00 am hasta las 11: am** y el otro rango de presiones bajas se producen de **6:00 pm hasta las 8:00 pm** las presiones bordean de **22 a 28 mca**.

En relación a las presiones máximas del sistema estas se producen en el nudo 44 (ND44) perteneciente a la Cooperativa Eloy Alfaro esto se debe a la diferencia de cota que existe, este nudo cuenta con una presión de **59,55 ca** a las **5:am** y con **58,58 mca** a las **10:00 pm** como se las puede apreciar en la Figura 102, las presiones más altas del sistema se producen en un rango de **11:00 pm hasta 4:00 pm** con valores que fluctúan entre **54 a 60 mca**.

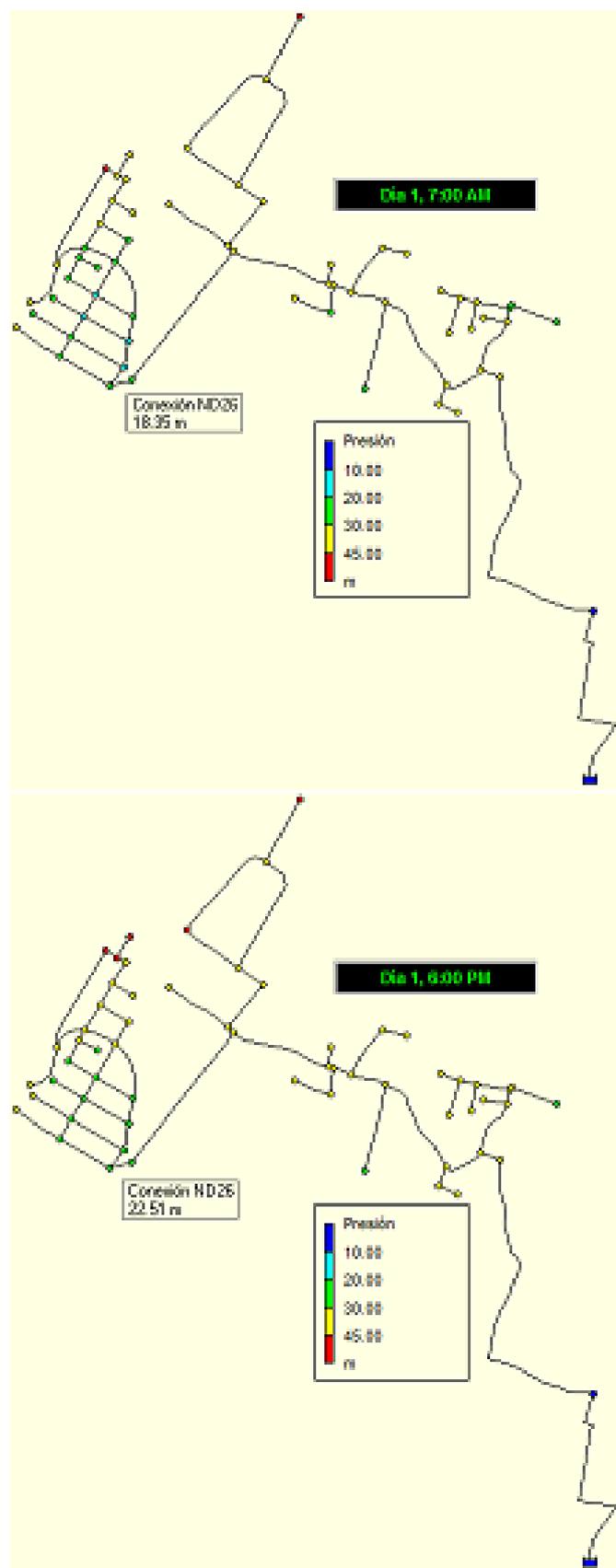


Figura 101. Presiones Mínimas Periodo extendido-Alternativa 1

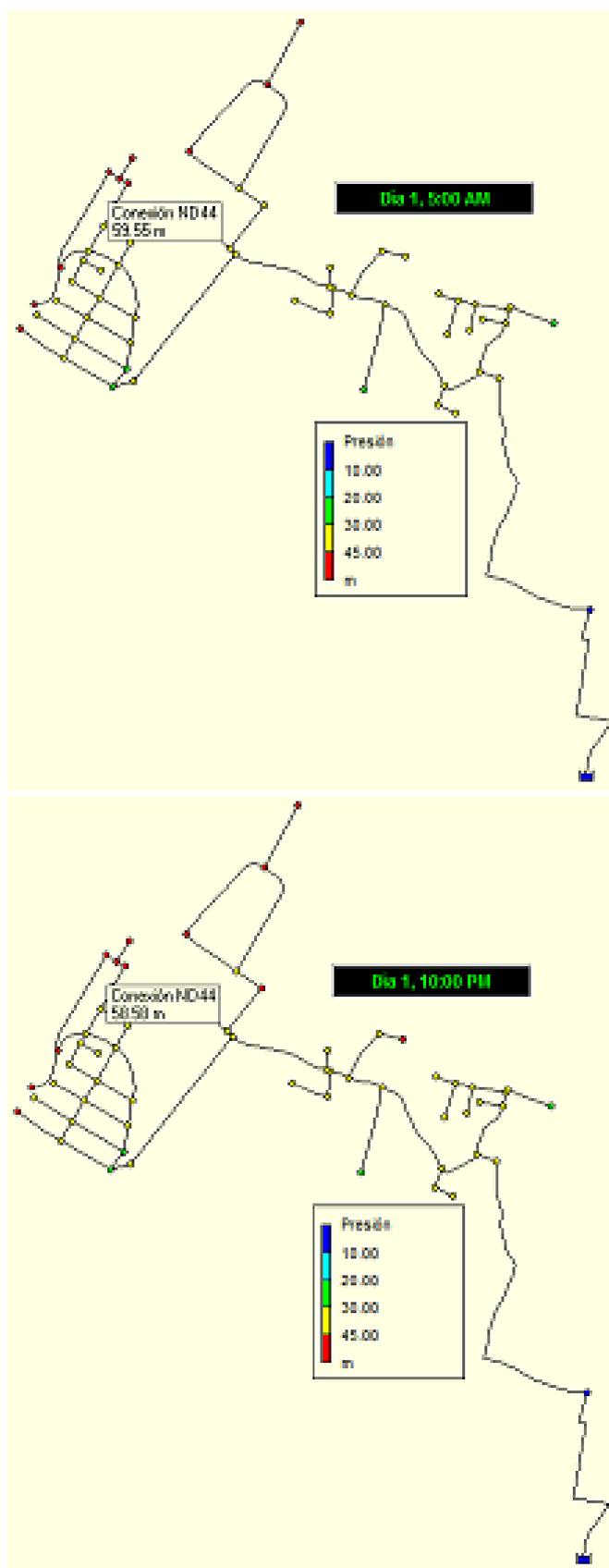


Figura 102. Presiones Máximas Periodo Extendido-Alternativa 1

Con respecto a las velocidades altas se dan a las **7:00 am**, **1:00 pm** y **7:00 pm** esto se debe a que son horas pico de máximo consumo, a las **7 am** las mayores velocidades se dan en la Cooperativa Eloy Alfaro con un rango de **0,9 a 1,62 m/seg**, en el barrio El Carmen varían de **0,4 a 0,8 m/seg**, mientras que en el barrio El Milagro fluctúan de **0,9 a 1,13 m/seg** y en la Zona Industrial sus velocidades están en el rango de **0,1 m/s** el rango de velocidades se pueden ver en la siguiente figura.

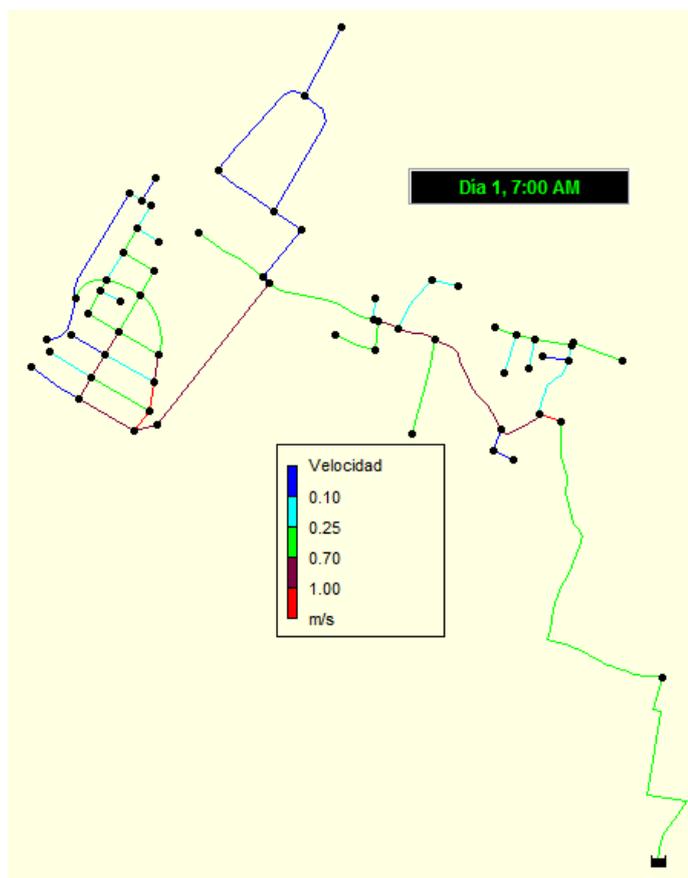


Figura 103. Velocidades máximas 7:00 am Alternativa 1

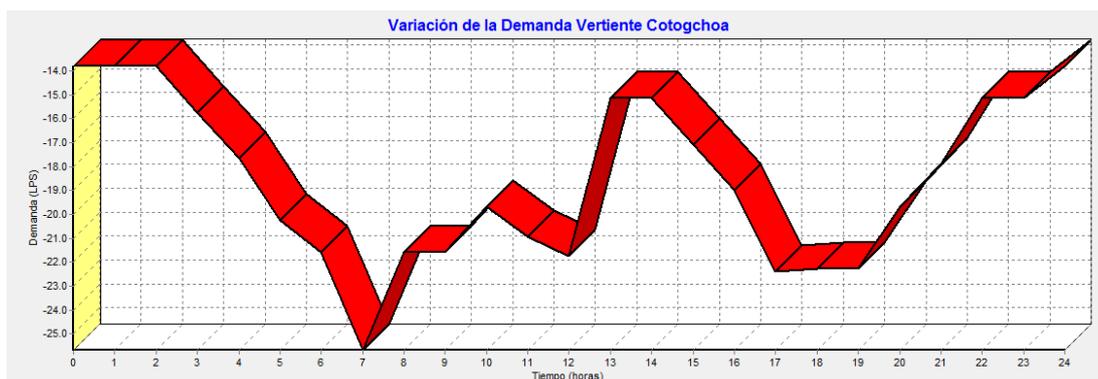


