



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

**TEMA: EVALUACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y REDISEÑO
DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN BOHÍOS DE
JATUMPAMBA, CANTÓN RUMIÑAHUI.**

AUTORA: IZA ROJAS EVELYN, ARACELY

DIRECTOR: ING. CARVAJAL CEVALLOS, EDGAR BENJAMÍN

SANGOLQUÍ

2018

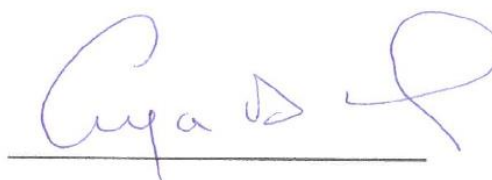


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN BOHÍOS DE JATUMPAMBA, CANTÓN RUMIÑAHUI" realizado por la señorita **IZA ROJAS EVELYN ARACELY**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software de similitud y además cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo a autorizar a la señorita **IZA ROJAS EVELYN ARACELY** para que sustente públicamente.

Sangolquí, 27 de enero 2018



ING. EDGAR CARVAJAL
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

1703314250



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **IZA ROJAS EVELYN ARACELY**, con cédula de identidad N° 1724219645, declaro que este trabajo de titulación **“EVALUACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN BOHÍOS DE JATUMPAMBA, CANTÓN RUMIÑAHUI”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado el derecho intelectual de terceros considerándose en 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.

Sangolquí, 27 de enero 2018

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Evelyn Rojas', is written over a horizontal line. The signature is cursive and somewhat stylized.

IZA ROJAS EVELYN ARACELY
C.C: 1724219645



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **IZA ROJAS EVELYN ARACELY**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el Repositorio Institucional el presente trabajo de titulación **"EVALUACIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN BOHÍOS DE JATUMPAMBA, CANTÓN RUMIÑAHUI"** en forma total, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 27 de enero 2018

IZA ROJAS EVELYN ARACELY
C.C: 1724219645

DEDICATORIA

Se la dedico a mis padres Wilson y Romelia, por ser mis mentores en mi formación personal, gracias a su ejemplo de responsabilidad, honestidad y generosidad, forjaron mi personalidad basada en principios y conciencia social.

A mi hermana Katy, por siempre empoderarme a seguir adelante y trabajar por alcanzar mis sueños sin temer a las adversidades. Su presencia en mi vida es mi motivo para superarme cada día y ser un claro ejemplo de inspiración para ella.

Para los usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, que la gratificación más grande en el desarrollo de ésta tesis es poder ayudar en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

EVELYN ARACELY IZA ROJAS

AGRADECIMIENTO

La realización de una tesis conlleva la participación de un sinnúmero de personas y entidades, sin el apoyo de las mismas, el tesista no podría llevar a cabalidad su trabajo, razón por la cual es necesario destinar un apartado especial para dejar mi gratitud y reconocimiento para con ellas.

Por lo mencionado, quiero aprovechar esta oportunidad para agradecer a mi familia quienes han sido mi motor de energía constante y pilares fundamentales para la realización de ésta tesis, su amor, comprensión y palabras de aliento siempre lograron motivarme para dar mi mejor esfuerzo. A mi compañero de vida Lenin, también toda mi gratitud porque siempre tuvo tiempo para escucharme y darme consejos desde sus experiencia laboral.

Es necesario reconocer la labor de mi Director de Tesis, Edgar Benjamín Carvajal, profesor de Hidráulica de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, quien siempre mostro apertura para dirigir mi proyecto de tesis y sin ningún recelo compartió todo su conocimiento e información académica que me ayudo a sustentar y no perder el enfoque del desarrollo de la tesis.

De igual forma, el apoyo recibido de directores, funcionarios y trabajadores de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del cantón Rumiñahui, DAPAC, quienes facilitaron la información necesaria para el desarrollo de la tesis, en especial al Ing. Nelson Ramiro Pedraza, por su apoyo incondicional en el seguimiento de la tesis que gracias a su experiencia como analista de agua potable se pudo concluir con éxito el trabajo.

Para finalizar, quiero agradecer a todos mis amigos y familiares, quienes a través de sus consejos basados en la honestidad, el trabajo y la conciencia social me permitió dar un proyecto que sea de investigación para futuras generaciones de ingeniería civil .

EVELYN ARACELY IZA ROJAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR	ii
OFICIO DE AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
OFICIO DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	IV
agradecimiento	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVII
ÍNDICE DE PLANOS	XVII
ÍNDICE DE PRESUPUESTOS	XVIII
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
1. CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Definición del problema	3
1.4. Descripción del área de estudio	3
1.4.1. Ubicación Geográfica	4
1.4.2. Características del clima	5
1.5. Justificación	6
1.6. Objetivos.....	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos	7
2. CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO AGUA POTABLE	8
2.1. El Agua	8
2.2. Sistema de abastecimiento de agua potable	9
2.2.1. Captación	9
2.2.2. Tubería de alimentación al reservorio	9
2.2.3. Reservorio.....	10
2.2.4. Tubería de alimentación a la red	10
2.2.5. Red de distribución.....	10
2.2.6. Tuberías, válvulas y accesorios	11

3.	CAPÍTULO 3 PARÁMETROS DE DISEÑO Y EVALUACIÓN	16
3.1.	Introducción	16
3.2.	Período de diseño	16
3.3.	Estimación de la población futura.....	17
3.4.	Consumo, dotación y variaciones de consumo	18
3.4.1.	Consumo.....	18
3.4.2.	Variaciones de consumo	18
3.5.	Reservorio	19
3.5.1.	Volumen de almacenamiento.....	19
3.6.	Redes de distribución	20
3.6.1.	Profundidad.....	20
3.6.2.	Presiones y velocidades.....	21
3.6.3.	Sistema de válvulas e hidrantes.....	23
4.	CAPÍTULO 4 CATASTRO EN ARCGIS RED AGUA POTABLE	24
4.1.	Introducción	24
4.2.	Descripción del programa ArcGIS	24
4.3.	Recolección de información.....	25
4.4.	Catastro del sistema de agua potable	26
4.4.1.	Fuente de abastecimiento	26
4.4.2.	Tanque El Chaupi.....	27
4.4.3.	Línea de transmisión.....	28
4.4.4.	Tuberías en la Urb. Bohíos de Jatumpamba.....	30
4.4.5.	Catastro de válvulas en la Urb. Bohíos de Jatumpamba.....	31
4.4.6.	Catastro de hidrantes en la Urb. Bohíos de Jatumpamba	31
4.4.7.	Georreferenciación del sistema de agua potable	32
5.	CAPÍTULO 5 DIAGNÓSTICO RED AGUA POTABLE	36
5.1.	Introducción	36
5.2.	Encuesta socioeconómica	36
5.2.1.	Tamaño de la muestra	37
5.2.2.	Análisis e interpretación de resultados.....	37
5.3.	Descripción de las redes principales	43
5.3.1.	Redes Tanque Chaupi	43
5.3.2.	Datos de entra programa Epanet 2.0	47

5.3.3.	Datos de entrada.....	47
5.4.	Estimación poblacional.....	50
5.5.	Determinación de la dotación	51
5.5.1.	Planilla de consumo	51
5.5.2.	Lectura de medidores de agua.....	53
5.5.3.	Dotación neta	56
5.6.	Agua no contabilizada (ANC)	56
5.7.	Cálculo de demandas.....	58
5.8.	Métodos de análisis de la red	59
5.8.1.	Análisis en régimen permanente	59
5.8.2.	Análisis en periodo extendido	59
5.8.3.	Modelamiento en régimen permanente.....	59
5.9.	Calibración del modelo de simulación	61
5.10.	Evaluación en régimen permanente	63
5.10.1.	Presiones en nodos de la red.....	63
5.10.2.	Velocidades en las tuberías	64
5.11.	Modelamiento en periodo extendido.....	65
5.11.1.	Curva de modulación	65
5.11.2.	Presiones en nodos de la red.....	66
5.12.	Fallas en la red de distribución	69
5.12.1.	Tipos de fallas	69
5.12.2.	Análisis de fallas en la red de distribución.....	71
5.13.	Sustentabilidad del rediseño del sistema de agua potable	71
6.	CAPÍTULO 6 CALIDAD DE AGUA.....	73
6.1.	Introducción.....	73
6.2.	Características físicas del agua.....	74
6.3.	Características Químicas del agua.....	76
6.4.	Características Biológicas del agua.....	78
6.5.	Normas de calidad para agua potable.....	79
6.6.	Toma de muestras.....	79
6.7.	Presentación de resultados de calidad de agua	80
6.8.	Desinfección con cloro	81
6.9.	Curva de demanda de cloro	81

6.10.	Decaimiento del cloro	82
6.11.	Simulación cloro residual en Epanet	83
6.12.	Simulación cloro residual en Epanet	84
6.12.1.	Decaimiento en el seno del agua	84
6.12.2.	Decaimiento en la pared de la tubería.....	85
6.12.3.	Parámetros de calidad y reacción en EPANET	86
6.13.	Resultados de la simulación de calidad de agua.....	89
7.	CAPÍTULO 7 ALTERNATIVAS RED AGUA POTABLE	93
7.1.	Introducción	93
7.2.	Alternativa 1.....	94
7.2.1.	Población	96
7.2.2.	Proyección de Oferta y Demanda	97
7.2.3.	Diseño - Alternativa 1	99
7.2.4.	Presupuesto	100
7.2.5.	Almacenamiento.....	100
7.3.	Alternativa 2.....	101
7.3.1.	Población	104
7.3.2.	Proyección de Oferta y Demanda	104
7.3.3.	Diseño Alternativa 2	106
7.3.4.	Línea de transmisión	107
7.3.5.	Cálculo de válvulas	108
7.3.6.	Tubería de distribución Urb. Bohíos de Jatumpamba	110
7.3.7.	Presupuesto	111
7.3.8.	Almacenamiento.....	112
7.4.	Evaluación de alternativas.....	113
7.5.	Recomendaciones.....	114
7.6.	Diseño red agua potable en Urb. Bohíos de Jatumpamba	114
7.6.1.	Proyección de la población	114
7.6.2.	Cálculo de las densidades poblacionales.....	116
7.6.3.	Determinación de la dotación.....	118
7.6.4.	Cálculo de caudales.....	118
7.6.5.	Análisis en periodo estático.....	119
7.6.6.	Presupuesto	121

7.6.7.	Eficiencia del sistema.....	123
8.	CAPÍTULO 8 MARCO TEÓRICO ALCANTARILADO PLUVIAL	125
8.1.	Introducción	125
8.2.	Clasificación de los sistemas de Alcantarillado	125
8.3.	Alcantarillado Pluvial	125
8.3.1.	Sistemas de Alcantarillado Pluvial.....	126
8.3.2.	Componentes del Alcantarillado Pluvial	126
8.3.3.	Sumidero (estructura de captación)	127
8.3.4.	Tubería (estructura de conducción).....	127
8.3.5.	Pozos de visita (estructura de conexión).....	128
8.3.6.	Estructuras de descarga	128
9.	CAPÍTULO 9 PARÁMETROS DE DISEÑO Y EVALUACIÓN	129
9.1.	Introducción	129
9.2.	Periodo de diseño.....	129
9.3.	Periodo de retorno	129
9.4.	Áreas drenaje	130
9.5.	Intensidad, duración y frecuencia	131
9.5.1.	Tiempo de concentración	133
9.6.	Caudal de diseño de aguas lluvias	134
9.6.1.	Coeficiente de escorrentía	135
9.7.	Diámetro interno mínimo	136
9.8.	Velocidad mínima y máxima.....	137
9.8.1.	Velocidad mínima.....	137
9.8.2.	Velocidad máxima	137
9.9.	Pendiente mínima y máxima	138
9.10.	Hidráulica de los conductos (sección circular).....	138
9.10.1.	Manning	138
9.10.2.	Radio hidráulico.....	138
9.10.3.	Hidráulica en tuberías para sección parcialmente llena	139
9.10.4.	Relaciones hidráulicas para sección circular.....	140
9.11.	Pozos	141
9.12.	Sumideros de calzada	142

10.	CAPÍTULO 10 CATASTRO ARCGIS ALCANTARILLADO PLUVIAL	
	143	
10.1.	Introducción	143
11.	CAPÍTULO 11 DIAGNÓSTICO RED ALCANTARILLADO PLUVIAL	
	146	
11.1.	Introducción	146
11.2.	Pozos	146
11.2.1.	Caracterización de los pozos de revisión	146
11.2.2.	Componentes de los pozos	147
11.2.3.	Estado de los componentes de los pozos de revisión	149
11.2.4.	Estado general de los pozos de revisión:.....	150
11.3.	Tuberías	152
11.4.	Evaluación Hidráulica	156
11.4.1.	Cálculo del coeficiente de escorrentía.....	156
11.4.2.	Parámetros hidráulicos.....	159
12.	CAPÍTULO 12 DISEÑO ALCANTARILLADO PLUVIAL	162
12.1.	Introducción	162
12.2.	Trazado de la red	162
12.3.	Pozos de revisión	163
12.4.	Áreas de aportación	165
12.5.	Datos para el diseño.....	165
12.6.	Formato hoja de cálculo	166
12.7.	Presupuesto	173
13.	CAPÍTULO 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	176
13.1.	Conclusiones.....	176
13.2.	Recomendaciones.....	179
	Bibliografía.....	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Vida útil de los elementos de un sistema de agua potable</i>	17
Tabla 2.	<i>Profundidad de instalación para tuberías de agua potable</i>	21
Tabla 3.	<i>Velocidades Máximas en Tuberías</i>	23
Tabla 4.	<i>Características generales del tanque El Chaupi.</i>	28
Tabla 5.	<i>Longitud y Porcentaje de los diferentes materiales de tubería</i>	29
Tabla 6.	<i>Tipo de vivienda</i>	38
Tabla 7.	<i>Actividad económica</i>	38
Tabla 8.	<i>Ingreso mes familiar</i>	39
Tabla 9.	<i>Fuente de abastecimiento de agua</i>	40
Tabla 10.	<i>Alcantarillado pluvial</i>	40
Tabla 11.	<i>Siente el problema de agua potable</i>	41
Tabla 12.	<i>El agua es limpia</i>	41
Tabla 13.	<i>Satisfacción en el servicio de agua potable y alcantarillado</i>	42
Tabla 14.	<i>Especificaciones técnicas para tuberías de PVC</i>	49
Tabla 15.	<i>Población año 2017</i>	51
Tabla 16.	<i>Resumen consumo mensual Urb. Bohíos de Jatumpamba</i>	52
Tabla 17.	<i>Promedio anual de dotación</i>	53
Tabla 18.	<i>Resumen consumo mensual cantón Rumiñahui</i>	57
Tabla 19.	<i>Resumen consumo mensual</i>	57
Tabla 20.	<i>Caudales 2017 – Diagnóstico sistema actual</i>	58
Tabla 21.	<i>Presión en condiciones normales</i>	63
Tabla 22.	<i>Análisis físicos en el agua</i>	74
Tabla 23.	<i>Tabla de conductividad de agua</i>	76
Tabla 24.	<i>Análisis físicos en el agua potable</i>	77
Tabla 25.	<i>Resultados calidad de agua</i>	80
Tabla 26.	<i>Decaimiento de cloro residual - muestra agosto 2017</i>	87
Tabla 27.	<i>Mediciones de cloro residual (mg/l)</i>	90
Tabla 28.	<i>Trabajos para el desarrollo de la Alternativa 1 (2042)</i>	95
Tabla 29.	<i>Población – Alternativa 1</i>	96
Tabla 30.	<i>Propuesta de Oferta Futura – Alternativa 1</i>	97
Tabla 31.	<i>Proyección Oferta y Demanda -Alternativa 1</i>	98
Tabla 32.	<i>Tabla Resumen – Presupuesto referencial Alternativa 1</i>	100
Tabla 33.	<i>Volumen de reserva requerido - Alternativa 1</i>	101
Tabla 34.	<i>Trabajos para el desarrollo de la Alternativa (2042)</i>	103
Tabla 35.	<i>Población –Alternativa 2</i>	104
Tabla 36.	<i>Propuesta de Oferta Futura – Alternativa 2</i>	104
Tabla 37.	<i>Proyección Oferta y Demanda – Alternativa 2</i>	105
Tabla 38.	<i>Tabla de resumen - Presupuesto referencial Alternativa 2</i>	112
Tabla 39.	<i>Volumen de reserva requerido - Alternativa 2</i>	112
Tabla 40.	<i>Población Urb. Bohíos de Jatumpamba (INEC 2010)</i>	115
Tabla 41.	<i>Proyección poblacional Urbanización Bohíos de Jatumpamba.</i>	117
Tabla 42.	<i>Comparación de dotaciones recomendadas</i>	118
Tabla 43.	<i>Presupuesto Rediseño de A. P. – Urb. Bohíos de Jatumpamba</i>	122
Tabla 44.	<i>Periodo de retorno</i>	130
Tabla 45.	<i>Ecuaciones de intensidad de lluvia Izobamba</i>	131

Tabla 46. <i>Periodo de retorno</i>	132
Tabla 47. <i>Coeficiente de impermeabilidad</i>	136
Tabla 48. <i>Velocidades máximas a tubo lleno</i>	137
Tabla 49. <i>Distancia entre pozos de revisión</i>	142
Tabla 50. <i>Diámetros recomendados de pozos de revisión</i>	142
Tabla 51. <i>Caracterización de pozos de revisión</i>	146
Tabla 52. <i>Componentes de los pozos de revisión</i>	147
Tabla 53. <i>Estado de los componentes de los pozos de revisión</i>	149
Tabla 54. <i>Estado general de los pozos de revisión</i>	152
Tabla 55. <i>Generalidades del alcantarillado pluvial – Urb. Bohíos J.</i>	153
Tabla 56. <i>Coeficiente de escorrentía en la calle J, año 2017</i>	157
Tabla 57. <i>Coeficiente de escorrentía en la calle K, año 2017</i>	158
Tabla 58. <i>Coeficiente de escorrentía en la calle L, año 2017</i>	158
Tabla 59. <i>Resultados del coeficiente de escorrentía</i>	159
Tabla 60. <i>Tabla de Cálculo: Parte I</i>	166
Tabla 61. <i>Tabla de Cálculo: Parte II</i>	168
Tabla 62. <i>Tabla de Cálculo: Parte III</i>	170
Tabla 63. <i>Presupuesto Alcantarillado Pluvial – Urb. Bohíos de J.</i>	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación red agua d potable de Urb. Bohíos de Jatumpamba.....	2
Figura 2. Ubicación de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.....	4
Figura 3. Límites de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.....	5
Figura 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible	8
Figura 5. Tipos de redes de agua potable	11
Figura 6. Profundidad de instalación de tubería agua potable	21
Figura 7. Pantalla del ArcGIS.....	25
Figura 8. Esquema del Sistema de Agua Potable 2017.....	26
Figura 9. Ubicación de la vertiente y el tanque El Chaupi.....	27
Figura 10. Tuberías red de distribución Sistema Inchalillo.....	29
Figura 11. Tuberías de la red de distribución del Sistema Inchalillo.	30
Figura 12. Ubicación de válvulas	31
Figura 13. Ubicación de hidrantes	32
Figura 14. Imagen satelital de Urb. Bohíos de Jatumpamba	33
Figura 15. Imagen satelital tanque de abastecimiento El Chaupi	33
Figura 16. Imagen satelital sistema de agua con tanque El Chaupi	34
Figura 17. Tabla de atributos de redes de agua potable.....	34
Figura 18. Tabla de atributos de accesorios de red de agua potable	35
Figura 19. Tabla de atributos de redes de agua potable.....	35
Figura 20. Resultado tipo de vivienda.....	38
Figura 21. Resultado actividad económica	39
Figura 22. Resultado ingreso mes familiar.....	39
Figura 23. Resultado siente el problema de agua potable.....	41

Figura 24. Resultado el agua es limpia.....	42
Figura 25. Resultado el agua es limpia.....	42
Figura 26. Red Tanque Chaupi – Líneas Existentes.....	45
Figura 27. Red Tanque Chaupi – Tuberías-Existentes.....	46
Figura 28. Red Tanque Chaupi – Tuberías-Existentes.....	46
Figura 29. Coeficiente de rugosidad para tuberías.....	48
Figura 30. Área de aportación para el nodo N51.....	50
Figura 31. Mediciones de consumo de agua.....	53
Figura 32. Ubicación manzanas de estudio.....	54
Figura 33. Registro de consumo promedio – Manzana 55.....	54
Figura 34. Dotación promedio– Manzana 55.....	55
Figura 35. Registro de consumo promedio – Manzana 80.....	55
Figura 36. Dotación promedio– Manzana 80.....	56
Figura 37. Mapa de contornos – Cotas del sistema.....	59
Figura 38. Elementos del sistema – Nodos.....	60
Figura 39. Elementos del sistema – Líneas.....	60
Figura 40. Demanda base (QMD) en litros por segundo.....	61
Figura 41. Medición de las presiones en campo.....	62
Figura 42. Medición de las presiones en campo.....	62
Figura 43. Presiones en condiciones normales.....	64
Figura 44. Velocidades en Tuberías.....	65
Figura 45. Curva de modulación.....	66
Figura 46. Elección de nodos para periodo extendido.....	66
Figura 47. Evolución temporal de la presión a lo largo de un día.....	67
Figura 48. Evolución temporal de la presión 6:00 am.....	67
Figura 49. Evolución temporal de la presión 7:00 am.....	68
Figura 50. Evolución temporal de la presión 1:00 pm.....	68
Figura 51. Evolución temporal de la presión 2:00 pm.....	69
Figura 52. Falla circunferencial.....	70
Figura 53. Falla longitudinal.....	70
Figura 54. Falla espiral.....	70
Figura 55. Reparaciones en redes de agua potable.....	71
Figura 56. Coeficiente de rugosidad para tuberías.....	73
Figura 57. Curva demanda del cloro.....	82
Figura 58. Zonas de reacción del cloro en la tubería.....	83
Figura 59. Zonas de reacción del cloro en la tubería.....	85
Figura 60. Zonas de reacción del cloro en la tubería.....	86
Figura 61. Determinación del orden de reacción del decaimiento de cloro..	87
Figura 62. Determinación del orden de reacción del decaimiento de cloro..	88
Figura 63. Determinación de Kb.....	88
Figura 64. Opciones de Reacción.....	89
Figura 65. Determinación del tiempo de estabilización del cloro en la red ..	89
Figura 66. Concentración de cloro (mg/l) a las 2:00 pm.....	90
Figura 67. Calibración de la simulación cloro residual.....	91
Figura 68. Diagrama de distribución de Agua – Alternativa 1 (2042).....	94
Figura 69. Balance Oferta – Demanda – Alternativa 1 (2042).....	95
Figura 70. Presiones en los nodos – Periodo estático – Alternativa 1.....	99

Figura 71. Diagrama de distribución de Agua – Alternativa 2 (2042).....	102
Figura 72. Balance Oferta – Demanda – Alternativa 2 (2042)	103
Figura 73. Presiones en los nodos – Periodo estático – Alternativa 2	106
Figura 74. Línea de transmisión primera etapa	107
Figura 75. Línea de transmisión primera etapa	108
Figura 76. Dimensionamiento de válvula en función del caudal	109
Figura 77. Dimensionamiento de válvula	109
Figura 78. Zona de cavitación.....	110
Figura 79. Diámetros de rediseño – Alternativa 2.....	111
Figura 80. Proyección Poblacional Urbanización Bohíos de Jatumpamba	117
Figura 81. Demanda base QMD	120
Figura 82. Diámetros rediseño – Urb. Bohíos de Jatumpamba	120
Figura 83. Presiones en los nodos – Periodo estático	121
Figura 84. Presiones en los nodos – Periodo estático	121
Figura 85. Áreas tributarias.....	130
Figura 86. Áreas tributarias.....	139
Figura 87. Ficha catastral pozo de revisión	144
Figura 88. Levantamiento de información catastral	145
Figura 89. Condiciones de sedimentación en pozos de revisión	147
Figura 90. Estado de la tapa del pozo	148
Figura 91. Pozo con escalera y sin escalera	148
Figura 92. Estado de los componentes de los pozos de revisión	149
Figura 93. Estado de los componentes de los pozos de revisión	150
Figura 94. Estado de los componentes de los pozos de revisión	151
Figura 95. Estado de los componentes de los pozos de revisión	151
Figura 96. Resultados del estado general de los pozos de revisión	152
Figura 97. Evaluación de tramos de tubería con cámara de inspección....	154
Figura 98. Piedras y arenas en redes de alcantarillado	154
Figura 99. Arenas y sedimentos en redes de alcantarillado	154
Figura 100. Grasas en redes de alcantarillado pluvial	155
Figura 101. Desgaste de paredes y juntas	155
Figura 102. Áreas de aportación para determinar coef. de escorrentía	156
Figura 103. Sectorización en tipos de superficies.....	157
Figura 104. Pozos que cumplen con distancia mínima de separación	159
Figura 105. Porcentaje de tramos con pendiente mínima de 10%	159
Figura 106. Tramos que trabajan parcialmente y a sección llena.....	160
Figura 107. Tramos que cumplen con la relación $d/D < 0.75$	160
Figura 108. Ubicación red de alcantarillado pluvial.....	162
Figura 109. Ubicación red de alcantarillado pluvial en elevación.....	163
Figura 110. Pozo tipo B1	164
Figura 111. Pozo tipo B2	164
Figura 112. Pozo tipo B3	165
Figura 113. Condicionales de color en Hoja de Cálculo	171
Figura 114. Esquema del flujo de agua- Rediseño Alcantarillado Pluvial ..	172

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Catastro vertiente El Chaupi
- Anexo 2. Catastro tanque El Chaupi
- Anexo 3. Catastro estructura tanque El Chaupi
- Anexo 4. Encuesta socioeconómica
- Anexo 5. Bases de dice DAPAC-R
- Anexo 6. Cálculo población actual
- Anexo 7. Lectura de medidores
- Anexo 8. Caudales 2017
- Anexo 9. Toma de presiones en campo
- Anexo 10. Curva de demanda
- Anexo 11. Análisis calidad de agua
- Anexo 12. Análisis calidad de agua – Tanque Chaupi
- Anexo 13. Análisis cloro residual Tanque Chaupi
- Anexo 14. Análisis cloro residual Urb. Bohíos de Jatumpamba
- Anexo 15. Informe demanda del cloro
- Anexo 16. Balance Oferta – Demanda para Alternativa 1
- Anexo 17. Cálculo Volumen de Tanque para Alternativa1
- Anexo 18. Balance Oferta – Demanda para Alternativa 2
- Anexo 19. Cálculo Volumen de tanque para Alternativa 2
- Anexo 20. Informe ensayo de suelos
- Anexo 21. Ordenanza Municipal
- Anexo 22. Caudales Red Agua Potable 2042
- Anexo 23. Resultados Epanet
- Anexo 24. Relaciones Hidráulicas
- Anexo 25. Catastro pozos de Alcantarillado Pluvial
- Anexo 26. Catastros tuberías de Alcantarillado Pluvial
- Anexo 27. Hoja de cálculo red Alcantarillado Pluvial (Evaluación)
- Anexo 28. Hoja de cálculo red Alcantarillado Pluvial (Rediseño)

ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1. Área de Estudio y Calles
- Plano 2. Topografía
- Plano 3. Red de distribución Agua Potable y Línea de transmisión (Evaluación)
- Plano 4. Red de distribución de Agua Potable Urb. Bohíos de Jatumpamba (Evaluación)
- Plano 5-7. Línea de transmisión de Agua Potable (Evaluación)
- Plano 8. Red de distribución de Agua Potable y Línea de transmisión (Rediseño)
- Plano 9. Red de distribución de Agua Potable Urb. Bohíos de Jatumpamba (Rediseño)
- Plano 10-11. Línea de transmisión de Agua Potable (Rediseño)
- Plano 12. Acometidas de Agua Potable – Urb. Bohíos de Jatumpamba
- Plano 12. Ubicación de detalles Red de Agua Potable (Rediseño)
- Plano 13-14. Detalles Red de Agua Potable (Rediseño)
- Plano 15. Detalles constructivos de Red de Agua Potable (Rediseño)
- Plano 16. Planta arquitectónica y general del Tanque 1000m³
- Plano 17. Cortes y detalles constructivos del Tanque 1000m³
- Plano 18. Áreas de aportación Red Alcantarillado Pluvial (Evaluación)
- Plano 19. Red Alcantarillado Pluvial (Evaluación)
- Plano 20. Áreas de aportación Red Alcantarillado Pluvial (Rediseño)
- Plano 21. Red Alcantarillado Pluvial (Rediseño)
- Plano 22. Acometidas Red Alcantarillado Pluvial (Rediseño)
- Plano 23-34. Perfiles Red Alcantarillado Pluvial (Rediseño)
- Plano 35. Pozos tipo y conexiones domiciliarias (Rediseño)
- Plano 36. Sumidero Tipo 1 (Rediseño)

ÍNDICE DE PRESUPUESTOS

- Presupuesto 1. Alternativa 1 Rediseño de Agua Potable
- Presupuesto 2. Alternativa 2 Rediseño de Agua Potable
- Presupuesto 3. Tanque de Reserva 1000m³
- Presupuesto 4. Línea de transmisión en Turucucho
- Presupuesto 5. Rediseño Red de Agua Potable Urb. Bohíos de Jatumpamba
- Presupuesto 6. Rediseño Red de Alcantarillado Pluvial Urb. Bohíos de Jatumpamba

RESUMEN

El propósito general de esta tesis es presentar de forma concreta todas las acciones que serán necesarias para asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados para los servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado pluvial de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, asegurando que la ejecución del proyecto sea eficiente en el área hidráulica, financiera, social y ambiental. El rediseño de la línea de transmisión y red de distribución de agua potable, utiliza el programa EPANET, el cual toma como base la información suministrada por la DAPAC, levantamiento topográfico, medición de consumos y catastro de elementos hidráulicos. Del análisis de resultados, mostró que algunos tramos de Asbesto Cemento (AC), tienen que ser cambiados al cumplir ya su periodo de vida y ser motivo principal de las constantes fugas del recurso agua. El análisis de calidad es de gran importancia al tener un impacto fundamental en la salud de los usuarios, por consiguiente de las muestras tomadas en predios pertenecientes a la Urbanización Bohíos de Jatumpamba y en el Tanque de abastecimiento El Chaupi, se obtuvo que si cumplen con los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos. Dentro del rediseño del sistema de alcantarillado pluvial se realizó el estudio de la capacidad de las redes actuales a través de cálculos hidráulicos y evaluaciones internas con cámara de inspección. Como resultado de esto se ha obtenido un rediseño donde considera el incremento del diámetro de las redes, la inclusión de pozos y el cambio de tubería de Hormigón Centrifugado.

PALABRAS CLAVES:

- **AGUA POTABLE**
- **ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA**
- **MODELAMIENTO CLORO RESIDUAL**
- **ALCANTARILLADO PLUVIAL**

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to present in a concrete manner all the actions that will be necessary to ensure compliance with the objectives for water and sewer of the Bohíos de Jatumpamba Urbanization ensuring the implementation of the project be efficient in the hydraulic area, financial, social and environmental. The redesign of the driving and drinking water distribution network uses EPANET program, which takes as a basis the information provided by DAPAC, surveying, measurement of consumption and cadastre of hydraulic components. The analysis of results showed that some sections of Asbestos Cement (AC), have to be changed when they have already completed their life and be the main reason for the constant leakage of water resources. The quality analysis is of great importance to have a fundamental impact on the health of the users; therefore of the samples taken at sites belonging to the Bohíos de Jatumpamba Urbanization and in the El Chaupi supply tank, it was found that if they comply with the requirements of physical, chemical and bacteriological methods of warfare. In the redesign of the sewer system was conducted to the study of the ability of existing networks through hydraulic calculations and internal evaluations with inspection camera. As a result of this has been obtained a redesign where considered the increase in the diameter of the networks, inclusion of wells and the change of Concrete centrifugation.

KEY WORDS:

- **WATER**
- **ANALYSIS OF WATER QUALITY**
- **MODELING RESIDUAL CHLORINE**
- **SEWER**

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Introducción

El agua es un derecho garantizado por la Constitución del Ecuador (Art 12) y los Tratados Internacionales de Derechos Humanos, por tanto, el Estado tiene la obligación de garantizar y respetar este derecho, en consecuencia, tomará medidas para permitir su ejercicio e impedir acciones que lo afecten o limiten.

El 22 de septiembre de 2017, fue aprobado el Plan Nacional del Buen Vivir 2017 – 2021, donde se contempla tres objetivos que ponen en prioridad los temas relacionados con agua potable y saneamiento.

Estos dos sistemas agua potable y saneamiento son las dos infraestructuras fundamentales que se requieren para satisfacer las necesidades básicas del ser humano. El Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización (DAPAC-R) es la entidad encargada de proporcionar estos servicios en el cantón Rumiñahui, donde se ha visto la necesidad de evaluar el funcionamiento hidráulico de los sistemas de agua potable y alcantarillado pluvial de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba con el fin de cubrir la demanda actual y futura, proporcionando alternativas factibles, económicas con menor impacto ambiental y que permitan el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios del sector.

Otro aspecto importante que abarca este proyecto es la investigación del control de calidad de agua tanto en el tanque El Chaupi donde inicia la red de abastecimiento a la urbanización Bohíos de Jatumpamba y también dentro de la misma ya que es de suma importancia recalcar que después del tratamiento del agua existen factores externos que pueden alterar la calidad del agua, ya sea por el tiempo de uso de tuberías, corrosión producida por el agua misma, acumulación de sustancias suspendidas en el interior de la red de distribución y en el caso de las redes en estudio la investigación de la

calidad del agua radica en la antigüedad de mucha de su infraestructura y del material de las tuberías que son de asbesto cemento.

1.2. Antecedentes

La Urbanización Bohíos de Jatumpamba posee un sistema de agua potable y alcantarillado que se ha ido conformando de acuerdo a las necesidades de la población. Los sistemas tienen tuberías de asbesto cemento construido hace aproximadamente 30 años. Es importante mencionar que actualmente la línea de transmisión de agua potable es abastecida por el tanque El Chaupi ubicado en las coordenadas UTM 785417 Longitud Este y 9960418 latitud Norte y el mismo que viene desde la Vertiente de El Chaupi como se muestra en la figura 1.

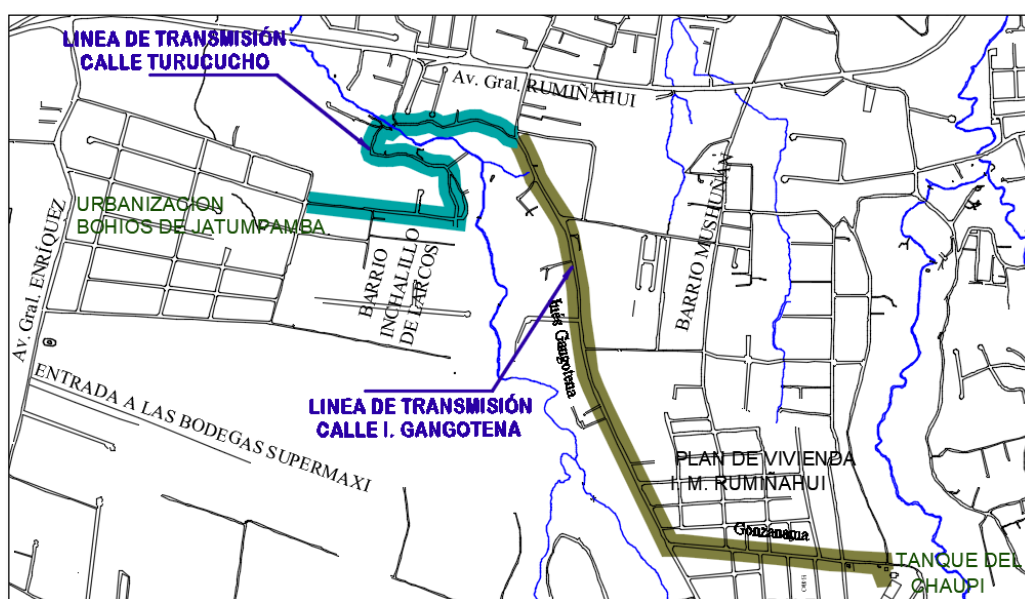


Figura 1. Ubicación red agua d potable de Urb. Bohíos de Jatumpamba

Fuente. Plano Base Departamento de Agua Potable, Cantón Rumiñahui

El proyecto también contempla un sistema de recolección de aguas pluviales que son recolectadas y transportadas hasta la descarga en el colector ubicado en la calle A al norte de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.

1.3. Definición del problema

El pasar del tiempo, el aumento poblacional y el material (asbesto cemento) de las tuberías existentes en este sector son factores que han provocado que la vida útil de las tuberías disminuya y que existan constantes fugas de agua las mismas que han sido resueltas por el DAPAC-R (Departamento de Agua Potable Alcantarillado y Comercialización de Rumiñahui).

En la actualidad el sistema de agua potable y alcantarillado pluvial se enfrenta a la necesidad de una evaluación y rediseño hidráulico, que permita garantizar una correcta distribución del agua potable en el sector con suministro eficiente en relación de presión, caudal y calidad de agua como también el correcto funcionamiento de recolección de aguas lluvias.

1.4. Descripción del área de estudio

El área de estudio es la Urbanización Bohíos de Jatumpamba en relación al sistema de agua potable y alcantarillado pluvial que tiene una cobertura de 28 hectáreas aproximadamente y una población total de 430 habitantes (GADMUR Rumiñahui, 2015).

La Urbanización Bohíos de Jatumpamba fue concebida como un conjunto privado hace 35 años con predios aproximadamente de 2.500 m² que con el pasar del tiempo se fueron consolidando los sistemas de agua potable en asbesto cemento y los sistemas de alcantarillado en hormigón centrifugado.

Actualmente la Urbanización posee 166 lotes de los cuales 104 lotes se encuentran habitados y 62 sin habitar con la posibilidad de seguir incrementando el número de lotes ya que la ordenanza actual permite la subdivisión de los lotes en áreas de 750m².

1.4.1. Ubicación Geográfica

El proyecto está localizado en la parroquia de Sangolquí, Cantón Rumiñahui en las coordenadas UTM 783279 Longitud Este y 9961458 latitud Norte como se muestra en la figura 2.

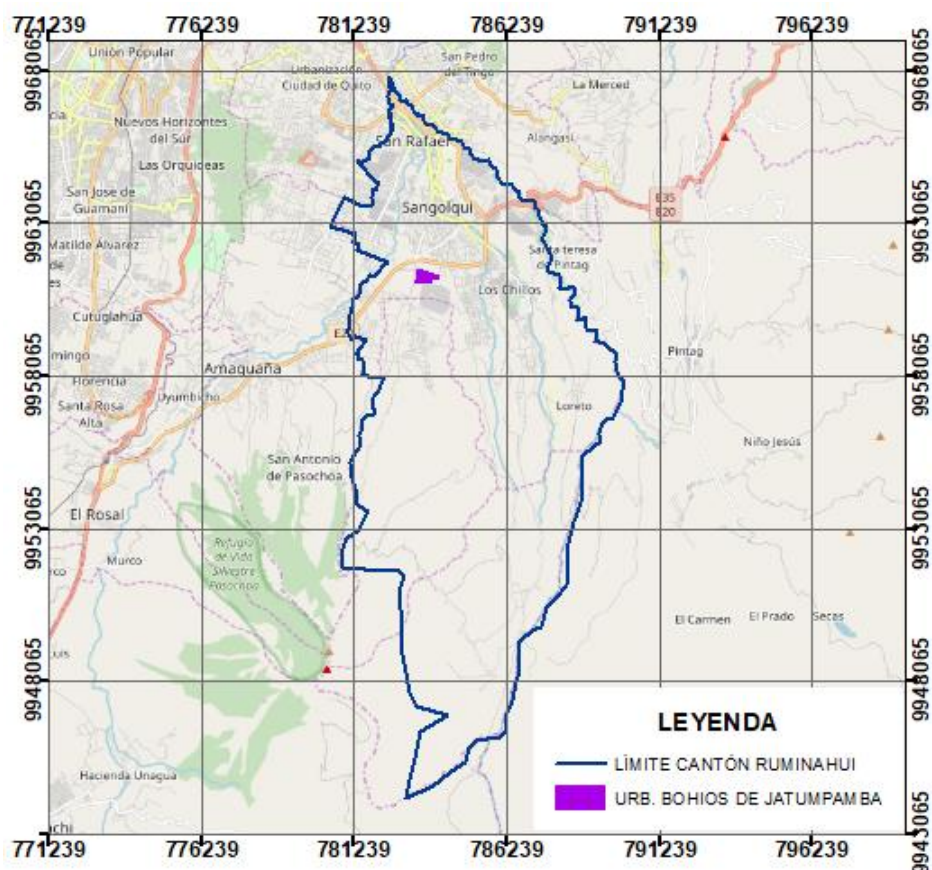


Figura 2. Ubicación de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.

Fuente. Plano Base DAPAC, Cantón Rumiñahui (software ARGIS)

Se encuentra limitado al Norte por la urbanización Mutualista Benalcázar y el Barrio Inchalillo Bajo, al Sur con las bodegas Supermaxi, al Este con el barrio Inchalillo de Larcos y el barrio Turucucho mientras que al Oeste limita con las bodegas Acacias, el Centro de Repuestos Chevrolet y el barrio La Josefina. Ver figura 3.



Figura 3. Límites de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.

Fuente. Plano Base Departamento de Agua Potable, Cantón Rumiñahui (software ARGIS)

1.4.2. Características del clima

En el Cantón Rumiñahui se presentan tres pisos climáticos: “Ecuatorial frío húmedo, Ecuatorial Mesotérmico Húmedo y 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 mientras que en las noches baja hasta los 8 °C.” (GADMUR Rumiñahui, 2014).

En base a la tabla 8 de Factores climáticos del Catón Rumiñahui del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de 2012. Actualización 2014-2019 se puede mencionar lo siguiente acerca de la Parroquia de Sangolquí:

- La parroquia de Sangolquí posee una temperatura promedio de 15.45°C
- Presenta una precipitación media anual de 1000 mm considerando la de máxima 251.3 mm en el mes de abril 2013
- El porcentaje de humedad es del 73.5%

- La dirección predominante de los vientos es de Sur a Este.
- La nubosidad en porcentaje representa un valor medio del 5.4% de cielo cubierto
- La insolación promedio mensual es de 171.6 horas/sol. (GADMUR Rumiñahui, 2014, pág. 30)

1.5. Justificación

Mediante el desarrollo de este proyecto se pretende alcanzar el buen vivir de los pobladores de la urbanización Bohíos de Jatumpamba. El mismo que surge de la problemática actual del sistema de agua potable y alcantarillado debido al incremento poblacional, antigüedad de las redes y material que les constituye.

El proyecto tiene como finalidad dar alternativas que contemplen un estudio hidráulico detallado de las redes bajo normativas vigentes que garanticen la salud de los pobladores y un servicio de calidad que cubra la demanda del sector. Además, la implementación del mismo proporcionará un ahorro sustancial por gasto de reparaciones y mantenimiento en las tuberías de los sistemas de agua potable y alcantarillado pluvial que constantemente lo realizan el departamento de Agua Potable y Alcantarillado de Rumiñahui.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el funcionamiento y calidad de agua en la red de distribución de agua potable conjuntamente con la evaluación del alcantarillado pluvial de la urbanización Bohíos de Jatumpamba para formular alternativas de mejoramiento de las redes en condiciones actuales y para una demanda futura.

1.6.2. Objetivos específicos

- Recopilar la información de campo necesaria para el estudio técnico.
- Realizar encuestas socio económicas
- Actualizar el registro de catastro de la red de agua potable y alcantarillado pluvial del sector.
- Realizar un monitoreo del control de calidad de agua en tanque El Chaupi y en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.
- Evaluar y modelar la línea de transmisión del sistema de agua potable desde el tanque El Chaupi a la Urbanización de Bohíos de Jatumpamba.
- Realizar un diagnóstico de la red de agua potable y alcantarillado pluvial en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.
- Plantear alternativas de mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado pluvial como solución al estado actual de las redes y a la demanda futura en el año 2042

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO AGUA POTABLE

2.1. El Agua

En 2010, el derecho al agua potable y el saneamiento fue reconocido por primera vez en la Asamblea General de las Naciones Unidas. En septiembre del 2015, se desarrolló oficialmente la Cumbre de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre ellos el Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.



Figura 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente. Objetivos de Desarrollo Sostenible. (PNUD, 2015)

El 12 de julio de 2017 la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF lanzaron el informe de saneamiento y agua bajo el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A continuación, se destaca unos cuantos datos:

- Alrededor del mundo, tres de cada 10 personas carecen de acceso al agua potable y disponible en el hogar, y 6 de cada 10 carecen de saneamiento seguro.
- El 71% de la población mundial utiliza un servicio de abastecimiento de agua de forma segura, es decir que el agua proviene de una

fuentes que estén disponibles en todo momento que sea necesaria y que estén libres de contaminación fecal y productos químicos. (OMS, 2017)

2.2. Sistema de abastecimiento de agua potable

La palabra agua potable se deriva de la palabra latina Potabilis, que significa que se puede beber. Para que el agua sea potable debe ser limpia, incolora, sin partículas en suspensión que no debe poseer bacterias patógenas.

El funcionamiento de una red de abastecimiento de agua potable es transportar los volúmenes de agua necesarios para satisfacer las demandas necesarias de la población. Las partes fundamentales de un abastecimiento son: captación, tubería de alimentación al depósito, depósito, tubería de alimentación a la red, red de distribución (CIDTA, 2015)

2.2.1. Captación

Es considerado el punto de toma de agua. El tipo de fuente en la que se extrae el caudal de agua a procesar puede ser de aguas superficiales, como la toma de un río, de un embalse o de una fuente subterránea procedente de un manantial o por medio de un pozo (CIDTA, 2015)

2.2.2. Tubería de alimentación al reservorio

El agua captada debe ser transportada hasta el reservorio a través de una conducción. Cuando la cota del depósito es inferior a la cota de captación, el agua se transporta por gravedad, por el contrario, si la cota de la captación es inferior a la cota del depósito es necesario transportar el agua impulsándola por bombeo (CIDTA, 2015)

2.2.3. Reservorio

El reservorio tiene la función de almacenar agua, para compensar las diferencias entre la cantidad de agua suministrada al reservorio desde la captación y las fluctuaciones del consumo durante el día, especialmente en las horas de mayor consumo (CIDTA, 2015)

2.2.4. Tubería de alimentación a la red

Es la conducción del agua desde el reservorio a la red de distribución, generalmente la cota de la solera del reservorio es superior al resto de la red de distribución con el objetivo de dar presiones adecuadas a los usuarios (CIDTA, 2015)

2.2.5. Red de distribución

El sistema de distribución consiste en un conjunto de sistemas hidráulicos con numerosas conexiones del agua transportada desde el depósito hasta los usuarios de una ciudad. Para lograr la operación óptima, se pueden instalar en el sistema depósitos, estaciones de bombeo y accesorios como válvulas, hidrantes equipos de medición, etc. (Trifunovic, 2006)

Los sistemas de distribución pueden clasificarse por la forma de funcionamiento en tres tipos: red ramificada, red reticulada o malla y red mixta (CIDTA, 2015)

Red ramificada: esta red consiste en una tubería principal de la cual se derivan arterias secundarias, de las que a su vez se subdividen otras de tercero o cuarto orden. Ver figura 5a. Los diámetros cada vez se van reduciendo a medida que las tuberías se alejan de las arterias principales. Este tipo de red presenta el problema cuando se produce una avería porque para su mantenimiento, deja seco toda la red a continuación del sector averiado (pág. 1)

Red reticulada: la característica principal de esta red, es la unión de todos los ramales formando mallas, el agua puede llegar a un sector determinado

por varios caminos. Ver figura 5b. Este tipo de red tiene la ventaja de que en caso de avería el agua llega a los otros sectores de la red por otras tuberías y en lugar del tramo averiado se puede aislar por medio de válvulas de modo que se formen pequeños circuitos independientes (pág. 2)

Red mixta: participa de las ventajas y desventajas de la mezcla de los dos sistemas ramificada y reticulada o malla. Ver figura 5c (pág. 4)

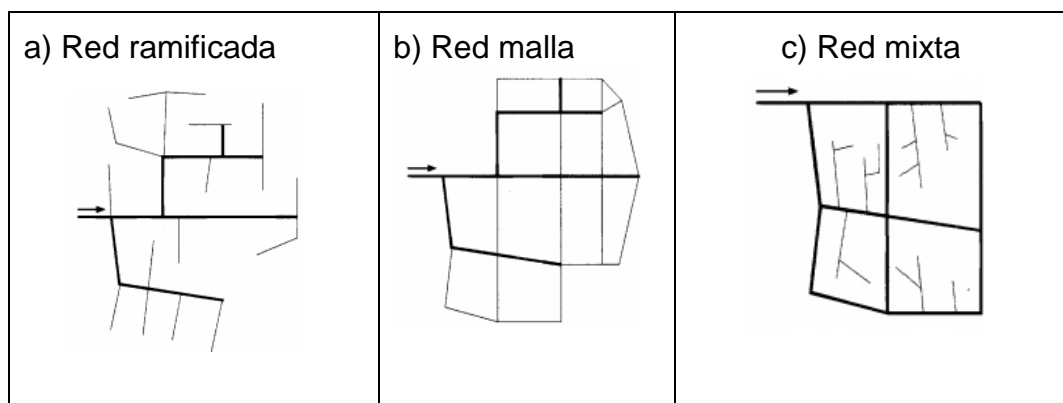


Figura 5. Tipos de redes de agua potable

Fuente. (CIDTA, 2015)

2.2.6. Tuberías, válvulas y accesorios

Un sistema de distribución se compone a partir de tuberías, válvulas de diversos tipos, hidrantes contra incendios, tanques de regulación, bombas y accesorios adicionales que permiten el buen funcionamiento, operación y mantenimiento del sistema.

2.2.6.1. Tuberías

Son elementos principales en el proceso de conducción del servicio de agua potable a los diferentes sectores de distribución. Son varios aspectos donde interviene la elección del material de la tubería, entre ellos está: resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, economía, facilidad de reparación y conservación de la calidad de agua. (Moreno, 2006).

Tuberías de plástico (P.V.C)

La plastificación de polímeros en procesos de inyección se fabrica de poli (cloruro de vinilo) (PVC) y de polietileno de alta densidad (PEAD) (Moreno, 2006).

Ventajas de los tubos PVC:

- Hermeticidad. Impide filtraciones y fugas garantizando una junta hermética en los tubos. Se recomienda la unión espiga – campana con anillo de hule integrado porque actúa como junta de dilatación.
- Pared interior lisa. Tiene alta eficiencia en la conducción de fluidos ya que presenta bajas pérdidas por fricción
- Resistencia a la corrosión. En tuberías de PVC no se presenta corrosión química y tampoco se forman incrustaciones ni tubérculos de óxido. (formaciones de óxido).
- Resistencia química. Es resistente al ataque químico de suelos agresivos y en general de ácidos y soluciones salinas. También resiste al ataque de hongos, algas y bacterias por no existir en las tuberías de PVC materia nutriente para su desarrollo.
- Ligereza. Fácil transporte, manejo y colocación.
- Resistencia a la tensión. Tiene mejor comportamiento ante movimientos sísmicos, cargas externas muertas y vivas, así también ante sobrepresiones momentáneas (golpe de ariete) (Franco, 2006, pág. 20).

Desventajas:

- Susceptibilidad a daños durante su manejo.
- En temperaturas mayores a 25°C, se debe reducir la presión de trabajo.
- A la exposición prolongada a los rayos solares se reduce su resistencia mecánica (Franco, 2006, pág. 20).

Tuberías de asbesto – cemento (A.C.)

Estas tuberías de conducción se componen de continuas capas sucesivas delgadas de un material compuesto por asbesto cemento (Moreno, 2006).

Entre las ventajas de los tubos de asbesto cemento se encuentran:

- Ligereza
- Generalmente no se corroe.
- Alta capacidad de conducción al poseer bajo coeficiente de fricción
- Inmunidad a la corrosión electroquímica (Franco, 2006, pág. 25).

Desventajas:

- Fragilidad. Se debe tener cuidados adicionales durante el transporte e instalación de estos elementos y también en la conexión de acometidas domiciliarias.
- En caso de requerir un perforado o cortado en obra, es necesario el uso de mascarillas protectoras para impedir la inhalación del polvo (Franco, 2006, pág. 25)

Tuberías de hierro fundido (H.F.)

Estos elementos son fabricados mediante la combinación de la fundición de lingotes de hierro, carbón coque, piedra caliza y adicional, mediante métodos especiales de magnesio, ocasionando un grafito con microestructura granular dando como resultado un material resistente a la oxidación y corrosión (Moreno, 2006).

Existen dos tipos de hierro fundido: el hierro gris y el hierro dúctil. El hierro dúctil es una mejora del hierro gris, en la cual mediante procesos de tratamiento especial se logra obtener un metal de mayor dureza y resistencia. (Franco, 2006).

Ventajas de tuberías de hierro dúctil:

- Alta resistencia mecánica. Es resistente a impactos y a cargas normales, así como a presiones internas.

- Alta resistencia a la corrosión (Franco, 2006, pág. 26).

Desventajas:

- Dificultad de manejo de instalación por tener un peso relativamente alto.
- Puede sufrir corrosión eléctrica o química si no se protege de suelos ácidos alcalinos y aguas agresivas (Franco, 2006, pág. 27).

Tuberías de acero galvanizado (H.G.)

Se fabrican con el uso de aceros dúctiles fácilmente soldables con un proceso de templado, permitiendo la obtención de tuberías con gran resistencia a los impactos y ductilidad. Generalmente son utilizadas cuando se tienen altas presiones y se requiere grandes diámetros (Moreno, 2006).

Entre las ventajas de la tubería de acero incluyen:

- Alta resistencia mecánica. Resiste cargas de impacto y altas presiones internas.
- Fácil transporte e instalación (Franco, 2006, pág. 28).

Desventajas:

- Por ser metálico presenta corrosión. Este tipo de tubería por su diferente composición química, la corrosión es más severa en comparación al hierro fundido. Esta característica representa altos costos de mantenimiento y reduce su vida útil.
- No puede soportar cargas externas grandes, ya que es susceptible al aplastamiento (Franco, 2006, pág. 28).

2.2.6.2. Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos que se colocan en las tuberías para los procesos de operación, mantenimiento y seguridad en los sistemas de aducción y distribución de agua potable. Pueden ser accionadas manualmente o por medios automáticos o semiautomáticos. Las válvulas en redes de distribución son operadas generalmente de manera manual

mediante palancas, volantes y engranes, debido a que los cierres y aperturas son ocasionales (Franco, 2006, pág. 33).

De acuerdo a (SIAPA, 2014) clasifica las válvulas de la siguiente manera:

Válvula de control de aire

Su instalación cumple el objetivo de expulsar el aire retenido en la succión cuando la bomba no trabaja y cuando se acumula el aire en los puntos altos en una línea de conducción.

Válvula check o de retención

Se utilizan para impedir la inversión del flujo en la línea.

Válvula de compuerta

Su empleo permite aislar (bloquear) algún elemento o sección del sistema para poder efectuar reparaciones, inspecciones o manteamientos, sin que se interrumpa en su totalidad el servicio.

Válvula de mariposa

La válvula mariposa puede sustituir a la de compuerta cuando su empleo se requiere para diámetro de 10" en adelante y presiones bajas en línea. El tamaño es menor y su costo más económico.

Válvula aliviadora de presión

Son empleadas para proteger al equipo de bombeo, tuberías y otros elementos en la conexión, contra los cambios bruscos de presión que puede producirse en el arranque o paro del equipo de bombeo. (págs. 21,23,24)

2.2.6.3. Hidrantes

Son conexiones especiales colocadas a ciertas distancias y distribuidas en las calles para extinción de incendios. Generalmente se ubican a distancias menores de 200m, aunque pueden ser colocados a distancias hasta 50m en lugares no muy densamente poblados (Franco, 2006).

CAPÍTULO 3

PARÁMETROS DE DISEÑO Y EVALUACIÓN

3.1. Introducción

El diseño de los sistemas de distribución de agua potable en Ecuador está regido por normativas y recomendaciones que disminuyen el nivel de incertidumbre en la puesta en marcha del sistema definitivo, de esta manera presentar proyectos acertados y adaptados a la realidad del consumo de agua en nuestro país. La Norma Técnica Ecuatoriana de Agua Potable (NTE INENE 1108), el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias (Norma CO 10.07 – 601), basada en normas del Instituto Ecuatoriano de Obras y Saneamiento (EX - IEOS 1986) y Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9-1 conjuntamente con reglamentos locales del cantón Rumiñahui fueron la base para la evaluación y rediseño de la red de agua potable de la Urbanización de Bohíos de Jatumpamba.

3.2. Período de diseño

Es el lapso en el cual una obra o estructura puede funcionar sin necesidad de ampliaciones. También se debe considerar la posibilidad de construir por etapas las obras de conducción, redes y estructuras, las mismas que no serán más de tres (MIDUVI, 1992).

El periodo de diseño de un sistema a proyectar no deberá tener periodos menores que 15 años y dependerá de la vida útil de las diferentes partes que constituyen el mismo como lo indica (MIDUVI, 1992), en la tabla siguiente.

Tabla 1.*Vida útil de los elementos de un sistema de agua potable*

Componente	Vida útil (años)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales-secundarias de red	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Fuente. Tabla V.2. Vida útil sugerida para elementos (MIDUVI, 1992)

3.3. Estimación de la población futura

El cálculo de la población futura se debe realizarlo a través de por lo menos tres métodos conocidos de proyecciones de crecimiento, entre los más conocidos se tiene:

- Método Aritmético
- Método Geométrico
- Método de Saturación
- Método Exponencial

Finalmente, la población futura se escogerá tomando consideraciones de aspecto económico, geopolítico y social que influyan en movimientos demográficos (MIDUVI, 1992).

3.4. Consumo, dotación y variaciones de consumo

3.4.1. Consumo

Es determinar cierta cantidad de agua para posteriormente asignarla a cualquier uso. El consumo va depender directamente del clima, nivel de vida de la población, costumbres, calidad de agua suministrada y presiones disponibles, según (UNASAM, 2014)

Tipos de consumo.

- Consumo de uso comercial
- Consumo de uso industrial
- Consumo de uso público
- Consumo de uso doméstico
- Consumo de uso especial (estación de ferrocarriles, etc.)
(UNASAM, 2014)

El consumo doméstico es la cantidad de agua asignada para satisfacer las necesidades de la población y otros requerimientos y se la llama Dotación.

La dotación se calcula dividiendo el consumo anual total de agua de una determinada población entre 365 días y el número de personas, para obtener el consumo unitario en LIT/Hab/Día (UNASAM, 2014).

3.4.2. Variaciones de consumo

Consumo medio anual diario. Se debe calcular por la fórmula:

$$Q_{med} = \frac{Población \times Dotación}{86400} = lt/seg$$

Caudal máximo diario. Es el requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo diario, se debe calcular por la fórmula:

$$Q_{max. día} = K_{max. día} \times Q_{med}$$

El coeficiente de variación del consumo máximo diario se recomienda utilizar los siguientes valores: $K_{max. día} = 1.3 - 1.5$

Caudal máximo horario. Es el requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo horario, se debe calcular por la fórmula:

$$Q_{max. hora} = K_{max. hora} \times Q_{med}$$

El coeficiente de variación del consumo máximo horario se recomienda utilizar los siguientes valores: $K_{max. hora} = 2.0 - 2.3$

3.5. Reservorio

El diseño de un reservorio se lo realizará cuando las necesidades del sistema de abastecimiento de agua lo requieran para garantizar el funcionamiento hidráulico del mismo. Para el diseño hidráulico del reservorio se debe determinar el volumen de almacenamiento, la selección del tipo de reservorio, las dimensiones, ubicación y la proyección de la caseta de válvulas.

3.5.1. Volumen de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento que requiere un reservorio se obtiene al sumar los volúmenes de regulación, emergencia e incendios y se considera las siguientes observaciones:

3.5.1.1. Volumen de regulación

De acuerdo a la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 para el cálculo del volumen de regulación determina:

“Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes, se tomará para obtener 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).

3.5.1.2. Volumen de protección contra incendios

Para el cálculo del volumen de protección contra incendios, la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 establece:

- a) Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios.
- b) Para poblaciones de hasta 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 50 \cdot p$.
- c) Para poblaciones de más de 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 100 \cdot p$.

En estas fórmulas:

p = población en miles de habitantes

V_i = volumen para protección contra incendios, en m^3 . (p.44).

3.5.1.3. 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).

3.6. Redes de distribución

De acuerdo a MIDUVI (1992) la función principal de una red de distribución es proveer de agua a usuarios donde se incluya el uso para viviendas, servicios públicos, comerciales y pequeñas industrias. También contempla la función de proveer el agua en cantidad y presión adecuada para extinguir incendios.

3.6.1. Profundidad

La tubería de agua potable debe estar instalada considerando las solicitaciones producidas por el tráfico, así como también los posibles cruces con otras redes subterráneas (MIDUVI, 1992).

En base a los lineamientos técnicos para Factibilidades SIAPA (2014), se recomienda que la profundidad mínima es 90cm más el diámetro exterior de la tubería cuando se instale tuberías de diámetro menor de 90cm y se considere el doble de dicho diámetro para la instalación de tuberías con

diámetro mayor de 90cm. En la tabla siguiente se detalla la profundidad recomendada de acuerdo al diámetro de la tubería.

Tabla 2.

Profundidad de instalación para tuberías de agua potable

Diámetro nominal (mm)	Profundidad (cm)
75	100
100	100
150	105
200	110
250	115
300	120
350	125

Fuente. Instalación de tuberías (SIAPA, 2014)

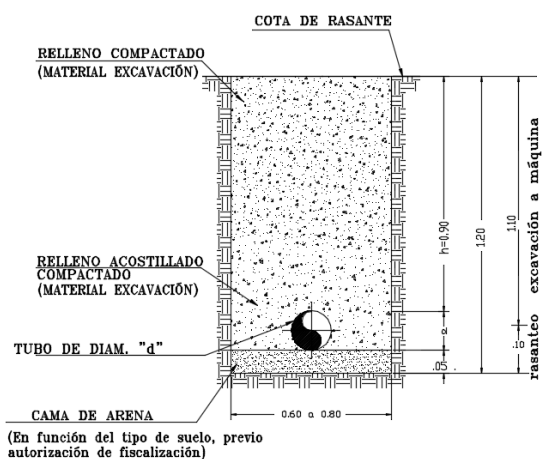


Figura 6. Profundidad de instalación de tubería agua potable

Fuente. DAPAC 2017

3.6.2. Presiones y velocidades

La norma técnica del MIDUVI (1992) establece en su sección 4.2.3 las siguientes especificaciones:

- 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 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 interconectada mediante estructuras o equipos reductores de presión convenientemente localizados.
- La utilización de presiones diferentes a las indicadas en los numerales anteriores deberán ser justificados plenamente. (pág. 268)

Para el período de máxima demanda de caudal, se establece según la norma INEN (1992) que la presión dinámica mínima en cualquier punto de la red deberá ser:

- | | |
|---|--------------|
| • Poblaciones iguales o menores a 2000 habitantes | 5.00 |
| m.c.a. | |
| • Poblaciones entre 2001 y 10000 habitantes | 10.00 m.c.a. |
| • Poblaciones mayores a 10000 habitantes | 13.00 m.c.a. |
- (pág. 268)

Con respecto a las velocidades en la tubería, la norma técnica Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias. Norma CO 10.07 – 601 recomienda mantenerse la velocidad alrededor de 1.5 m/s. Además, existe un límite máximo de velocidad para conductos a presión, según el tipo de material.

Tabla 3.
Velocidades Máximas en Tuberías

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: Norma (MIDUVI, 1992)

3.6.3. Sistema de válvulas e hidrantes

Las válvulas permiten aislar las tuberías y facilitar las reparaciones sin la necesidad de interrumpir el servicio de agua. También son utilizadas para regular las presiones.

Existen varias recomendaciones según UNASAM (2014) para la colocación de válvulas en los sistemas de distribución:

- Las válvulas deben colocarse cerca de las instalaciones de las calles.
- Cuando son mayores de 12" a más deben ir en casetas especiales accesibles mediante bocas de inspección.
- En las tuberías mayores de 12" a más debe colocarse válvulas de desagüe en los puntos bajos y de aire en los puntos altos.
- No debe aislarse más de 500 m de tubería (pág. 127)

Con respecto a los hidrantes, MIDUVI (1992) describe que el espaciamiento adecuado entre hidrantes deberá estar entre 200m y 300m.

CAPÍTULO 4

CATASTRO EN ARCGIS RED AGUA POTABLE

4.1. Introducción

El catastro de la red de agua potable constituye una herramienta fundamental para el cantón Rumiñahui, siendo una base de datos de los elementos principales para facilitar su control y ofrecer servicios de calidad a los consumidores. En este capítulo se detalla la implementación del software ArcGIS, una herramienta muy importante que trabaja como base de datos del catastro de los elementos que forman parte del sistema de agua potable de la Urbanización de Bohíos de Jatumpamba.

Para efectuar el levantamiento topográfico de la urbanización y sus alrededores, se utilizó la base catastral del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado de Rumiñahui, como apoyo en la ubicación de coordenadas y bajo el sistema de Geoprocesamiento que maneja la institución.

El catastro de la red de agua se realizó conjuntamente con el equipo topográfico del departamento y de acuerdo con la información oral proporcionada por operadores de los sistemas que son funcionarios antiguos que conocen la localización, tipo de material y el diámetro de las redes.

4.2. Descripción del programa ArcGIS

El programa ArcGIS fue desarrollado por la empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI) para efectuar análisis en ambiente de SIG.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema conformado por hardware, softwares, personas y procedimientos para realizar actividades como mapeo, administración de datos, análisis geográfico, edición de datos y geoprocesamiento para solución de diferentes problemas.

La implantación de un sistema de geoprocesamiento en el catastro de redes, facilita la gerencia operacional de las redes y sistemas, porque

4.4. Catastro del sistema de agua potable

Para que la evaluación del sistema de agua potable pueda ajustarse a la realidad de la zona intervenida es importante recopilar la mayor información posible de como el sistema se conforma. Para ello la elaboración de fichas de catastro de captaciones, tanques, tuberías, válvulas, bombas e hidrantes permitirá actualizar la información de los mismos y ayudar en el modelamiento. A continuación, se presenta los principales componentes del sistema de agua potable.

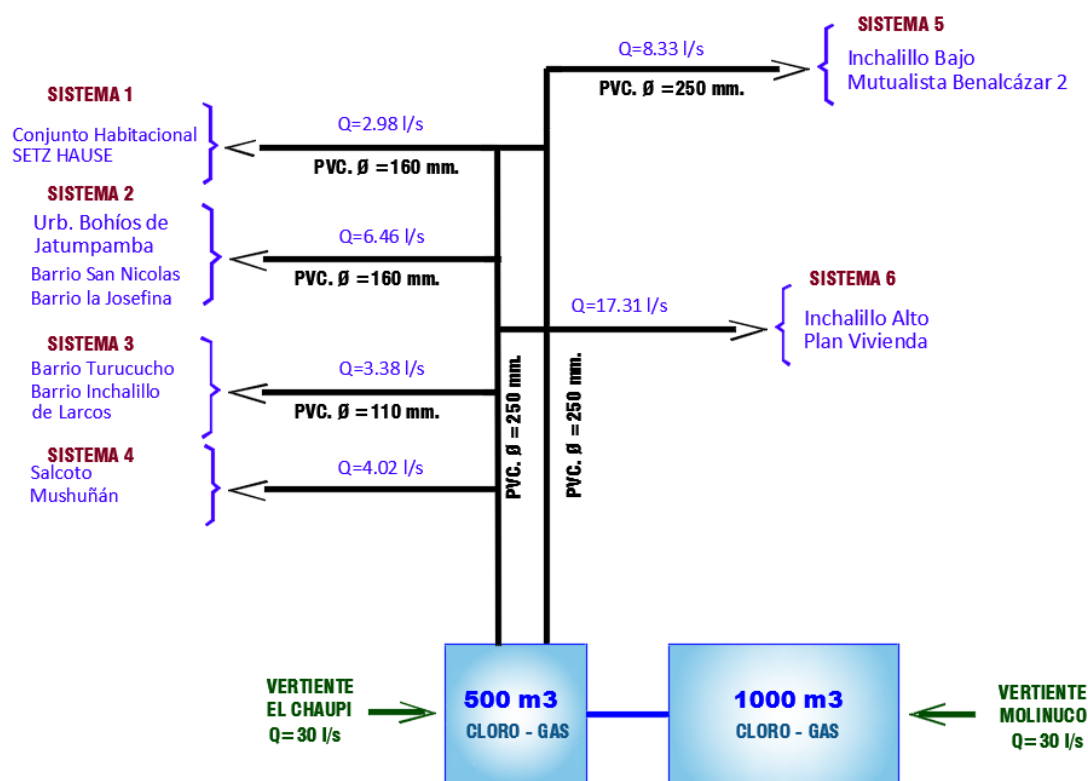


Figura 8. Esquema del Sistema de Agua Potable 2017

4.4.1. Fuente de abastecimiento

Actualmente la Urbanización Bohíos de Jatumpamba se abastece mediante el tanque El Chaupi cuyo caudal viene de la vertiente El Chaupi del cual se extrae un promedio de 30 l/s.

En la figura 9 se presenta el plano de la localización de la vertiente y el tanque de los cuales es extraído el caudal para dotar a la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.

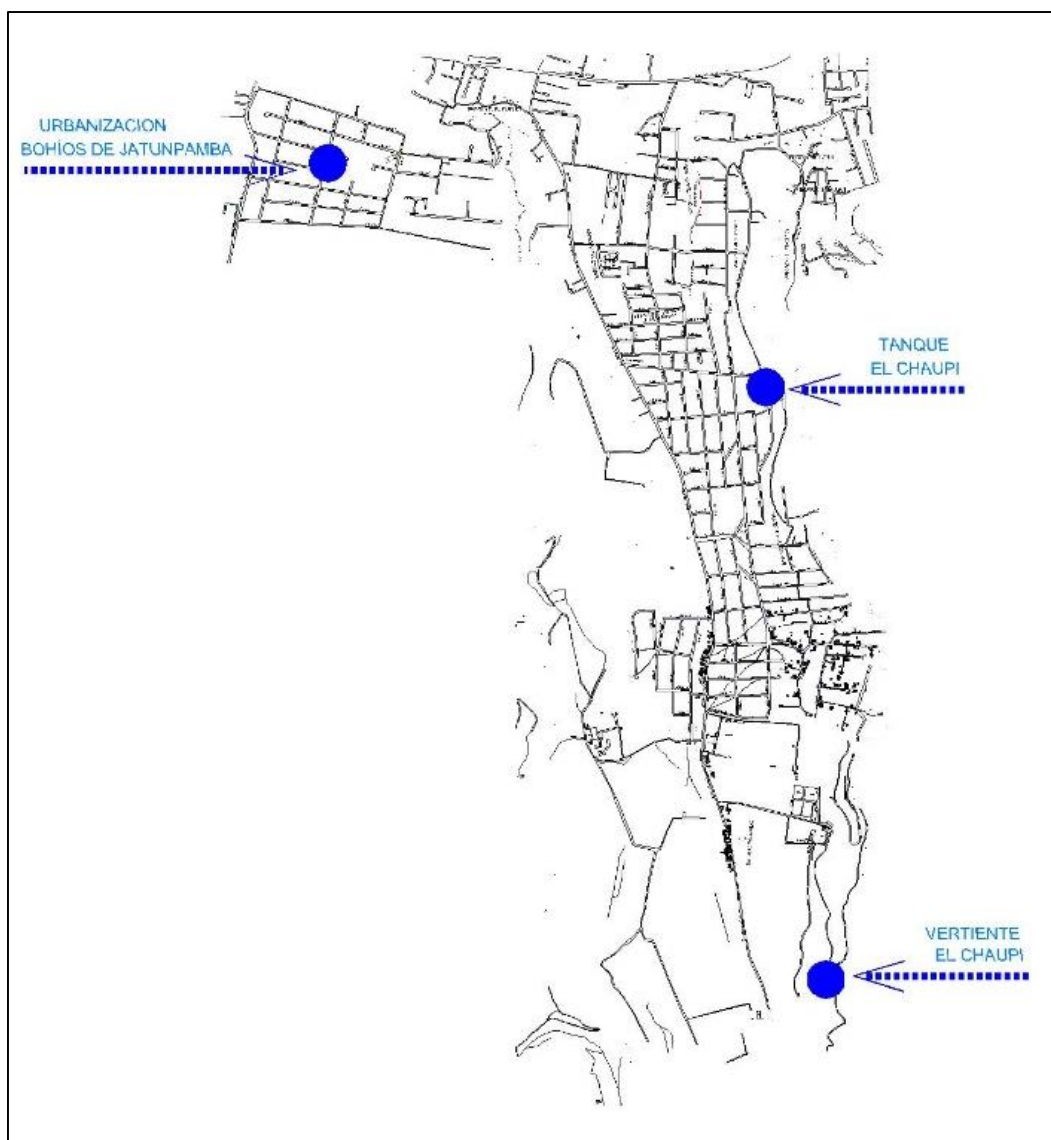


Figura 9. Ubicación de la vertiente y el tanque El Chaupi.

4.4.2. Tanque El Chaupi

Se encuentra ubicado en la calle K y Gonzanamá a lado del Tanque Mushuñán, en las coordenadas UTM 785417 E, 9960418 N y cota 2603.50m. El tanque El Chaupi fue construido hace 50 años según información de la Dirección de Agua Potable de Rumiñahui y forma parte del sistema Inchalillo.

Posee una capacidad de 500m³ y en su interior se encuentra dividida en dos celdas o cámaras individuales. El caudal que ingresa viene de:

- Vertiente el Chaupi con tubería de 160mm
- Tanque Mushuñán con tubería de 250mm

La Tabla 4 muestra las características y capacidad que tiene el tanque El Chaupi.

Tabla 4.

Características generales del tanque El Chaupi.

Tanque	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Capacidad (m ³)
El Chaupi	11.20	11.60	4.20	500

El mantenimiento del tanque El Chaupi se realiza dos veces por año, y consiste en lavarlo y pintarlo. Para potabilizar el agua se utiliza cloro gas. Para mayor información del catastro de la vertiente y el tanque El Chaupi revisar la ficha de levantamiento de campo, la misma que se presenta en el Anexo 1, 2, 3.

4.4.3. Línea de transmisión

La línea de transmisión es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque El Chaupi hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.

La forma de distribución hacia la Urbanización Bohíos de Jatumpamba es por gravedad y pertenece al sistema Inchalillo, el mismo que sale desde la cámara 1 del tanque el Chaupi con tubería de 250mm PVC, para posteriormente distribuir el agua hacia diferentes sectores como se puede observar en la figura 10.

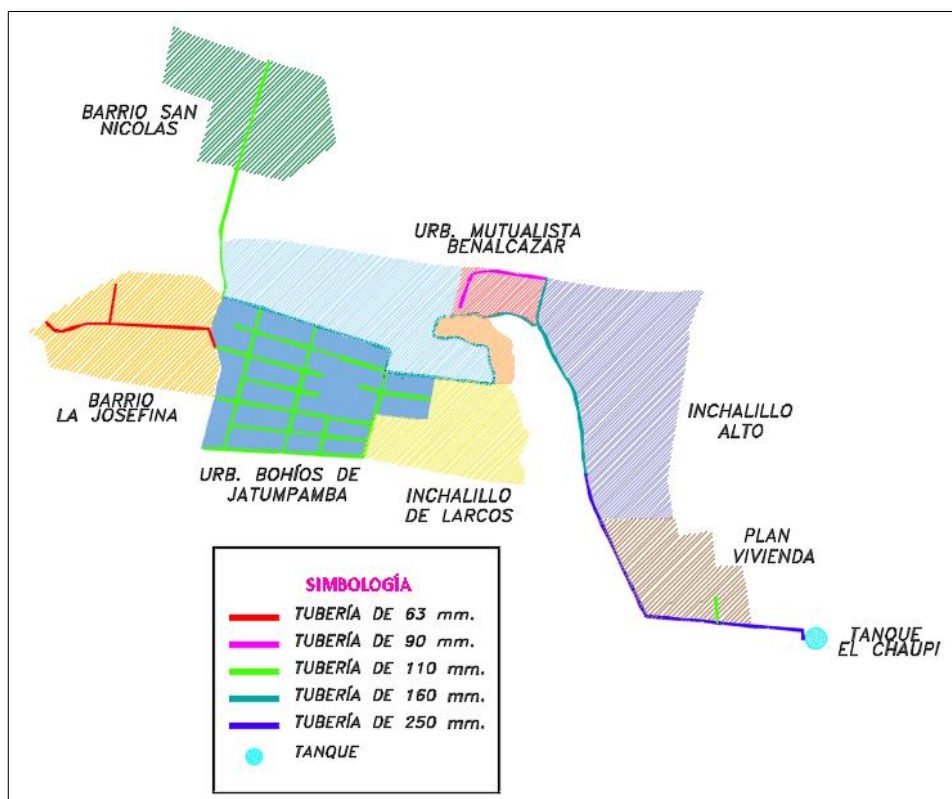


Figura 10. Tuberías red de distribución Sistema Inchalillo

Los materiales más comunes de las tuberías que se pueden encontrar dentro de la línea de distribución desde el tanque a la zona de estudio y dentro de la urb. Bohíos de Jatumpamba son las siguientes.

Tabla 5.
Longitud y Porcentaje de los diferentes materiales de tubería

Material	Longitud (m)	Porcentaje (%)
<i>Línea de transmisión</i>		
Acero	18	0.62
PVC	2882	99.38
<i>Urb. Bohíos de Jatumpamba</i>		
AC	4596.62	100.00

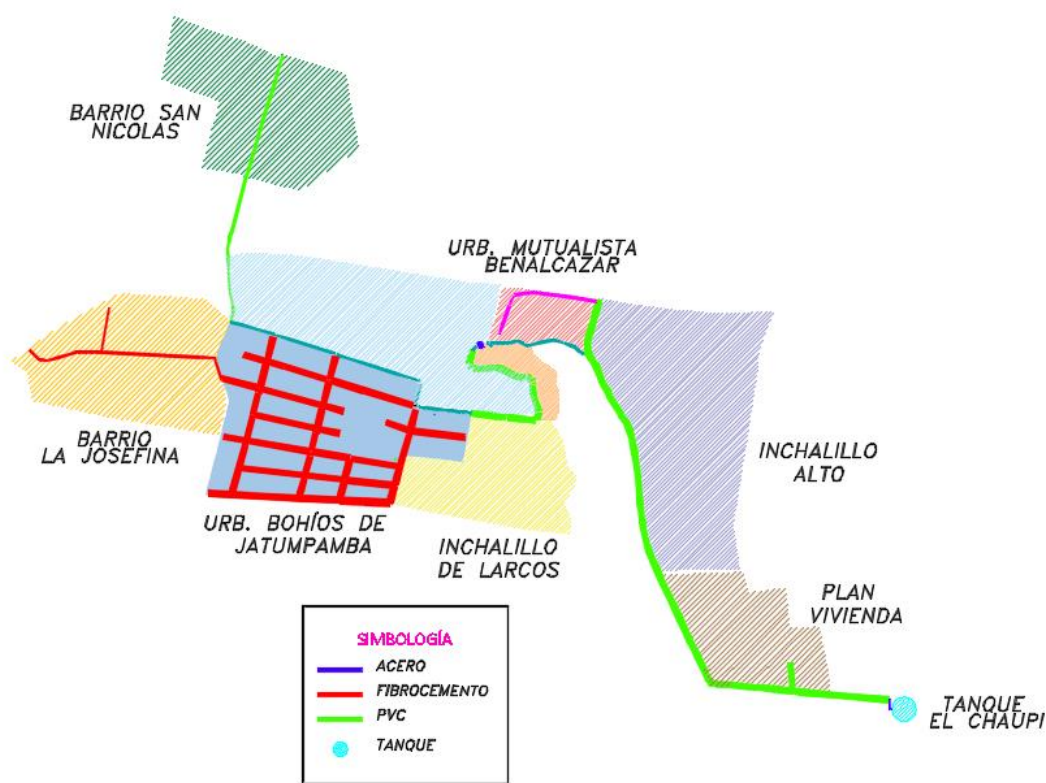


Figura 11. Tuberías de la red de distribución del Sistema Inchalillo.
Diferenciación por Material

Para mayor información del catastro de la red de transmisión desde el Tanque El Chaupi hasta la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, se recomienda ver en la sección de Planos de Evaluación de Agua Potable.

4.4.4. Tuberías en la Urb. Bohíos de Jatumpamba

La red de distribución dentro de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba está conformada por 4.6 Km de tubería de fibrocemento aproximadamente de diámetro 110mm, la edad de la red varía entre 25 a 30 años, cumpliendo así su vida útil, por lo que es necesario un cambio de las mismas.

4.4.5. Catastro de válvulas en la Urb. Bohíos de Jatumpamba

La red de agua potable dentro de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba cuenta con válvulas reguladoras, las cuales suman 10 en total, ubicadas de la siguiente manera:



Figura 12. Ubicación de válvulas

4.4.6. Catastro de hidrantes en la Urb. Bohíos de Jatumpamba

Se encuentran instalados 12 hidrantes alrededor de toda la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, la mayoría presentan un buen estado, distribuidas de la siguiente manera:



Figura 13. Ubicación de hidrantes

El catastro completo de la red de agua potable se puede observar en la sección de Planos de Evaluación Red de Agua Potable.

4.4.7. Georreferenciación del sistema de agua potable

En los últimos años, los Sistemas de Información Geográfica han demostrado ser una valiosa herramienta de apoyo para el manejo de grandes volúmenes de información donde están siendo empleados para analizar, diseñar e implementar soluciones efectivas y eficientes.

En este sentido las aplicaciones de los SIG en la ingeniería civil se han desarrollado en áreas de hidrología, recursos hídricos, transporte, topografía, medio ambiente y otros. Esquemáticamente, para la georreferenciación de las redes de agua potable se las representadas básicamente por medio de líneas y nodos asociadas a tuberías y puntos de distribución, mientras que para representar la fuentes de abastecimientos se lo realiza por medio de polígonos.

Como primer paso en la georreferenciación, se procede a ubicar espacialmente a la Urbanización Bohíos de Jatumpamba como se puede observar en la figura 14.

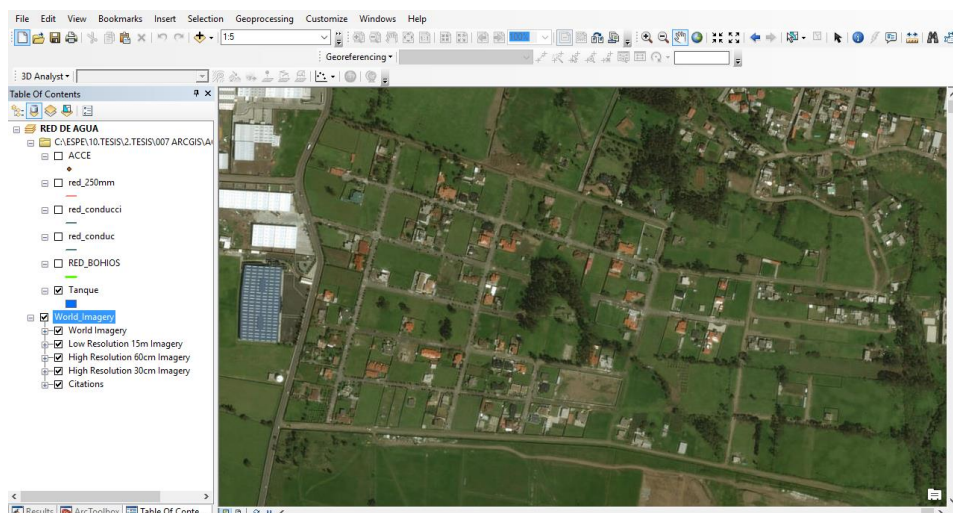


Figura 14. Imagen satelital de Urb. Bohíos de Jatumpamba

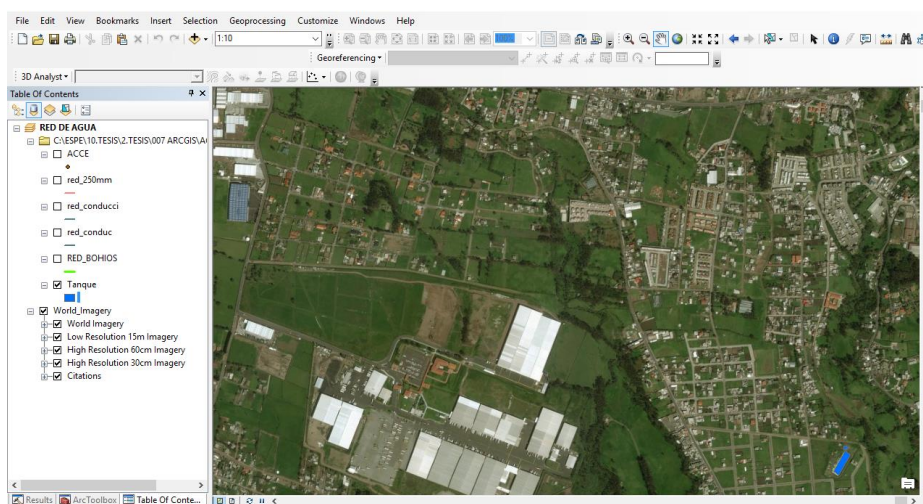


Figura 15. Imagen satelital tanque de abastecimiento El Chaupi

En la figura 15. se observa la ubicación de la urbanización en estudio y en la esquina inferior derecha de la imagen (en color azul) se aprecia la fuente de abastecimiento (Tanque Chaupi). A partir de esta imagen se procede a georreferenciar las tuberías de agua potable mediante capas de líneas como se muestra en la figura 16.