Figura 104. Variación de la demanda de la Vertiente Cotogchoa en 24

7.6.3. Presupuesto

El costo total que conlleva esta alternativa se puede ver en el Anexo 7, en esta primera alternativa solo se tomó la opción de cambiar las tuberías que ya cumplieron su periodo de vida útil y como se vio en la Tabla 58 con el balance de oferta y demanda el caudal producido por la Vertiente Cotogchoa puede abastecer a la red hasta el periodo de rediseño en este caso 2041, todos los cálculos de precios se los realizo con la base de los rubros que maneja el DAPAC-R.

7.7. 2da Alternativa de Rediseño

Para la propuesta de esta alternativa primero se calculara los tanques de almacenamiento, para lo cual el cálculo del volumen de almacenamiento se lo realizo en base a los parámetros vistos en la sección 4.19. garantizando un mejor funcionamiento de la red.

Tabla 62.
Volumen de almacenamiento

	Población Servida	Qm	Volumen Regulación	Volumen Incendios	Volumen Emergencia	Volumen total
Año	habitantes	l/seg	m ³	m ³	m ³	m ³
2016	3442	17,23	5,17	-	-	5,17
2021	3795	17,82	5,35	-	-	5,35
2026	4195	18,91	5,67	-	-	5,67
2031	4536	19,37	5,81	-	-	5,81
2036	5092	19,24	415,50	112,83	103,88	632,20
2041	5699	19,78	427,18	119,36	106,79	653,34

Como se puede observar en la Tabla 62, el sistema solo necesita un volumen de regulación hasta el año 2036 cumpliéndose así con la norma mencionada en la sección 4.19. a partir de ese año se le suma el volumen contra incendios y el volumen de emergencias así hasta el año 2041 que es el periodo de servicio.