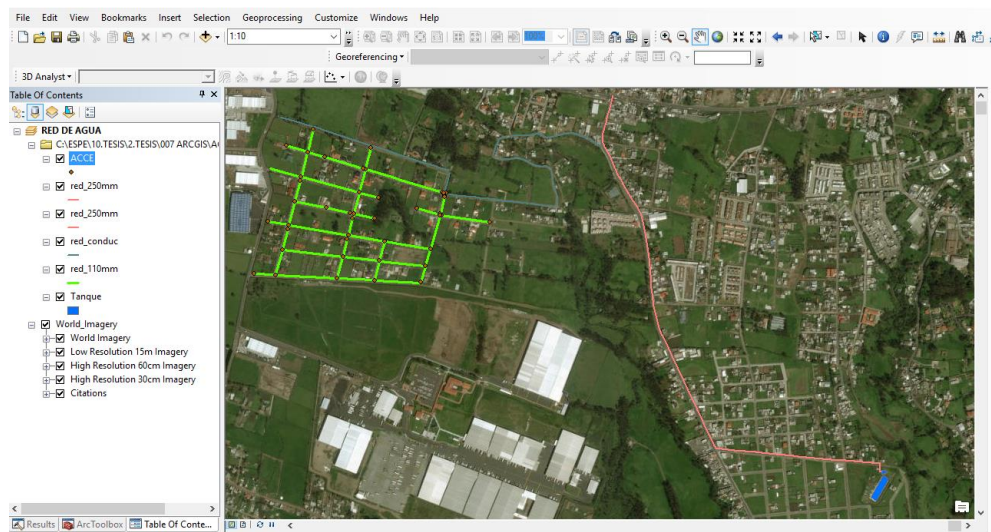


Figura 16. Imagen satelital sistema de agua con tanque El Chaupi

Una vez georreferenciadas las capas de tuberías y accesorios de la red, se puede almacenar toda la información disponible en sus correspondientes tablas de atributos. Por ejemplo, en el caso de las redes de coducción y distribución se ingresan datos de longitud, material, diámetro, año de colocación de la tubería y el tipo de calle donde fue instalada. Mientras que en el caso de accesorios, se ingresan datos del tipo de pieza colocada y donde se encuentran ubicadas, como se observa en la figura 17 y 18.

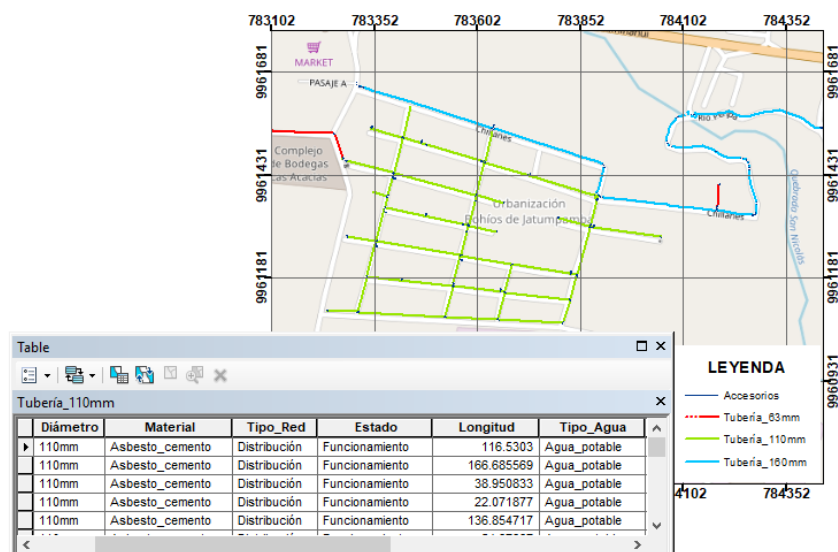


Figura 17. Tabla de atributos de redes de agua potable

Fuente. Plano Base Agua Potable, DAPAC (software ARGIS)

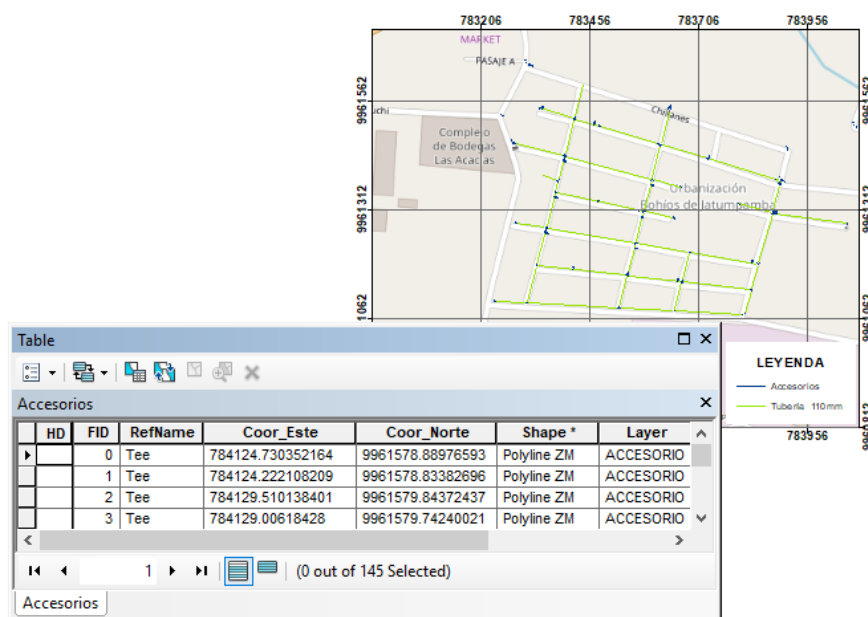


Figura 18. Tabla de atributos de accesorios de red de agua potable

Fuente. Plano Base Agua Potable, DAPAC (software ARGIS)

En la capa del tanque El Chaupi se asoció una tabla de atributos que recopile información sobre el sector, su capacidad en m3, ubicación geográfica, tipo de desinfección y una imagen del tanque, (Figura 19).

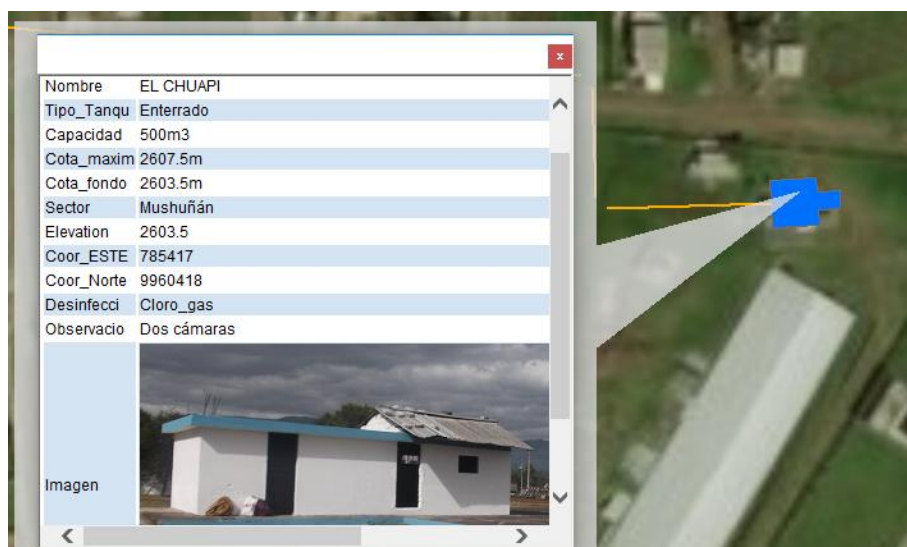


Figura 19. Tabla de atributos de redes de agua potable

Fuente. Plano Agua Potable, DAPAC (software ARGIS)

CAPÍTULO 5

DIAGNÓSTICO RED AGUA POTABLE

5.1. Introducción

La Dirección de Agua Potable y Alcantarillado (DAPAC) de Rumiñahui con el propósito de mejorar el servicio a los ciudadanos de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba decide trabajar conjuntamente con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para realizar la evaluación del sistema existente y posteriormente dar una alternativa a proponerse.

En base al catastro existente desarrollado en el capítulo 4 de este mismo proyecto se procede a modelar hidráulicamente la línea de transmisión del sistema Inchalillo y las redes existentes en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba con ayuda del paquete computacional Epanet. Para cuyo efecto:

Se considera la planimetría de la línea de transmisión del sistema Inchalillo proporcionado por la DAPAC. Además, el catastro de las redes existentes en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba obtenidas del levantamiento de información en campo.

Sobre la base de toda la información recolectada en campo y datos obtenidos por parte del personal operador de los sistemas, se desarrolla el análisis del diagnóstico del sistema de agua potable existente.

5.2. Encuesta socioeconómica

La encuesta en campo permitirá obtener información del servicio, cobertura y calidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado pluvial. Son varios los parámetros que se va considerar en la encuesta entre ellos tenemos localización, satisfacción del servicio, satisfacción con la cantidad y calidad del agua. Las encuestas realizadas se encuentran en el Anexo 4.

5.2.1. Tamaño de la muestra

La muestra permite seleccionar un subconjunto de la población en estudio, en este caso en particular la muestra corresponde a personas o usuarios de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba. En cuanto a la población según datos de la tesis de Alcantarillado Sanitario de la misma zona de estudio la urbanización cuenta con 430 habitantes. (Aguirre Oscullo & Tipán Aguirre, 2017, pág. 24).

El tamaño de la muestra se determinó usando la siguiente fórmula:

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

N:	Población	=430hab.
Z:	Nivel de confianza (95%)	=1.96
p:	Probabilidad de éxito	=0.50
q:	Probabilidad de fracaso	=0.50
e:	Error de estimación (0.10 a 0.15)	=0.13
n:	tamaño de la muestra.	

$$n = \frac{1.96^2 * 430 * 0.5 * 0.5}{0.13^2 * (430 - 1) + (1.96^2 * 0.5 * 0.5)}$$

$$n = 50$$

Con el resultado anterior se tiene una muestra de 50 personas a encuestarse dentro de los predios de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.

5.2.2. Análisis e interpretación de resultados

La entrevista de 50 personas fue distribuida en cada una de las manzanas de la Urbanización de Bohíos de Jatumpamba para obtener una información más generalizada.

Tabla 6.
Tipo de vivienda

Tipo de vivienda		
Propia	39	78%
Alquilada	9	18%
En construcción	2	4%

Tipo de vivienda

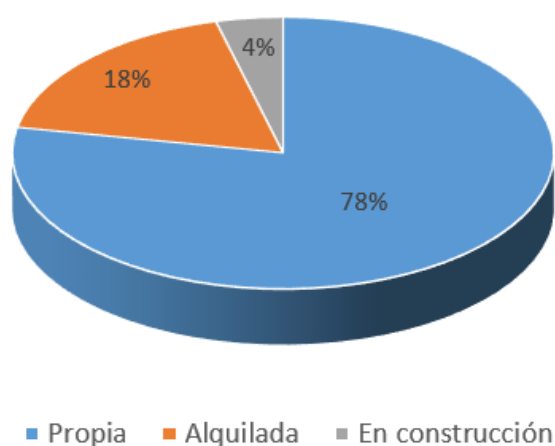


Figura 20. Resultado tipo de vivienda

En los resultados de la tabla 6 se puede observar que el 78% de las familias encuestadas viven en el tipo de vivienda propia, 18% vive en viviendas alquiladas y existe 2% de viviendas que se encuentran en construcción debido que no todos los predios de la urbanización se encuentran habitados en su totalidad.

Tabla 7.
Actividad económica

Actividad económica		
Jubilado	1	2%
Empleados	20	40%
Otros	29	58%

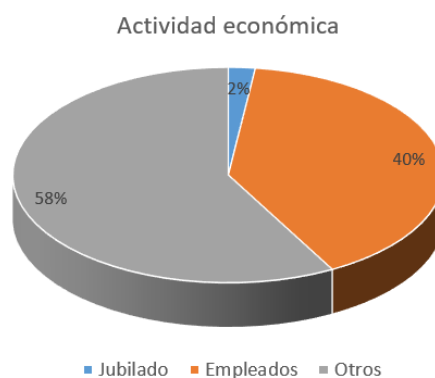


Figura 21. Resultado actividad económica

Según la tabla 7, la actividad económica principal de los jefes y jefas de hogar, el 58% se desempeñan en cargos como servidores públicos y privados, 40% son empleados y 2% son jubilados.

Tabla 8.
Ingreso mes familiar

Ingreso mes familiar		
< \$400	1	2%
\$400 - 700	4	8%
\$700 – 1500	2	4%
\$1500 – 2000	12	23%
> \$2000	32	63%

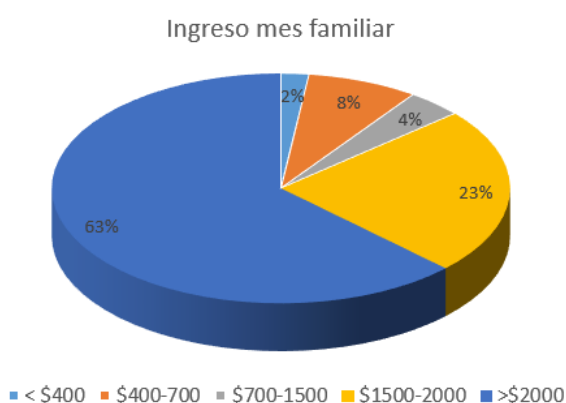


Figura 22. Resultado ingreso mes familiar

En base a la tabla 8, el ingreso medio mensual de cada familia de la urbanización presenta 2% un ingreso menor a \$400, 8% corresponde ingresos de \$400 a \$700, 4% corresponde a ingresos entre \$700 y \$1500, 23%

corresponde a un ingreso de \$1500 a \$2000 y 63% representa ingresos elevados mayores \$2000.

Tabla 9.
Fuente de abastecimiento de agua

Fuente de agua		
Red Pública	50	100%
Total	50	100%
Posee conexión domiciliaria		
No	1	2%
Si	49	98%
Total	50	100%

De los resultados de la tabla 9, el 100% de los encuestados confirman la existencia de la red pública de agua potable dentro de la urbanización, de esto el 98% cuenta con conexión domiciliaria y el 2% no debido a posibles subdivisiones de los predios donde aún no se solicita la conexión domiciliaria.

Tabla 10.
Alcantarillado pluvial

Alcantarillado pluvial		
Red Pública	50	100%
Total	50	100%
Posee conexión domiciliaria		
No	2	4%
Si	48	96%
Total	50	100%

De la misma forma que con el servicio de agua potable, se constató en los resultados de la tabla 10, el 100% de los encuestados confirman la existencia de la red pública de alcantarillado pluvial, de esto el 96% cuenta con conexión domiciliaria y el 4% no debido a posibles subdivisiones de los predios donde aún no se solicita la conexión domiciliaria.

Tabla 11.
Siente el problema de agua potable

Siente el problema de agua potable		
Si	18	36%
No	32	64%

Siente el problema de Agua Potable

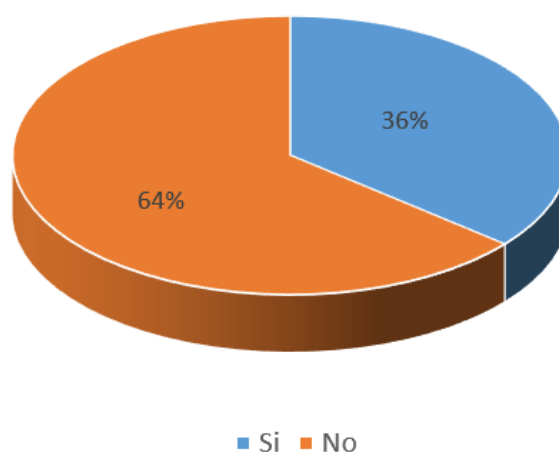


Figura 23. Resultado siente el problema de agua potable

Según a la tabla 11, 36% de los encuestados sienten el problema en el servicio de agua potable, debido a cortes por fugas en las tuberías de las redes de agua potable o problemas en las instalaciones internas de agua de las viviendas debido a las presiones altas en horarios de bajos consumos y 64% restante mencionan que no sienten ningún problema en el servicio de agua potable.

Tabla 12.
El agua es limpia

El agua es limpia		
Si	32	64%
No	18	36%

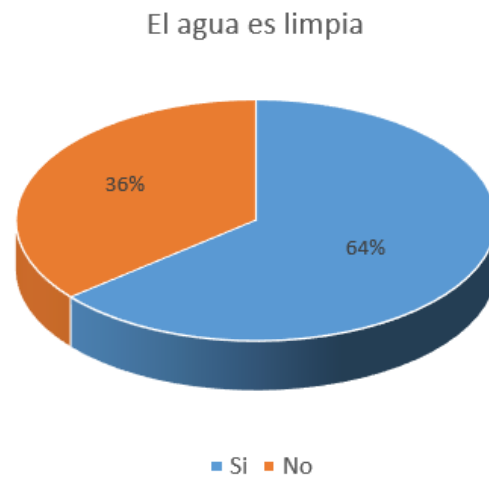


Figura 24. Resultado el agua es limpia

Los resultados de la tabla 12, se refiere a la calidad del agua potable, 36% de los encuestados piensan que el agua que reciben no es limpia y el 64% piensan que el agua si es limpia y de buena calidad.

Tabla 13.

Satisfacción en el servicio de agua potable y alcantarillado

Satisfacción en el servicio de agua potable y alcantarillado		
Si	32	64%
No	18	36%

Satisfacción en el servicio de agua potable y
alcantarillado

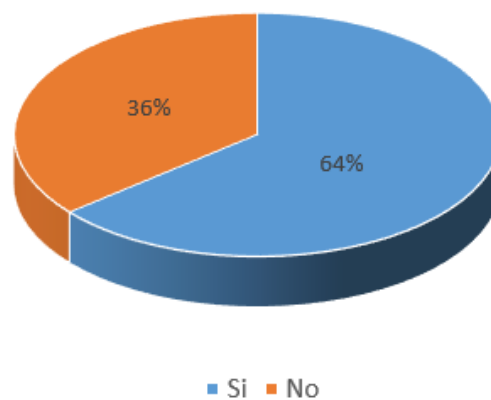


Figura 25. Resultado el agua es limpia

La última pregunta se refiere a la satisfacción de los usuarios de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba en cuanto a los servicios de agua potable y alcantarillado, el 64% de los encuestados están satisfechos con el servicio que reciben mientras que el 36% afirman no estar satisfechos con los servicios.

Para concluir el análisis de las encuestas, se desea destacar los siguientes aspectos; el ingreso promedio de los hogares en su mayoría supera \$2000, existe una cobertura del 99% con el servicio de agua potable y 98% con el servicio de alcantarillado mientras que el porcentaje restante no cuentan con los servicios antes mencionados porque existen lotes baldíos que posteriormente se han subdividido y aún no realizan la solicitud de las acometidas respectivas. Más de la mitad de los encuestados confían en el servicio de agua potable y en su calidad estando satisfechos con el servicio tanto de agua potable como de alcantarillado.

5.3. Descripción de las redes principales

Para realizar la evaluación hidráulica de las redes principales se ha considerado en general, únicamente los diámetros de las tuberías a partir de los 63mm.

A continuación, se va a describir la línea de transmisión que sale del tanque Chaupi y dirige el agua a la Urbanización Bohíos de Jatumpamba donde se efectuará el análisis hidráulico.

5.3.1. Redes Tanque Chaupi

Línea 1

Inicia en el tanque El Chaupi y se dirige con tubería de 250mm por la calle Gonzanamá para luego ingresar a la calle Inés Gangotena hasta la intersección con la calle Chimbo, cambia de diámetro de tubería a 160mm hasta la intersección con la calle Paquisha. Durante el recorrido de la línea de transmisión esta se empata a redes secundarias para la distribución del agua

a los sectores de Inchalillo Alto por la zona este, mientras que por la zona oeste distribuye a conjuntos y al Barrio Mushuñán.

Línea 2

Comienza en el cruce de las calles Inés Gangotena y la calle Paquisha con tubería de 160mm hasta el cruce con la Avenida Rumiñahui, desde este punto distribuye agua hacia el este y oeste con tubería de 110mm, por el sector este de la línea, distribuye agua a la parte superior de Inchalillo Alto y por el sector oeste, distribuye a la Urbanización Mutualista Benalcázar Sector 1 y Conjunto Habitacional Setz Hause.

Línea 3

Inicia en la intersección de la avenida General Rumiñahui y la calle 1 de Mayo con tubería de 110mm para empatare al sistema de Inchalillo Bajo con el diámetro de la misma tubería. El empate fue realizado en el mes de junio de 2017 con el objetivo de brindar agua a los sectores de Inchalillo Bajo porque el sistema de Mushuñán antiguo no abastecía a la gran demanda de consumidores.

Línea 4

Contempla todas las interconexiones hacia la línea de transmisión de diámetro 160mm y 250mm para abastecer de agua a los sectores de Inchalillo Alto.

Línea 5

Inicia en la intersección de las calles Inés Gangotena y Turucucho con tubería de 160mm. Continúa por esta vía hasta el puente por el cual cruza y continúa por la calle B. Desde la intersección de las calles B y L, se dirige hacia el norte por la calle A hasta la intersección con la Av. General Enríquez. Desde este punto cambia de diámetro a 110mm para distribuir el agua al barrio San Nicolás.

Línea 6

Inicia en la intersección de las calles Inés Gangotena y Turucucho con tubería de 110mm. Continúa por esta vía hasta el puente por el cual cruza, cambia de diámetro a tubería de 90mm por la calle B hasta la interconexión con la calle M. Ingresa por la calle M con tubería de 90mm y distribuye agua a todo el Barrio de Inchalillo Larcos.

Línea 7

La tubería de esta línea es de 110mm de asbesto cemento. Comienza en el cruce de las calles B y L, continúa distribuyendo el agua por todas las calles de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba con el mismo diámetro y material de tubería.

Línea 5

Ésta comienza en la confluencia de la Av. General Enríquez y la calle C de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba con una tubería de 63mm, sigue por la misma avenida hasta la intersección de la calle Tanicuchí con el mismo diámetro de tubería para distribuir el agua al barrio La Josefina.

En las figuras que se presentan a continuación se puede observar cada una de las líneas y los diámetros de cada tramo.

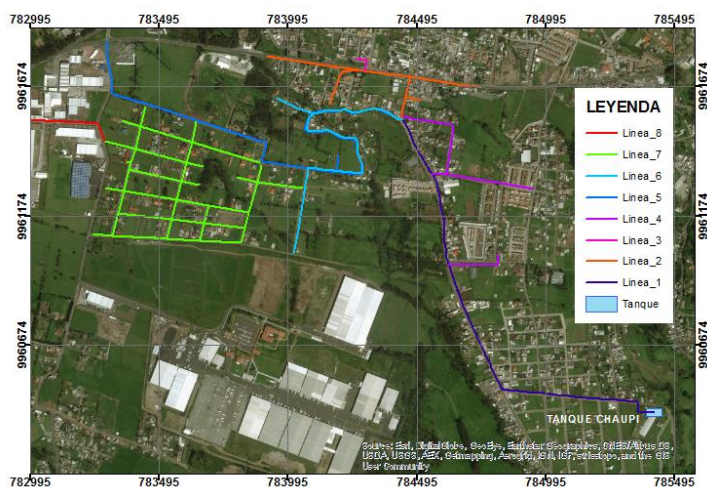


Figura 26. Red Tanque Chaupi – Líneas Existentes

Fuente. Plano Base Departamento de Agua Potable (software ARGIS)

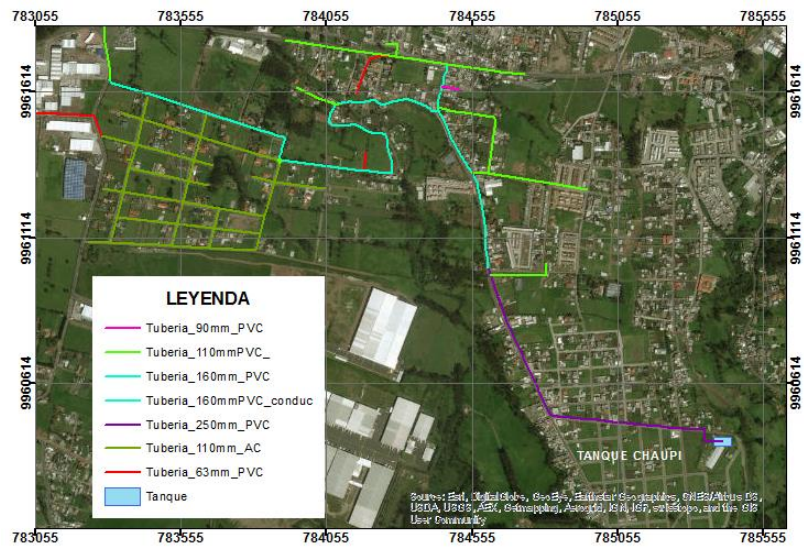


Figura 27. Red Tanque Chaupi – Tuberías-Existentes

Fuente. Plano Base Departamento de Agua Potable, Cantón Rumiñahui
(software ARGIS)

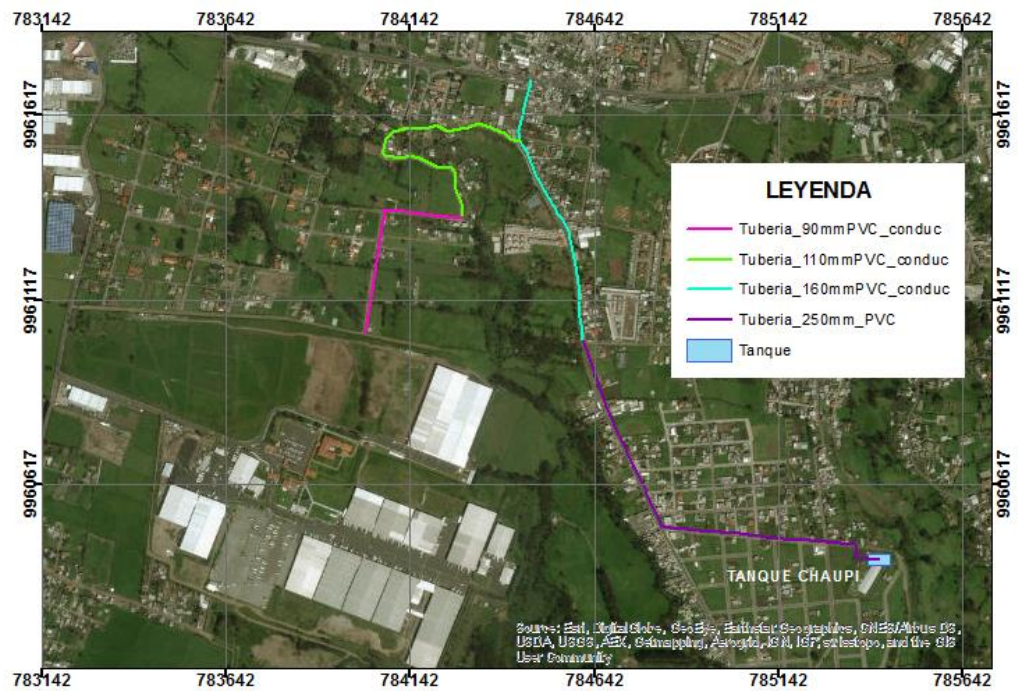


Figura 28. Red Tanque Chaupi – Tuberías-Existentes

Fuente. Plano Base Departamento de Agua Potable, Cantón Rumiñahui
(software ARGIS)

5.3.2. Datos de entra programa Epanet 2.0

El paquete computacional EPANET es una herramienta de uso libre de la agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency), que tiene la capacidad de realizar el estudio de sistemas de tuberías a presión en periodo estático y en periodo extendido.

En el programa analiza el comportamiento hidráulico de un sistema de presión representado por una serie de elementos que simbolizan la red. Esta red se forma por nudos (junctions), tuberías (pipes), tanques de almacenamiento (tanks), depósitos (reservoirs), bombas (pumps) y válvulas (valves).

Epanet tiene como características principales las siguientes:

- Posee un ilimitado número de tuberías, nudos y otros elementos
- Puede calcular las perdidas en los diferentes tramos mediante las ecuaciones de Hazen- Willians, Darcy – Weisbacho de Chezy – Manning. También considera pérdidas menores en codos, válvulas, accesorios, etc.
- Permite modelizar válvulas y bombas de diferentes tipos, como también establecer reservas de agua mediante tanques.
- Puede considerar diferentes tipos de demanda en los nudos.
- Permite el estudio de fenómenos sobre calidad de agua como la pérdida de cloro residual.

5.3.3. Datos de entrada

5.3.3.1. Generalidades

Para empezar el modelamiento hidráulico de las redes es preciso elegir las unidades de flujo LPS (litros por segundo) para que todos los datos de entrada trabajen en las siguientes unidades:

Caudal: litros/segundo (l/s)

Presión: metros columna de agua (mca)

Diámetro: milímetros (mm)

Longitud: metros (m)

Cotas: metros (m o msnm)

5.3.3.2. Coeficiente de rugosidad

Epanet determina a través de su herramienta de ayuda un cuadro de coeficiente de rugosidad de acuerdo al método de aplicación de cálculo de pérdidas. Para esto, se escogió el método más utilizado el de Hazen – Williams, donde el coeficiente de rugosidad C para el PVC se considera 140 y para asbesto cemento de 130.

El valor de pérdidas locales no se ha determinado porque este valor ya está considerado dentro del coeficiente C.

Material	Hazen-Williams C (adimensional)
Hierro Colado	130 - 140
Hormigón o Revestido de Hormigón	120 - 140
Hierro galvanizado	120
Plástico	140 - 150
Acero	140 - 150
Arcilla Vitrificada	110

Darcy-Weisbach e (pies $\times 10^{-3}$)	Manning's n (adimensional)
0.85	0.012 - 0.015
1.0 - 10	0.012 - 0.017
0.5	0.015 - 0.017
0.005	0.011 - 0.015
0.15	0.015 - 0.017
---	0.013 - 0.015

Figura 29. Coeficiente de rugosidad para tuberías

Fuente. Herramienta de ayuda EPANET.

5.3.3.3. Diámetros de tubería

Para facilitar los cálculos y el diseño de la red, recurrimos al software Epanet para seleccionar el sistema más eficiente, para ello es indispensable

el ingreso de los diámetros internos de las tuberías en función de la siguiente tabla.

Tabla 14.
Especificaciones técnicas para tuberías de PVC

Diámetro Nominal	Espesor de pared	Diámetro Interior	Presiones de trabajo		
			Mpa	Kg/cm ²	Lb/plg ²
50	2.4	45.2	1.25	12.75	181
63	3.0	57.0	1.25	12.75	181
75	3.6	67.8	1.25	12.75	181
90	4.3	81.4	1.25	12.75	181
110	5.2	99.6	1.25	12.75	181
160	7.6	144.8	1.25	12.75	181
200	9.5	181.0	1.25	12.75	181
250	11.9	226.2	1.25	12.75	181
315	15.0	285.0	1.25	12.75	181
355	16.9	321.2	1.25	12.75	181
400	19.0	362.0	1.25	12.75	181

5.3.3.4. Asignación de demandas

La eficiencia del modelo hidráulico aplicado a una red de distribución depende del ajuste de los datos de entrada. Los datos con mayor importancia dentro de la simulación son tres: diámetros de las tuberías, rugosidad de las tuberías y demandas en los nodos de consumo.

Los datos entrada con respecto al diámetro y rugosidad de tuberías son inciertos debido a diferentes factores como: la antigüedad de la red, la topología y la composición química del agua. Sin embargo, los nodos de consumo son los datos que mayor incidencia tendrá en los resultados del modelo.

5.3.3.5. Áreas de aportación

La determinación de las demandas en los nodos está en función de las áreas de aportación de acuerdo al criterio del modelador de la red de distribución de agua potable.

La asignación de áreas de aportación consiste en relacionar a un nodo del modelo una demanda, procurando siempre referir al nodo más cercano al que el modelador considere que abastece al usuario.

En la figura 30, las líneas manetas discontinuas representan las fronteras de las áreas de influencia para los nodos, por ejemplo, al nodo N51 le corresponde cuatro viviendas. También se recomienda observar el plano de áreas en la sección Planos de Evaluación Red de Agua Potable.

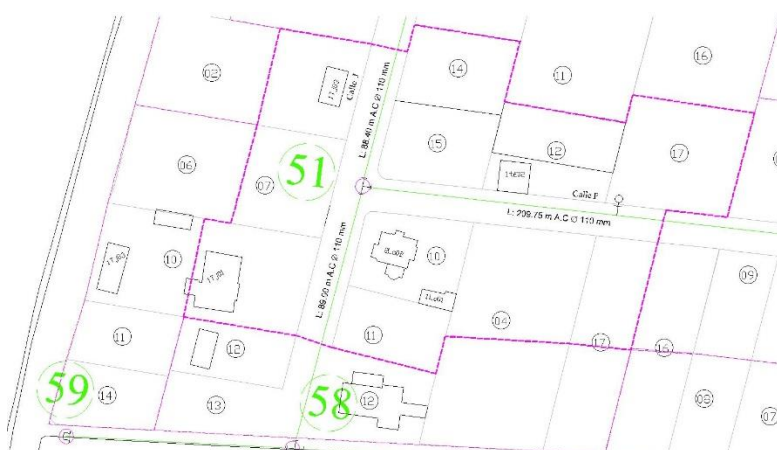


Figura 30. Área de aportación para el nodo N51

5.4. Estimación poblacional

Para la estimación de la población actual se considera que el número de habitantes es 4.5 por cada vivienda, para ello se trabajó en base al plano de catastro actual de las zonas de estudio emitido por la DAPAC-R en formato AutoCAD y las áreas de aportación para cada nodo. La recomendación de 4.5 habitantes es dada por la DAPAC y consta en las bases de diseño presente en el Anexo 5.

A continuación, se presenta una tabla resumen del número de habitantes de los sectores que pertenece al sistema de Inchalillo donde la línea de transmisión abastece de agua desde el tanque Chaupi. Para visualizar detalladamente el cálculo de la población se puede observar el Anexo 6.

Tabla 15.

Población año 2017

Sector de análisis	Población (habitantes)
Salcoto - Mushuñán	1205
Inchalillo Alto – Plan Vivienda	5191
Inchalillo Bajo – Mutualista Benalcázar	2498
Turucucho	811
Inchalillo de Larcos	203
Complejo Inchalillo – Setz Hause Conjunto	892
Urbanización Bohíos de Jatumpamba	509
Barrio san Nicolás – La Josefina	1418

5.5. Determinación de la dotación

La información necesaria para determinar la dotación promedio puede estar en función de: las planillas de consumo mensuales y de lectura de medidores en dos sectores distintos.

5.5.1. Planilla de consumo

Los volúmenes facturados mensualmente dentro de un periodo de 12 meses pueden ser convertidos a caudales promedio. Para ello se obtuvo información de las planillas de consumo mensual de las viviendas en la

Urbanización Bohíos de Jatumpamba en el período entre septiembre 2016 y agosto 2017 proporcionados por el DAPAC-R.

La tabla 16 muestra en resumen el consumo mensual de 130 conexiones domiciliarias de agua potable existentes dentro de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba

Tabla 16.

Resumen consumo mensual Urb. Bohíos de Jatumpamba

Año	Mes	Consumo (m3/mes)
2016	Septiembre	3600
	Octubre	4643
	Noviembre	2556
	Diciembre	2897
2017	Enero	4186
	Febrero	3318
	Marzo	2852
	Abril	3630
	Mayo	3088
	Junio	3187
	Julio	3576
	Agosto	4434
Promedio		3497.25

Fuente. Adaptado de DAPAC. Municipio de Rumiñahui (2017)

En base a la población determinada para la Urbanización Bohíos de Jatumpamba y el consumo promedio anual se calculó la dotación promedio anual como se presenta en la siguiente tabla 17, estableciendo por este método la dotación promedio de **229 lt/hab*día**

Tabla 17.
Promedio anual de dotación

Sector Urb. Bohíos de Jatumpamba		
Consumo prom. por mes	3497.2	m3/mes
Consumo prom. por día	116.58	m3/día
Habitantes	509	hab
dotación	0.23	m3/hab*día
dotación	229	lt/hab*día

5.5.2. Lectura de medidores de agua

Para el segundo método de determinación de la dotación se utilizó datos de las lecturas de medidores de agua potable en dos sectores dentro de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba considerando como criterio de selección las zonas con más viviendas y que su ubicación sean sectores extremos.



Figura 31. Mediciones de consumo de agua

La lectura de los medidores se realizó durante un periodo de 8 días consecutivos a una misma hora (8:00 a.m.) y complementando la información con una encuesta del número de habitantes por vivienda. A continuación, en la figura 32. Se presenta la ubicación de los sectores en estudio y el registro de todas las mediciones de consumo se puede observar en el Anexo 7.

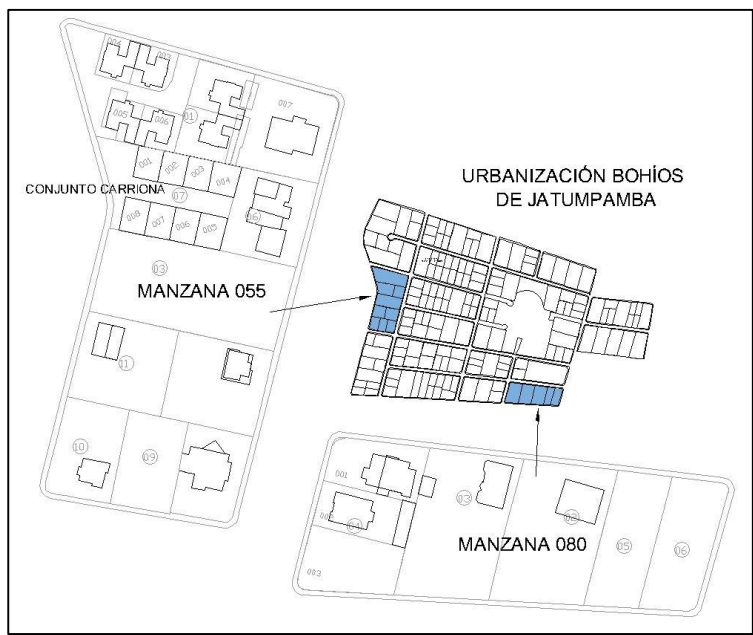


Figura 32. Ubicación manzanas de estudio

En la figura 33 se presenta el registro del consumo promedio en la manzana 55 y en la figura 34 se puede observar la dotación de cada uno de los lotes y el promedio.

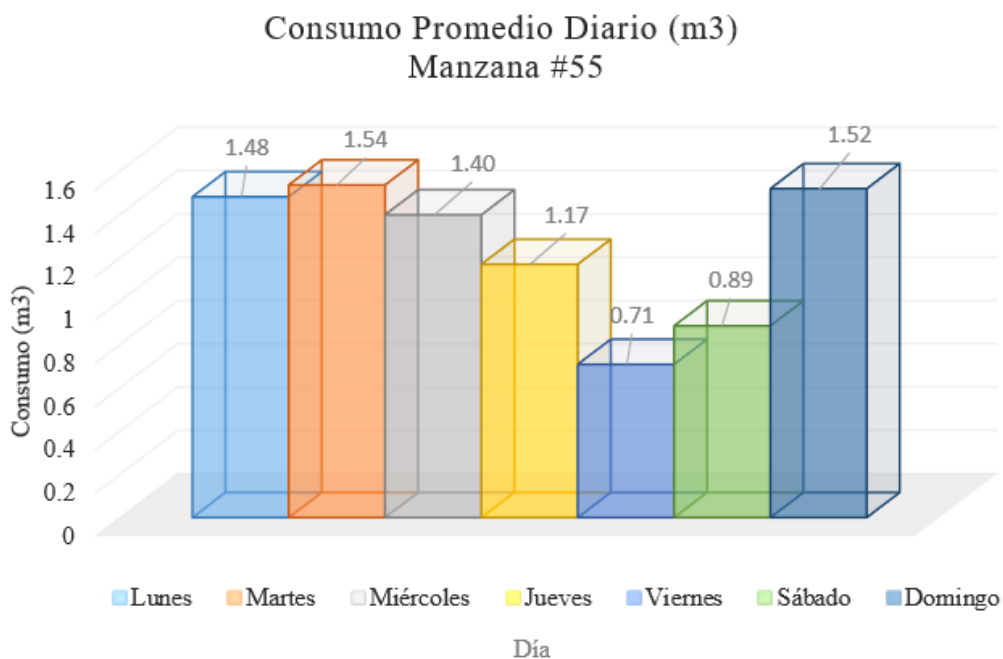


Figura 33. Registro de consumo promedio – Manzana 55

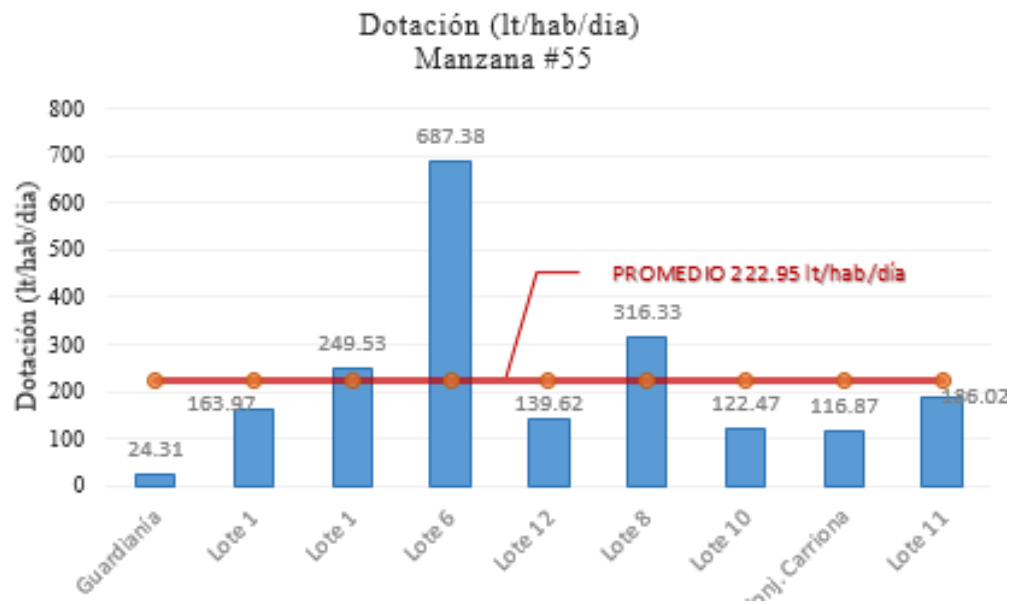


Figura 34. Dotación promedio– Manzana 55

De la misma forma se obtuvo los resultados de la manzana 80 como se puede determinar en la figura 35 donde se presenta el registro del consumo promedio y en la figura 36 en el que se puede observar la dotación de cada uno de los lotes y el promedio.

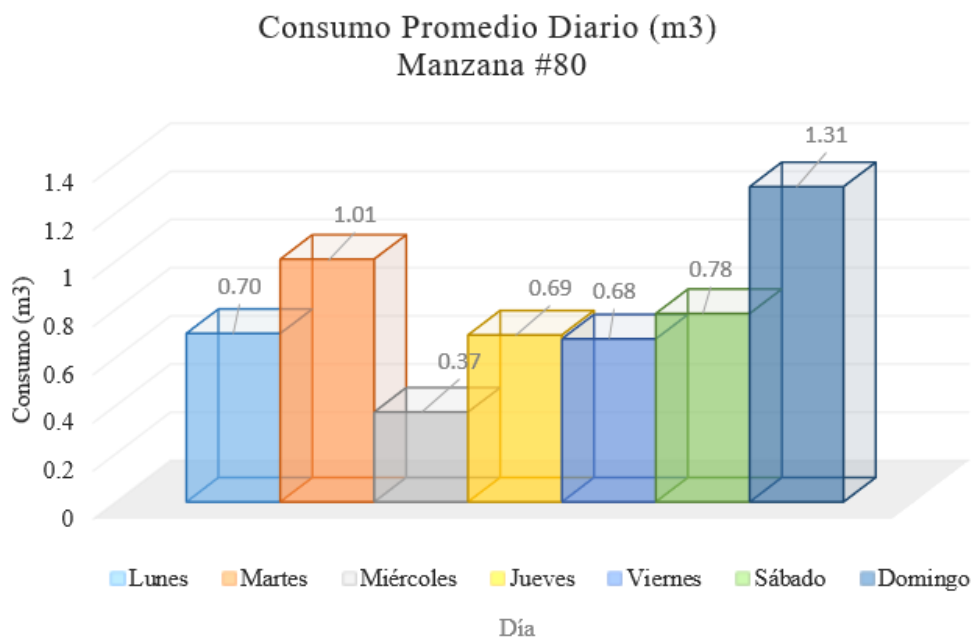


Figura 35. Registro de consumo promedio – Manzana 80

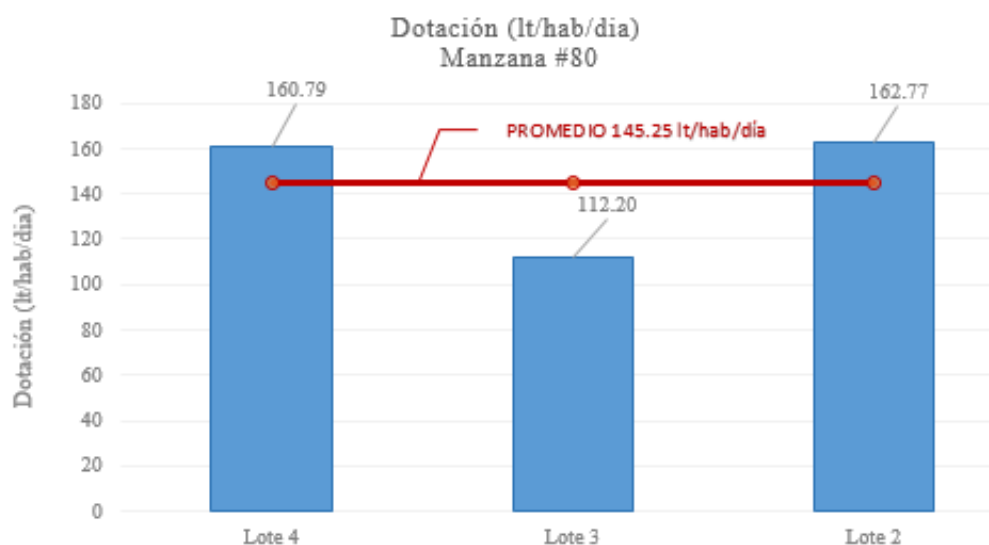


Figura 36. Dotación promedio– Manzana 80

En este método se considera la dotación máxima promedio que corresponde al valor obtenido en la manzana 055 con **222.95 lt/hab/día**, por tener mayor número de viviendas en registro de lecturas.

5.5.3. Dotación neta

Para determinar la dotación neta dentro de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba se realizó un promedio de los resultados obtenidos por los dos métodos anteriormente desarrollados:

$$\text{Dotación neta} = \frac{229 + 222.95}{2} = 225.98 \text{ lit/hab/día}$$

Por lo tanto, para el cálculo de caudales se considera un valor cerrado de **226 lt/hab/día** como dotación neta.

5.6. Agua no contabilizada (ANC)

La gestión de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado del GADMUR ha permitido reducir el porcentaje de agua no contabilizada dentro del cantón Rumiñahui de un valor que superaba el 50 % a un valor de 44.12%. Esta tendencia a disminuir el agua no facturada es probable que se mantenga,

debido al incremento del número de conexiones con consumo real y la supervisión de acometidas no autorizadas.

Para estimar el porcentaje de pérdidas de agua se obtuvo registros de consumos promedio mensuales del cantón Rumiñahui como se puede observar en la tabla 18 y 19.

Tabla 18.
Resumen consumo mensual cantón Rumiñahui

Año	Mes	Consumo m3/mes
2016	Octubre	757169
	Noviembre	615632
	Diciembre	580854

Fuente. Adaptado de DAPAC. Municipio de Rumiñahui (2016)

Tabla 19.
Resumen consumo mensual

Año	Mes	Consumo (m3/mes)
2017	Enero	715533
	Febrero	627611
	Marzo	585757
	Abril	621455
	Mayo	664290
	Junio	638485
	Julio	673217
	Agosto	731285
	Septiembre	731284
	Promedio	661881

Fuente. Adaptado de DAPAC. Municipio de Rumiñahui (2017)

Las vertientes y pozos que abastecen el cantón Rumiñahui mantienen una producción relativamente constante en el tiempo de 456.95 l/s, produciendo un volumen mensual de alrededor de 1186413 m³/mes. Por tanto, el cálculo de agua no contabilizada se determina con la siguiente expresión:

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

$$ANC(\%) = \frac{1184414.4 \text{ m}^3 - 661881 \text{ m}^3}{1184414.4 \text{ m}^3} * 100 = 44.12\%$$

5.7. Cálculo de demandas

El cálculo de las demandas para el diagnóstico del sistema de agua potable está en función de las áreas de aportación de los diferentes nodos que existe en las redes de distribución, la población y de los coeficientes de mayoración. En la tabla 20 se puede observar el resumen de la obtención de demanda para cada nodo de la red. Para ver un cálculo más detallado de los caudales, ver Anexo 8.

Tabla 20.
Caudales 2017 – Diagnóstico sistema actual

Sector de análisis	Población (habitantes)	Dotación l/hab/día	Agua no Contabilizada %	Cobertura de Servicio %	Qm (l/s)	Q _{MD} (l/s)	Q _{MH} (l/s)
Salcoto - Mushuñán	1205	220	44.12%	90.62%	4.02	6.03	9.24
Inchalillo Alto – Plan Vivienda	5191	220	44.12%	90.62%	17.31	25.97	39.82
Inchalillo Bajo – mutualista Benalcázar	2498	220	44.12%	90.62%	8.33	12.50	19.16
Turucucho	811	220	44.12%	90.62%	2.70	4.06	6.22
Inchalillo de Larcos	203	220	44.12%	90.62%	0.68	1.02	1.56
Complejo Inchalillo – Setz Hause conjunto	892	220	44.12%	90.62%	2.98	4.46	6.84
Urbanización bohíos de Jatumpamba	509	226	44.12%	90.62%	1.73	2.59	3.97
Barrio San Nicolás – La Josefina	1418	220	44.12%	90.62%	4.73%	7.09	10.88

5.8. Métodos de análisis de la red

Existen dos tipos de modelación para realizar el análisis de la red con el software Epanet: análisis en régimen permanente y en periodo extendido

5.8.1. Análisis en régimen permanente

En el análisis en régimen permanente, se modela el sistema para un único estado de demanda, el mismo que debe ser lo suficiente representativo para el uso que se le dará al modelo. Para este caso se analizó con el consumo máximo donde se presenta las presiones más bajas del sistema.

5.8.2. Análisis en periodo extendido

Para realizar el análisis en periodo extendido es importante considerar una curva de modulación para hacer que las demandas en los nodos varíen de forma periódica durante todo el día.

5.8.3. Modelamiento en régimen permanente

Antes de analizar el sistema de agua potable por medio de un programa computacional, hay que recopilar toda la información necesaria para su simulación, para ello se debe contar con la topografía de la zona de estudio, tal como se muestra en la figura 37.

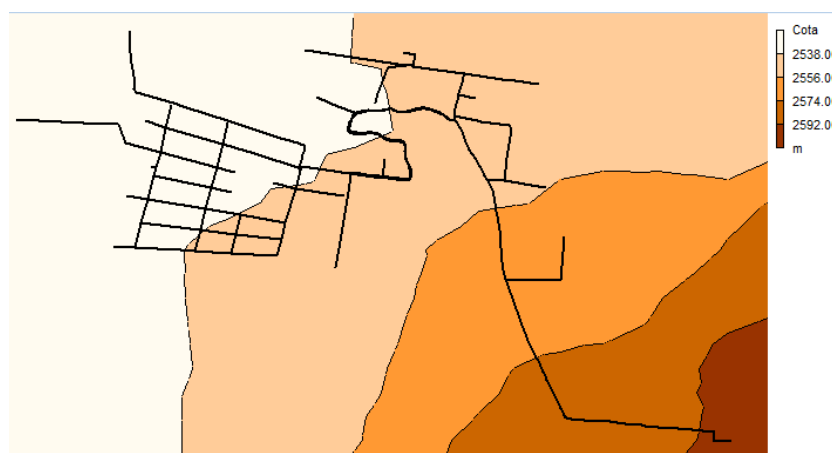


Figura 37. Mapa de contornos – Cotas del sistema

Dentro del programa Epanet, el sistema de agua potable es representado por medio de puntos y líneas. Los tanques, nodos de consumo se presentan por medio de puntos, mientras las tuberías y válvulas se muestran con líneas. En la figura 38, se presentan los nodos del sistema y en la figura 39 los diámetros de las tuberías.

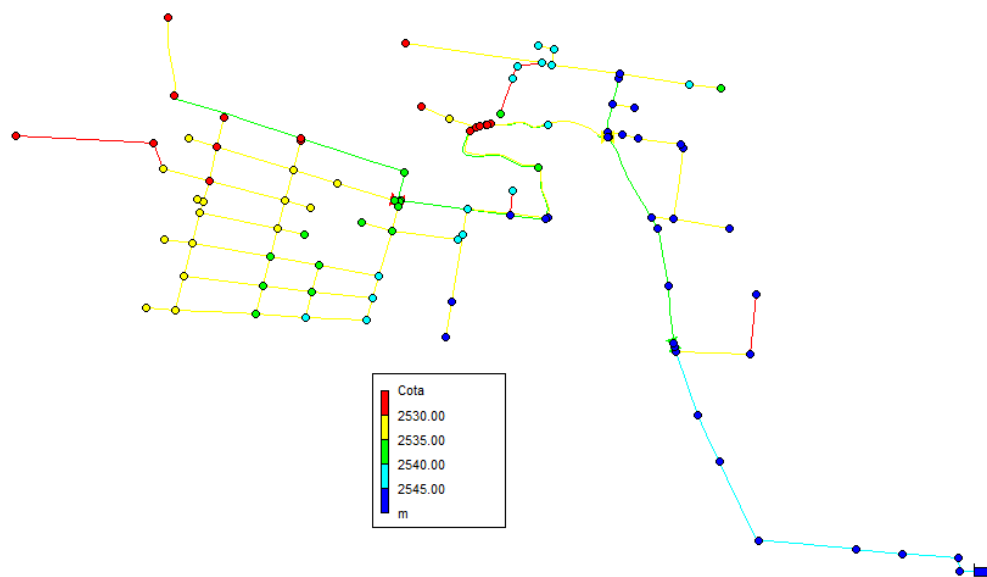


Figura 38. Elementos del sistema – Nodos

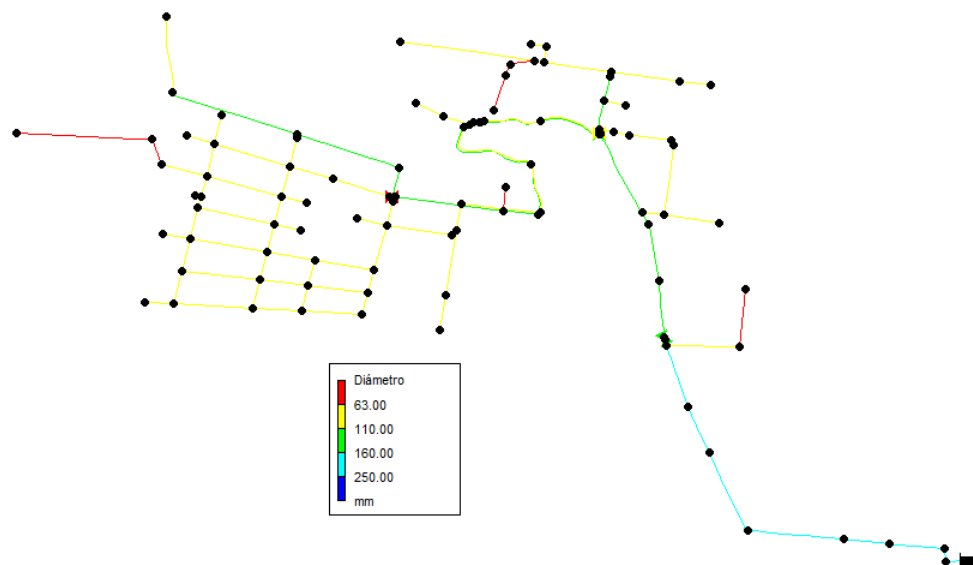


Figura 39. Elementos del sistema – Líneas

En base al Anexo 8 y tabla 20, se ingresó el valor del caudal máximo diario como demanda base. En la figura 40 se puede apreciar un mapa de contorno de la demanda base del sistema.

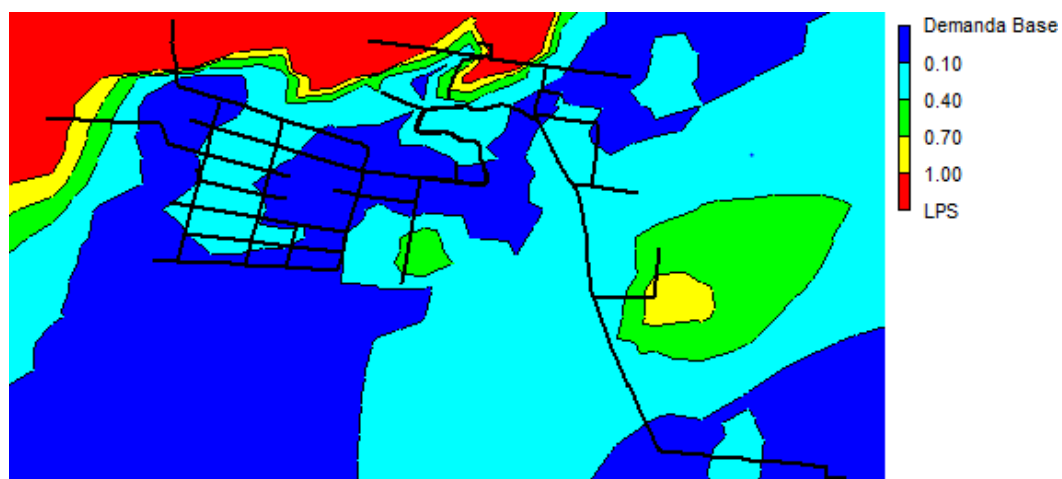


Figura 40. Demanda base (QMD) en litros por segundo

5.9. Calibración del modelo de simulación

La calibración del modelo tiene como objetivo obtener un modelo que pueda representar el funcionamiento real de la red de distribución realizando ajustes en los parámetros de entrada. El modelo será válido si los valores de presión obtenidos en la simulación coinciden con los obtenidos en campo dentro de cierto margen de tolerancia.

Para comparar los resultados obtenidos de la simulación con la realidad, es necesario realizar mediciones de presión en al menos un 15 por ciento de los nodos o de la zona en estudio. Es importante considerar que la información obtenida en campo no puede ser exactamente la misma de la modelación, dado que cada nodo representa una demanda de cierto número de viviendas, por lo que es mejor realizar la medición de presiones a un punto próximo del nodo.

En el caso específico de este proyecto, se realizó la medición de 10 puntos de los cuales siete fueron en sectores donde se distribuye el agua desde la línea de transmisión y tres en la zona de estudio, es decir en la Urbanización

Bohíos de Jatumpamba. La ficha de las presiones tomadas en campo se puede observar en el Anexo 9.



Figura 41.Medición de las presiones en campo

Si bien no existe una normativa general en la que se determine el rango de aceptabilidad entre la medición de campo y la simulación, en este proyecto y en coordinación con la DAPAC se aceptó la diferencia de hasta 3 m.c.a la tolerancia entre las dos comparaciones.

A continuación, en la figura 42 se presenta los resultados de la comparación, una vez el modelo calibrado.

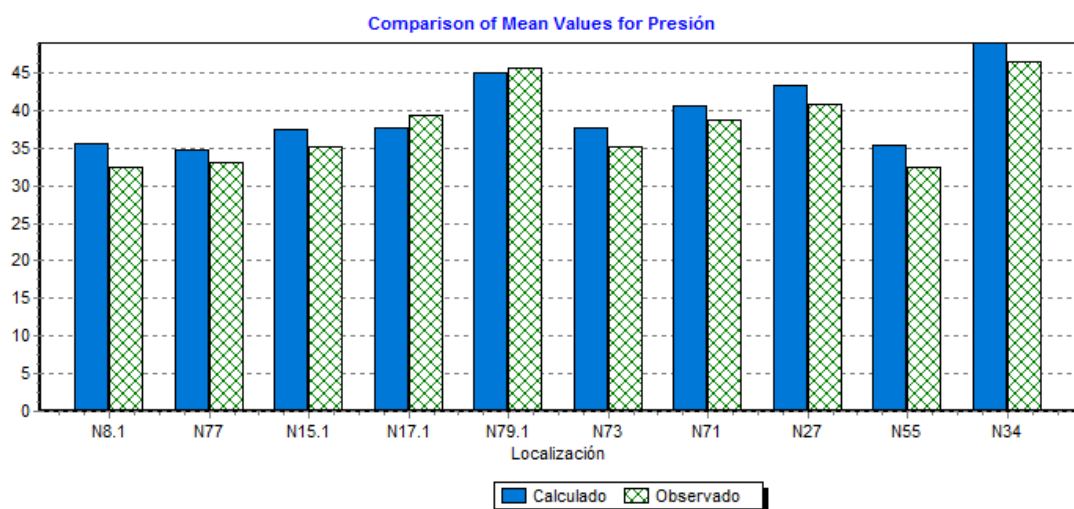


Figura 42.Medición de las presiones en campo

5.10. Evaluación en régimen permanente

Por medio del análisis en régimen permanente se puede conocer las condiciones normales de operación de las redes de agua potable.

5.10.1. Presiones en nodos de la red

Mediante la simulación de la red en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba en condiciones normales, se observa que los puntos con mayor presión corresponden a los puntos más alejados de la entrada a la red de distribución, estos son los puntos que presentan mayor altura piezométrica. Mientras que los puntos con menor presión se encuentran en la zona inferior derecha con 35.10 m.c.a, dato que sobrepasa la presión mínima de 15 m.c.a. En la tabla 21 y figura 43 se presentan los diferentes valores de presión en condiciones normales.

Tabla 21.

Presión en condiciones normales

Sector Urb. Bohíos de Jatumpamba		
Máxima	48.65	m.c.a.
Mínima	35.10	m.c.a.

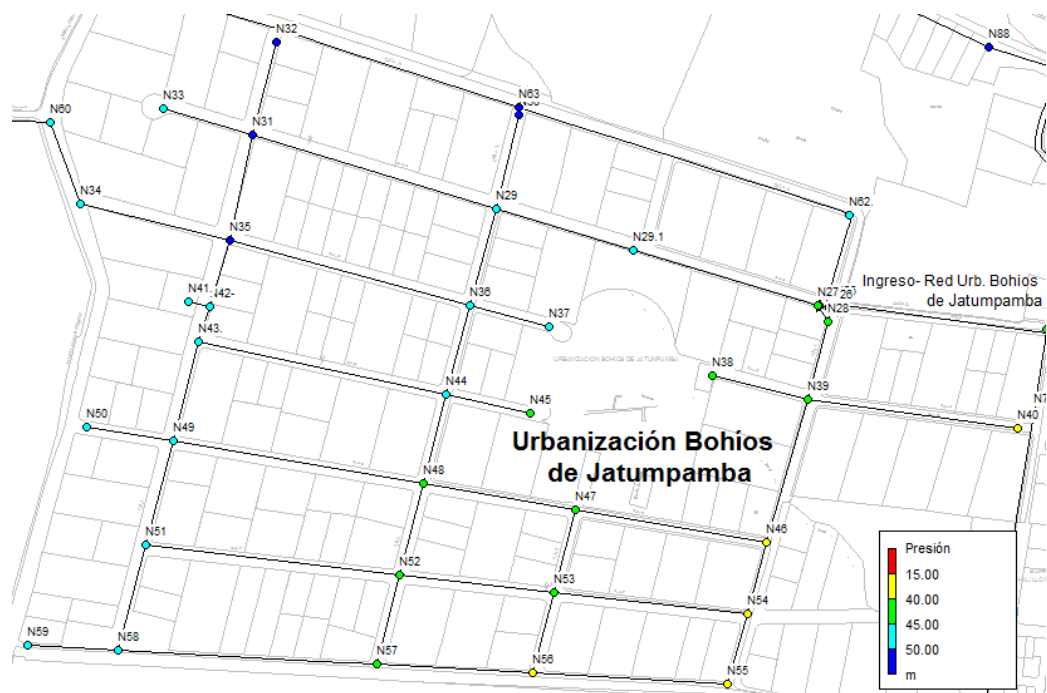


Figura 43.Presiones en condiciones normales

5.10.2. Velocidades en las tuberías

El rango de velocidades obtenidas a través de la simulación de la red en condiciones normales es de 0.50 m/s como valor mayor y 0.01 m/s como valor menor. Los resultados obtenidos para la Urbanización Bohíos de Jatumpamba se puede observar en la figura 44.

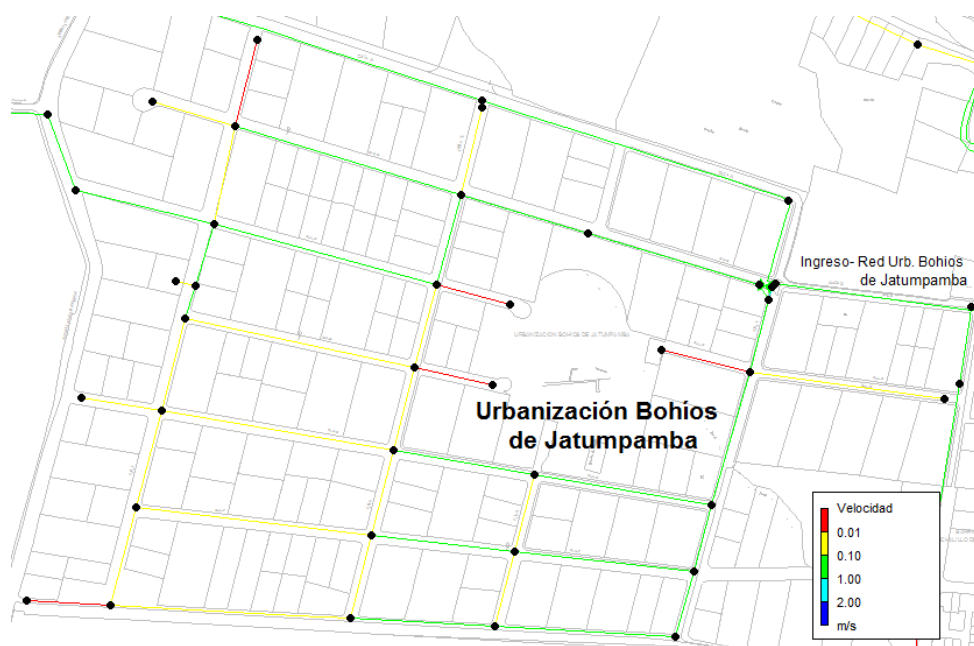


Figura 44. Velocidades en Tuberías

5.11. Modelamiento en periodo extendido

El modelamiento de la red en periodo extendido se ha realizado en la época de verano donde a través del programa Epanet se estudia la evolución de los consumos a lo largo del día. Para ello es necesario realizar una curva de modulación de las demandas.

5.11.1. Curva de modulación

La curva de modulación de las demandas representa la fluctuación de los consumos alrededor de un valor medio calculado. De esta forma, al aplicar un coeficiente se reducirá o aumentará la demanda de agua en función de la hora del día.

El caudal de cada hora se obtendrá multiplicando el caudal máximo diario por un coeficiente definido por la curva de modulación. Dentro de esta curva existe el coeficiente punta que representa la demanda base máxima, este a su vez aparece en una hora donde la demanda poblacional de agua es máxima, constituyendo el estado más desfavorable.

A continuación, en la figura 45 se observa la curva de modulación el sector de estudio donde claramente se especifica que existen dos periodos donde el consumo es mayor, 6 a 7 de la mañana y 1 a 2 de la tarde. Ver Anexo 10.

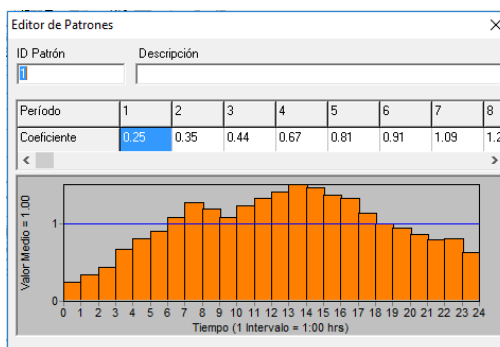


Figura 45. Curva de modulación

5.11.2. Presiones en nodos de la red

Para el estudio de presiones se va elegir el punto de mayor presión (N-32), el de menor presión (N-55) y un punto intermedio en el ingreso de la red de distribución (N-27) como se presenta en la figura 46.



Figura 46. Elección de nodos para periodo extendido

Si se toma como ejemplo el nodo 27, se observa en la figura 47 que la presión es máxima donde la demanda es mínima es decir en las horas de dos de la mañana. Y viceversa, cuando estamos en horas punta como las siete de la mañana o una de la tarde, donde la demanda es máxima, la presión es mínima en esas horas.

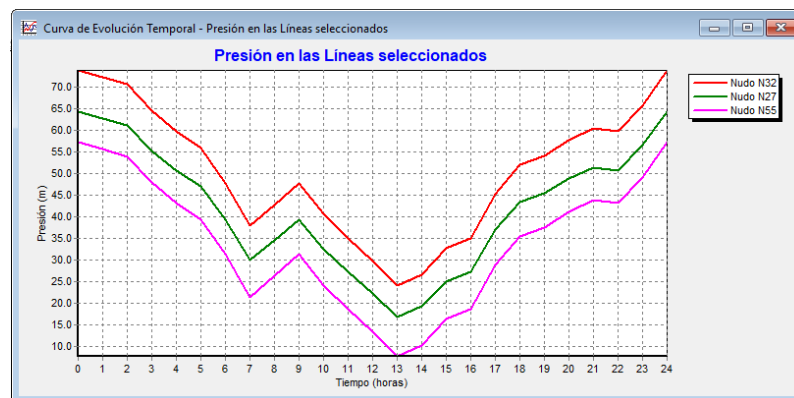


Figura 47. Evolución temporal de la presión a lo largo de un día

En las figuras de a continuación se puede apreciar las horas de mínimas presiones entre 6:00 am – 7:00 am y en la tarde entre 1:00 pm – 2:00 pm. Los nodos que presentan bajas presiones están en la parte inferior derecha de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba.

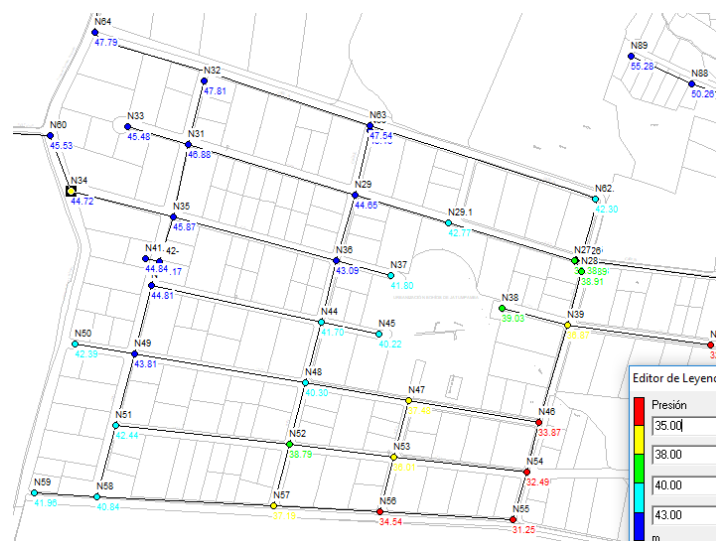


Figura 48. Evolución temporal de la presión 6:00 am

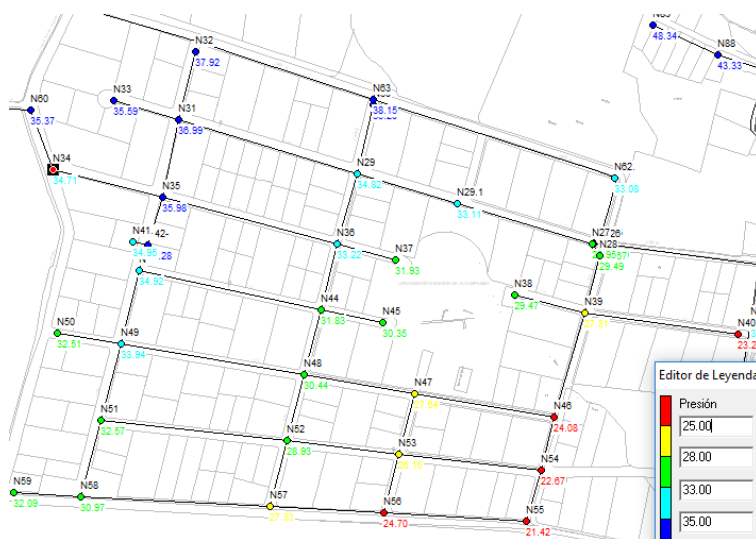


Figura 49. Evolución temporal de la presión 7:00 am

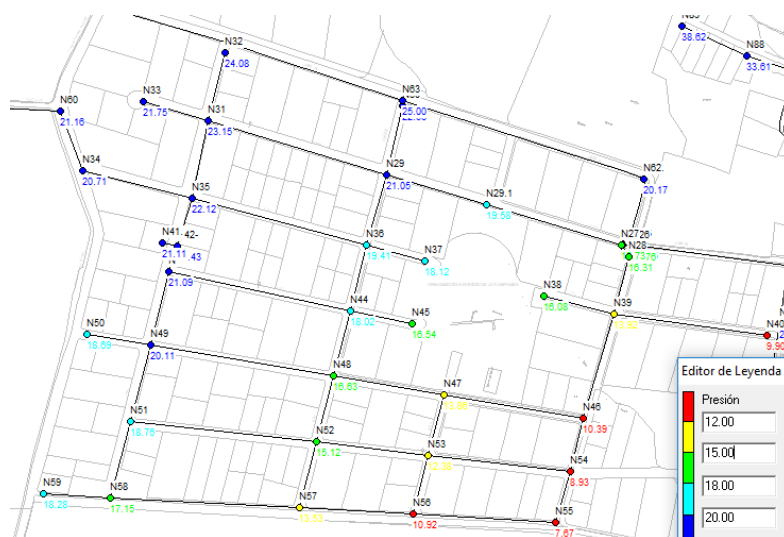


Figura 50. Evolución temporal de la presión 1:00 pm

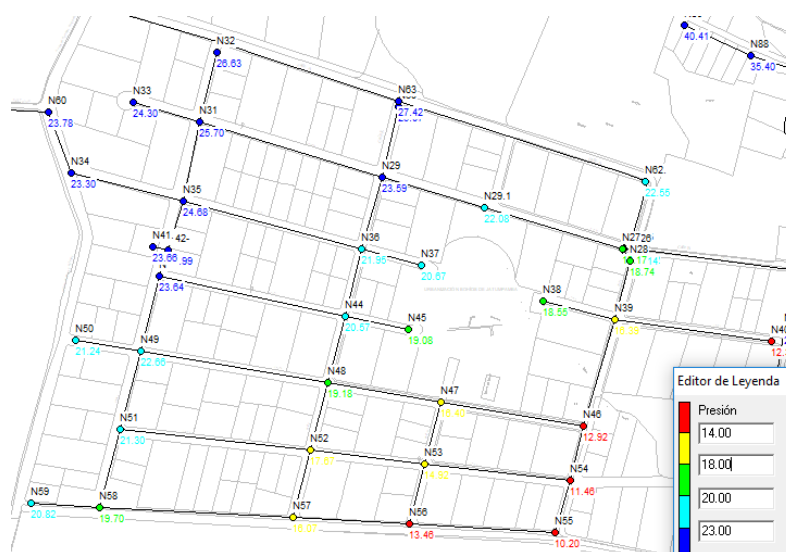


Figura 51. Evolución temporal de la presión 2:00 pm

5.12. Fallas en la red de distribución

A lo largo del tiempo de servicio de las redes de agua potable, las tuberías adquieren alteraciones como la disminución de su diámetro, aumento de la rugosidad, presencia de fallas que pueden generar pérdidas volumétricas de agua irrecuperable y posible contaminación del agua, atrayendo a todo esto el incremento de presupuesto para las reparaciones.

A continuación, se expondrá los diferentes tipos de fallas que se pueden presentar en las redes de distribución de agua potable.

5.12.1. Tipos de fallas

Los tipos de fallas en las tuberías dependen del material y del diámetro. Estos tipos fueron clasificados por (Kelly & O'Day, 1982) en tres categorías:

Falla circunferencial: La falla circunferencial es generalmente causada por movimiento del suelo, contracción térmica o la interferencia de terceros. Esta falla es la más común para tuberías de hierro fundido con diámetros pequeños. En la figura 52 se puede observar la falla circunferencial presente en tuberías.

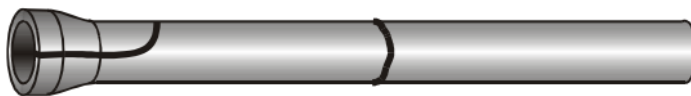


Figura 52. Falla circunferencial

Fuente. Adaptado de (Makar, Desnoyers, & McDonald, 2013)

Falla longitudinal: La falla longitudinal puede presentarse por diferentes tipos de cargas, tales como presión interna del agua, por la carga producida por el suelo o cambios de temperatura. Esta falla es la más común en tuberías de grandes diámetros. En la figura 53 se puede observar la falla longitudinal presente en tuberías.



Figura 53. Falla longitudinal

Fuente. Adaptado de (Makar, Desnoyers, & McDonald, 2013)

Falla en espiral: La falla en espiral es asociado a las variaciones de presiones y también a las combinaciones de fuerza de flexión y presión interna. Esta falla es la más común en tuberías de diámetros medios. La falla se presenta inicialmente de manera circunferencial y luego se propaga a lo largo de la longitud de la tubería. En la figura 54 se puede observar la falla en espiral presente en tuberías. (págs. 589-594)

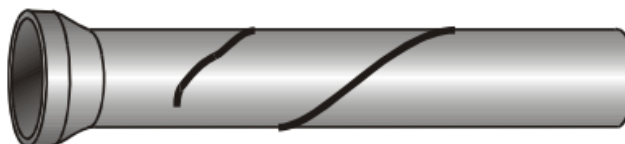


Figura 54. Falla en espiral

Fuente. Adaptado de (Makar, Desnoyers, & McDonald, 2013)

5.12.2. Análisis de fallas en la red de distribución

De acuerdo a la información proporcionada por la DAPAC-R, el número de reparaciones referentes al sistema de agua potable en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba es de tres reparaciones por mes. Durante las reparaciones se pudo constatar que existe presencia de fallas en espiral debido a la variación de altas presiones en el sector, a esto le podemos añadir la edad de las tuberías que superan los 30 años de antigüedad.

En el periodo de levantamiento de información para el catastro del sistema de agua potable se pudo confirmar la existencia de reparaciones en las redes de la urbanización como se puede observar en la figura 55.



Figura 55. Reparaciones en redes de agua potable

En la parte económica, el costo de mantenimiento de las redes comprende, principalmente, los costos de reparaciones por rupturas de tubería. El valor aproximado de la reparación en tuberías de asbesto cemento es de \$290 por metro lineal. Este valor es muy significativo porque al mantener las mismas tuberías pueden representar un valor de \$10440 anuales o inclusive más, razón por la cual es indispensable considerar el cambio de tuberías de asbesto cemento a PVC para tener una mejor eficiencia en el sistema y disminuir los costos de mantenimiento.

5.13. Sustentabilidad del rediseño del sistema de agua potable

Contemplar un proyecto sostenible que pueda ser aplicable en el sistema de agua potable en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba significa que se

busca la mejor alternativa hidráulica, económica y social que contribuya directamente al mejoramiento de los servicios y la salud de los habitantes.

El sistema actual de agua potable dentro de la urbanización ya cumplió su ciclo de vida, al superar los 30 años de vida útil por eso es importante la propuesta de un nuevo sistema de tuberías que permitan abastecer todas las necesidades actuales y futuras de los consumidores. Para ello es importante considerar la densidad poblacional futura que, en la zona de estudio, existe la posibilidad de triplicarse en base a la regulación municipal donde cada lote de 2500m² se puede subdividir en lotes de 750m².

La opción de renovar las tuberías de asbesto cemento por PVC, representa una mejor rentabilidad en la parte económica, porque se disminuyen el costo de mantenimiento por rupturas de tuberías y se beneficia a todos los habitantes de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba al evitar inconvenientes por el hecho de quedarse sin agua mientras dura la avería de la tubería y por posibles afectaciones en la calidad del agua suministrada.

Con respecto al material de asbesto cemento de las tuberías, se ha demostrado en base a investigaciones que el asbesto es cancerígeno cuando las fibras son inhaladas, pero no existe evidencia contundente que causen cáncer si son ingeridas, sin embargo, hoy en día su producción ha disminuido y es prohibido por tener un riesgo potencial durante la instalación o mantenimiento de las tuberías porque existe la posibilidad que las partículas de cemento puedan ser inhaladas.

CAPÍTULO 6

CALIDAD DE AGUA

6.1. Introducción

Uno de los proyectos más importantes de la comunidad internacional para este siglo es trabajar conjuntamente para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2015-2030). Disminuir el porcentaje de personas sin acceso a agua potable y servicios básicos ha sido un trabajo arduo, pero con buenos resultados, actualmente el 91% de la población mundial utiliza una fuente de agua mejorada. Sin embargo, hay mucho que trabajar con respecto a la calidad de agua ya que cada día más de 1000 niños mueren debido a enfermedades diarreicas según cifras de las Naciones Unidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (Martínez, IAGUA, 2017)

Pero Ecuador desde el mes de marzo de 2016 ya forma parte del proyecto piloto de indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible abordando temas como agua limpia y saneamiento. En diciembre de 2016 salieron los resultados de los primeros estudios donde demostró que el 20% de la población consume agua contaminada con heces fecales, donde se pudo comprobar que la bacteria E. Coli está presente en 15.4% en el sector urbano y 31.8% en el sector rural, como se puede observar en la siguiente imagen. (Martínez, IAGUA, 2017)



Figura 56. Coeficiente de rugosidad para tuberías

Fuente. Encuesta ENEMDU diciembre 2016, Medición de los indicadores ODS de Agua, Saneamiento e Higiene en el Ecuador

Ahora Ecuador tiene el reto de disminuir el porcentaje de agua contaminada con el apoyo y autocontrol en cada uno de los municipios, en este sentido, en Rumiñahui mensualmente los técnicos realizan análisis de calidad de agua donde se ha determinado la inexistencia de coliformes totales y fecales, siendo de esta manera apta para el consumo humano.

La caracterización y medición de la calidad de agua se determina tanto por sus características físicas, químicas y biológicas, estas a su vez en Ecuador son reguladas bajo directrices o estándares de calidad de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108

6.2. Características físicas del agua

Son consideradas características físicas porque son perceptibles por los sentidos (vista, olfato o gusto) y tienen incidencia directa en su estética y aceptabilidad del agua. (Pradillo, 2016)

Los análisis más comunes para determinar los diferentes parámetros se dan a continuación:

Tabla 22.
Análisis físicos en el agua

Parámetro	Abreviación	Uso
Color	UC Pt-Co	Define la presencia de agentes de color naturales o sintéticos
Olor		Determina si el olor produce efectos adversos
pH		Influye en procesos de tratamiento
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	Depende de la concentración de sustancias disueltas ionizadas
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Importante para tratamientos biológicos
Turbiedad	NTU	Determina la claridad del agua

Fuente. (Tchobanoglous, 1985)

Color: se produce por procesos de degradación natural en el ambiente por ejemplo la materia orgánica en descomposición puede impartir una coloración amarillenta o marrón en el agua, otro de los orígenes del color natural del agua puede ser la presencia de hierro, manganeso u otros compuestos metálicos.

Olor y sabor: estos se asocian por la presencia de materia orgánica en descomposición. En aguas superficiales el olor se debe principalmente al crecimiento de microorganismos como algas, descomposición de hojas y raíces.

En sistemas de alcantarillado los olores se deben a la formación de ácido sulfúrico.

PH: este puede influir en fenómenos que se producen en el agua; como la corrosión en las redes de distribución de agua. Aunque no tiene efectos directos nocivos sobre la salud, si puede influir en procesos de tratamiento como la coagulación y la desinfección. En aguas no contaminadas el valor de rango que debe estar es de 6 a 9. (Pradillo, 2016)

Conductividad: indica la facilidad con que la corriente eléctrica pasa a través de una solución acuosa. Este tiene relación a la medida indirecta de iones como cloruros, nitratos, sulfatos, sodios, magnesios y calcio. A continuación, se presenta los parámetros permisibles para la conductividad del Agua.

Temperatura: es una característica física que tiene gran importancia porque incide en los procesos de tratamiento, en las velocidades de reacciones químicas y biológicas, afectando la solubilidad de los gases y de minerales. En procesos como mezcla, floculación sedimentación y filtración.

Turbiedad: esta se produce por materiales en suspensión como la presencia de partículas coloidales, arcillas, limos materia orgánica e inorgánica, organismos y microorganismos. La medición de la turbiedad tiene poco significado en aguas claras, pero es muy útil para definir la calidad de agua potable en plantas de tratamiento. La medición de la turbidez se realiza

mediante un turbidímetro y la unidad es la unidad nefelométrica de turbidez (UNT). (Pradillo, 2016)

Tabla 23.
Tabla de conductividad de agua

Parámetro	Criterio de calidad
Agua ultra pura	0.055 $\mu\text{S/cm}$
Agua destilada	0.5 $\mu\text{S/cm}$
Agua de montaña	1.0 $\mu\text{S/cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S/cm}$
Max. Para agua potable	1055 $\mu\text{S/cm}$
Agua de mar	56 $\mu\text{S/cm}$
Agua salobre	100 $\mu\text{S/cm}$

Fuente. (REITEC, 2017)

6.3. Características Químicas del agua

El agua natural está conformada por especies iónicas (cationes y aniones) que se derivan del contacto del agua con depósitos naturales, de los cuales existen en abundancia están especies bicarbonatadas, sulfatos, cloruros de calcio, magnesio y sodio.