Como se mencionó anteriormente el sistema actual de distribución no cuenta con un tanque de almacenamiento, por lo tanto se propone un tanque de 500 m³ en la fase inicial que este puede abastecer a la red hasta 2035 pasado ese año se debe disponer

de otro tanque de la misma capacidad del primero para cubrir así el volumen de almacenamiento hasta el final del periodo de diseño.



Figura 105. Volumen de Reserva de la red

7.7.1. Análisis en Periodo Estático

En esta propuesta se procederá a descartar la derivación hacia el tanque Albornoz con esto se ahorrara 7.79 l/seg, aumentando así la capacidad de almacenamiento del tanque 500 m³, al igual manera se cambiara la tubería, a continuación se presenta las tuberías en la nueva red.

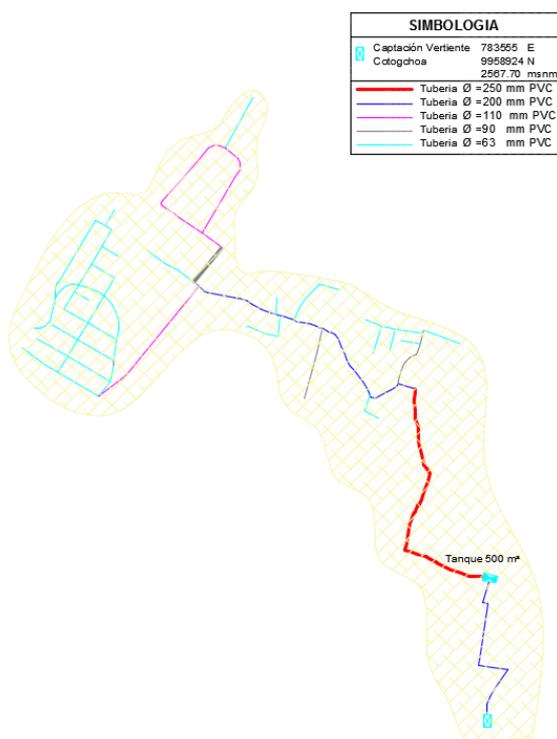


Figura 106. Tuberías de la Red-Alternativa 2

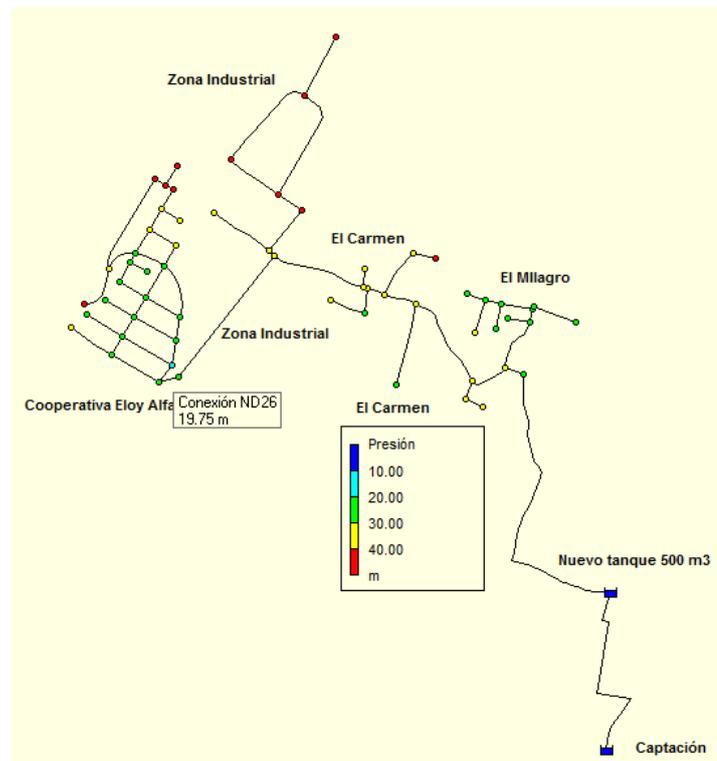


Figura 107. Presiones de la Alternativa 2 Periodo estático

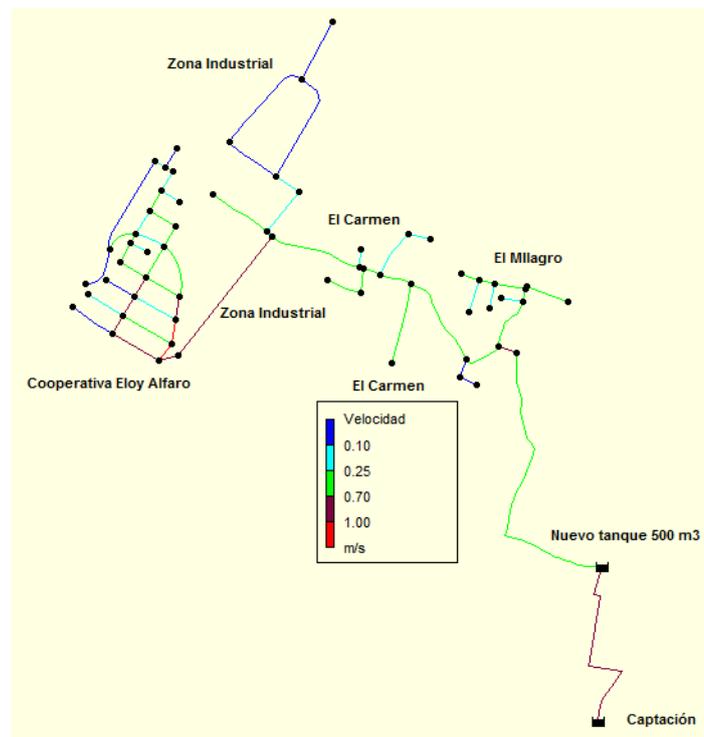


Figura 108. Velocidades de la Alternativa 2 Periodo estático

En la Figura 107 se muestra la diferencia de presiones al suprimir la derivación al tanque Albornoz las presiones mejoran notablemente, en el barrio El Milagro se da una presión mínima de **23,47 mca**, mientras que en el Carmen la presión mínima es de **22,44 mca** y en la Cooperativa Eloy Alfaro cuenta con una presión mínima es de **19,75 mca** perteneciente al ND27, la presión máxima en periodo estático de todo el sistema es de **48,59 mca** estos valores cumplen con las presiones mínimas de servicio mencionadas en la sección 4.10. y solucionando el déficit de presión encontrada en la evaluación del sistema actual.

En esta alternativa de diseño en el sistema se presentan velocidades máximas las cuales van de; **0,6 a 0,8 m/s** pertenecientes al barrio El Milagro, en el barrio el Carmen se tienen velocidades entre **0,4 a 0,6 m/s** y en la cooperativa Eloy Alfaro presenta sus máximas velocidades de **0,9 a 1,62 m/s**, el rango de velocidades se las puede observar en la Figura 108 las velocidades de las tuberías se las presenta en el Anexo 8.

7.7.2. Análisis en Periodo Extendido

Con respecto a las presiones mínimas estas se producen en el nudo 26 (ND26) la cual tiene un valor de **20,31 mca** a las **7:00 am** y de **23,12 mca** producidas a las **6:00 pm** como se puede observar en la Figura 109. En general las presiones más bajas en la red están en un rango de **20 a 28 mca** producidas de **7:00 am hasta las 11: am** y el otro rango de presiones bajas se producen de **5:00 pm hasta las 8:00 pm** las presiones bordean de **23 a 29 mca**.

En relación a las presiones máximas del sistema estas se producen en el nudo 44 (ND44) perteneciente a la cooperativa Eloy Alfaro esto se debe a la diferencia de cota que existe, este nudo cuenta con una presión de **59,09 mca** a las **5:00 am** y con **57,43 mca** a las **10:00 pm** como se las puede apreciar en la Figura 110, las presiones más altas del sistema se producen en un rango de **11:00 pm hasta 4:00 pm** con valores que fluctúan entre **54 a 60 mca**.