Pero también existen compuestos químicos disueltos en el agua por origen industrial, los mismos que podrían ser dañinos de acuerdo a su composición y concentración. (Pradillo, 2016)

A continuación, se presenta los principales constituyentes:

Tabla 24.
Análisis físicos en el agua potable

Agua Potable		
Parámetro	Definición	Uso
Calcio	Ca^{+2}	
Magnesio	Mg^{+2}	
Potasio	K^{+}	
Sodio	Na^{+}	
Bicarbonato	HCO_3^{-}	Determina la composición iónica del agua. Determina sus posibles usos
Carbonato	CO_3	
Cloro	Cl^{-}	
Hidróxido	OH^{-}	
Nitrato	NO_3^{-}	
Sulfato	SO_4^{-2}	
pH	$\log \text{H}^{+}$	Mide la acidez o basicidad
Alcalinidad	$\Sigma(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-2} + \text{OH}^{-})$	Mide capacidad para neutralizar ácidos
Acidez		
Dióxido de carbono	CO_2	Corrosividad del agua
Dureza	$\Sigma(\text{cationes multivalente})$	
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Estima los SDT
Radioactividad	Ci	
Carbono orgánico Total	COT	presencia materia orgánica

Fuente. (Tchobanoglous, 1985)

Sulfato: es un componente natural de aguas superficiales que pueden provenir de la oxidación de sulfuros existentes en el agua. La dureza del agua puede ser dada por sulfatos de calcio y magnesio. En concentraciones altas de sulfato puede ocasionar un sabor amargo en el agua, pero en concentraciones excesivas puede conferir propiedades corrosivas. (Pradillo, 2016)

Nitratos y nitritos: La concentración de nitratos en zonas naturales se puede dar por la descomposición de materia orgánica o por la utilización de

fertilizantes. Sin embargo, si una fuente de agua recibe descargas residuales domésticas, se presentará el nitrógeno como nitrógeno amoniacal que al estar en contacto con el oxígeno se irá transformando en nitritos y nitratos por efecto del proceso de oxidación. (Pradillo, 2016)

Cloro: su presencia en el agua potable se debe al porcentaje de compuesto que es añadida en las estaciones de tratamiento como desinfectante. En altas concentraciones de cloro puede ocasionar un sabor salado si este está asociado con los cationes de sodio o potasio.

6.4. Características Biológicas del agua

Estas características están estrechamente relacionadas con la vida acuática y también de microorganismos que tienen influencia directa en la calidad del agua. El principal efecto de toxicidad es dado por elementos patógenos, también incluyen en desarrollo de olores, sabores y corrosión.

Dentro de los principales microorganismos de interés en el sistema de agua se tienen:

Algas: pertenecen al grupo de microorganismos eucarióticos que contienen clorofila que es necesaria para la fotosíntesis y por lo tanto necesita de luz solar para poder vivir y reproducirse. Las algas pueden dar color al agua porque tienen pigmentos. (Pradillo, 2016)

Bacterias: son protista que se agrupan de cuatro categorías: esféricas, redondas, curvas o espirales y filamentosas. Una de las bacterias redondas más conocida es la Escherichia Coli que se encuentra comúnmente en las heces fecales y que son patógenas para el hombre. (Pradillo, 2016)

Hongos y mohos: son parte del grupo de bacterias que no contienen clorofila y que para sobrevivir necesitan o dependen de la nutrición de materia orgánica. (Pradillo, 2016)

6.5. Normas de calidad para agua potable

Las normas de la calidad de agua siempre se encuentran cambiando debido a los diferentes avances tecnológicos de tratamiento, análisis químicos y biológicos.

En el diseño de agua potable de este proyecto, se hace necesario realizarlo bajo estándares de calidad asociada a la salud pública y entidades nacionales como internacionales como son:

- NTE INEN 1 108 (Norma técnica ecuatoriana)
- TULAS (Tratado unificado de Legislación Ambiental del Ecuador)
- OMS/OPS (Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud)

6.6. Toma de muestras

Los puntos de muestreo se tomaron en el tanque de almacenamiento del Chaupi y en el sitio de estudio en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba. Para los análisis fisicoquímicos básicos (cloro residual, pH, turbiedad) se recomienda realizarlos en campo. En caso de no disponer de los equipos requeridos es necesario llevar la muestra sin exponer a la luz e impedir su agitación hasta el sitio de análisis.

Con ayuda y disposición de los equipos existentes se realizó el análisis de calidad de agua en el laboratorio de Medio Ambiente de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y para análisis en los que no existía el equipo necesario dentro de la institución ESPE se hizo con el Laboratorio de Ensayo ALS. Ver Anexo 11 y 12.

6.7. Presentación de resultados de calidad de agua

Tabla 25.
Resultados calidad de agua

ANALISIS FISICO - QUIMICO - BIOLOGICO					NORMA INEN 1108:2014	OBS.
PARAMETRO	UNIDAD	T1	BJ ₁	BJ ₂	LIMITE MAX. PERMISIBLE	
Características Físicas						
pH	---	6.61	6.58	6.5	6.5 - 9.5	Cumple
Conductividad	μS/cm	148.6	155.5	151.1		
Temperatura	°C	17.7	17.8	18.8		
Turbiedad	NTU	1.35	1.04	0.81	5	Cumple
Color	U. Pt-Co	<15	<15	<15	15	Cumple
Características Químicas						
Nitratos, NO ₃	mg/L	8.8	6.9	9.5	50	Cumple
Nitritos, NO ₂	mg/L	<3	<3	<3	3	Cumple
Características Biológicas						
Coliformes Fecales	ufc/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
Coliformes Totales	nmp/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple

Fuente. Laboratorio de Medio Ambiente- ESPE

6.8. Desinfección con cloro

Desinfectar el agua con cloro, es eliminar los microorganismos capaces de producir enfermedades a los consumidores. Son varios los microorganismos que pueden estar presentes en el agua de consumo humano entre ellos esta: bacterias, virus y protozoos. (Cáceres, 1971)

Las bacterias son microorganismos unicelulares que no poseen núcleo definido, su presencia en el agua ha producido enfermedades intestinales, entre los más conocidos esta: salmonellas, shijella, Escherichia coli y vibrio cholerae.

Los virus son parásitos unicelulares que no se reproducen por sí mismos a diferencia de las bacterias porque precisan de células para albergue y producción de nuevos virus.

Los protozoos, son considerados los agentes provocadores del amebiasis.

Es aconsejable la utilización de cloro como medio de desinfección del agua porque:

- Combate los organismos causantes de varias enfermedades en un tiempo corto, el mismo que dependerá de su concentración.
- Es inofensivo para el hombre y los animales en las dosis recomendadas en la desinfección del agua.
- Su aplicación es fácil y tiene un costo bajo.
- Tiene un efecto residual que protege al agua de posteriores contaminaciones. (Cáceres, 1971)

6.9. Curva de demanda de cloro

Cuando se añade el cloro al agua se desarrollan una serie de procesos o combinaciones químicas que se describen a continuación y se representan en la gráficamente siguiente según (Chaucachicaiza & Orozco, 2012).

Etapa 1: Las primeras cantidades de cloro reaccionan con la materia orgánica y los metales presentes en el agua. Cuando el cloro reacciona en esta etapa su valor es cero porque se gasta en su totalidad.

Etapa 2: El cloro remanente después de que la demanda de cloro fue satisfecha empieza a reaccionar con los compuestos nitrogenados, tales como: amoníaco y compuestos aminonitrigenados que pueda haber en el agua.

Etapa 3: Si se añade más cloro, el cloro medido tiende a disminuir. En esta etapa el cloro introducido nuevamente destruye los compuestos formados durante la etapa anterior hasta el punto de ruptura o quiebre, de esta manera marca el final de la demanda de cloro.

Etapa 4: En la etapa final, el cloro que se añade si es medible ya como cloro residual libre, y es el momento adecuado donde se garantiza la desinfección eficaz del agua y con un efecto residual adecuado.



Figura 57. Curva demanda del cloro

Fuente. Evolución de la cantidad de cloro residual (Calvet, y otros, 2008)

6.10. Decaimiento del cloro

El consumo del cloro residual para impedir el crecimiento bacteriano después del tratamiento de agua dependerá tanto de las reacciones que

ocurren en el seno del agua como las reacciones que ocurren por contacto de las paredes de la tubería (Lu, Kiéné, & Lévi, 1999).

Según Lu (1999), las principales causas que provocan el decaimiento del cloro residual tanto en el seno del agua como en los sistemas de distribución son los siguientes:

Seno del agua:

- Reacciones con amoníaco
- Reacciones con hierro
- Reacciones con compuestos orgánicos

Sistemas de distribución:

- Depósitos
- Existencia de corrosión en la tubería
- Condiciones hidráulicas (edad, diámetro, velocidad del agua)

En la figura siguiente se proporciona un ejemplo de las reacciones que presenta el cloro debido a las reacciones en el seno del agua y en las paredes de la tubería.

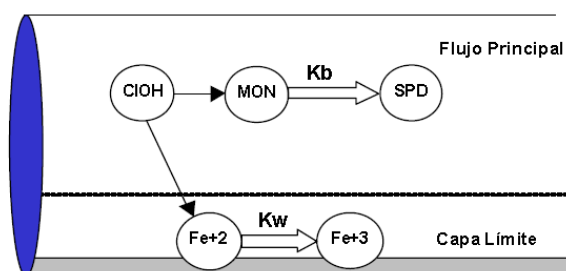


Figura 58. Zonas de reacción del cloro en la tubería

Fuente. Adaptado (U.S. Environmental Protection Agency, 2000)

6.11. Simulación cloro residual en Epanet

El programa Epanet es una herramienta muy importante para la validación de la calidad del cloro transportado a lo largo de las redes de distribución de

agua potable porque a través de la simulación del cloro residual se puede complementar con los monitores en campo y facilitar el diagnóstico extensivo de la calidad del agua. También es posible considerar medidas necesarias para la optimización del proceso de desinfección.

6.12. Simulación cloro residual en Epanet

El programa Epanet es una herramienta muy importante para la validación de la calidad del cloro transportado a lo largo de las redes de distribución de agua potable porque a través de la simulación del cloro residual se puede complementar con los monitores en campo y facilitar el diagnóstico extensivo de la calidad del agua. También es posible considerar medidas necesarias para la optimización del proceso de desinfección.

6.12.1. Decaimiento en el seno del agua

El programa Epanet modela las reacciones en el seno del agua con ecuaciones cinéticas en función de la concentración de la sustancia.

$$R = K_b C^n$$

Donde:

R= velocidad de reacción

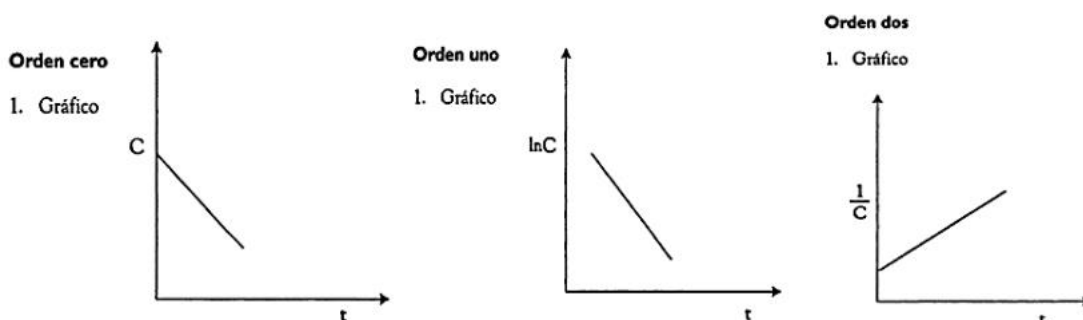
K_b = Coeficiente de reacción de masa

C= concentración reactiva (masa/volumen)

N= orden de reacción

6.12.1.1. Determinación del coeficiente de reacción de masa (K_b)

Con los datos obtenidos mediante el ensayo de jarras por el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) se obtuvieron mediciones del cloro en intervalos de tiempo que posteriormente con la ayuda del software Excel se realizó gráficas del orden de reacción del cloro libre residual como se explica



en la figura siguiente:

Figura 59. Zonas de reacción del cloro en la tubería

Fuente. Adaptado (González & Barrantes, 2004)

Con los datos obtenidos del cloro se grafica para el orden cero, la concentración (C) y el tiempo (t), para orden uno, logaritmo neperiano de la concentración (lnC) y tiempo (t), para orden dos, la unidad sobre la concentración (1/C) y con el tiempo (t) (González & Barrantes, 2004) .

6.12.2. Decaimiento en la pared de la tubería

La pared de la tubería también es responsable del decaimiento del cloro, pudiendo la influencia variar por el tipo de material de la tubería, edad, coeficiente de rugosidad y otros. De acuerdo con estudios de laboratorio de (Vieira, 2002), se puede establecer un orden de los materiales que relativamente reaccionan con el cloro, siendo el primero el más reactivo y el último el menos reactivo.

- Hierro fundido dúctil
- PVC

- Polietileno

La reacción del cloro con la pared se relaciona con la siguiente expresión:

$$R = \left(\frac{A}{V}\right) K_w C^n$$

Donde:

R= velocidad de reacción

K_w = Coeficiente de reacción en la pared

C= concentración reactiva (masa/volumen)

N= orden de reacción

6.12.2.1. Determinación del coeficiente de reacción en la pared de la tubería (K_w)

En el manual del programa EPANET 2.0 indica que el rango del valor K_w para reacciones de primer orden puede ser de 0 a 1.5 m/día (U.S. Environmental Protection Agency, 2000). También se puede obtener este dato a través de una simulación interactiva con el coeficiente de K_w hasta obtener un modelo calibrado del sistema.

6.12.3. Parámetros de calidad y reacción en EPANET

En la figura 60 se observa la ventana en la que se puede incluir el parámetro de calidad que se requiera visualizar; en el caso particular se analiza el cloro y su concentración medida en mg/L.

Propiedad	Valor
Parámetro	COLORO
Unidades Densidad	mg/L
Difusividad Relativa	1
Nudo Procedencia	
Tolerancia de Calidad	0.01

Figura 60. Zonas de reacción del cloro en la tubería

En la tabla siguiente se observa el decaimiento de cloro residual en el mes de agosto del 2017 para la muestra obtenida y desarrollada en los laboratorios del Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM, 2017)

Tabla 26.

Decaimiento de cloro residual - muestra agosto 2017

Tiempo (horas)	Cloro residual (mg/L)
0	1.45
2	1.41
4	1.41
6	1.25
8	1.09
10	0.93
12	0.81
14	0.74
16	0.65
18	0.46
21	0.37
24	0.35
27	0.27
30	0.17
33	0.09
36	0.06
39	0.03
39	0.01

Con la tabla anterior se grafica la concentración (C) y el tiempo (t) para orden cero, lo mismo para orden uno y orden dos, como se puede observar en las gráficas siguientes.

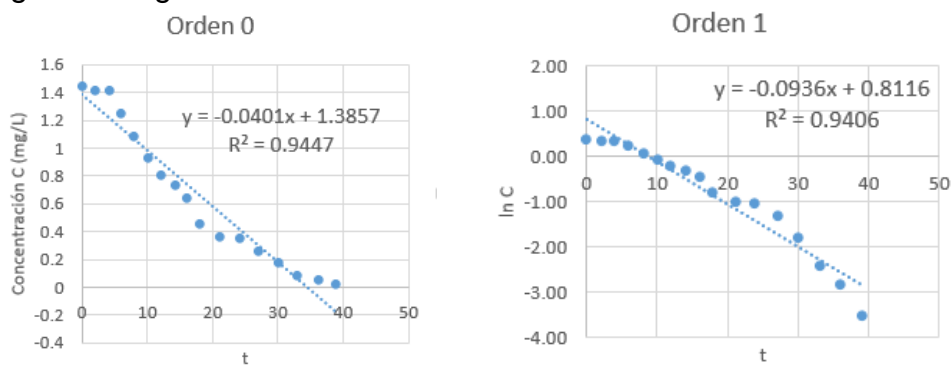


Figura 61. Determinación del orden de reacción del decaimiento de cloro

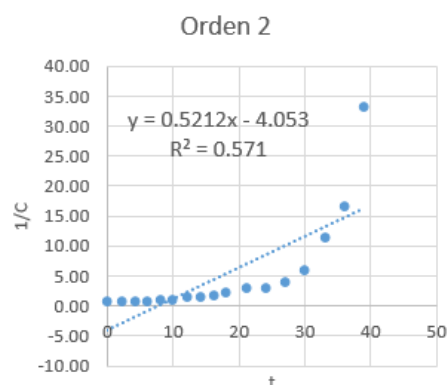


Figura 62. Determinación del orden de reacción del decaimiento de cloro

Para obtener el coeficiente de determinación de masa (K_b) se procedió a realizar la gráfica con la línea de tendencia que más se asemeje a la reacción del decaimiento del cloro residual en este caso se realizó de tipo exponencial como se presenta en la siguiente gráfica.

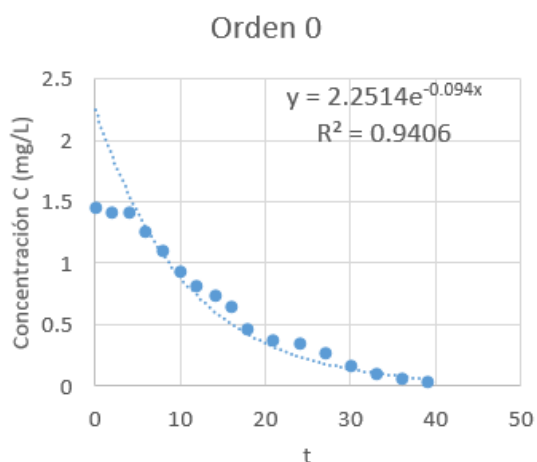


Figura 63. Determinación de K_b

De la gráfica 58 se establece que el coeficiente de desintegración de masa K_b es igual a 0.094 l/día, el mismo que tiene un coeficiente de regresión para la curva exponencial ($R^2=0.94$) que representa una correlación de 94%.

La constante K_w es muy difícil de determinar por lo que mediante interacción y calibración del sistema se obtuvo el coeficiente $K_w= 0.037$

A continuación, se define las opciones de reacción que se producen en el análisis de calidad de agua como se presenta en la ventana siguiente

Propiedad	Valor
Orden Reacción Flujo	1
Orden Reacción Pared	Primer
Coef. Global Flujo	-0.094
Coef. Global Pared	-0.037
Concentración Límite	0
Coef. Correlación Pared	0

Figura 64. Opciones de Reacción

6.13. Resultados de la simulación de calidad de agua

En la Figura 65 se representa la concentración de cloro en 3 puntos lejanos de la red de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba donde se muestra que el cloro se estabiliza a partir de las 24 horas de simulación; ya que a partir de esta hora en adelante las concentraciones de cloro se mantienen entre un rango de 0.73 mg/l y 0.91 mg/l. Antes de las 24 horas el cloro solo produce incrementos en las concentraciones.

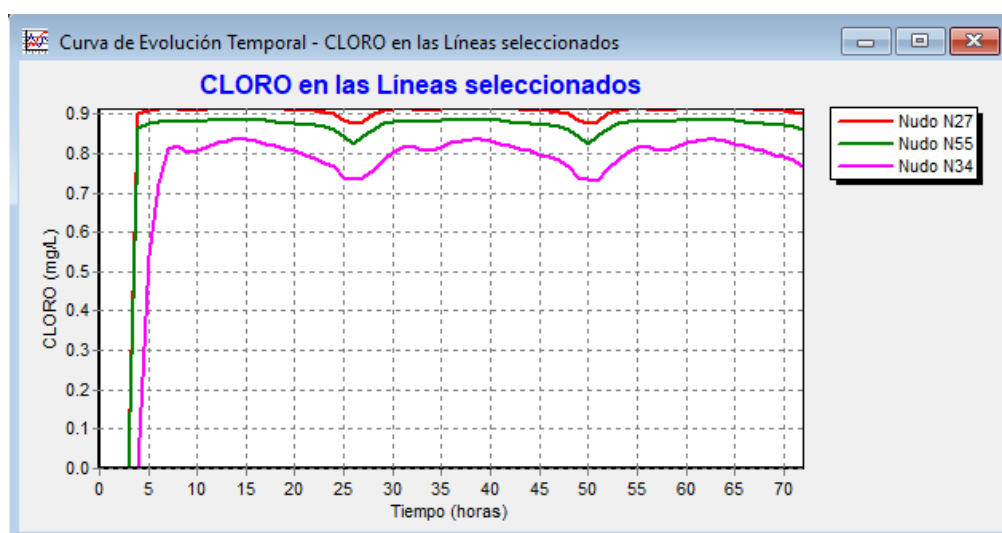


Figura 65. Determinación del tiempo de estabilización del cloro en la red

Los resultados utilizando coeficientes de reacción $K_b = -0.094$ y $K_w = -0.037$ a la hora de máximo consumo (14H00) se presenta en la figura 66, donde también se visualiza la distribución del cloro (mg/l) en toda la red del Sistema Inchalillo.

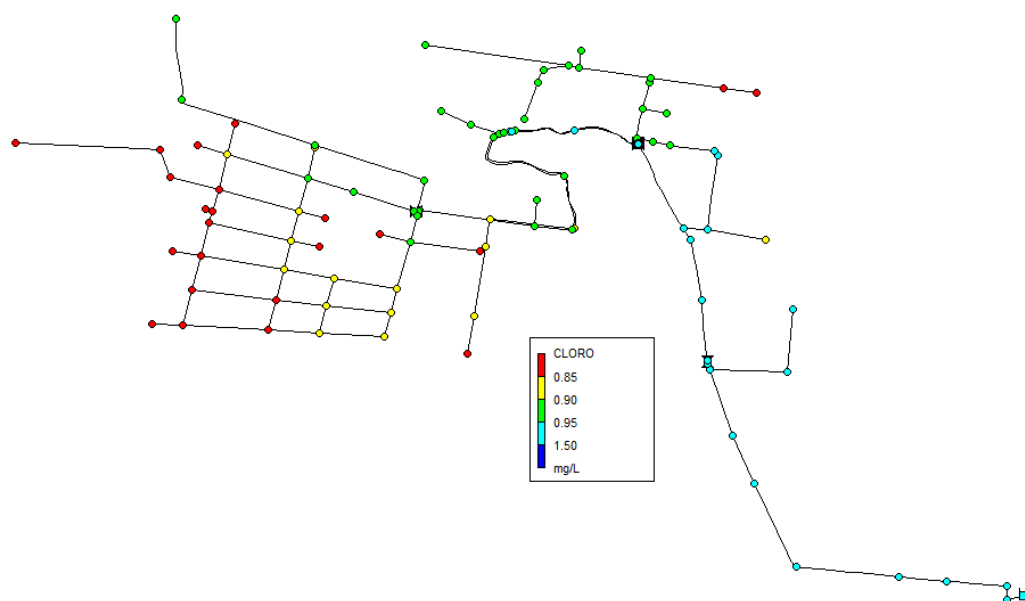


Figura 66. Concentración de cloro (mg/l) a las 2:00 pm.

De las mediciones in situ del cloro residual realizados por el Laboratorio de Ensayo ALS en el mes de Julio 2017 se concluye que cumplen la normativa NTE INEN 1108, 2014. (Ver Anexo 13 y 14)

Tabla 27.
Mediciones de cloro residual (mg/l)

Número de muestra	Punto de muestreo	Cloro residual (mg/L)
1	Tanque El Chaupi	0.87
2	Garita del guardia Urb. Bohíos de Jatumpamba	0.83

En la figura 67 se presenta la comparación entre los valores de cloro obtenidos en campo y los calculados por la simulación del modelo. Las diferencias son mínimas teniendo variaciones de 0.13 y 0.02, concluyendo que el modelo está calibrado.

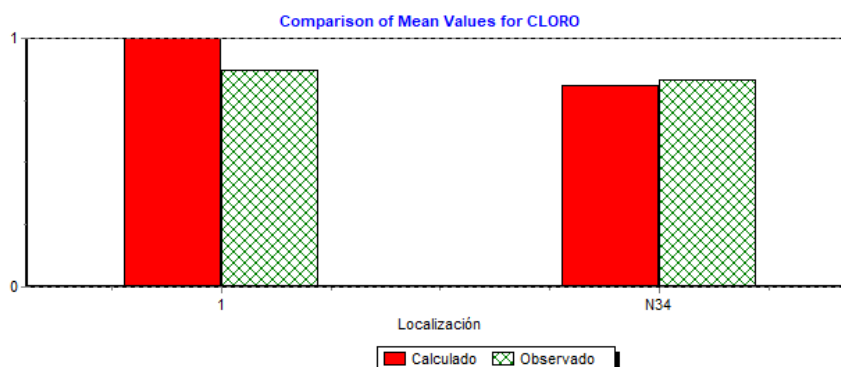


Figura 67. Calibración de la simulación cloro residual

Del análisis de calidad de agua y de los resultados obtenidos de las muestras bajo la normativa respectiva se resume:

- De los análisis físico, químico y biológico, se determinó que tanto las muestras del tanque El Chaupi como de las dos muestras dentro de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba si cumplen con las normas de Calidad Vigente (TULAS e INEN 1108).
- El potencial de hidrógeno (pH) presenta en dos muestras valores bajo 7, cumpliendo con el rango permisible entre 6.5 y 9.5, sin embargo, la tercera muestra en la entrada de la Urb. Bohíos de Jatumpamba presenta valores de 6.44 que puede ser un valor que tuvo alteración al no poder ser realizado in situ sino fue realizado en las instalaciones de la ESPE.
- La conductividad eléctrica es uno de los parámetros en los que no tiene límites permisibles en la norma (NTE INEN, 1108) vigente en el Ecuador, pero es aconsejable que este se mantenga bajo 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor que cumple las tres muestras analizadas.
- El color se encuentra por debajo de los valores permisibles, en consecuencia, no objeta ningún problema en estética para el consumidor.
- La protección contra agentes contaminantes ya sean personas o animales dentro del tanque el Chaupi como en las redes de

distribución permiten obtener valores bajos y dentro de los admisibles en parámetros de Turbiedad.

- Las muestras también cumplen con los parámetros que debe existir con respecto a los Nitratos y Nitritos porque al tener como constituyente el Nitrógeno se debe considerar que en concentraciones mayores a los 10 mg/L es muy peligroso en bebés lactantes y madres embarazadas. Su ingesta puede causar Metahemoglobinemia o Síndrome del Bebé Azul.
- Es ausente microorganismos en el agua potable siendo estos aptos para uso público como se presenta en los resultados de coliformes totales y fecales.
- En base al Informe técnico elaborado por el Centro de Investigación y Control Ambiental en el mes de agosto 2017 se concluye que la dosificación del cloro debe ser 1.90 mg/l para que la concentración del cloro residual se encuentre en los límites exigidos por la norma NTE INEN 1108 (0.3mg/l – 1.5mg/l) (Ver Anexo 15)

CAPÍTULO 7

ALTERNATIVAS RED AGUA POTABLE

7.1. Introducción

Después del diagnóstico técnico de la red existente de agua potable y en conjunto con la DAPAC-R se ha determinado dos alternativas a plantear para el cambio de tubería existente de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba al cumplir ya su periodo de vida útil y al representar un costo considerable de mantenimiento por rupturas de tuberías en asbesto cemento. Dichas alternativas deben estar respaldadas en un balance hídrico hasta el periodo de diseño, constituirse social y económicamente viables siempre en contribución al mejoramiento de los servicios y la salud de los habitantes.

Para el planteamiento de alternativas se ha considerado las siguientes premisas:

- Cambio de los diferentes componentes que ya cumplieron el límite de vida útil sean éstos tuberías, estructuras de concreto, obras civiles, dispositivos de medición y control, etc.
- La alternativa definitiva para dar solución al abastecimiento de agua a la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, será analizada teniendo en cuenta los siete sistemas que también son abastecidos por las líneas de transmisión que viene del tanque el Chaupi.
- El tanque del Chaupi fue construido en el año 1990, el mismo que se mantiene en funcionamiento sin presentar ninguna falla física en la estructura.
- Del tanque Chaupi salen dos líneas de transmisión que tienen solo 10 años de estar instaladas. La primera línea que sale de la cámara 1 del tanque Chaupi dirige el agua hacia el sector de estudio Bohíos de Jatumpamba, esta línea es de 250mm de diámetro y material PVC. La segunda línea de la cámara 2 del Tanque Chaupi dirige el

agua hacia el sector de Inchalillo Bajo, toda la línea tiene un diámetro de 250mm y de material PVC.

- Las alternativas deben considerar 15 m.c.a la presión mínima de servicio en las redes de distribución con la excepción en zonas donde las condiciones topográficas sean mínimas y se pueda considerar la presión de 10 m.c.a.

7.2. Alternativa 1

En la alternativa 1 se plantea básicamente la incorporación de un nuevo tanque de 2000m³ para abastecer a los seis sistemas como se puede observar en la figura 68. Los sistemas podrán distribuir el agua de los tanques en funcionamiento a través de una sola línea de transmisión de diámetro 315mm de PVC.

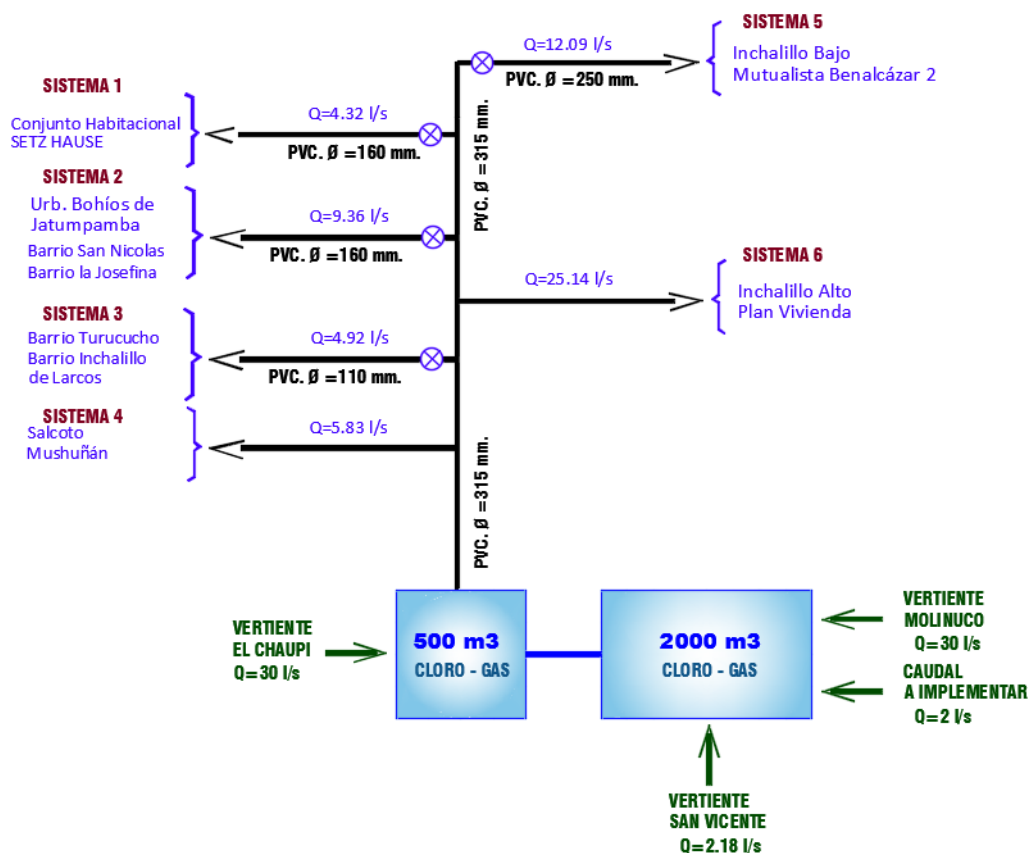


Figura 68. Diagrama de distribución de Agua – Alternativa 1 (2042)

La incorporación del caudal para abastecer la demanda de la propuesta 1 está conformada por tres etapas, la primera etapa comprendida entre los años 2017- 2023 el sistema trabaja con las dos fuentes existentes: Chaupi (30 l/s) y Molinuco (20/s), posteriormente hasta el año 2034 se continua trabajando con las dos fuentes a su mayor capacidad Chaupi (30 l/s) y Molinuco (30/s) y para los últimos años hasta el periodo de diseño año 2042 se incorpora un caudal de 4.18 l/s.

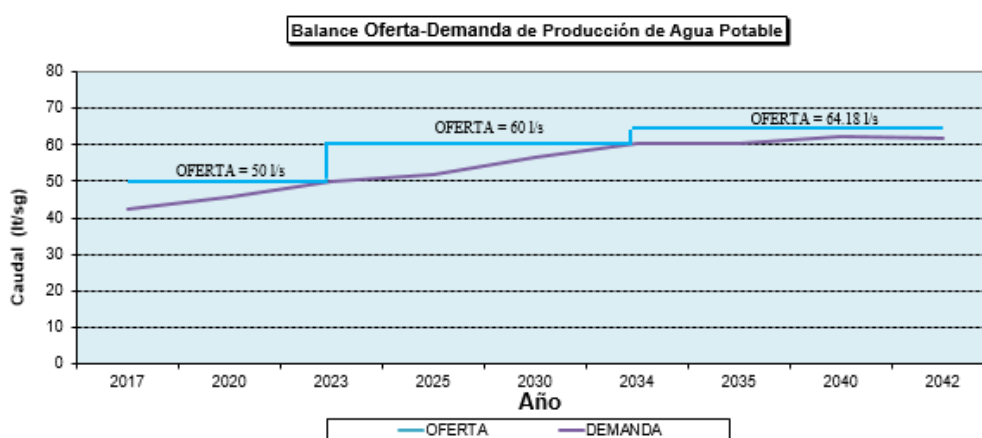


Figura 69. Balance Oferta – Demanda – Alternativa 1 (2042)

A continuación, se presenta los diferentes trabajos a realizarse para el desarrollo de esta propuesta.

Tabla 28.

Trabajos para el desarrollo de la Alternativa 1 (2042)

Sistemas	Componente	Trabajos a realizarse
Tanques de Reserva		
Inchalillo	Chaupi	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de planes de desinfección - Incorporación de un tanque de 2000m3 debido a que la estructura actual no cubre la demanda para todos los siete sistemas - Construcción de una cámara de válvulas
Líneas de transmisión		
Todos	Todas	<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de válvulas de desagüe y aire - Mejoramiento obras civiles

Sistemas	Componente	Trabajos a realizarse
Línea 1	Inchalillo Bajo	- Construcción de una nueva línea de transmisión de diámetro 315mm
Redes principales		
Todas	Todas	- Poner en marcha el programa de agua no contabilizada - Cambio de material de Asbesto Cemento a PVC - Cambio de tuberías que no cumplen con un diseño adecuado (cambio de diámetros de tuberías de menores a mayores) - Revisar diseño por problemas de presiones altas
Urb. Bohíos de Jatumpamba		- Cambio de material de tubería a PVC
Sistema 5 – Inchalillo Bajo		- Cambio de tubería
Sistema 6 – Inchalillo Alto		- Cambio de tubería

7.2.1. Población

De acuerdo con los datos del último censo realizado (VII censo del 2010), se realizó las proyecciones poblacionales hasta el año 2042, donde el índice poblacional se basó en el informe Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para el Cantón Rumiñahui de la Consultora INGECONSULT. En la siguiente tabla se muestra las proyecciones poblacionales.

Tabla 29.
Población – Alternativa 1

Año	Tasa Anual (%)	Población (habitantes)
2017	3.57	12735
2020	3.45	13988
2025	3.26	16121
2030	3.06	18206
2035	2.87	20213
2040	2.69	22090
2042	2.60	22651

7.2.2. Proyección de Oferta y Demanda

Para el diseño de esta propuesta se analizó la proyección de la población, la cobertura de servicio, la dotación, caudales de diseño comparados para la oferta de las fuentes propuestas a futuro. Las tablas siguientes explican el comportamiento de los parámetros oferta y demanda cada 5 años hasta cumplir el periodo de diseño establecido.

Tabla 30.
Propuesta de Oferta Futura – Alternativa 1

ID	FUENTE	CAUDAL (lit/seg)	CONDUCCIÓN	SISTEMA
Ch	Vertiente El Chaupi	30.00	Gravedad	Sistema Mushuñán
Mo	Vertiente Molinuco	30.00	Gravedad	Sistema Mushuñán
San	Vertiente San Vicente	2.18	Gravedad	Sistema Mushuñán
Ca	Caudal a implementar	2.00	Gravedad	

Tabla 31.
Proyección Oferta y Demanda -Alternativa 1

Año	Población	DEMANDA						OFERTA					BALANCE OFERTA-DEMANDA	
		Dotación	ANC	COBERTURA DE SERVICIO	POBLACIÓN SERVIDA	DOTACIÓN BRUTA	DEMANDA	Vertiente el Chaupi	SIN PROYECTO	Vertiente Molinuco	Vertiente San Vicente	CAUDAL A IMPLEMENTAR		CON PROYECTO
2017	12735	220	44	90.62	11540	317	42.34	30	30	20			50	8
2018	13160	219	43	90.62	11926	314	43.34	30	30	20			50	7
2019	13589	219	43	90.62	12314	314	44.75	30	30	20			50	5
2020	13988	218	42	91	12729	310	45.67	30	30	20			50	4
2021	14456	218	42	91	13155	310	47.20	30	30	20			50	3
2022	14894	217	41	91	13554	306	48.00	30	30	20			50	2
2023	15333	217	41	92	14106	306	49.96	30	30	20			50	0
2024	15773	216	40	92	14511	303	50.89	30	30	30			60	9
2025	16121	215	39	93	14993	299	51.89	30	30	30			60	8
2026	16653	214	38	93	15487	296	53.06	30	30	30			60	7
2027	17093	213	37	93	15896	292	53.72	30	30	30			60	6
2028	17530	212	36	94	16478	289	55.12	30	30	30			60	5
2029	17965	211	35	94	16887	285	55.70	30	30	30			60	4
2030	18206	210	34	95	17296	282	56.45	30	30	30			60	4
2031	18826	210	33	95	17885	280	57.96	30	30	30			60	2
2032	19249	209	32	95	18287	276	58.42	30	30	30			60	2
2033	19667	209	31	95	18684	274	59.25	30	30	30			60	1
2034	20079	208	30	96	19276	271	60.46	30	30	30			60	0
2035	20213	207	29	96	19404	268	60.19	30	30	30	2.18	2	64	4
2036	20882	206	28	96	20047	264	61.25	30	30	30	2.18	2	64	3
2037	21271	205	27	96	20420	261	61.69	30	30	30	2.18	2	64	2
2038	21651	204	26	96	20785	258	62.07	30	30	30	2.18	2	64	2
2039	22020	204	25	97	21359	255	63.04	30	30	30	2.18	2	64	1
2040	22090	203	24	97	21427	252	62.50	30	30	30	2.18	2	64	2
2041	22829	202	23	97	22144	249	63.82	30	30	30	2.18	2	64	0
2042	22651	200	20	98	22198	240	61.66	30	30	30	2.18	2	64	3

7.2.3. Diseño - Alternativa 1

Dentro de esta alternativa se aborda tres sectores de relevancia, Inchalillo Alto, Inchalillo Bajo y la Urbanización Bohíos de Jatumpamba que son zonas que, en trabajo conjunto con la DAPAC, se propone un nuevo rediseño debido a la antigüedad de los sistemas, tipo de material y problemas de presiones bajas. Este rediseño se trabajará paulatinamente en la primera etapa de la alternativa 1.

Como resultado del rediseño de los tres sectores y la incorporación de una nueva línea de transmisión se obtuvo presiones entre 15 m.c.a y 60 m.c.a como se puede observar a continuación

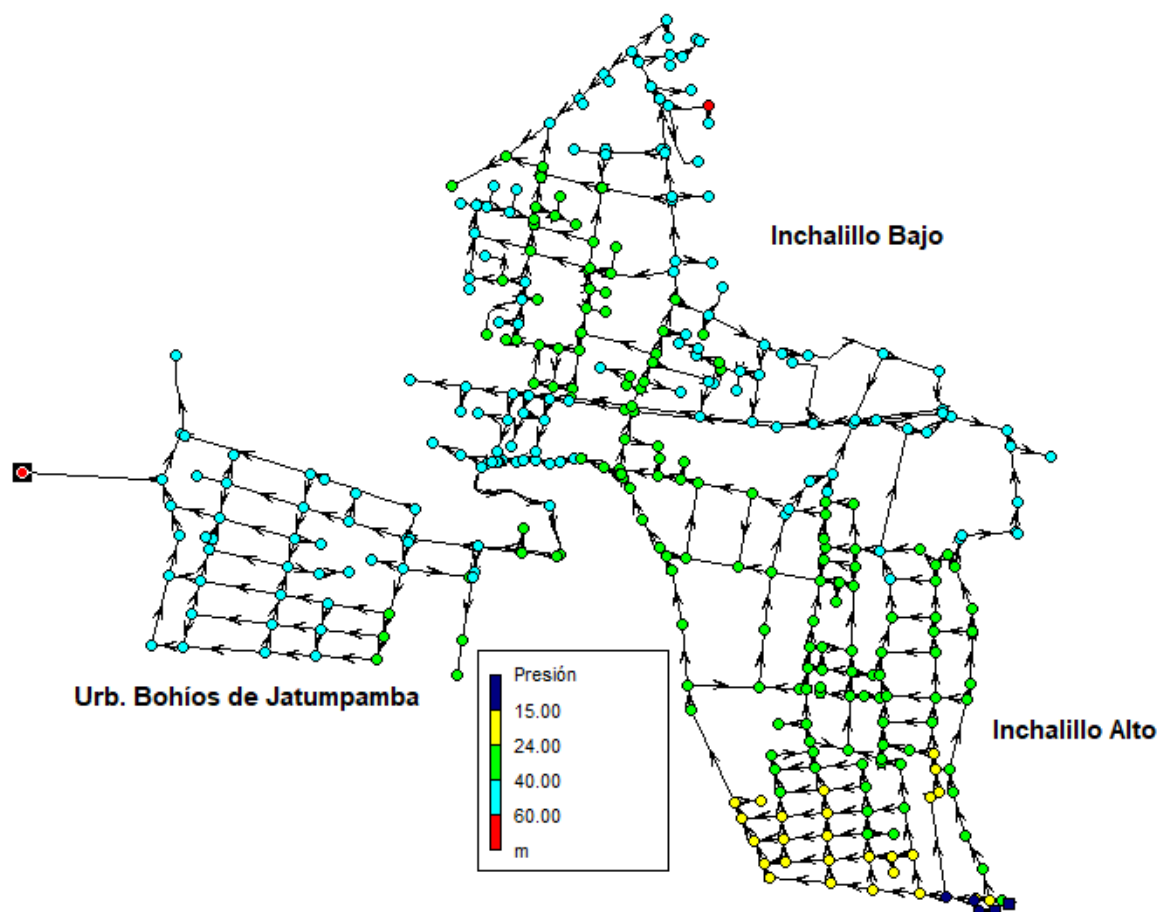


Figura 70. Presiones en los nodos – Periodo estático – Alternativa 1

7.2.4. Presupuesto

La estimación del valor de la alternativa 1 interviene cantidades de obra y precios referenciales de la Dirección de costos de la DAPAC de los rubros más representativos.