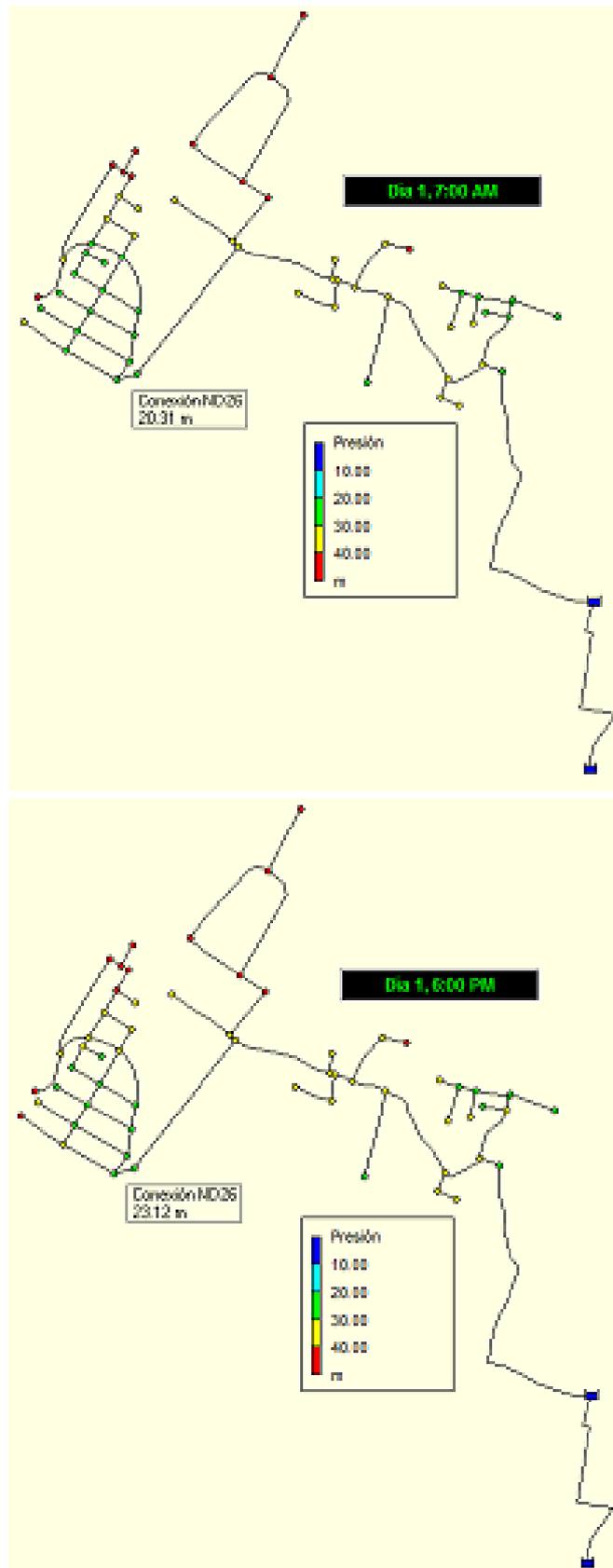


Figura 109. Presiones Mínimas Periodo Extendido-Alternativa 2

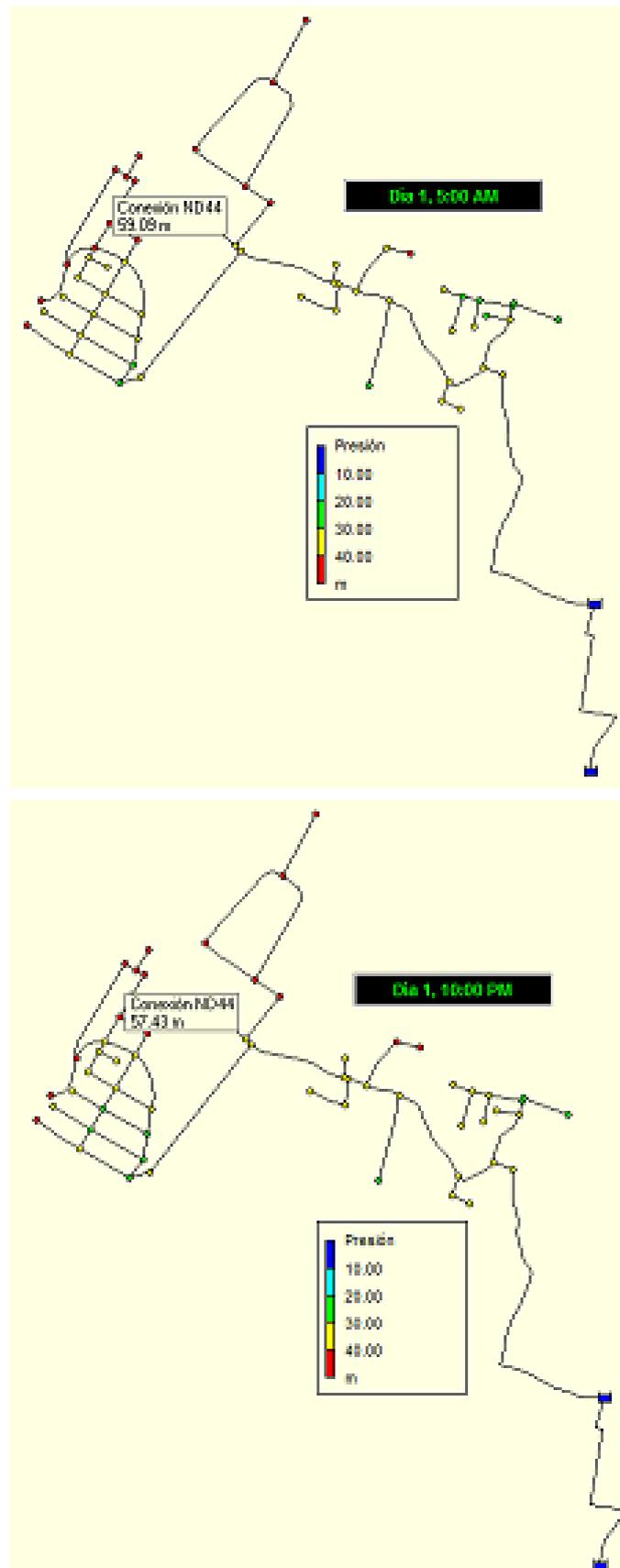


Figura 110. Presiones Máximas Periodo Extendido-Alternativa 3

Con respecto a las velocidades altas se dan a las **7:00 am, 1:00 pm y 7:00 pm** esto se debe a que son horas pico de máximo consumo, a las **7 am** las mayores velocidades se dan en la Cooperativa Eloy Alfaro con un rango de **0,9 a 1,10 m/seg**, en el barrio El Carmen varían de **0,4 a 0,8 m/seg**, mientras que en el barrio El Milagro fluctúan de **0,5 a 1,13 m/seg**, así mismo en la Zona Industrial las velocidades están en un rango de **0,10 m/seg**, todo el rango de velocidades se los pueden ver en la siguiente figura.

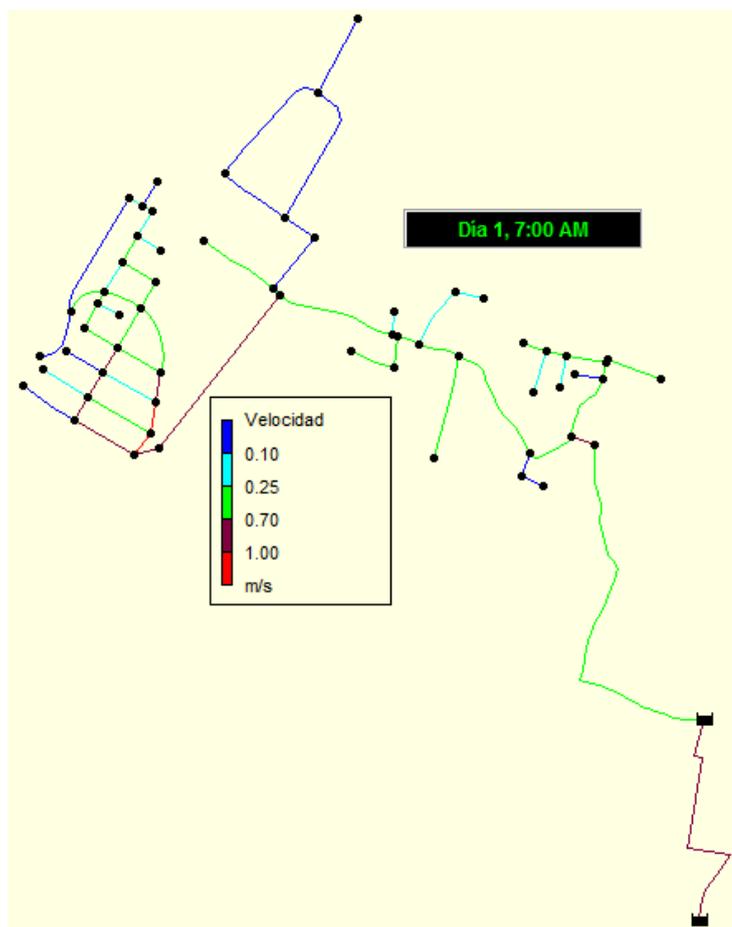


Figura 111. Velocidades máximas 7:00 am Alternativa 2

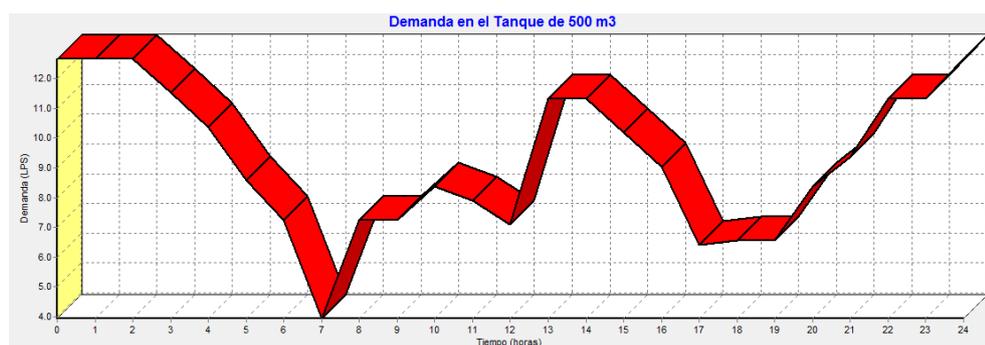


Figura 112. Variación de la demanda del Tanque de 500 m³

7.7.3. Presupuesto

El costo total que conlleva esta alternativa se puede ver en el Anexo 9, en esta segunda alternativa se tomó el criterio de incorporar el primer tanque de 500 m³ permitiéndose así evitar los cortes repentino o periodos de intermitencia en el servicio cuando la población vaya en un incremento, de igual manera se procedió al cambio de tuberías, todos los cálculos de precios se los realizo con la base de los rubros que maneja el DAPAC-R.

7.8. Implementación de Válvulas en la Línea de Conducción

Para las dos alternativas se tendrá la misma línea de conducción con un diámetro de 250 mm, a partir de la abscisa 0+800 m hasta la 2+000 m, ya q en la primera alternativa aproximadamente en 0+800 m tiene la derivación al tanque Albornoz y en la segunda alternativa aproximadamente en la misma abscisa se construirá el tanque de 500 m³, las dos líneas de conducción terminan en al abscisa 2+400.

7.8.1. Válvulas de Aire

En la línea de conducción se presenta volumen de aire disuelto que pueden ser causadas por qué: la línea no se ha llenado completamente, el aire disuelto atrapado en el líquido se libera, todos estos factores pueden generar el golpe de ariete, disminución en la eficiencia del drenaje, peligro de explosiones con gran liberación de energía, el diámetro de la válvula según el diámetro de la tubería se la presenta en la siguiente tabla.

Tabla 63.
Diámetro de Válvulas de aire en función del diámetro de la Conducción

Ø Tubería	Ø Ventosa manual	Ø Ventosa automática
10"	4"	3/4"
12"	4"	3/4"
14"	4"	3/4"
16"	6"	1"
18"	6"	1"
20"	6"	2"
24"	8"	2"
30"	8"	2"

Fuente: (Arrocha, 1977, pág. 178)

Con el programa AirValve se obtuvo la ubicación y especificaciones recomendados para las válvulas de aire, a continuación se presenta el ingreso de datos y los resultados arrojados por el programa.

STA	ELEV
800	2558.42
900	2558.12
1000	2563.3
1100	2550.26
1200	2554.97
1300	2544.11
1400	2541.49
1500	2539.98
1600	2536.59
1700	2536.59
1800	2536.59
1900	2536.59
2000	2536.59

Figura 113. Pestaña de Ingreso de Datos al Programa AirValve

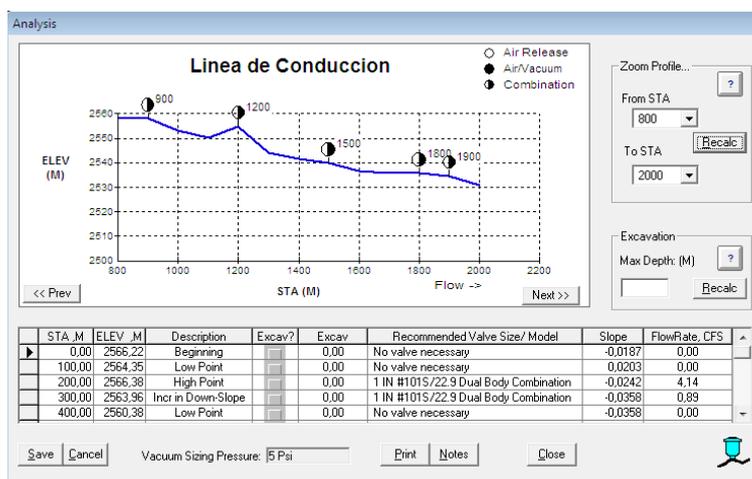


Figura 114. Resultados Obtenidos de Ubicación y Tipo de Válvula

Según la Figura 114 se instalara 6 válvulas de aire automáticas y siguiendo la recomendación de la Tabla 63 el diámetro de las válvulas será de $\frac{3}{4}$ ".

7.8.2. Válvulas de Desagüe

Las válvulas de desagüe conocidas también como válvulas de purga se las utiliza para la limpieza de sedimentos acumulados en la tubería, generalmente se las ubica en los puntos bajos. En la siguiente tabla se recomienda también un diámetro de la válvula de desagüe según el diámetro de la línea de conducción.

Tabla 64.
Diámetro de Válvulas de Desagüe en función del diámetro de la Conducción

Ø Tubería	Ø Desagüe
2"	2"
2 1/2"	2"
3"	2"
4"	2"
6"	4"
8"	4 o 6"
10"	6"

Fuente: (Arrocha, 1977, pág. 178)

En la línea de conducción se tuvo el criterio de instalar 3 válvulas de desagüe y haciendo referencia a la tabla las válvulas serán de 6''.

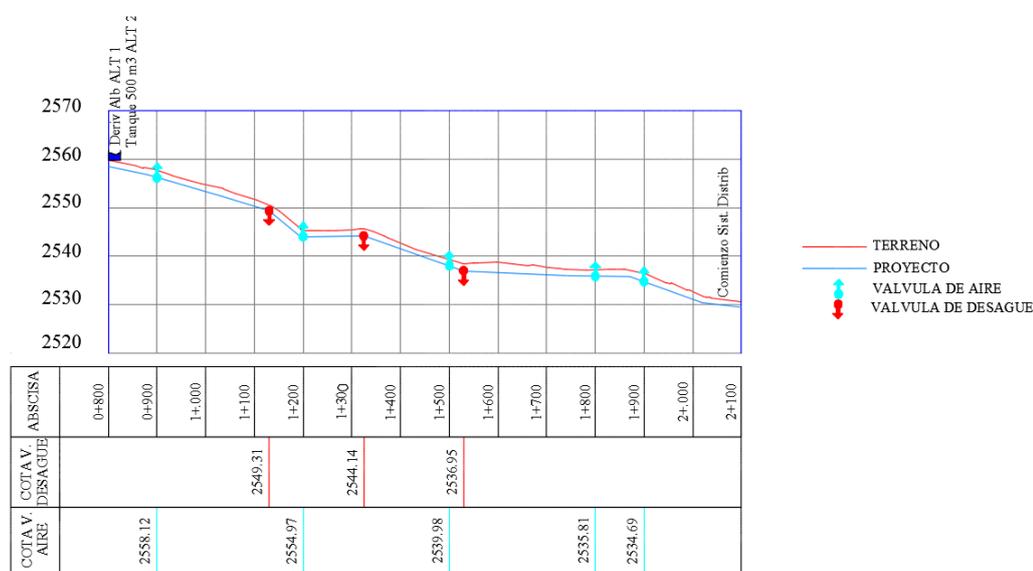


Figura 115. Ubicación Válvulas de Desagüe y Válvulas de Aire

7.9. Identificación del Tipo de Suelo

Se realizó una adecuada caracterización del suelo en la zona de estudio y se procedió con un muestreo estipulado en acuerdo N°140 anexo VI que menciona que en proyectos de conducciones de agua potable se tomara una muestra de suelos por cada 5 km, y se los sometió a los siguientes ensayos estipulados en la norma (INEN, 1992):