El presupuesto fue elaborado para cada etapa en la cual fue dividida la alternativa como se puede observar a continuación en la tabla 32 resumen del presupuesto. Para mayor información del presupuesto referencial Alternativa 1 se recomienda revisar en la sección de Presupuestos Agua Potable Alternativa 1.

Tabla 32.

Tabla Resumen – Presupuesto referencial Alternativa 1

Descripción	Etapa 1	Etapa 2
Línea de transmisión	318,160.55	
Red de distribución Inchalillo alto	444,368.63	
Red de distribución Inchalillo bajo	407,178.08	
Red de distribución Urb. Bohíos de Jatumpamba	167,541.88	
Tanque de reserva 2000m3		254,926.23
	1,337,249.14	254926.2284
PRESUPUESTO MAS IVA		1,783,236.41

7.2.5. Almacenamiento

Se calcula el volumen requerido para satisfacer a todos los sistemas planteados en la alternativa 1 en base a la normativa planteada en el capítulo 3. En la tabla siguiente se muestra los volúmenes requeridos para el almacenamiento de agua.

Tabla 33.
Volumen de reserva requerido - Alternativa 1

Año	Población servida (hab)	Qm (l/seg)	Volumen de Regulación (m3)	Volumen Incendios (m3)	Volumen de Emergencia (m3)	Volumen Total (m3)
2017	12735	42.48	917.51	178.43	229.38	1325.32
2020	13988	45.67	986.53	187.00	246.63	1420.16
2025	16121	51.88	1120.64	200.75	280.16	1601.56
2030	18206	56.85	1227.98	213.34	306.99	1748.31
2035	20213	60.64	1309.78	449.59	327.44	2086.81
2040	22090	62.99	1360.58	470.00	340.15	2170.73
2042	22651	61.66	1331.94	475.93	332.99	2140.86

El Sistema Inchalillo actual cuenta con un tanque de almacenamiento de 500m³, mismo que al realizar la tabla para el cálculo de volumen requerido para el año 2042 se considera insuficiente. De esta forma se plantea la construcción de un nuevo tanque de 2000m³ de capacidad que permitan satisfacer este requerimiento. Se recomienda ver el Anexo 16 y Anexo 17 donde se detalla el balance de oferta-demanda y el cálculo del volumen del tanque.

7.3. Alternativa 2

Para abastecer la demanda futura en el año 2042, la alternativa 2 planifica la incorporación de un nuevo tanque de 1000m³ para abastecer a los cinco sistemas como se puede observar en la figura 71 entre ellos el proyecto de estudio la Urbanización Bohíos de Jatumpamba. El sexto sistema que corresponde a Inchalillo Alto y el Plan Vivienda ya no es considerado dentro de esta alternativa ya que será un sistema totalmente independiente, el mismo que tendrá su propia línea de transmisión y estará conectado directamente con el tanque de Mushuñán.

A continuación, se presenta un esquema de la distribución de agua potable en función de la oferta y la demanda para el periodo de diseño en el año 2042

y posteriormente se determina los diferentes trabajos a realizarse para el desarrollo de esta propuesta.

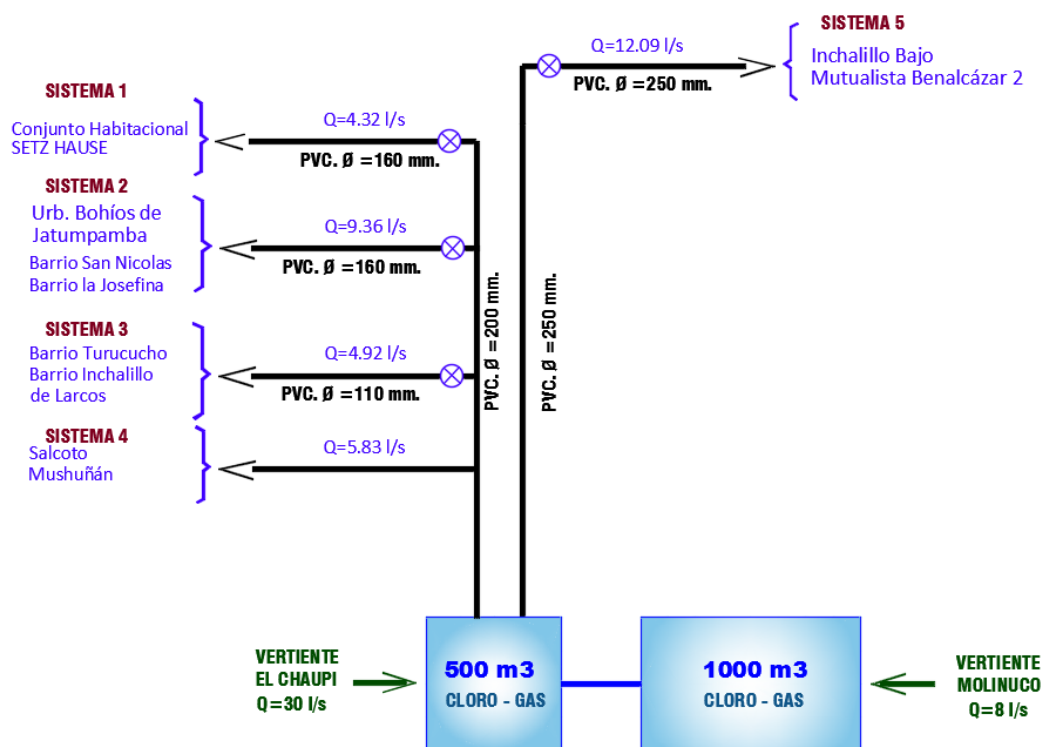


Figura 71. Diagrama de distribución de Agua – Alternativa 2 (2042)

Como los sistemas 1, 2, 3, 4 pertenece a una sola línea de transmisión y es la misma que distribuye agua hacia la Urbanización Bohíos de Jatumpamba será el tema abordar y planificar para que exista una buena gestión del recurso hídrico. En la tabla siguiente se presenta la propuesta de diseño para la propuesta 2.

Los caudales incorporados para abastecer la demanda de la propuesta 2 está conformada por tres etapas, la primera comprendida entre los años 2017 - 2024 el sistema trabaja con una fuente existente: Chaupi (30 l/s), posteriormente hasta el año 2032 se incorpora la Vertiente en Molinuco con un caudal de 5 l/s y para los últimos años hasta el periodo de diseño año 2042 se incorpora un caudal de 8 l/s de la misma Vertiente el Molinuco, siempre manejando una buena gestión del recurso hídrico.

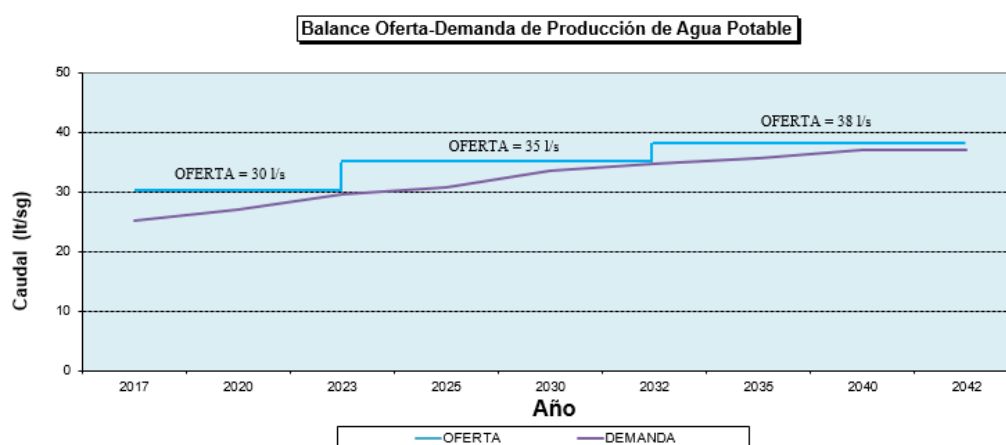


Figura 72. Balance Oferta – Demanda – Alternativa 2 (2042)

Tabla 34.

Trabajos para el desarrollo de la Alternativa (2042)

Sistemas	Componente	Trabajos a realizarse
Tanques de Reserva		
Inchalillo	Chaupi	<ul style="list-style-type: none"> - Implantación de macro-medidores en la salida del tanque - Mejoramiento obras civiles, impermeabilización del tanque y reforzamiento del techo del tanque Chaupi de 500m3 - Construcción de tanque de 1000m3 debido a que la estructura actual no cubre la demanda para los seis sistemas - Realización de planes de cloración - Construcción de cámara de válvulas
Líneas de transmisión		
	Línea de transmisión 250 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Independizar el sistema Inchalillo Alto de la línea de transmisión - Cambio de línea de transmisión año 2037
Redes principales		
Todas	Todas	<ul style="list-style-type: none"> - Poner en marcha el programa de agua no contabilizada - Cambio de material de Asbesto Cemento a PVC - Cambio de tuberías que no cumplen con un diseño adecuado (cambio de diámetros de tuberías de menores a mayores) - Revisar diseño por problemas de presiones altas
	Urbanización Bohíos de Jatumpamba	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar el material de AC a PVC

7.3.1. Población

Con el mismo procedimiento de cálculo que se utilizó en la alternativa 1 se determina la población hasta el año 2042, donde el índice poblacional se basó en el informe Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para el Cantón Rumiñahui de la Consultora INGECONSULT. En la siguiente tabla se muestra las proyecciones poblacionales.

Tabla 35.
Población – Alternativa 2

Año	Tasa anual (%)	Población (habitantes)
2017	3.57	7544
2020	3.45	8287
2025	3.26	9550
2030	3.06	10785
2035	2.87	11974
2040	2.69	13085
2042	2.60	13417

7.3.2. Proyección de Oferta y Demanda

Para el diseño de esta propuesta se analizó la proyección de la población, la cobertura de servicio, la dotación, caudales de diseño comparados para la oferta de las fuentes propuestas a futuro. Las tablas siguientes explican el comportamiento de los parámetros oferta y demanda. Para más detalle ver Anexo 18 y Anexo 19.

Tabla 36.
Propuesta de Oferta Futura – Alternativa 2

ID	FUENTE	CAUDAL (lit/seg)	CONDUCCIÓN	SISTEMA
Ch	Vertiente El Chaupi	30.00	Gravedad	Sistema Mushuñán
Mo	Vertiente Molinuco	8.00	Gravedad	Sistema Mushuñán

Tabla 37.
Proyección Oferta y Demanda – Alternativa 2

Año	Población	DEMANDA						OFERTA				BALANCE OFERTA- DEMANDA
		Dotación	ANC	COBERTURA DE SERVICIO	POBLACIÓN SERVIDA	DOTACIÓN BRUTA	DEMANDA	Vertiente el Chaupi	SIN PROYECTO	Vertiente Molinuco	CON PPROYECTO	
2017	7544	220	44	90.62	6836	317	25.08	30	30		30	5
2018	7795	219	43	90.62	7064	314	25.67	30	30		30	4
2019	8049	219	43	90.62	7294	314	26.51	30	30		30	3
2020	8287	218	42	91	7541	310	27.06	30	30		30	3
2021	8563	218	42	91	7792	310	27.96	30	30		30	2
2022	8822	217	41	91	8028	306	28.43	30	30		30	2
2023	9082	217	41	92	8355	306	29.59	30	30		30	0
2024	9343	216	40	92	8596	303	30.15	30	30		30	0
2025	9550	215	39	93	8882	299	30.74	30	30	5	35	4
2026	9864	214	38	93	9174	296	31.43	30	30	5	35	4
2027	10125	213	37	93	9416	292	31.82	30	30	5	35	3
2028	10384	212	36	94	9761	289	32.65	30	30	5	35	2
2029	10642	211	35	94	10003	285	33.00	30	30	5	35	2
2030	10785	210	34	95	10246	282	33.44	30	30	5	35	2
2031	11151	210	33	95	10593	280	34.33	30	30	5	35	1
2032	11402	209	32	95	10832	276	34.60	30	30	5	35	0
2033	11650	209	31	95	11068	274	35.10	30	30	8	38	3
2034	11894	208	30	96	11418	271	35.81	30	30	8	38	2
2035	11974	207	29	96	11495	268	35.66	30	30	8	38	2
2036	12369	206	28	96	11874	264	36.28	30	30	8	38	2
2037	12600	205	27	96	12096	261	36.54	30	30	8	38	1
2038	12824	204	26	96	12311	258	36.76	30	30	8	38	1
2039	13044	204	25	97	12653	255	37.34	30	30	8	38	1
2040	13085	203	24	97	12692	252	37.02	30	30	8	38	1
2041	13522	202	23	97	13116	249	37.80	30	30	8	38	0
2042	13417	200	20	98	13149	240	36.53	30	30	8	38	1

7.3.3. Diseño Alternativa 2

En la alternativa 2 se aborda dos sectores de relevancia, Inchalillo Bajo y la Urbanización Bohíos de Jatumpamba que son zonas que, en trabajo conjunto con la DAPAC, se propone un nuevo rediseño debido a la antigüedad de los sistemas, tipo de material y problemas de presiones bajas. Este rediseño se trabajará paulatinamente en la primera etapa de la alternativa 2.

Como resultado del rediseño de los dos sectores y la incorporación de dos líneas de transmisión que separen los sistemas de Inchalillo Bajo y la Urb. Bohíos de Jatumpamba. Como resultados del modelamiento hidráulico se obtuvo presiones entre 15 m.c.a y 60 m.c.a como se puede observar a continuación

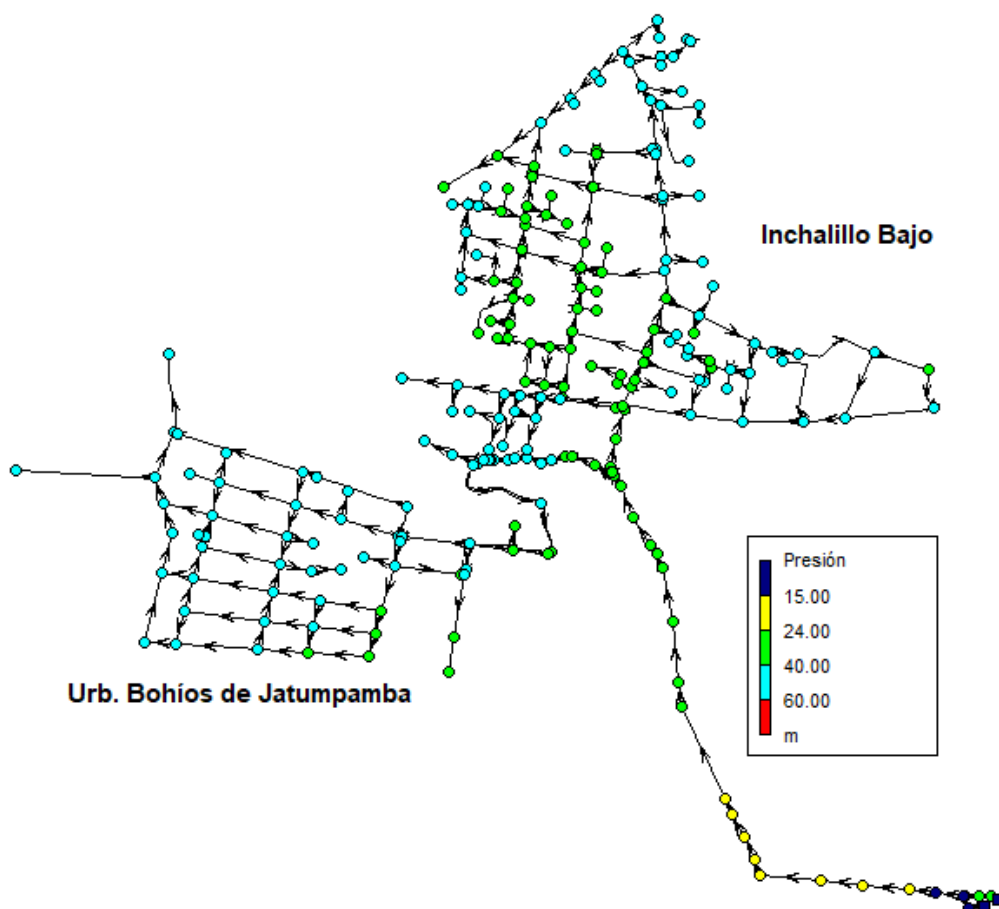


Figura 73. Presiones en los nodos – Periodo estático – Alternativa 2

7.3.4. Línea de transmisión

Actualmente está en funcionamiento una línea de transmisión de 1736 m de material PVC de 1.25 Mpa de presión de trabajo, que inicia en el tanque El Chaupi (Cota= 2603.5) hasta la intersección con la Av. General Rumiñahui (Cota = 2548.71). Esta línea es la encargada de abastecer el agua hacia la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, tiene 10 años de instalación por lo que dentro de la primera etapa se mantendrá la línea existente, después de cumplir su periodo de vida año 2037 se plantea el cambio de tubería.

La línea de transmisión existente está conformada por dos diámetros; el primero con un diámetro de 250mm de PVC desde la abscisa 0+000 m hasta la abscisa 1+736 m como se presenta en la figura a continuación

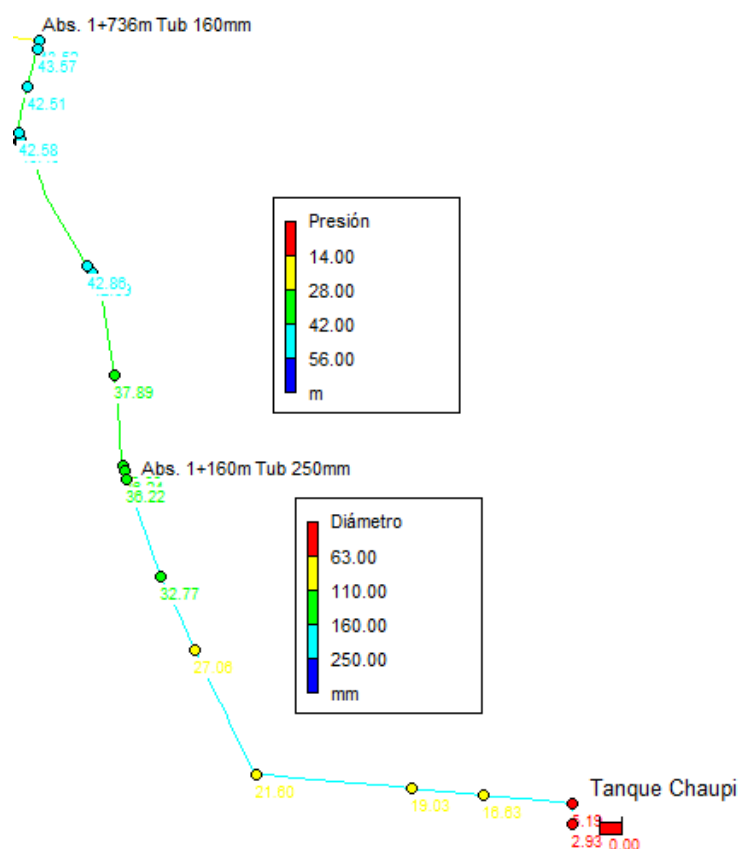


Figura 74. Línea de transmisión primera etapa

Posteriormente en el año 2037, la línea de transmisión ya cumple su periodo de vida de 30 años por lo que se considera una nueva línea de diámetro 200mm PVC que se conecte directamente al tanque nuevo de

1000m³ y conserve el diámetro hasta la Avenida General Rumiñahui abscisa 1+736 m como se presenta en la figura a continuación

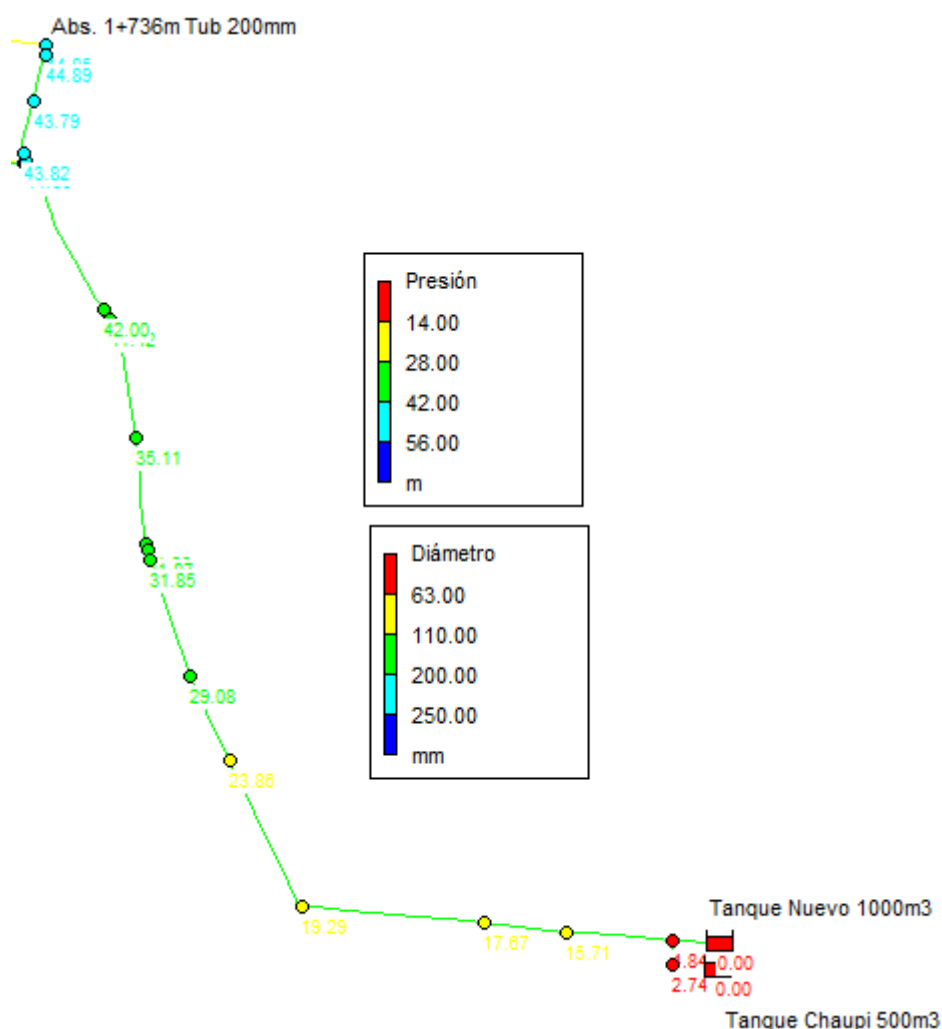


Figura 75. Línea de transmisión primera etapa

7.3.5. Cálculo de válvulas

Para el correcto funcionamiento de la línea de transmisión dependerá en gran parte, de la elección de las válvulas y de su correcta ubicación. Las válvulas son consideradas estructuras complementarias de una conducción a presión. Su instalación considera que, de ser necesario, el sistema sea detenido el menor tiempo posible o, que al cerrar una parte de él, no se altere la conducción.

7.3.5.1. Válvulas control de caudal

Para realizar el diseño de válvulas se consideró el catálogo de válvulas de control de gasto de la marca VAMEX en donde se realizó los siguientes pasos:

- Determinar la capacidad del flujo en la tubería (caudal de diseño)

$$Q = 15.42 \text{ l/s}$$

- Encontrar el tamaño de la válvula en función del caudal con ayuda de la siguiente figura obtenida del catálogo anteriormente mencionado.

FLUJO MÁXIMO * CONTINUO EN LPS	9	14	20	36	82	145	225	325	400	520	690	825	1200	1900
DIAMETRO DE LA VÁLVULA	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	30"

Figura 76. Dimensionamiento de válvula en función del caudal

Fuente. Catálogo válvula VAMEX

- Para no considerar la pérdida de carga muy alta el catálogo permite dimensionar más específicamente el tamaño de la válvula a través del siguiente gráfico.

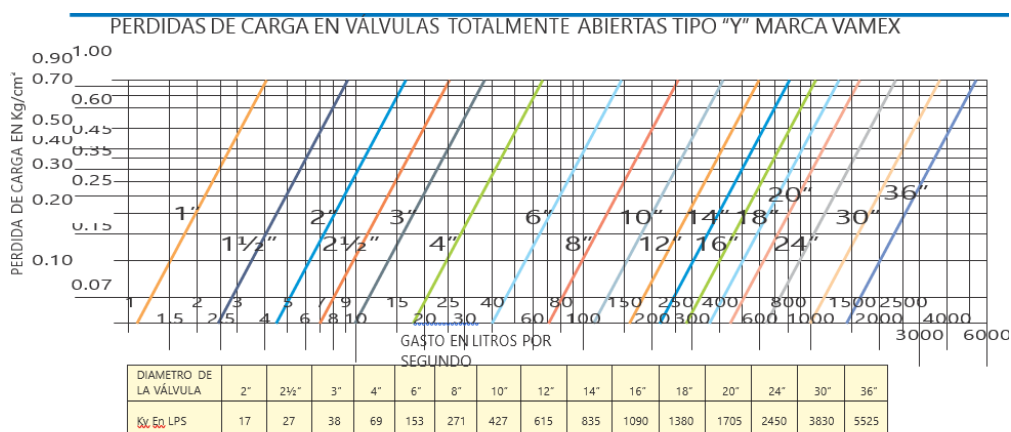


Figura 77. Dimensionamiento de válvula

Fuente. Catálogo válvula VAMEX

$$\text{Pérdida de carga (mca)} = 10$$

$$\text{Pérdida de carga (kg/cm}^2\text{)} = 1$$

Con el dato de pérdidas de carga el diámetro de la válvula corresponde a 2"

- Para evitar la cavitación se instala un plato parabólico y un asiento anticavitación.

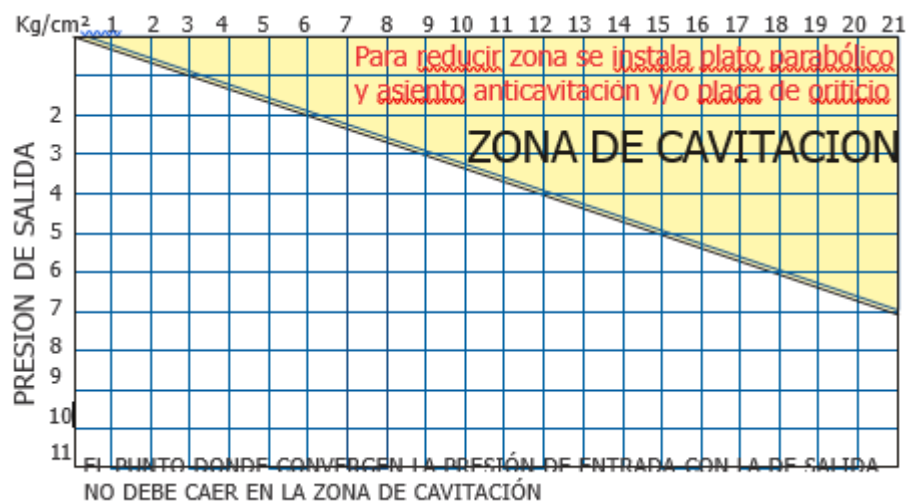


Figura 78. Zona de cavitación

Fuente. Catálogo válvula VAMEX

$$\text{Presión de entrada (kg/cm}^2\text{)} = 4.49$$

$$\text{Presión de salida (kg/cm}^2\text{)} = 2$$

7.3.6. Tubería de distribución Urb. Bohíos de Jatumpamba

Debido a la antigüedad del sistema en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, al tipo de material y constantes fugas de agua. Se realizó un mejor diseño que permita ser más eficiente y satisfaga la demanda futura. Para ello se formó dos circuitos conformados con tuberías de diámetro 110mm y 90mm como se puede observar en la siguiente figura.

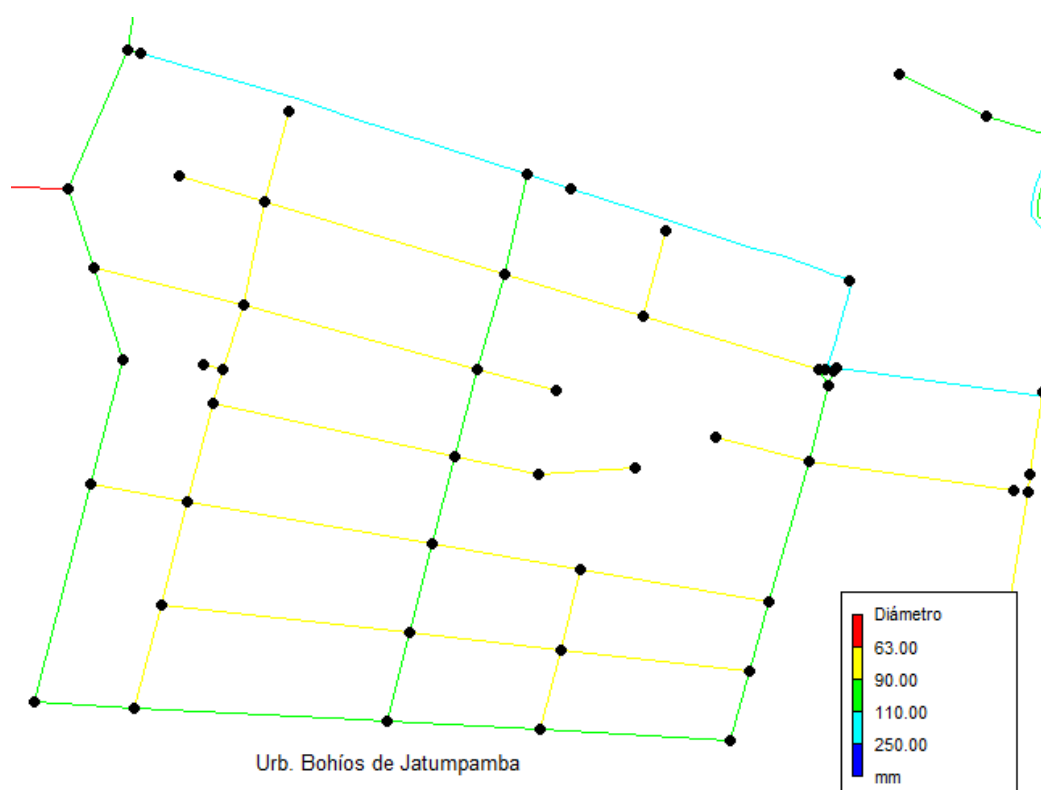


Figura 79. Diámetros de rediseño – Alternativa 2

La alimentación de este sector será mediante una tubería de 160mm PVC a través de la calle A.

7.3.7. Presupuesto

La estimación del valor de la alternativa 2 interviene cantidades de obra y precios referenciales de la Dirección de costos de la DAPAC de los rubros más representativos.

El presupuesto fue elaborado para cada etapa en la cual fue dividida la alternativa como se puede observar en la tabla resumen del presupuesto de la Alternativa 2 que se presenta en la tabla 38. Para mayor información del presupuesto ver en la sección de Presupuestos Agua Potable.

Tabla 38.*Tabla de resumen - Presupuesto referencial Alternativa 2*

Descripción	Etapa 1	Etapa 2
Red de distribución Inchalillo bajo	407,178.08	
Red de distribución urb. Bohíos de Jatumpamba	167,541.88	
Línea de transmisión		318,160.55
Tanque de reserva 1000m3		137,272.10
	574,719.96	455432.6516
Presupuesto		1,030,152.61
IVA=12.0%		123,618.31
Presupuesto más IVA		1,153,770.93

7.3.8. Almacenamiento

Se calcula el volumen requerido para satisfacer a todos los sistemas planteados en la alternativa 2 (figura 71) en base a la normativa planteada en el capítulo 3. En la tabla siguiente se muestra los volúmenes requeridos para el almacenamiento de agua.

Tabla 39.*Volumen de reserva requerido - Alternativa 2*

Año	Población servida (hab)	Qm (l/seg)	Volumen de Regulación (m3)	Volumen Incendios (m3)	Volumen de Emergencia (m3)	Volumen Total (m3)
2017	7544	25.16	543.54	137.33	135.89	816.76
2020	8287	27.06	584.51	143.94	146.13	874.57
2025	9550	30.73	663.85	154.52	165.96	984.33
2030	10785	33.68	727.40	164.20	181.85	1073.45
2035	11974	35.92	775.85	173.02	193.96	1142.82
2040	13085	37.31	805.94	180.87	201.49	1188.29
2042	13596	37.01	799.44	184.36	199.86	1183.66

El Sistema Inchalillo actual cuenta con un tanque de almacenamiento de 500m³, mismo que al realizar la tabla para el cálculo de volumen requerido para el año 2042 se considera insuficiente. De esta forma se plantea la

construcción de un nuevo tanque de 1000m³ de capacidad que permitan satisfacer este requerimiento.

7.4. Evaluación de alternativas

A partir del análisis de las alternativas 1 y 2, para seleccionar la más óptima, se consideró criterios de valoración de la más viable técnica y económicamente. El estándar de efectividad requerido será el mismo para las dos alternativas, de esta manera, todas las propuestas proveerán el recurso hídrico hasta el periodo de diseño, y lo que tendrá variación serán los costos asociados para cumplir el volumen requerido.

Una vez realizada la comparación de alternativas se puede ver que la alternativa 2 es la seleccionada, debido que esta propuesta cumple con todos los requisitos hidráulicos y además es la más económica.

Dentro de la alternativa 2, se considera líneas de transmisión y las redes de distribución que trabajen completamente independientes. La modelación hidráulica realizada en el programa Epanet prevé los cambios y adecuaciones de los sistemas, donde se ha tratado de mantener los elementos existentes en su mayoría, salvo aquellos que ya han cumplido con su vida útil o no cumplen con las condiciones adecuadas de funcionamiento, de esta forma también existe un ahorro significativo.

Además, la alternativa 2 contempla una mejor planificación de control sobre el funcionamiento de las redes y sobre el Agua No Contabilizada (ANC), al colocar macro-medidores en la salida del tanque y también la construcción de una cámara de válvulas.

En la sección de Presupuestos se puede observar el valor asignado para el tanque de 1000m³ y el plano se detalla en la sección de Planos. A su vez, se anexa el estudio de suelo en el sector propuesto como ubicación del nuevo tanque de 1000m³ en colaboración de los tesisistas Carillo Karina y Quimbiamba Edison de la Universidad Central. (Ver Anexo 20)

7.5. Recomendaciones

Para que la alternativa seleccionada a implementar en la zona de estudio sea eficiente y eficaz se ha previsto las siguientes acciones a considerar:

- Reducir el porcentaje de agua no contabilizada que es uno de los problemas más importantes y está presente en el cantón Rumiñahui debido a las altas pérdidas que están alrededor del 44% del volumen de agua producida.
- Sectorizar las zonas que se va abastecer de agua porque permite un mejor control del recurso hídrico, el mismo que se puede obtener mediante la formación de anillos y la ubicación de estructuras de control como válvulas y macro – medidores.
- Mejorar la infraestructura existente a nivel de captaciones y vertientes.

7.6. Diseño red agua potable en Urb. Bohíos de Jatumpamba

Después del análisis técnico y económico del diseño del sistema de agua potable en la urbanización y de varias reuniones de trabajo con la Dirección de Agua Potable de Rumiñahui, se determina que el diseño más eficiente es el que contempla en la alternativa 2.

En este diseño se plantea básicamente el cambio de material de tubería a PVC y la formación de circuitos cerrados con redes de diámetro entre 110mm y 90mm.

A continuación, se presenta el cálculo de los caudales de diseño y los resultados del modelamiento hidráulico.

7.6.1. Proyección de la población

Las proyecciones de población se determinan en base los últimos censos dados que son los más representativos porque consideran aspectos como los posibles desarrollos urbanísticos en el futuro, a corto y medio plazo.

Determinar una estimación de la población es muy importante porque permite conocer el caudal que requiere a futuro, el cual dependerá del periodo de vida útil del proyecto. Para su cálculo existen varios métodos entre ellos está el método Aritmético, Geométrico, Exponencial y de Saturación.

Para estimar la población futura en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba se consideró varios factores como:

Ordenanzas municipales:

La Dirección de Planificación de GADMUR y en función a la ordenanza de ocupación, densidad y uso del suelo determina que el área mínima de lote en la urbanización es 750m² y de uso principal para vivienda. Ver Anexo 21.

Estadísticas INEC:

Según los resultados del VII Censo de Población y VI de Vivienda realizado en el año de 2010 por el INEC se conoce los siguientes datos:

Tabla 40.

Población Urb. Bohíos de Jatumpamba (INEC 2010)

Localidad	Total de personas
Los Bohíos	404

Población de saturación:

Para determinar la población de saturación en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba se estima 4.5 habitantes por cada lote por recomendación de DAPAC. Adicionalmente se realizó el conteo de lotes ocupados dando como dato de 104 lotes con vivienda actualmente.

Si se considera que cada lote puede tener un área mínimo de 750m², según la regulación municipal y que cada vivienda es unifamiliar a futuro tendremos 140 lotes más incorporándose a la urbanización, por lo tanto:

Población Total: Pt

$$P_t = 244 \text{ lotes} * 4.5 \text{ ocupantes}$$

$$P_t = 1098 \text{ habitantes}$$

Como la normativa INEN 1108 exige que para el cálculo de población futura se deba realizar a través de 2 métodos como mínimo, a continuación, se proyecta el crecimiento poblacional mediante los métodos geométrico, exponencial y aritmético. También se considera que la parroquia donde se encuentra el sector de estudio es Sangolquí, la misma que tienen un índice de crecimiento constante de 2.89% anual como se indica en las estadísticas del INEC.

Método Geométrico:

$$P_f = P_i * (1 + r)^t$$

Pf= Población futura
Pi= Población inicial
r= índice de crecimiento
t= Período de diseño en años

Método Exponencial:

$$P_f = P_i * e^{r*t}$$

Pf= Población futura
Pi= Población inicial
r= índice de crecimiento
t= Período de diseño en años

Método Aritmético:

$$P_f = P_i * (1 + r * t)$$

Pf= Población futura
Pi= Población inicial
r= índice de crecimiento
t= Período de diseño en años

7.6.2. Cálculo de las densidades poblacionales

Con el área de las zonas de estudio y determinado la proyección poblacional para el año 2042 se calcula la densidad poblacional a través de la siguiente fórmula:

$$D = P_f / A_s$$

Dónde:

D → Densidad (hab/Ha)

Pf → Población futura (hab)

As → Área del sector (Ha)

Para determinar la proyección poblacional de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba se realizó por cuatro métodos geométrico, exponencial, saturación y aritmético.

En la Tabla 41 y Figura 80 se aprecia la tendencia de crecimiento de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, obsérvese que el método de saturación es el de mayor número de habitantes para la zona de estudio y es el valor con el que se desarrollara este proyecto.

Tabla 41.

Proyección poblacional Urbanización Bohíos de Jatumpamba

Método	2010	2015	2016	2020	2025	2030	2042
Geométrico	404	466	480	538	620	715	1065
Exponencial	404	467	481	540	624	721	1080
Saturación		430					1098
Aritmético	404	463	475	521	580	638	801

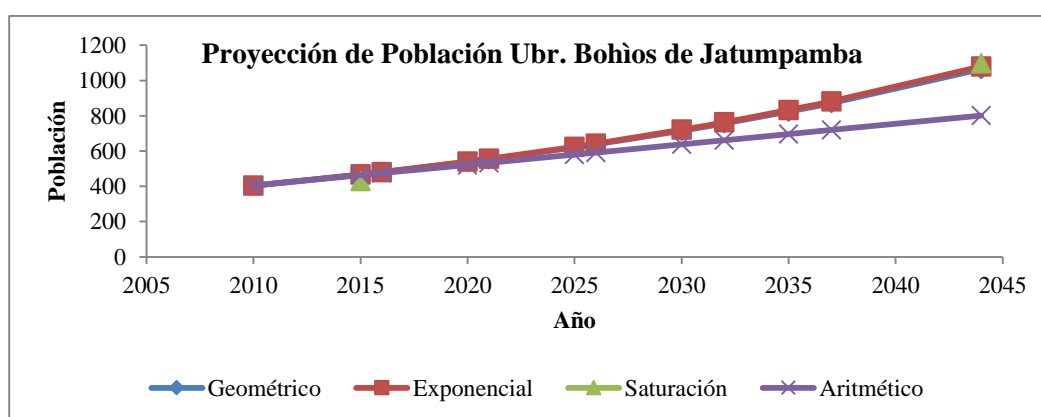


Figura 80. Proyección Poblacional Urbanización Bohíos de Jatumpamba

7.6.3. Determinación de la dotación

Dentro del diagnóstico de la red actual de la urbanización Bohíos de Jatumpamba se llegó a determinar que la dotación es de 226 l/hab*día, sin embargo, este proyecto plantea un control más eficiente del recurso agua donde se prevé la implantación de un macromedidor a nivel del tanque Chaupi, cambio de tuberías de asbesto cemento a PVC y así esperar reducir el porcentaje de agua no contabilizada hasta lograr valores del 20% al final del periodo de diseño (2042).

Tabla 42.

Comparación de dotaciones recomendadas

Norma INEN 1108	Dotación (2016)	Recomendación GADMUR-DAPAC
220-250 l/hab.día	226 l/hab.día	200 l/hab.día

De acuerdo a lo acotado anteriormente, la dotación neta recomendada para llevar a cabo las proyecciones de demanda para el 2042 es de 200 l/hab*día.

La dotación de 200 l/hab/día también fue contemplada en el periodo del ex presidente Rafael Correa en el Acuerdo Ministerial No. 2017-1523, donde se fijó esa cifra como cantidad mínima vital de agua, considerando la posibilidad de cobrar por el excedente de consumo mínimo (Martínez, iagua, 2017).

7.6.4. Cálculo de caudales

El cálculo de los caudales de diseño está en función de las áreas de aportación de los diferentes nodos que existe en las redes de distribución, densidades poblacionales y coeficientes de mayoración.

Caudal medio diario (Qm)

$$Qm = P * Dot / 86400$$

Donde:

Qm → Caudal medio (l/s)

P → Población (hab)

Dot → Dotación (/hab/día)

Caudal máximo diario (QMD)

$$k_{m\grave{a}x\ diario} = 1.3 \text{ a } 1.5$$

En función a las bases de diseño de la DAPAC el valor de $k_{m\grave{a}x\ diario}$ es igual a 1.5, el mismo que se puede observar en el Anexo 5.

Caudal máximo horario (QMH)

$$k_{m\grave{a}x\ horario} = 2 \text{ a } 2.3$$

De acuerdo a las bases de diseño de la DAPAC el valor de $k_{m\grave{a}x\ horario}$ es igual a 2.3, ver Anexo 5.

Caudales de diseño (2042)

Para el diseño de la nueva red de agua potable en la urbanización Bohíos de Jatumpamba se considerarán dos escenarios:

- El modelamiento hidráulico en periodo estático.
- El modelamiento hidráulico en periodo dinámico.

7.6.5. Análisis en periodo estático

Para el análisis en periodo estático se tomaron los caudales obtenidos en el Anexo 22. En la siguiente figura se presenta un esquema de los caudales ingresados como demanda base en los nodos de consumo.