- Humedad Natural

- Granulometría
- Límites de Atterberg

Se procedió a tomar dos muestras de suelo en la zona, en la cual va a pasar la línea de conducción luego de ser trazada y embebida en la calle ya que como se mencionó anteriormente la tubería actual pasa por debajo de ciertos predios.

La muestra M1 se la tomo en el kilómetro 0+260 y la muestra M2 se la tomo en el kilómetro 0+500, la toma de muestras se la realizo a una profundidad de 1,30 m el día 13/06/2017 a las 8:00 am como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 116. M1 km 0+260 y M 2 km 0+500, profundidad 1,30 m

Todos los ensayos presentados a continuación se los realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos pertenecientes al Departamento de Ingeniería Civil transportándolos adecuadamente como se muestra en la siguiente figura.



Figura 117. Muestras M1 y M2 embaladas

7.9.1. Humedad Natural

La humedad viene a ser la relación que existe entre el peso del agua de una partícula de suelo y el peso sólido de la misma, para este ensayo se aplica la norma ASTM D-2216.

Para la muestra M1 se tiene una humedad natural de 25 %, mientras que para la muestra M2 se tiene una humedad natural de 46 %, mismos cálculos se los presenta en el Anexo 10.

7.9.2. Granulometría

El Análisis Granulométrico que tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene, para estas pruebas de laboratorio se sigue el procedimiento establecido en la ASTM D-422

En la granulometría tanto en la muestra M1 como en la M2 se presentan gravas de 1% y 5%, arena 63% y 47% y finos 35% y 48% respectivamente. Todos los cálculos y sus respectivas curvas se los puede ver en el Anexo 11.

7.9.3. Límites de Atterberg

Límite líquido (LL).- El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite definido arbitrariamente entre los estados semilíquido y plástico.

Límite plástico (PL).- El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y semisólido.

Para este ensayo se lo realizó bajo las especificaciones de la norma ASTM D-4318.

En la muestra M1 se presenta un límite líquido de 27%, un límite plástico de 16% y un índice de plasticidad de 11%, mientras que en la muestra M2 se tiene un límite líquido de 55%, un límite plástico de 33% y un índice de plasticidad de 23%, todos los cálculos se los puede apreciar en Anexo 12.

7.9.4. Clasificación SUCS

Con los ensayos vistos anteriormente se procede a clasificar el suelo según sus caracteres físicos y propiedades geomecánicas, una adecuada clasificación permite al ingeniero tener una idea del comportamiento del suelo.

Para realizar esta clasificación se procederá al uso de la ASTM D-2487.

Y se define que tanto para la muestra M1 y M2 en la clasificación SUCS caben dentro de los Limos Arenosos **ML**.

7.10. Valoración de las Alternativas de Rediseño

Para ver cuál de las dos alternativas es la mejor se debe analizar sus características tanto hidráulicas (presiones de servicio, velocidades y caudales) como sus características económicas, tomando en cuenta que debe intervenir también un análisis de costo beneficio a futuro.

En cuanto al presupuesto de cada una de las alternativas presentadas se los realizó con los rubros manejados por el DAPAC-R, todos los rubros son reportados en Abril del 2017, en los mismo rubros ya intervienen la adquisición de materiales con proveedores que facilitan su obtención, la mano de obra que interviene y que es brindada por los trabajadores del GADMUR por ende se tiene en cuenta un rendimiento más exacto y la maquinaria que es parte del GADMUR por ende se la tiene con un mejor mantenimiento y mejora su rendimiento. Los volúmenes de obra fueron calculados de acuerdo a la necesidad del rubro en cada una de sus alternativas.

En cuestión de costos la alternativa uno conlleva un gasto de \$ 1.017.579,06 dólares, mientras que la alternativa dos abarca un presupuesto de \$ 2.376.104,84 dólares.

Tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente se puede definir que la mejor alternativa de rediseño es la alternativa 2 ya que abarca todos los aspectos en los cuales la evaluación actual se determinó, como son caudales, presiones, velocidades, intermitencias en el servicio y calidad de agua, el diseño del plano se los puede ver en el Anexo 13.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Con el trabajo de campo realizado desde el Parque Central Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro, se actualizó el catastro de la red de agua potable, estableciéndose: la antigüedad de las tuberías instaladas en el sistema, el deterioro del sistema de captación y las conexiones domiciliarias. Todos estos parámetros generan fugas en el sistema, perdidas por fricción elevadas, velocidades y presiones de servicio extremadamente bajas.
- Mediante el levantamiento topográfico se actualizó la altimetría y planimetría de la red de agua potable que tiene 5 km de línea principal.
- En relación a la calidad de agua de la fuente de captación (Vertiente Cotogchoa) se definió que la fuente cumple con todos los parámetros referentes de la norma INEN 1108 con respecto al pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, color, nitratos, nitritos, hierro total, cromo hexavalente, plomo, arsénico. Así mismo con relación a coliformes totales y fecales cumplen los límites permisibles estipulados en el libro VI Anexo 1 del TULSMA.
- La calidad de agua que llega a la tubería de las casas es buena como se lo demostró en la muestra tomada en el Colegio Rumiñahui presentando una ausencia total de coliformes fecales y coliformes totales.
- Las encuestas socioeconómicas permitió tener más puntos de análisis como son: los sitios que se alejan de la fuente de captación son los que reciben menos caudal y presión, se definió una dotación neta real para cada barrio como son El Milagro y el Carmen (245 l/hab/día), la Cooperativa Eloy Alfaro con (137 l/hab/día).
- Se estableció el porcentaje de agua no contabilizada, el cual tuvo un valor de 58% y se debe a las perdidas por el deterioro de la red de igual manera a las conexiones clandestinas.

- En cuanto al balance de oferta y demanda actual del sistema se observó que actualmente la vertiente Cotogchoa produce 26,7 l/s, mientras que la demanda actual es de 17,88 l/s teniendo un balance positivo de 8,82 l/s. Mientras que para el año 2041 manteniéndose la misma oferta de la fuente y proyectando la población se da una demanda de 25.75 lt/s teniendo un cálculo de oferta y demanda balanceado con un valor de 0.98 lt/s.
- El aumento de población ha obligado a ciertos sectores a extender la tubería con mangueras para tener agua, la por la edad de las tuberías presentan problemas de pérdidas y de calidad de agua como se lo mostro en las encuestas socioeconómicas.
- El diámetro actual de las tuberías que conforman el sistema de agua potable hacen que las presiones de servicio sean bajas, así mismo, la derivación hacia el tanque albornoz lleva consigo un caudal significativo el cual puede ser almacenado.
- Con respecto a la calidad del suelo, en el sitio donde se procederá a colocar la nueva tubería se presenta un suelos de grano fino como son Limos Arenosos ML, los cuales según la ASTM D 2487 tanto su comportamiento mecánico y capacidad de drenaje van de malo a aceptable
- En vista que la evaluación actual diagnostico una red en mal estado se procedió a plantear dos alternativas de rediseño, cada una con un criterio óptimo en cuestión hidráulica y económica.
- En la primera alternativa de rediseño, teniendo en cuenta el cálculo de oferta-demanda balanceado es decir llegando al tope del periodo de diseño con un margen del 1% del agua, se propuso un cambio de tubería mejorando así las velocidades, caudales, presiones y siendo más económicamente viable.
- Para la segunda alternativa de rediseño se tomó en cuenta el volumen que se puede ahorrar al suprimir la derivación al tanque Albornoz de tal manera que se pudo calcular el volumen de almacenamiento proponiendo así la implantación de un tanque de 500 m³ mejorando exorbitantemente las presiones, caudales y velocidades tenido un presupuesto elevado pero que va a cubrir las necesidades futuras.

- En conclusión teniendo en cuenta la relación costo-beneficio actual y a largo plazo, el funcionamiento hidráulico, la mejor alternativa para el rediseño de la red es la alternativa 2, ya que esta abarca los volúmenes de almacenamiento que se generaran en el futuro con el incremento poblacional.

8.2. Recomendaciones

- Se recomienda tener un cronograma de inspecciones a los sitios de la red de agua potable, como por ejemplo los lugares de captación y verificar que se encuentren en buen estado tanto la obra civil de protección, como la captación del flujo y realizar un mantenimiento y limpieza rutinarios.
- Se recomienda la implementación de un caudalímetro en la vertiente Cotogchoa para saber con más exactitud el caudal brindado por la fuente, así tener las variaciones ya sea horarias, diarias, mensuales o anuales, esto permitirá controlar de mejor manera el porcentaje de agua no contabilizada.
- Es recomendable realizar por lo menos un monitoreo mensual de la calidad de agua de las captaciones, en especial las de flujo vertical ascendente (ojos de agua) ya que cabe la posibilidad que a futuro se pueda contaminar el agua ya sea por ejemplo la roptura de un alcantarillado que pase por los alrededores, de tal manera que el agua se infiltre generando focos de contaminación en la fuente, esto puede provocar enfermedades en los consumidores.
- Es recomendable la implementación de una campaña de concientización acerca del ahorro de agua, esto ayudara a disminuir el porcentaje de agua desperdiciada por los usuarios.
- En cuestión de calidad de suelo, es recomendable tener en cuenta el tipo de suelo en el cual se va a trabajar esto influye en la profundidad de excavación, si es necesario o no un mejoramiento, camas de arena con más espesor para el tendido de las tuberías y en la zona de construcción de los tanques tener la capacidad portante del suelo.
- Para la primera alternativa de diseño es recomendable tener en cuenta que se debe buscar una nueva fuente de abastecimiento que se sume al caudal

de la vertiente Cotogchoa para evitar intermitencias y problemas en el servicio en las horas pico que se darán en las proyecciones futuras. Con referente a la 2da alternativa se debe considerar la implementación de un 2do tanque en el año 2035 que abastezca el volumen de regulación que se generara a partir de ese año.

- Se recomienda para la implementación de la mejor alternativa, en este caso la 2da, se deberá cumplir lo establecido en el capítulo 7 como son; en los diámetros de las tuberías y válvulas, el trazado de la tubería los cuales se presentan en los respectivos planos de anexo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, R. P. (1997). *AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES-Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima: SER.
- American Water Works Association. (1968). *AGUA SU CALIDAD Y TRATAMIENTO*. Mexico: Hispano-Americana.
- Arrocha, S. (1977). *Abastecimiento de Agua Teoría y Diseño*. Caracas: U.C.V.
- Filián, G. E. (2004). *Utilización del EPANET a un Sistema de Agua Potable*. Guayaquil.
- GADMUR Rumiñahui. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2025*. Sangolquí: Gadmur.
- INEN. (1992). *Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9-1*. Quito: inen.
- J, G. H., & GARY, W. H. (1999). *INGENIERÍA AMBIENTAL*. Mexico: PRENTICE HALL.
- López, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Escuela colombiana de Ingeniería .
- López, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería .
- McGhee, T. (2000). *ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO Ingeniería ambiental*. Mexico: McGraw Hill.
- Prieto, C. J. (2004). *El Agua: Sus formas, Efectos, Abastecimientos, Usos, Daños, Control y Consercación*. Bogotá: Eco Ediciones.
- Rodríguez, P. R. (2001). *Abastecimiento de Agua*. Mexico : INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA.
- Sandoval, W. (2013). *Principios de la Hidráulica 2*. Quito : Politecnica.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U.
- U:S: Environmental Protection Agency. (2000). *Epanet 2, manual de usuario*. Cincinnati: Cincinnati.