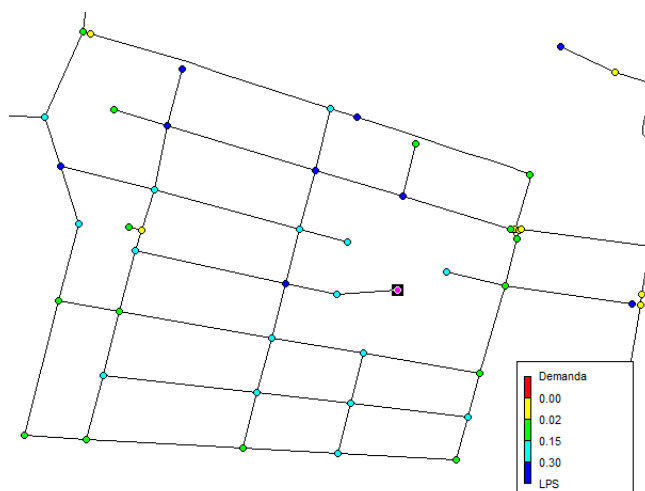


Figura 81. Demanda base QMD

En base al diagnóstico del sistema actual, al tipo de material de tubería se propone una mejora con el fin de satisfacer la demanda futura, a continuación, se presenta los diámetros correspondientes al rediseño de la red. Para ver detalladamente el plano de la red de agua potable se recomienda observar en la sección de Planos Diseño de Agua Potable.

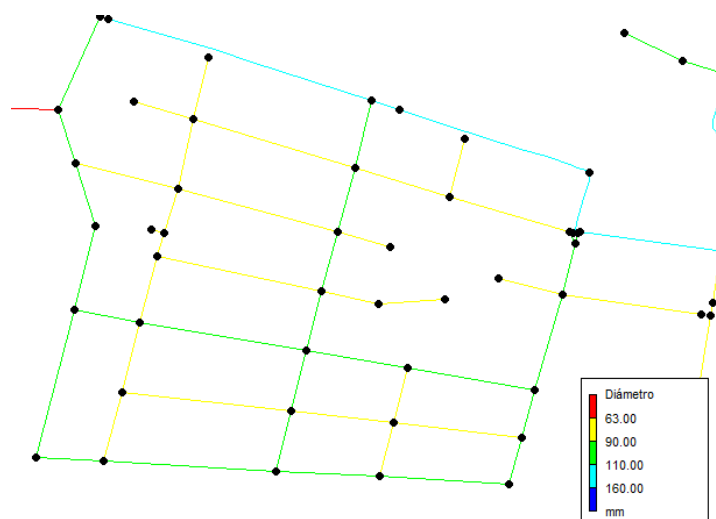


Figura 82. Diámetros rediseño – Urb. Bohíos de Jatumpamba

Al realizar la simulación se obtiene presiones dentro del rango de 53.58 m.c.a y 36.98 m.c.a, los mismos que son aceptable de acuerdo la normativa expresada en la sección 3.6.1 Presiones y velocidades. Para ver las presiones en cada nodo se puede ver en el Anexo 23 de los resultados de Epanet.

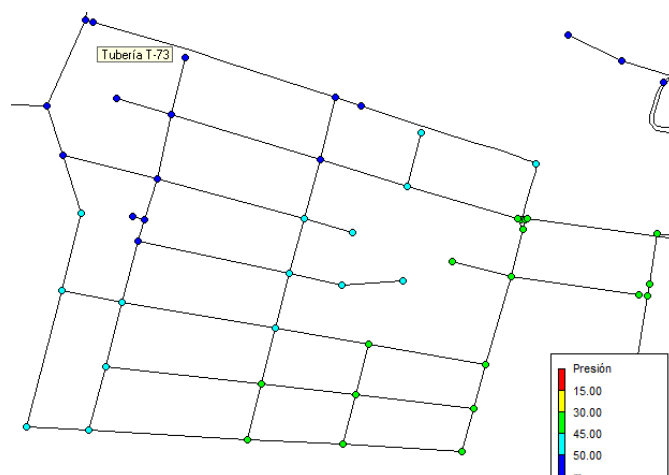


Figura 83. Presiones en los nodos – Periodo estático

Las velocidades en tuberías se mantienen en el rango desde 0.10 m/s hasta 0.87 m/s. La velocidad de todas las tuberías se puede observar en el Anexo 23.

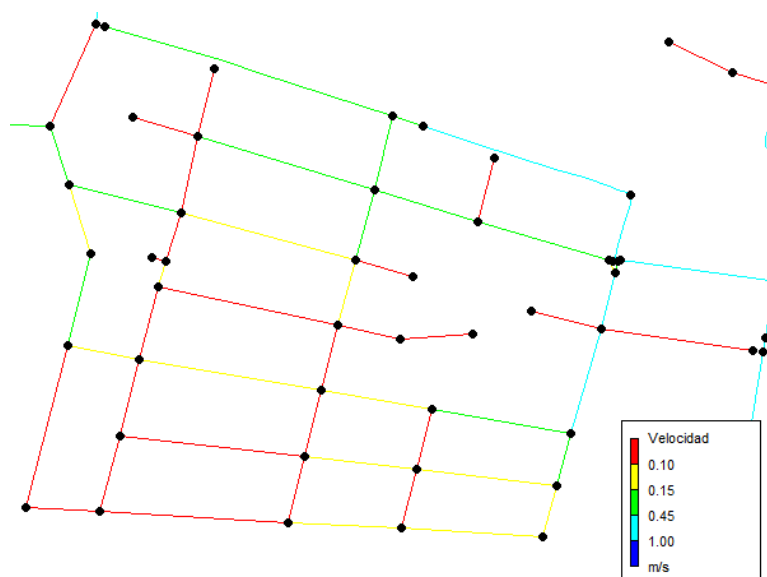


Figura 84. Presiones en los nodos – Periodo estático

7.6.6. Presupuesto

Como se indicó anteriormente en el desarrollo de la Alternativa 2 se contempló un presupuesto referencial, a continuación, se presenta el presupuesto final correspondiente al rediseño de la red de Agua Potable de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba. En la sección de Planos y Presupuestos se presenta más detallado.

Tabla 43.*Presupuesto Rediseño de A. P. – Urb. Bohíos de Jatumpamba*

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
REPLANTEO Y NIVELACION ZANJA (R)	m	5387.00	0.64	3,447.68
CORTE DE ASFALTO (R)	m	1146.00	1.33	1,524.18
ROTURA DE ASFALTO (R)	m2	573.00	10.95	6,274.35
LEVANTADO DE ADOQUIN DE HORMIGON (R)	m2	3202.00	1.16	3,714.32
EXCAVACION DE ZANJA A MAQUINA H = 0.00 @ 2.00 m (R)	m3	6,464.40	2.37	15,320.63
EXCAVACION DE ZANJA A MANO H = 0.00 @ 2.00 m (R)	m3	323.22	8.99	2,905.75
EXCAVACION ZANJA A MANO H=0.00-2.75m (ROCA)	m3	64.64	9.07	586.32
RASANTEO DE ZANJA A MANO (R)	m2	5387.00	1.66	8,942.42
CAMA DE ARENA (R)	m3	269.35	20.62	5,554.00
TUBERIA PVC U/E Ø 63 mm 1.25 MPa (MAT/TRANS/INST) (R)	m	24.00	8.9	213.60
TUBERIA PVC U/E Ø 110 mm 1.25 MPa (MAT/TRANS/INST) (R)	m	5363.00	20.44	109,619.72
TEE ACERO 04X04X04" (MAT/REC/TRANS/INST)	u	1.00	93.84	93.84
TEE ACERO 04X06X06" CEDULA 40 (MAT/REC/TRANS/INST)	u	3.00	118.22	354.66
TEE ACERO 04X04X06" (MAT/REC/TRANS/INST)	u	1.00	112	112.00
TEE ACERO 04X06X08" (MAT/REC/TRANS/INST)	u	1.00	123.29	123.29
TEE PVC U/E Ø 63 mm 1.60 MPa (MAT/TRANS/INST) (R)	u	1.00	31.54	31.54
TEE PVC U/E Ø 110 mm 1.60 MPa (MAT/TRANS/INST) (R)	u	13.00	64.4	837.20
CRUZ PVC U/E Ø 110 mm (R)	u	9.00	88.72	798.48
REDUCTOR PVC U/E Ø 110 @ 63 mm (R)	u	1.00	42.33	42.33
CODO PVC U/E Ø 110 mm x 22.5° (R)	u	2.00	23.48	46.96
CODO PVC U/E Ø 110 mm x 90° (R)	u	2.00	25.78	51.56
VALVULA COMPUERTA S/V - H.F - L.L Ø 63 mm SELLO ELASTICO (MAT/TRANS/INST) (R)	u	1.00	161.85	161.85
VALVULA COMPUERTA S/V - H.F - L.L Ø 110 mm (4") SELLO ELASTICO (MAT/TRANS/INST) (R)	u	34.00	358.14	12,176.76
CAJA VALVULA HF Ø 6" (MAT/TRANS/INST) (R)	u	35.00	69.92	2,447.20
UNION GIBault Ø 63 mm UNIVERSAL (MAT/TRANS/INST) (R)	u	2.00	39.07	78.14
UNION GIBault Ø 4" (110 mm) UNIVERSAL (MAT/TRANS/INST) (R)	u	70.00	51.64	3,614.80
UNION GIBault Ø 6" (160 mm) UNIVERSAL (MAT/TRANS/INST) (R)	u	4.00	70.93	283.72
TAPON HEMBRA PRESION PVC U/E Ø 110 mm (R)	u	7.00	14.59	102.13
HIDRANTE PEDESTAL 2 SALIDAS Ø 4" TEE 4" x 4" (MAT/TRANS/INST/ACCESORIOS) (R)	u	4.00	2172.38	8,689.52
BLOQUE DE ANCLAJE HORMIGION SIMPLE f'c=180 kg/cm2 40x40x20 cm (R)	u	68.00	20.42	1,388.56
RECONEXION POR CAMBIO DE RED- PVC Ø 1/2" COLLAR A. INOX. 110 mm x 1/2" (MAT/INST/EXC/RELL)	u	44.00	130.94	5,761.36
ACOMETIDA DOMICIL. A P TAPONADA PVC Ø 1/2" COLLARIN A. INOX. Ø 110 mm x 1/2" (MAT/INST/EXC/RELL) (R)	u	55.00	169.83	9,340.65
REPARACION CONEXION DOMICILIARIA 1/2" AGUA POTABLE (R)	u	80.00	14.85	1,188.00
REPARACION CONEXION DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO (R)	u	80.00	39.76	3,180.80
RELLENO COMPACTADO (MAT. EXCAVACION) (R)	m3	6413.21	4.66	29,885.54
SUMINISTRO TENDIDO Y COMPACTACION DE SUB-BASE CLASE II (R)	m3	1132.50	23.46	26,568.45

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
MEJORAMIENTO DE SUELO EQUIPO PESADO (MATERIAL GRANULAR) (R)	m3	808.05	19.18	15,498.40
ENSAYOS DE DENSIDAD DE CAMPO (R)	u	107.00	34.5	3,691.50
REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e = 4" (R)	m2	573.00	18.86	10,806.78
READOQUINADO (MATERIAL EXISTENTE) (R)	m2	3202.00	5.01	16,042.02
BERMA DE H.S f'c = 180 Kg/cm2 (30 x 15 cm) (R)	m	80.00	11.9	952.00
ROTURA MANUAL DE ACERAS (R)	m2	74.25	3.9	289.58
HORMIGON DE REPOSICION EN ACERAS Y BORDILLOS	m2	74.25	16.82	1,248.89
DESALOJO DE MATERIAL 2KM CARGADO MECANICO (R)	m3	1183.69	1.94	2,296.37
RUBROS DE SEGURIDAD				
PASOS PEATONALES DE MADERA 1.2m ANCHO	m	20.00	39.27	785.40
CONO DE SEÑALIZACION VIAL FLUORESCENTE	u	16.00	34.5	552.00
SEÑALIZACION (LETREROS) (R)	u	15.00	111.78	1,676.70
CINTA REFLECTIVA DE SEGURIDAD (ROLLO)	u	15.00	23.39	350.85
				319,652.78
PRESUPUESTO				319,652.78
IVA=12.0%				38,358.33
PRESUPUESTO MAS IVA				358,011.11

7.6.7. Eficiencia del sistema

La restitución de las redes de agua potable en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba no será la única solución para mejorar el rendimiento del sistema, ya que en el transcurso del período de vida de las tuberías se pueden complementar con otras actividades que mejoren la eficiencia de la red y de paso, aumentar la vida útil de sistema.

El registro de agua no contabilizada tiene relación directa en los bajos rendimientos de la red de distribución porque pueden ser producto de la utilización ilícita del agua o de averías en los equipos de medición de los volúmenes de entrada y salida.

La *implementación de medidores electrónicos* que emitan datos precisos del consumo de agua en cada vivienda va a facilitar la lectura al empleado de la DAPAC y a su vez el registro justo del mismo. A su vez, el mantenimiento de los medidores es un trabajo conjunto con los propietarios de cada vivienda para de esta forma garantizar el periodo de vida del equipo.

La limpieza y mantenimiento de las redes internas de cada edificación es responsabilidad del propietario.

La *selección del material de tubería* puede tener gran impacto sobre la vida útil de la tubería porque el uso de un material inadecuado que no tenga la protección externa e interna correcta puede alterar la rigidez estructural o verse afectado por la resistencia química a los productos de desinfección. Una vez decidido el material se puede asegurar su calidad mediante especificaciones técnicas para la ejecución del proyecto.

La *disposición de equipo de personas* que tengan experiencia en la resolución de averías y supervisadas por un técnico de la DAPAC pueden permitir la adecuada reparación de la tubería porque al no realizarse bajo estricto cuidado se pueden generar nuevamente fugas invisibles y aumentar el porcentaje de agua no contabilizada.

Realizar campañas de concienciación y ahorro de agua para sensibilizar en los ciudadanos sobre sus hábitos y la capacidad que cada uno tiene para usar correctamente el recurso hídrico y que permita de esta forma avanzar a una sociedad más justa y respetuosa con el medio ambiente.

CAPÍTULO 8

MARCO TEÓRICO ALCANTARILADO PLUVIAL

8.1. Introducción

El sistema de alcantarillado consiste en un conjunto de redes de tubería y obras complementarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales como también el escurrimiento superficial producido por la lluvia.

En base a los reglamentos de control ambiental, la dinámica del desarrollo urbano, la utilización del suelo y la estratificación socioeconómica se determinará el sistema más conveniente para construir sea este un sistema de alcantarillado combinado o separado.

8.2. Clasificación de los sistemas de Alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado se clasifican de acuerdo al tipo de agua que conduce:

- Alcantarillado Sanitario: A través de este sistema se debe evacuar de forma rápida las aguas residuales domésticas y efluentes industriales pre tratados hacia una planta de tratamiento y finalmente a la descarga.
- Alcantarillado Pluvial: Este sistema está encargado de captar y conducir las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser almacenamiento, depósito o hacia cauces naturales.
- Alcantarillado combinado: Conduce todas las aguas residuales producidas por un área urbana y simultáneamente las aguas de lluvia.

8.3. Alcantarillado Pluvial

La función principal del alcantarillado pluvial es el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas lluvias de manera separada a las aguas residuales. Al conducir las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las viviendas, sobre las calles y avenidas, veredas,

jardines, etc. se evita su acumulación y se mitiga de cierta forma la generación de molestias por inundación, daños materiales y humanos (SIAPA, 2014).

8.3.1. Sistemas de Alcantarillado Pluvial

De acuerdo a SIAPA (2014) clasifica en tres sistemas el alcantarillado pluvial:

- *Alcantarillado Pluvial Particular*: comprende la red de instalaciones pluviales que se encuentran dentro de un predio, finca o edificio. Conduce los escurrimientos pluviales mediante un canal o tubería dentro los límites de la propiedad.
- *Alcantarillado Pluvial General Particular*: Es el sistema que capta y conduce los escurrimientos de las aguas pluviales presentes dentro de áreas comunes como conjuntos habitacionales, centros comerciales, industriales deportivos, de servicio, etc. hasta el conducto de canal o tubería dentro los límites de la propiedad.
- *Alcantarillado Pluvial Municipal*: Contempla un sistema de recolección de aguas pluviales que escurren en su mayoría sobre una ciudad, conduciéndolas mediante canales o tubería hasta la descarga en aguas naturales existentes (p.3).

8.3.2. Componentes del Alcantarillado Pluvial

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pluvial son los siguientes:

- *Estructura de captación*: son las encargadas de recolectar las aguas para transportar posteriormente a una red de alcantarillado. Entre los más importantes se encuentran los sumideros y también las conexiones domiciliarias que son las responsables de recolectar el agua de lluvia que cae en techos y patios.
- *Estructura de conducción*: Su función principal es transportar las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia lugares

de tratamiento o vertido. El medio de transporte puede ser mediante conductos cerrados y abiertos como tuberías y canales.

- *Estructura de conexión y mantenimiento:* Generalmente son conocidos como los pozos de visita, estas estructuras permiten la conexión entre los conductos de alcantarillado pluvial ya sean tuberías de diferente diámetro o incluso material, también facilitan el mantenimiento interno porque disponen del espacio suficiente para llevar a cabo la limpieza e inspección.
- *Estructuras de descarga:* Protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado pluvial (SIAPA, 2014).

8.3.3. Sumidero (estructura de captación)

Los sumideros son estructuras encargadas de captar el agua que escurre sobre la superficie del pavimento o terreno e introducirlas a la tubería de alcantarillado pluvial. Se instalan a cierta distancia de las calles para interceptar el flujo superficial, generalmente se colocan en aguas arriba del cruce de calles y en vialidades de importancia también se colocan en puntos más bajos para impedir la acumulación de agua.

Se constituyen por una caja principal y otra más pequeña que se ubica por debajo de la tubería de descarga que funciona como desarenador, donde se depositan los sólidos en suspensión que arrastra el agua. La rejilla que se ubica en la parte superior de la estructura permite la entrada del agua e impide el paso de basura, ramos y otros objetos que puede taponar las redes (SIAPA, 2014).

8.3.4. Tubería (estructura de conducción)

Las tuberías son estructuras que transportan el agua recolectas por los sumideros (estructuras de captación) hasta el sitio de descarga. Los materiales más comunes que se utilizan son:

- a) Hormigón simple (HS)
- b) Hormigón armado (HA)

- c) Policloruro de vinilo (PVC)
- d) Hierro Fundido (HF)
- e) Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
- f) Polietileno de alta densidad (PEAD)

8.3.5. Pozos de visita (estructura de conexión)

Son estructuras subterráneas de forma cilíndrica lo suficientemente amplia que permita el ingreso de un hombre para que realice maniobras en su interior, ya sea para mantenimiento o inspección de las tuberías.

Se colocan en los puntos donde la tubería cambia de diámetro, dirección o de pendiente. Por recomendación en pozos de visita con una sola tubería no se colocan a intervalos no mayores de 100m.

Su clasificación depende de la función y dimensiones de las tuberías que desembocan en los mismos e incluso del material que están hechos. Así, las normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q clasifica en:

- Pozos comunes de visita
- Pozos para conexiones oblicuas
- Pozos caja
- Pozos caja unión
- Pozos caja de deflexión
- Pozos con caída

8.3.6. Estructuras de descarga

Son estructuras que representa la obra final del sistema de alcantarillado pluvial y asegura una descarga continua a un ente receptor. Existen dos tipos de estructuras para la descarga:

- Descarga a través de conductos cerrados
- Descarga por canal abierto.

CAPÍTULO 9

PARÁMETROS DE DISEÑO Y EVALUACIÓN

9.1. Introducción

Se define en este capítulo los criterios hidrológicos e hidráulicos para la evaluación y el diseño de alcantarillado pluvial. Las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado EMAAP-Q, el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias (Norma CO 10.07 – 601), basada en normas del Instituto Ecuatoriano de Obras y Saneamiento (EX - IEOS 1986) y Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9-1 conjuntamente con reglamentos locales del cantón Rumiñahui fueron la base para la evaluación y diseño de la red de alcantarillado pluvial de la Urbanización de Bohíos de Jatumpamba.

9.2. Periodo de diseño

Es el intervalo de tiempo donde se espera la estructura alcance su nivel de saturación, este periodo deber ser menor a 30 años. También es importante considerar la planificación donde se permita la actualización del sistema cada 5 años (EMAAP, 2009).

9.3. Periodo de retorno

El periodo de retorno de un evento hidrológico es la inversa de la probabilidad de excedencia anual y representa el intervalo de tiempo promedio del cual un evento hidrológico puede ser igualado o excedido (EMAAP, 2009).

EMAAP (2009) recomienda los periodos de diseño de las obras de micro y macro drenaje, presentada en la siguiente tabla:

Tabla 44.
Periodo de retorno

Tipo de Obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Mico drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10 a 25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50 a 100

Fuente. Tabla N^o 5.3.1.1 Periodos de retorno para diferentes ocupaciones del área (EMAAP, 2009)

9.4. Áreas drenaje

El área total de drenaje corresponde a subáreas o subcuencas con características geomorfológicas, hidrológicas y homogéneas con el fin de facilitar la aplicación de los métodos de diseño hidráulico e hidrológico.

En cambio, las áreas tributarias serán diseñadas para el conjunto de tuberías y para cada tramo de tuberías. Dentro del área de aporte es necesario incluir el área propia del tramo considerado (EMAAP, 2009), en la figura 85 se puede ver un ejemplo de la asignación de las áreas tributarias

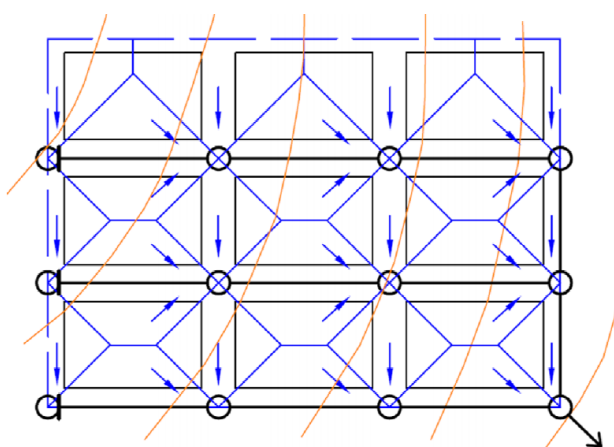


Figura 85. Áreas tributarias

Fuente. Área de aporte alcantarillado pluvial (Ilaya Ayza, 2011)

9.5. Intensidad, duración y frecuencia

El estudio de las lluvias para el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial es básicamente probabilístico, comprometido en el ámbito de la predicción de los fenómenos naturales aleatorios. Son tres las variables principales de la lluvia, las mismas que se detallan a continuación:

Intensidad (I): es la cantidad de agua lluvia que cae en un punto específico, por unidad de tiempo. Generalmente la cantidad de agua que precipitó es medida en milímetros por unidad de tiempo (mm/h).

Duración: es el tiempo que transcurre desde que inicia la precipitación hasta que este cesa. La duración de la lluvia de diseño es considerada igual al tiempo de concentración del área de estudio, ya que sería el tiempo donde la escorrentía alcanza su valor máximo.

Frecuencia: la frecuencia futura o periodo de retorno anual del evento, es el número de años promedio en que se presenta un evento determinado de igual o mayor intensidad. (INAMHI, 2015)

Para la ciudad de Sangolquí, se dispone la información pluviométrica de la zona 33 del INAMHI que se resume a continuación:

Tabla 45.
Ecuaciones de intensidad de lluvia Izobamba

PERIODO DE RETORNO	ECUACIONES DE INTENSIDADES DE LLUVIA - IZOBAMBA				Intensidades, 24 hr mm
	5 min < t < 45 min		45 min < t < 1440		
5	I = 291,55	t -0,4723	I = 1939,97	t -0,9215	2,40
10	I = 315,85	t -0,4723	I = 2101,63	t -0,9215	2,60
25	I = 352,29	t -0,4723	I = 2344,13	t -0,9215	2,90
50	I = 376,59	t -0,4723	I = 2505,79	t -0,9215	3,10
100	I = 388,74	t -0,4723	I = 2586,62	t -0,9215	3,20

Fuente. (INAMHI, 2015), (INGECONSULT, 2014)

Tabla 46.
Periodo de retorno

Periodo de Retorno (años)	Hp (mm)									
	Duración (min)									
	5	10	15	30	60	120	180	360	720	1440
5	11,4	16,4	20,3	42,2	44,6	47,1	48,6	51,3	54,2	57,2
10	12,3	17,7	22,0	45,8	48,3	51,0	52,7	55,6	58,7	62,0
25	13,7	19,8	24,5	51,0	53,9	56,9	58,7	62,0	65,5	69,2
50	14,7	21,2	26,2	54,6	57,6	60,8	62,8	66,3	70,0	73,9
100	15,1	21,8	27,0	56,3	59,5	62,8	64,8	68,5	72,3	76,3

Fuente. (INAMHI, 2015), (INGECONSULT, 2014)

Para efectos de la evaluación y diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial dentro del cantón Rumiñahui, se utiliza la ecuación de la DAPAC-R que tiene la siguiente expresión matemática:

$$I = \frac{212 * (T)^{0.123}}{(t)^{0.47}}$$

Donde.

I= intensidad en mm/hora

t= tiempo de concentración en minutos

T= periodo de retorno

Condiciones empleadas en los cálculos

T= 5 años

Para calcular la intensidad es preciso determinar el tiempo de concentración, el mismo que está en función de los tiempos de entrada y de flujo.

9.5.1. Tiempo de concentración

Es el periodo de tiempo para alcanzar el caudal máximo de salida de la cuenca, también es interpretado como el tiempo que se demora el agua en llegar a la salida de la cuenca desde el punto más alejado.

Como se mencionó anteriormente, el tiempo de concentración consta de dos partes, el tiempo de entrada y el tiempo de tránsito o flujo en las tuberías.

$$T_c = T_e + T_f$$

Donde.

T_c = tiempo de concentración

T_e = tiempo de entrada

T_f = tiempo de flujo

Tiempo de entrada: Es el tiempo que toma el flujo superficial para viajar desde la parte más alejada de la subcuenca hasta el punto de entrada o sumidero más cercano de la red de tuberías del sistema de alcantarillado pluvial. Para determinar el tiempo de entrada Estrella Aguilar, 1971 da las siguientes recomendaciones:

- Para zonas densamente construidas, con descargas directas al sistema de alcantarillado, se puede considerar el tiempo de entrada de 5 minutos.
- En zonas desarrolladas con pendientes bajas alrededor de 2% y que no presenten las características de necesidad de construir, se puede considerar de 10 a 15 minutos, en el caso de la ciudad de Sangolquí se toma 12 minutos.
- Para zonas residenciales, de casas aisladas con grandes espacios verdes se puede considerar de 20 a 30 minutos (p.19).

Tiempo de flujo: Es el transcurso que le toma al agua recorrer el sistema de tuberías desde el punto de entrada hasta el punto de salida de la cuenca. El tiempo de flujo está en función de la velocidad media del flujo en las tuberías y también de la longitud de las mismas.

La velocidad se puede calcular utilizando las ecuaciones de Manning y una vez conocida la velocidad, el tiempo y el recorrido se calcula con la siguiente ecuación:

$$Tf = \frac{l}{60 * V}$$

Donde.

Tf = tiempo de flujo (min)

l = longitud del tramo (m)

V = velocidad del tramo (m/s)

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde.

V = velocidad media del agua (m/s)

n = coeficiente de rugosidad

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente (m)

9.6. Caudal de diseño de aguas lluvias

Para el cálculo de los caudales del escurrimiento superficial se puede utilizar el método racional considerando que es aplicable solo en cuencas tributarias con una superior inferior a 100 ha.

$$Q = C * i * A / 360$$

Donde.

Q = caudal (m/s)

i = intensidad de precipitación (mm/h)

A = área de aporte (ha)

9.6.1. Coeficiente de escorrentía

Coeficiente de escorrentía superficial (C)

El coeficiente de escorrentía superficial es la relación entre el volumen total del agua escurrida superficialmente y el volumen de agua precipitada. Son varios los factores que determinan el coeficiente C, entre los principales está el tipo de suelo, el grado de permeabilidad de la zona y la pendiente del terreno. Es importante para el diseño considerar los planes de ordenamiento territorial, los planes de desarrollo urbano y consideraciones sobre el uso futuro del suelo.

Coeficiente de impermeabilidad

El área tributaria considerada como impermeable está en relación del tipo de superficie del área de drenaje. Las superficies a considerar pueden ser cubiertas de techos, pavimentos y otros elementos impermeables. También se debe considerar la impermeabilidad relativa del suelo que no está cubierto (Estrella Aguilar, Orozco Vásquez, & Monsalve Riquetti, 1971).

Es recomendable realizar divisiones en subcuencas a partir de la cuenca inicial para obtener el coeficiente de escorrentía, porque las características en totalidad de la cuenca no son homogéneas en especial en urbanizaciones de tipo residencial donde se presenta mayor zona ajardinada (Daza Orellana & Pérez León, 2013)

El Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias. Norma CO 10.07 – 601 (1992), propone valores para el coeficiente de escurrimiento para distintos tipos de superficie:

Tabla 47.
Coficiente de impermeabilidad

Tipo de Superficie	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0.95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0.85 - 0.9
Pavimentos de hormigón	0.8 - 0.85
Empedrados (juntas pequeñas)	0.75 - 0.8
Empedrados (juntas ordinarias)	0.4 - 0.5
Pavimentos de macadam	0.25 - 0.6
Superficies no pavimentadas	0.1 - 0.3
Parques y jardines	0.05 - 0.25

Fuente. Tabla Nª 1 Valores de C para diferentes tipos de superficie (MIDUVI, 1992)

Para zonas urbanas es preferible considerar un coeficiente de escorrentía medio a partir de una ponderación de subáreas de la zona de estudio a través de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\sum A * \sum C}{\sum A}$$

Donde.

C= coeficiente de escorrentía

A= área considerada

9.7. Diámetro interno mínimo

Para el caso de las redes de alcantarillado pluvial y en función de las Bases de Diseño de la DAPAC-R, el diámetro interno mínimo permitido es de 250mm.

9.8. Velocidad mínima y máxima

9.8.1. Velocidad mínima

Con el objetivo de impedir que sólidos transportados por las tuberías puedan depositarse si el flujo tiene velocidades bajas, se debe establecer la velocidad mínima.

La velocidad mínima permitida para las redes de alcantarillado pluvial del cantón Rumiñahui y según las Bases de Diseño de la DAPAC-R, recomienda que no sea menor de 0.35 m/s y que preferiblemente sea mayor que 0.90 m/s.

Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias (1992), establece que la velocidad mínima para sistemas de alcantarillado pluvial sea 0.90 m/s.

9.8.2. Velocidad máxima

Es importante establecer de manera clara el valor máximo de velocidad permisible en las tuberías, valor que es recomendado por parte de la DAPAC-R de 6 m/s. No es recomendable velocidades altas en las tuberías porque puede ocasionar abrasión en las mismas.

La velocidad máxima dependiendo del tipo de material de las tuberías, el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias (1992), recomienda los siguientes valores:

Tabla 48.
Velocidades máximas a tubo lleno

Material	C
Hormigón simple:	
Con uniones de mortero	4
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3.5 – 4
Asbesto cemento	4.5 – 5
Plástico	4.5

Fuente. Tabla VIII.1 Velocidades máximas a tubo lleno (MIDUVI, 1992)

9.9. Pendiente mínima y máxima

El valor de pendiente mínima y máxima debe corresponder con aquel que cumpla con las condiciones de autolimpieza de acuerdo a lo establecido en el numerar 9.9 de este capítulo.

La DAPAC-R recomienda una pendiente mínima de 10%, esto con el objeto de garantizar que no se forme sedimentos que reduzcan la capacidad de conducción del agua.

9.10. Hidráulica de los conductos (sección circular)

Las tuberías de alcantarillado pluvial deben diseñarse como conducciones a flujo libre por gravedad y su funcionamiento hidráulico debe ser parcialmente llena (80%).

9.10.1. Manning

Actualmente la fórmula de Manning es la más práctica para el cálculo hidráulico en conductos cerrados y tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde.

V = velocidad media del agua (m/s)

n= coeficiente de rugosidad (adimensional)

R= radio hidráulico (m)

S= pendiente (m/m)

9.10.2. Radio hidráulico

Actualmente la fórmula de Manning es la más práctica para el cálculo hidráulico en conductos cerrados y tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde.

$V =$ velocidad media del agua (m/s)

$n =$ coeficiente de rugosidad

$R =$ radio hidráulico (m)

$S =$ pendiente (m)

El radio hidráulico está en función del área y perímetro mojado, expresado por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

Donde.

$R =$ radio hidráulico (m)

$A_m =$ área mojada (m^2)

$P_m =$ perímetro mojado (m)

9.10.3. Hidráulica en tuberías para sección parcialmente llena

9.10.3.1. Radio hidráulico

En el caso de secciones que trabajan parcialmente llena, las expresiones están en función de la altura de calado, las mismas que varían según el ángulo que se muestra en la figura 86.

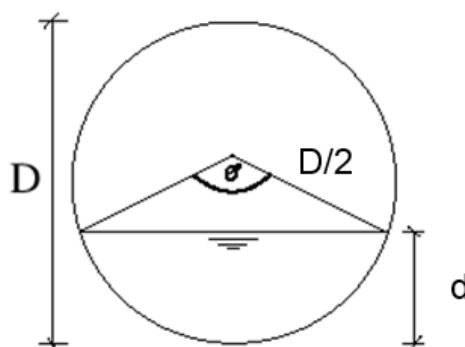


Figura 86. Áreas tributarias

Fuente. Área de aporte alcantarillado pluvial (Ilaya Ayza, 2011)

Área mojada parcialmente llena:

$$a_m = \left(\frac{D^2}{8\theta} \right) (\theta - \text{Sen}(\theta))$$

Perímetro mojado parcialmente llena:

$$p_m = \frac{\theta D}{2}$$

Sustituyendo el valor de A_m y P_m en la ecuación de radio hidráulico tenemos:

$$r = \frac{a_m}{p_m} = \left(\frac{1}{4} - \frac{45^\circ \text{Sen}(\theta)}{\pi\theta} \right) D$$

9.10.3.2. Velocidad y caudal

Sustituyendo el valor de r para secciones circulares parcialmente llenas en la ecuación de Manning tenemos:

$$v = \frac{1}{n} D^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{1}{4} - \frac{45^\circ \text{Sen}(\theta)}{\pi\theta} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Para el caudal en tuberías parcialmente llena se debe sustituir el valor de la velocidad v

9.10.4. Relaciones hidráulicas para sección circular

Para el diseño de sistemas de alcantarillado es necesario utilizar las propiedades hidráulicas de sección circular, que relacionan las características de flujo a sección llena y parcialmente llena (d/D , v/V y q/Q). Se utiliza las variables (d , v , q) para tubo parcialmente lleno y las variables (D , V , Q) para tubo lleno.

Reemplazando los valores de radio hidráulico, velocidad y caudal para flujo lleno y parcialmente lleno se obtiene:

Relación r/R

$$\frac{r}{R} = 1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta}$$

Relación v/V

$$\frac{v}{V} = \left(\frac{1 - \text{sen}(\theta)}{\theta} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Relación q/Q

$$\frac{q}{Q} = \frac{\theta}{2\pi} \left(1 - \frac{\text{sen}(\theta)}{\theta} \right)^{\frac{5}{3}}$$

Las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EMAAP-Q (2009) establece que son dos los casos que se debe cumplir en redes de alcantarillado pluvial:

- La relación de caudal de diseño con la de sección llena (q/Q) será máximo de 0.90.
- La profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector debe estar entre 70% y 85% del diámetro real de este (d/D).

En el Anexo 24 se presenta los valores de q/Q y v/V para tuberías circulares.

9.11. Pozos

El Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias (1992), recomienda tener las siguientes consideraciones con respecto a la colocación de los pozos de revisión:

- Deben ser colocados en todo cambio de pendiente, dirección y en las confluencias de las tuberías.
- El distanciamiento máximo entre pozos de revisión dependerá del diámetro de tubería como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 49.
Distancia entre pozos de revisión

Diámetro de tubería	Distancia máxima entre pozos de revisión
Menores de 350mm	100m
Entre 400mm y 800mm	150m
Mayores 800mm	200m

Fuente. Pozos y cajas de revisión (MIDUVI, 1992)

- Tendrá un diámetro mínimo de 0.6m la abertura superior del pozo de revisión.
- A continuación, se presenta una tabla de los diámetros recomendados del pozo en función de la tubería conectada:

Tabla 50.
Diámetros recomendados de pozos de revisión

Diámetro de tubería (mm)	Diámetros del pozo (m)
Menor o igual a 550	0.9
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente. Tabla VIII.2 Diámetros de pozos de revisión (MIDUVI, 1992)

9.12. Sumideros de calzada

Serán ubicados en la calzada donde intercepte el agua de lluvia de forma rápida e inmediata. Los sumideros se conectarán directamente al pozo de revisión mediante una tubería de 250mm.

CAPÍTULO 10

CATASTRO ARCGIS ALCANTARILLADO PLUVIAL

10.1. Introducción

Los sistemas de alcantarillado en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba son separados. En la actualidad las redes de alcantarillado sanitario descargan en la planta de tratamiento existente dentro de la urbanización, mientras que las redes de alcantarillado pluvial tienen su descarga en el colector ubicado en la parte externa norte de la urbanización, en la calle A.

Para poder realizar la evaluación del sistema de alcantarillado pluvial existente se realizó el levantamiento catastral de pozos, tuberías y sumideros, elaborando una matriz en la cual se trasladó la información de campo recogida a las correspondientes fichas catastrales de los 40 pozos de revisión.

Del catastro se pudo observar que el sistema actual de alcantarillado pluvial se compone de:

- Tuberías de hormigón centrifugado con diámetros que fluctúan entre los 250mm a 700mm.
- Pozos de revisión con altura de 1.30 m a 4.40 m
- Sumideros de calzada

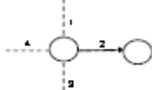
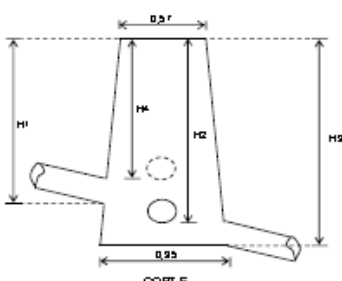
En las fichas catastrales de los pozos se procedió a identificarlos con número y código de letra, también contiene los datos físicos y los gráficos de las tuberías de entrada y salida con sus correspondientes diámetros, como se presenta en la siguiente gráfica.


EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL "URBANIZACIÓN BOHÍOS DE JATUMPA MBA", SECTOR SANGOLQUÍ

RED ALCANTARILLADO PLUVIAL		TIPO DE ELEMENTO DE EVALUACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> POZO	
		CÓDIGO DEL ELEMENTO P15	

TIPO DE EVALUACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> POZO <input type="checkbox"/> POZO SIN ACCESO DIRECTO	MATERIAL POZO: <input type="checkbox"/> HORMIGÓN INSITU <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGÓN PREFABRICADO <input type="checkbox"/> OTROS	ESCALERA: <input checked="" type="checkbox"/> HIERRO <input type="checkbox"/> POLIPROPILENO <input type="checkbox"/> OTROS	DATOS DE LA TAPA DEL POZO <input type="checkbox"/> HORMIGÓN <input checked="" type="checkbox"/> HIERRO <input type="checkbox"/> OTROS Forme: circular COTA TAPA (m) <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;">2533.54 m</div>
PROFUNDIDAD: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;">1.75 m</div>		ESTÁ SOBRE EL RESALTE DEL TERRENO: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;">0 m</div>	

ESTADO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">PARTES</th> <th style="width: 15%;">Bueno</th> <th style="width: 15%;">Regular</th> <th style="width: 15%;">Malo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TAPA</td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PAREDES</td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FONDO</td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESCALERA:</td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESTADO GENERAL</td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	PARTES	Bueno	Regular	Malo	TAPA		X		PAREDES		X		FONDO		X		ESCALERA:		X		ESTADO GENERAL		X		OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> PLUVIAL <input type="checkbox"/> COMBINADO Observaciones:
PARTES	Bueno	Regular	Malo																						
TAPA		X																							
PAREDES		X																							
FONDO		X																							
ESCALERA:		X																							
ESTADO GENERAL		X																							

ESQUEMA DE ENTRADAS AL POZO <div style="text-align: center;">  <p>PLANTA</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CORTE</p> </div>	DATOS DE ENTRADAS AL POZO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">No. FLUJO</th> <th style="width: 40%;">DIÁMETRO (mm)</th> <th style="width: 50%;">PROFUNDIDAD (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>250</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No. FLUJO	DIÁMETRO (mm)	PROFUNDIDAD (m)	1			2	250	1.50	3			4			5		
No. FLUJO	DIÁMETRO (mm)	PROFUNDIDAD (m)																	
1																			
2	250	1.50																	
3																			
4																			
5																			



IMAGEN

Figura 87. Ficha catastral pozo de revisión



Figura 88. Levantamiento de información catastral

En el Anexo 25 se presenta el catastro de los pozos y en el Anexo 26 el catastro de las tuberías.

De la misma forma que con la red de agua potable en el capítulo 4 se implementó el software ArcGIS para el catastro de la red pluvial. Los archivos son guardados en formato shape, que son archivos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área.

La georreferenciación por medio del software ArcGIS permitirá mejorar la información de las redes existentes la cual es de gran importancia para la planeación, diseño, construcción y mantenimiento.

CAPÍTULO 11

DIAGNÓSTICO RED ALCANTARILLADO PLUVIAL

11.1. Introducción

Las fichas catastrales desarrolladas en el capítulo 10 de este mismo proyecto permitieron determinar las características hidráulicas principales, la descarga y el diagnóstico tanto de tuberías y pozos de visita.

11.2. Pozos

En total el sistema alcantarillado pluvial cuenta con 47 pozos observados. En el momento de realizar la evaluación física, se lograron inspeccionar las condiciones de 40 pozos (85%), no se lograron inspeccionar 7 pozos (15%) por razones de encontrar pozos tapados por la vía, pozos ubicados en propiedad privada y pozos obstruidos.

11.2.1. Caracterización de los pozos de revisión

Tabla 51.

Caracterización de pozos de revisión

Caracterización de pozo		
Total pozos		
Identificados	47	100%
Inspeccionados	40	85%
Sin inspeccionar	7	15%
Tipo de vía		
Adoquín		67%
Tierra		33%
Profundidad total		
<1m	2	5%
1m - <2m	18	45%
2m - <3m	14	35%
> 3m	6	15%
Condiciones de sedimentación		
Hay presencia	11	27%
No hay	29	73%

Tipo de vía: la mayoría de pozos de revisión se encontraron en vía adoquinada (67%) y (33%) en vía sin pavimentar. Algunos de los pozos no inspeccionados están ubicados dentro de las propiedades privadas.

Profundidad: se identificó 2 pozos de revisión (5%) con una profundidad menor a la recomendada mayor de 1m.

Condiciones de sedimentación: en 29 pozos (73%) no se encontró sedimentación, mientras que en 11 pozos (27%) se evidenció sedimentación. En la fotografía 89 se representa un ejemplo de sedimentación. En los casos de sedimentación en su mayoría se pudo observar la presencia de arcillas y lodos y en pocos casos la presencia de basura.



Figura 89. Condiciones de sedimentación en pozos de revisión

11.2.2. Componentes de los pozos

Tabla 52.

Componentes de los pozos de revisión

Componentes de los pozos		
	Tapa	
No existe	1	2%
Existe	39	98%
Hormigón	4	10%
Hierro	36	90%
	Paredes del pozo	
Hormigón	40	100%
Hierro	0	0%

	Escalera	
No existe	1	2%
Existe	39	98%

Tapa: el 36% de los pozos inspeccionados cuentan con tapa en su totalidad de hierro, las cuales se hallaron en buen estado, solo un 2% se encontraron en estado regular debido a que el material es de hormigón y existe rompimiento en el mismo. Como se observa en la figura a continuación:



Figura 90. Estado de la tapa del pozo

Paredes del pozo: todos los pozos inspeccionados son de hormigón. La mayoría se encuentran en estado regular.

Escaleras: se encontraron 39 pozos (98%) los cuales tienen escalera, mientras que 1 pozo (2%) no presentaba escaleras.



Figura 91. Pozo con escalera y sin escalera

11.2.3. Estado de los componentes de los pozos de revisión

En la tabla 53 se presenta los resultados del estado de las condiciones físicas de los componentes de los pozos de acuerdo a la evaluación realizada en campo.

Tabla 53.

Estado de los componentes de los pozos de revisión

Estados de los componentes de pozos de revisión							
Componente	Unidades	Bueno		Regular		Malo	
		N° de pozos	%	N° de pozos	%	N° de pozos	%
Tapa	40	19	47%	17	43%	4	10%
Paredes	40	0	0%	34	85%	6	15%
Fondo	40	0	0%	24	60%	16	40%
Escaleras	39	0	0%	30	75%	10	25%

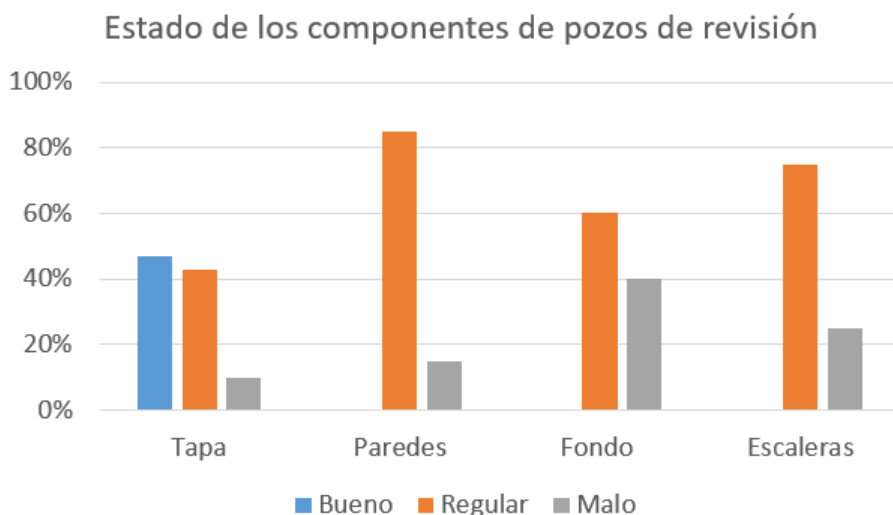


Figura 92. Estado de los componentes de los pozos de revisión

De acuerdo a la tabla 53 se evidencia que en la mayoría los componentes de los pozos de revisión se encuentran en estado regular. Existen tapas de hormigón que se recomienda ser reemplazadas por tapas de hierro que permita una inspección rápida de los pozos y una mejor protección. Las paredes en su mayoría (85%) se encuentran en estado regular y revestido de hormigón. El fondo de los pozos de revisión presenta 40% de presencia de sedimentos de arcilla y lodos los cuales dificultan el funcionamiento correcto del agua pluvial mientras que el 60% tiene un flujo libre de obstáculos. Las

escaleras en 25% se encuentran en estado de deterioro o inclusive existen pozos sin presencia de las mismas.

11.2.4. Estado general de los pozos de revisión:

Finalmente, después de haber realizado la inspección de todos los pozos y la evaluación de sus componentes, se procede a clasificar el estado general de los pozos bajo los siguientes parámetros:

Pozo en buen estado: su estructura en general (paredes) no evidencia deterioros, no presenta sedimentación en el fondo que puedan impedir el flujo libre y cumple con la profundidad mínima mayor a un metro. En la figura 93 se refleja un ejemplo:



Figura 93. Estado de los componentes de los pozos de revisión

Pozo en regular estado: su estructura en general (paredes) presenta deterioros, presenta sedimentación en el fondo del pozo, pero no cubre en su totalidad a la tubería de salida y cumple con la profundidad mínima mayor a un metro.

En la figura 94 se refleja un ejemplo:



Figura 94. Estado de los componentes de los pozos de revisión

Pozo en mal estado: su estructura en general (paredes) presenta deterioros, presenta sedimentación en el fondo que cubre la tubería de salida e impide el flujo libre y no cumple con la profundidad mínima mayor a un metro.

En la figura 95 se refleja un ejemplo:



Figura 95. Estado de los componentes de los pozos de revisión

Tabla 54.
Estado general de los pozos de revisión

	Estado general de los pozos			Total
	Calificación			
	Bueno	Regular	Malo	
N° Pozos	9	24	7	40
Porcentaje	23%	60%	17%	100%

En base a los resultados de tabla 54, se determinó que los pozos de la red de alcantarillado pluvial se encuentran en estado regular en cuanto a su valuación física debido que el 60% no presenta mayores deterioros en la estructura y solo un 20% tiene clasificación mala debido a los sedimentos, taponamiento y falta de componentes. En la figura 96 se observa la clasificación del estado general de los pozos donde 9 se encuentran en buen estado, 24 en estado regular y 7 en estado malo.

Estados general de los pozos de revisión

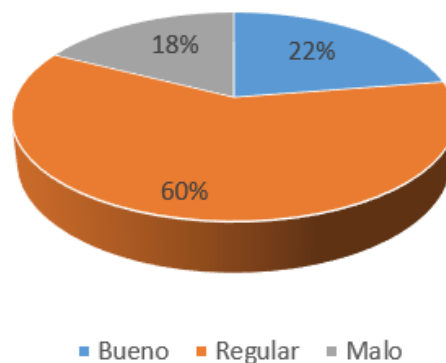


Figura 96. Resultados del estado general de los pozos de revisión

11.3. Tuberías

En la siguiente tabla se observan los diámetros de las tuberías y el material de los mismos.

Tabla 55.

Generalidades del alcantarillado pluvial – Urb. Bohíos J.

Diámetro mm	Material	Longitud (m)	Porcentaje (%)
250	HC	1623.50	50.24
300		279.09	8.64
400		578.84	17.91
500		407.89	12.62
600		260.78	8.07
700		81.66	2.53
Total		3231.76	100.00

El sistema de alcantarillado pluvial tiene una longitud total 3676,93 metros de los cuales se inspeccionaron 3231.76 metros, la longitud faltante no se pudo realizar la inspección con la cámara debido a que se encontraba en propiedad privada.

Debido al excesivo número de tramos de tubería se optó por tomar 17 tramos aleatorios para la inspección por medio de una cámara con la finalidad de tener conocimiento del estado de conservación de las redes de alcantarillado a través del tiempo. La inspección ayudara a conocer lo siguiente:

- La presencia de acumulación de sedimentos
- Obstrucción de la tubería por material ubicado dentro del tramo
- Posibles infiltraciones que permiten el ingreso del agua a través de las paredes
- Problemas en juntas



Figura 97. Evaluación de tramos de tubería con cámara de inspección

Los más de 30 años de operación de la red de alcantarillado pluvial en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba ponen en evidencia algunos problemas derivados del tiempo, como la presencia de sedimentos y obstrucciones en las tuberías. A continuación, se describe los resultados obtenidos de la inspección en campo con la cámara.

Dentro de los tramos existe la presencia de arenas y piedras que son materiales que se introducen con mayor incidencia en las calles con superficies de tierra o también por efectos de tuberías rotas.

**Figura 98.** Piedras y arenas en redes de alcantarillado

También se presentó acumulación de arenas y sedimentos que son resultado de la formación en tramos de poca pendiente y descomposición de materia orgánica.

**Figura 99.** Arenas y sedimentos en redes de alcantarillado

También se observa acumulación de grasas que es el resultado de eliminación de aceite de cocina por el desagüe del alcantarillado pluvial que son procedentes de conexiones ilícitas.



Figura 100. Grasas en redes de alcantarillado pluvial

Existe desgaste en paredes de la tubería y falta de hermeticidad en juntas lo que puede dar lugar a filtraciones que afecten a edificaciones o estructuras adjuntas.



Figura 101. Desgaste de paredes y juntas

11.4. Evaluación Hidráulica

Posterior de determinar el estado físico de las estructuras que conforman la red de alcantarillado pluvial se procedió a evaluar hidráulicamente el sistema, basado en la planimetría, información obtenida en campo y la hoja de cálculo facilitada por la DAPAC-R.

El plano de áreas y la planimetría se puede observar detalladamente en la sección de Planos y los resultados de la evaluación hidráulica en el Anexo 27.

11.4.1. Cálculo del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía mide la relación entre lo que cae y lo que escurre, dependiendo del grado de impermeabilidad de la superficie. En base a la tabla 59 de los coeficientes de impermeabilidad y la selección de tres áreas de aportación aleatorias de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, se calcula el coeficiente de escorrentía de la zona.



Figura 102. Áreas de aportación para determinar coef. de escorrentía

En cada una de las áreas de aportación y con la ayuda del programa AUTOCAD se realiza la subdivisión sectorizando las siguientes áreas (Ver figura 103):

- Cubierta con teja
- Pavimentos de hormigón

- Superficies no pavimentadas
- Parques y jardines

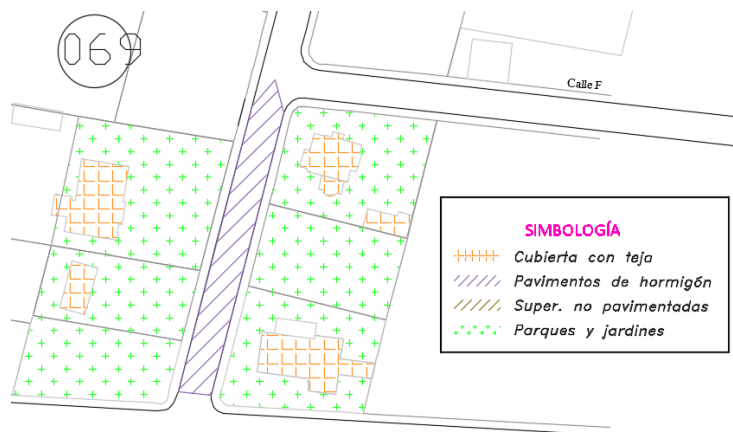


Figura 103. Sectorización en tipos de superficies

A continuación, se presenta los resultados del cálculo del coeficiente de escorrentía en cada tramo seleccionado:

Tabla 56.

Coeficiente de escorrentía en la calle J, año 2017

Coeficiente de escorrentía calle J			
Tipo de Superficie	Área (Ha)	C	Área*C
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.08	0.9	0.07
Pavimentos de hormigón	0.06	0.83	0.05
Parques y jardines	0.44	0.15	0.07

$$\sum \text{Área} = 0.59$$

$$\sum \text{Área} * C = 0.19$$

Utilizando la fórmula:

$$C = \frac{\sum \text{Área} * C}{\sum \text{Área}}$$

$$C = 0.32$$

Tabla 57.
Coefficiente de escorrentía en la calle K, año 2017

Coefficiente de escorrentía calle K			
Tipo de Superficie	Área (Ha)	C	Área*C
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.05	0.9	0.04
Pavimentos de hormigón	0.06	0.83	0.05
Parques y jardines	0.34	0.15	0.05

$$\sum \text{Área} = 0.44$$

$$\sum \text{Área} * C = 0.14$$

Utilizando la fórmula:

$$C = \frac{\sum \text{Área} * C}{\sum \text{Área}} = 0.32$$

Tabla 58.
Coefficiente de escorrentía en la calle L, año 2017

Coefficiente de escorrentía calle L			
Tipo de Superficie	Área (Ha)	C	Área*C
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.03	0.9	0.03
Superficies no pavimentadas	0.06	0.83	0.05
Parques y jardines	0.35	0.15	0.05

$$\sum \text{Área} = 0.45$$

$$\sum \text{Área} * C = 0.13$$

Utilizando la fórmula:

$$C = \frac{\sum \text{Área} * C}{\sum \text{Área}} = 0.29$$

En base a las tres zonas con su correspondiente coeficiente de escorrentía se determina un promedio de la zona (C=31), como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 59.
Resultados del coeficiente de escorrentía

Calle	C
Calle J	0.32
Calle K	0.32
Calle L	0.29

$$C = 0.31$$

11.4.2. Parámetros hidráulicos

En base a la información recopilada en la evaluación del sistema ver Anexo 27, se obtuvo los siguientes resultados:

Distancia entre pozos de revisión

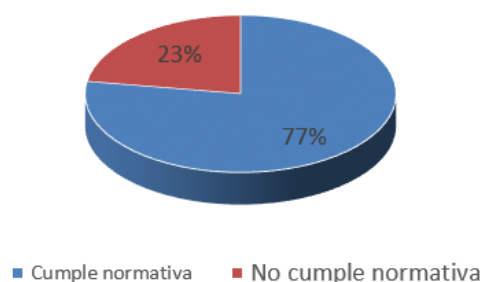


Figura 104. Pozos que cumplen con distancia mínima de separación

El 77% de los tramos inspeccionados cumplen con la separación máxima entre pozos, solo el 23% excede la distancia recomendada de separación lo que dificulta las maniobras de mantenimiento y limpieza las redes

Pendiente mínima

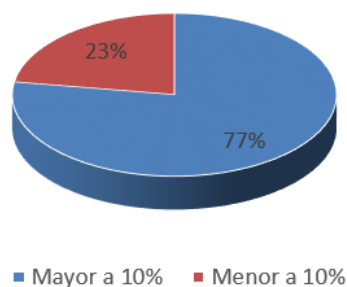


Figura 105. Porcentaje de tramos con pendiente mínima de 10%

El objetivo de establecer el límite mínimo de pendiente (10%) es para evitar hasta donde sea posible el azolve de las tuberías. En la evaluación hidráulica se determinó que el 77% de los tramos cumple con la normativa de pendiente mayor 10% y solo el 23% presenta pendiente menor al 10%.

Relación caudal parcialmente llena y sección llena

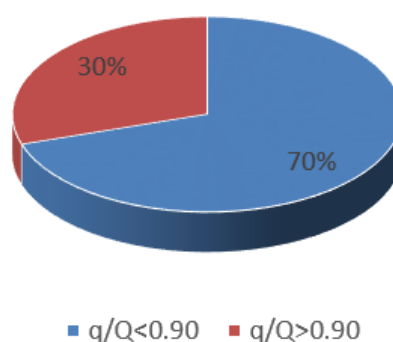


Figura 106. Tramos que trabajan parcialmente y a sección llena

El 30% de los tramos inspeccionados superan la relación del caudal parcialmente llena y sección llena de 0.90, es decir las líneas trabajan en flujo presurizado lo que puede provocar sobrepresiones capaces de fracturar la línea. Y el 70% de las líneas si cumple con la normativa.

Relación radio hidráulico (d) con el diámetro de la tubería (D)

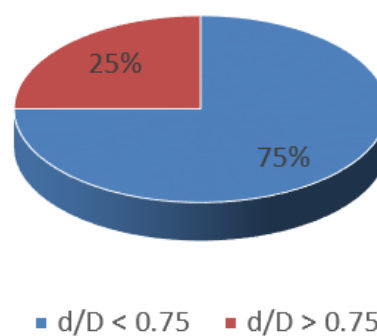


Figura 107. Tramos que cumplen con la relación $d/D < 0.75$

En general las tuberías de alcantarillado nunca deben trabajar llenas y es preciso que la superficie del líquido siempre esté por debajo de la corona del tubo, permitiendo el espacio para la ventilación del líquido y evitar la acumulación de gases tóxicos. En base a lo expuesto anteriormente solo el 25% de las redes no cumple con la relación $d/D < 0.75$ la cual considera que la tubería no trabaje a flujo lleno, mientras que el 75% si cumple con la normativa.

De la evaluación física e hidráulica, se presenta un resumen del trabajo realizado:

- Existen redes de agua lluvia que atraviesan propiedades privadas, es conveniente se realice los trámites correspondientes para efectuar los cambios en los trazados y que la descarga de aguas lluvias se haga en alcantarillas ubicadas en las vías.
- La red pluvial no presenta inconvenientes en su mayoría con respecto a la pendiente y velocidad de arrastre suficiente para que no se den procesos de sedimentación, pero es necesario realizar un continuo mantenimiento.
- El estado general de los sumideros es bueno, pero se debe tener en cuenta el mantenimiento y limpieza de los mismos para un mejor funcionamiento.
- Al cumplir la vida útil las redes de alcantarillado pluvial se requiere métodos de rehabilitación o sustitución de tubería. La selección del método a emplear dependerá de factores como el presupuesto disponible y que sea viable técnicamente.

CAPÍTULO 12

DISEÑO ALCANTARILLADO PLUVIAL

12.1. Introducción

Una vez establecidos las condiciones actuales de la red, se procedió al trazado geométrico de la red en función de las bases de diseño y la aceptación de los técnicos de la DAPAC-R manifestada en las diferentes reuniones de trabajo. Posteriormente se realizó los cálculos hidráulicos tomando en cuenta la topografía, áreas de aportación y analizando que sea un proyecto económicamente viable que no pueda sacrificar la calidad del servicio.

12.2. Trazado de la red

Para el trazado de la red de alcantarillado pluvial se siguieron criterios del Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias y bases de diseño DAPAC-R, presentadas a continuación:

- g) Se recomienda que las redes de alcantarillado sigan la pendiente natural del terreno y serán calculados como conductos sin presión tramo por tramo.
- h) La red pluvial deberá colocarse en el eje de la vía.

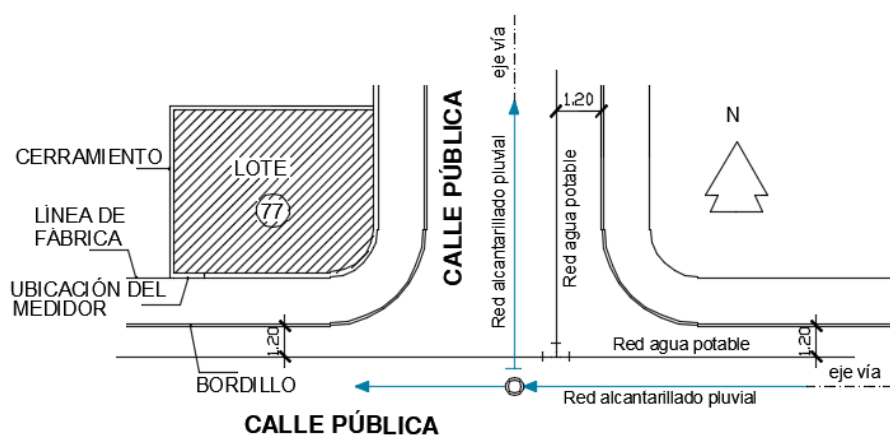


Figura 108. Ubicación red de alcantarillado pluvial

- i) Se diseñará la red de modo que, la descarga de acometidas de aguas lluvias hacia la red principal tenga un diámetro mínimo de 150mm y pendiente 1%.
- j) Las tuberías se diseñarán a profundidades donde se considere que la red pluvial pase por debajo de la red de agua potable, donde se deje una altura libre proyectada de 0.30 m cuando sean paralelas y 0.20 m cuando éstas se crucen.

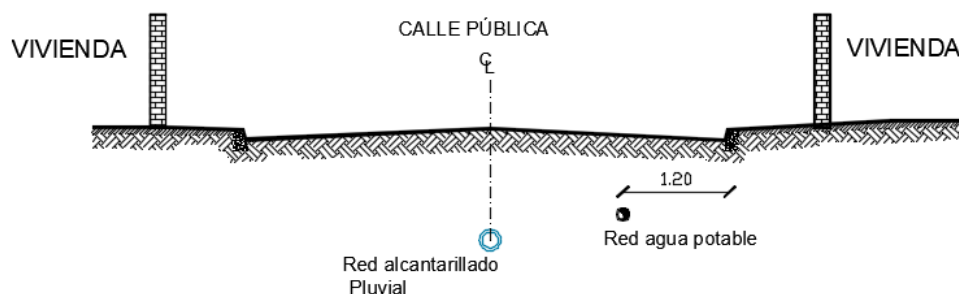


Figura 109. Ubicación red de alcantarillado pluvial en elevación

- k) El relleno mínimo sobre la clave del tubo debe ser mínimo 1.20 m con el objetivo de soportar el tránsito vehicular.

12.3. Pozos de revisión

Los pozos de revisión se construirán sobre una base de replantillo en la cual se levantará la estructura del pozo diseñada para permitir el acceso al interior y poder darles mantenimiento. El diseño de los pozos se sujetará a la información proporcionada por la DAPAC-R establecidos para diferentes altura y diámetro de tuberías de llegada o salida, los mismos que constarán con la respectiva tapa de hierro fundido y gradas de acceso.

A continuación, se presentan tres tipos de pozos, el primero no posee cámara porque el diámetro máximo de la tubería será 600mm a diferencia del segundo y el tercero que serán diseñados con obras especiales.

En la figura 110 se presenta el pozo Tipo B1. Apto para diámetros hidráulicos de la sección del conducto entre 200mm y 600mm.

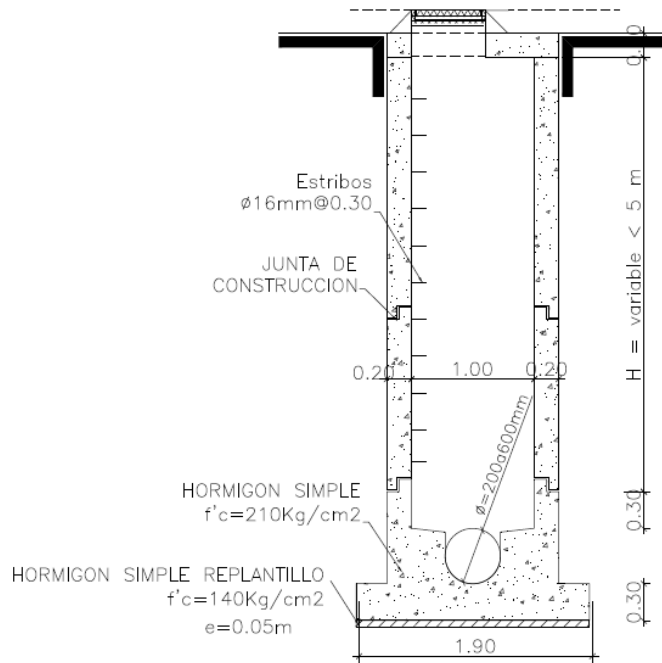


Figura 110. Pozo tipo B1

En la figura 111 se presenta el pozo Tipo B2. Apto para diámetros hidráulicos de la sección del conducto entre 700mm y 800mm.

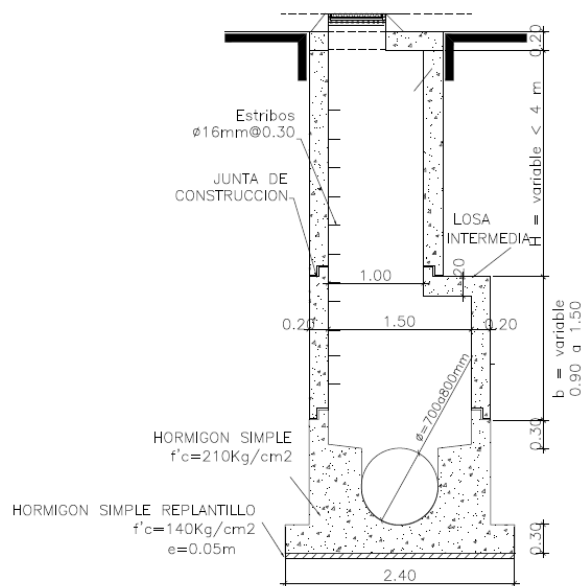


Figura 111. Pozo tipo B2

También para el manejo de la hoja de cálculo se consideró:

Área=	Ha
Coefficiente de esorrentía=	0.50 (Bases de diseño)
tc=	12 min
n=	0.014 para tubería de PVC

12.6. Formato hoja de cálculo

A continuación, se presenta un breve ejemplo del uso de la hoja de cálculo en el tramo desde el Pozo 1 al Pozo 2 en la calle G.

Tabla 60.
Tabla de Cálculo: Parte I

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
De pozo arriba	De pozo abajo	Longitud		Area parcial Ha	Tiempo concent. min	Coefic. escurr. C	Areas equival.		Intens. lluvias i/0,36	q diseño l/s
		Calle	m L				Parcial A°C	Acumulada		
1	2	CALLE "G"	100,00	0,52	12,00	0,50	0,26	0,26	223,25	58

Las cuatro primeras columnas están destinadas a la identificación del tramo a analizar, el número o código consignado al pozo de entrada y salida, el nombre de la calle, y la longitud entre pozos. Todos estos valores son obtenidos en campo.

Continúa la determinación del área de aporte, el tiempo de concentración y el coeficiente de esorrentía según se ha indicado anteriormente. Sigue las áreas equivalentes parcial y acumulada que son el resultado de la multiplicación de la columna 5 y columna 7. La columna 10 que representa el cálculo de la intensidad de lluvia con un periodo de retorno de 5 años.

La siguiente columna es la determinación del caudal para el tramo en cuestión con la determinación de áreas y coeficiente de esorrentía.

En el ejemplo:

Calle G en el tramo P1-P2

- Columna 1
Código pozo aguas arriba= P1
- Columna 2
Código pozo aguas abajo= P2
- Columna 3
Nombre de la calle= Calle G
- Columna 4
Longitud entre pozos= 100m
- Columna 5
Área de aportación parcial = 0.52 Ha.
- Columna 6
En la columna 6 se indica el valor del tiempo de concentración que para tramos de inicio $T_c = 12$ min
- Columna 7
Coeficiente de escorrentía = 0.50
- Columna 8
En la columna 8 se presenta la multiplicación del área de aporte por el coeficiente de escorrentía.
Área parcial equivalente= columna 5 *columna 7 = $A \cdot C = 0.52 \cdot 0.5 = 0.26$
- Columna 9
Área acumulada equivalente= $0.25 + 0.00 = 0.26$
- Columna 10
En la columna 10 se calcula la intensidad de lluvia con la siguiente expresión matemática:

$$I = \frac{212 * (5)^{0.123}}{(Columna6)^{0.47}} = 80.37 \text{ mm / hora}$$

$$I = \frac{212 * (5)^{0.123}}{(12)^{0.47}} = 80.37 \text{ mm / hora}$$

$$I = 80.37 / 0.36 = 223.25 \text{ mm / seg}$$

- Columna 11

En la columna 11 se determina el caudal de diseño mediante la ecuación:

$$Q = \text{Columna9} * \text{Columna10}$$

$$Q = CIA = 0.26 * 223.25$$

$$Q = 84l / s$$

Tabla 61.

Tabla de Cálculo: Parte II

12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
Tubería				Tiempo		Relaciones hidráulicas																					
J ‰	Ø mm	Llena		flujo L/60V	q/Q	vs/V	d/D	d m	PARAMETROS DE VELOCIDAD				V dis m/s														
		V(m/s)	Q(l/s)						TETA	A	P	R															
21	250	1,61	79	1,03	0,73	1,09	0,63	0,16	3,69	0,03	0,46	0,07	1,76														

- Columna 12

Pendiente del tramo en estudio (‰) = 20.6 = 21 (valor impuesto)

- Columna 13

Diámetro de tubería = 250mm (valor impuesto)

- Columna 14

Velocidad de tubería llena (m/s) = Calculada con la fórmula de Manning

$$V = \frac{1}{0.014} * \left(\frac{\text{Columna 13}}{4 * 1000}\right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{\text{Columna12}}{1000}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1.61 \text{ m/s}$$

- Columna 15

Caudal de la tubería llena=

$$Q = 0.7854 * \left(\frac{\text{Columna 13}}{1000}\right)^2 * (\text{Columna 14}) * 1000$$

$$Q = 79 \text{ l/s}$$

- Columna 16

Tiempo de flujo que toma el agua en recorrer la tubería=

$$Tf = \frac{\text{Columna 4}}{60 * \text{Columna 14}}$$

$$Tf = 1.03 \text{ s}$$

- Columna 17

Relación hidráulica entre caudal parcialmente llena y llena q/Q

$$q/Q = \text{Columna 11/ Columna 15} = 0.73$$

- Columna 18

Relación hidráulica entre velocidad de diseño y velocidad a tubo lleno vs/V

$$vs/V = \text{Columna 25/ Columna 14} = 1.09$$

- Columna 19

Relación hidráulica entre profundidad hidráulica y diámetro real d/D, valor obtenido entre la columna 17 y la tabla del Anexo 24.

- Columna 20

$$\text{Profundidad hidráulica} = \text{Columna 13} / 1000 * \text{columna 19} = 0.16$$

Las siguientes columnas son producto de cálculos matemáticos para la resolución de la velocidad de diseño.

- Columna 21

Ángulo teta que indica el valor entre el calado y la sección libre en la tubería= 3.69

$$\theta = 2 * \text{acos}\left(1 - \frac{2 * \text{Columna 20}}{\text{Columna 13}/1000}\right)$$

- Columna 22

$$\text{Área mojada} = 0.03$$

$$A = \frac{(Columna\ 13/1000)^2}{8} * (columna\ 21 - sen(columna21))$$

- Columna 23

Perímetro mojado = 0.46

$$P = \frac{1}{2} * columna13 * columna\ 21$$

- Columna 24

$$R = \frac{A}{P} = 0.07$$

- Columna 25

Velocidad diseño = 1.76

$$V = \frac{1}{0.014} * (Columna\ 24)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{Columna12}{1000}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Tabla 62.

Tabla de Cálculo: Parte III

26	27	28	29	30	31	32	33
Cotas terreno		Desnivel	Cotas proyec.		Salto m	Corte	
Arriba	Abajo	tramo m	Arriba	Abajo		Arriba	Abajo
2541,86	2539,86	2,06	2540,16	2538,10	0,00	1,70	1,76

Las columnas, desde N° 26 hasta N° 30 hacen referencia a los datos de cotas del terreno y cotas de proyecto, como se indica a continuación:

- Columna 26

Cota terreno aguas arriba = 2541.86 m (obtenido de la topografía)

- Columna 27

Cota terreno aguas abajo = 2539.86 m (obtenido de la topografía)

- Columna 28

Desnivel del tramo analizado = Columna 12/1000*Columna 4 = 2.06m

- Columna 29

Cota proyecto aguas arriba = Columna 26 – Columna 32= 2540.16 m

- Columna 30

Cota proyecto aguas abajo = Columna 29 – Columna 28= 2538.10 m

- Columna 31

Salto = Indica el Salto que puede tener entre la llegada de una tubería y la salida de otra en el mismo pozo de revisión.

- Columna 32

Corte aguas arriba = 1.70 m (valor impuesto)

- Columna 33

Corte aguas abajo = Columna 27 – Columna 30 = 1.76 m

En la misma hoja de cálculo existen formatos condicionales de color donde se identifique de color azul cuando exista el cumplimiento de los parámetros de diseño especificados en el Capítulo 9 y de color rojo cuando no se cumpla.










Longitud m		Fuera de los límites distanciametro entre pozo (Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias,1992)
		Cumple
J ‰		Fuera de los límites pendiente <10% (Fuente: Bases de diseño DAPAC-R,2017)
		Cumple pendiente >10%
q/Q		Fuera de los límites relación caudal de diseño con caudal de sección llena q/Q > 0.90 (Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009)
		Cumple q/Q < 0.90
d/D		Fuera de los límites relación del radio hidráulico para flujo parcialmente lleno y sección lleno d/D > 0.75 (Fuente: Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009)
		Cumple d/D < 0.75
V diseño m/s		Fuera de los límites de velocidad > 4.5 m/s para tubería PVC (Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias. Norma CO 10.07 – 601)
		Cumple velocidad < 4.5 m/s

Figura 113. Condicionales de color en Hoja de Cálculo

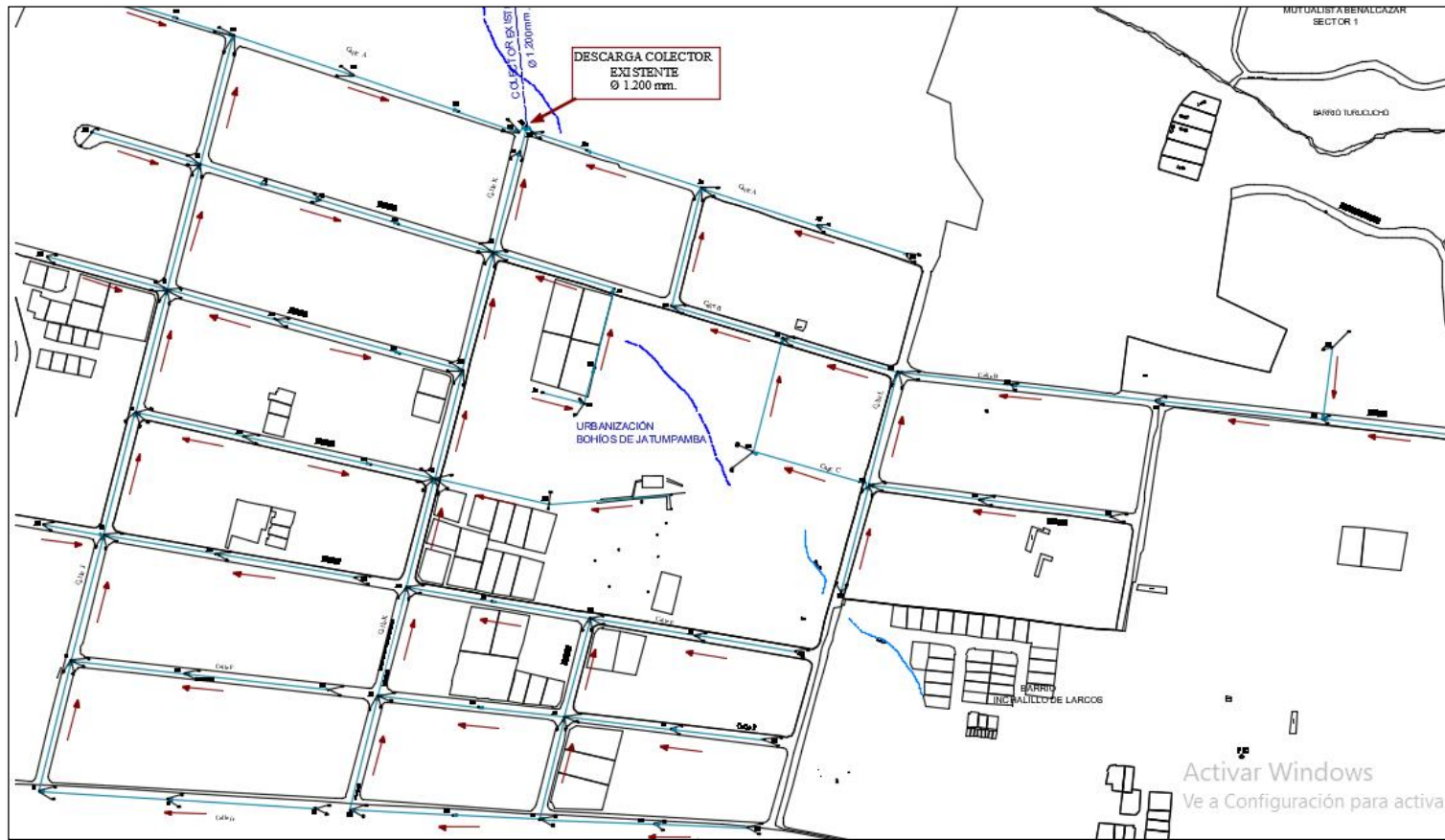


Figura 114. Esquema del flujo de agua- Rediseño Alcantarillado Pluvial

La información detallada del modelamiento hidráulico del rediseño de la red de Alcantarillado Pluvial se encuentra en el Anexo 28.

12.7. Presupuesto

Como parte del proyecto se ha desarrollado el presupuesto del rediseño de la red de alcantarillado pluvial, valor que asciende a la suma de \$ 1,103,330.105. En la siguiente tabla se detalla el costo total de presupuesto para la Urb. Bohíos de Jatumpamba.

Tabla 63.
Presupuesto Alcantarillado Pluvial – Urb. Bohíos de J.

DESCRIPCION	UNIDA D	CANTIDA D	P.UNITARI O	TOTAL
TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA				
REPLANTEO Y NIVELACION ZANJA (R)	m	5333.29	0.64	3,413.31
LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA (R)	m2	7999.94	2.05	16,399.87
MOVIMIENTOS DE TIERRA				
EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)	m3	10126.10	2.37	23,998.86
EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=2.76-3.99m (EN TIERRA)	m3	6494.78	2.83	18,380.23
EXCAVACION A MANO EN TIERRA (R)	m3	3808.00	8.72	33,205.76
EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO (ROCA)	m3	831.04	18.34	15,241.35
RASANTEO DE ZANJA A MANO (R)	m2	6933.28	1.66	11,509.24
CORTE DE ASFALTO (R)	m	260.00	1.33	345.80
ROTURA DE ASFALTO (R)	m2	144.00	10.95	1,576.80
LEVANTADO DE ADOQUIN DE HORMIGON (R)	m2	4605.60	1.16	5,342.50
ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA (R)	m2	469.84	12.6	5,920.01
CAMA DE ARENA (R)	m3	346.66	20.62	7,148.21
RELLENO COMPACTADO (MAT. EXCAVACION) (R)	m3	15916.35	4.66	74,170.17
SUMINISTRO TENDIDO Y COMPACTACION DE SUB-BASE CLASE II (R)	m3	1151.40	23.46	27,011.84
ENSAYOS DE DENSIDAD DE CAMPO (R)	u	108.00	34.5	3,726.00
REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e = 4" (R)	m2	260.00	18.86	4,903.60
READOQUINADO (MATERIAL EXISTENTE) (R)	m2	4605.60	5.01	23,074.06
BERMA DE H.S f'c = 180 Kg/cm2 (30 x 15 cm) (R)	m	88.00	11.9	1,047.20
ROTURA MANUAL DE ACERAS (R)	m2	168.00	3.9	655.20
HORMIGON DE REPOSICION EN ACERAS Y BORDILLOS	m2	168.00	16.82	2,825.76
DESALOJO DE MATERIAL 2KM CARGADO MECANICO (R)	m3	704.54	1.94	1,366.80
ANCLAJE HORMIGON				
HORMIGON SIMPLE f'c = 210 kg/cm2 (ANCLAJES) (R)	m3	17.00	159.65	2,714.05
MATERIAL PETREO PARA ACOSTILLADO TUBERIA (R)	m3	2946.25	23.46	69,119.07

DESCRIPCION	UNIDA D	CANTIDA D	P.UNITARI O	TOTAL
MEJORAMIENTO DE SUELO MANUAL (MATERIAL GRANULAR) (R)	m3	320.00	26.21	8,387.13
TUBERÍA				
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 280 mm (Øi 250 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	1601.59	27.73	44,412.09
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 335 mm (Øi 300 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	1173.60	40.92	48,023.71
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 400 mm (Øi 375 mm) S5 (MAT/TRANS/INST)	m	871.40	62.12	54,131.37
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 440 mm (Øi 400 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	440.90	65.63	28,936.27
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 540 mm (Øi 500 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	249.00	101.44	25,258.56
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 650 mm (Øi 600 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	699.80	137.54	96,250.49
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 760 mm (Øi 700 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	140.90	180.29	25,402.86
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 875 mm (Øi 800 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	67.20	250.27	16,818.14
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO Ø 975 mm (Øi 900 mm) S5 (MAT/TRANS/INST) (R)	m	88.90	302.28	26,872.69
CONSTRUCCION DE POZOS				
POZO REVISION H.S f'c = 210 kg/cm2 H = 0.00-1.26M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS) (R)	u	4.00	609.36	2,437.44
POZO REVISION H.S f'c = 210 kg/cm2 H = 1.26-1.75 M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS) (R)	u	25.00	597.56	14,939.00
POZO REVISION H.S f'c = 210 kg/cm2 H=1.76-2.25M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS) (R)	u	20.00	688.75	13,775.00
POZO REVISION H.S. f'c = 210 kg/cm2, H = 2.26-2.75M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS) (R)	u	11.00	762.04	8,382.44
POZO REVISION H.S. f'c = 210 kg/cm2, H=2.76-3.25M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS) (R)	u	6.00	856.27	5,137.62
POZO REVISION H.S. f'c = 210 kg/cm2, H=3.26-3.75M (TAPA, CERCO Y PELDAÑOS) (R)	u	1.00	940.22	940.22
SUMIDERO CALZADA TIPO I TUB. Ø 250 mm CERCO/REJILLA H.F 1.00 x 0.60 (PROVISION/MONTAJE) (R)	u	140.00	914.79	128,070.60
ACOMETIDA DOMICILIARIA				
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 250 x 160 mm (R)	u	59.00	92.01	5,428.59
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 300 x 160 mm (R)	u	53.00	96.39	5,108.67
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 375 x 160 mm	u	28.00	98.3	2,752.40
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 400 x 160 mm (R)	u	22.00	99.51	2,189.22
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 500 x 160 mm (R)	u	9.00	103.43	930.87
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 600 x 160 mm (R)	u	32.00	111.8	3,577.60
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 700 x 160 mm (R)	u	11.00	115.63	1,271.93
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 800 x 160 mm (R)	u	4.00	120.73	482.92
ACOMETIDA DOMICIL. TUBERIA PLASTICA ALCANTA. Øi 160 mm INC. SILLA YEE Øi 900 x 160 mm (R)	u	6.00	121.97	731.82
CAJA DE REVISION DE H.S 90 x 90 x 70 cm (TAPA H.A) (R)	u	224.00	194.86	43,648.64
CAMARA PARA POZOS TIPO B2 (Ø 700 mm - Ø 800 mm)				
EXCAVACION A MANO EN TIERRA (R)	m3	72.81	8.72	634.87
DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACION CON MAQUINA (R)	m3	72.81	3.69	268.66
HORMIGON SIMPLE f'c = 210 kg/cm2 (ANCLAJES) (R)	m3	25.40	159.65	4,055.11
HORMIGON SIMPLE f'c = 140 kg/cm2 (ANCLAJES) (R)	m3	0.92	150.76	138.70

DESCRIPCION	UNIDA D	CANTIDA D	P.UNITARI O	TOTAL
ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2 INTERIOR COLECTOR (CORTE Y COLOCADO)	kg	252.40	1.76	444.22
ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO (R)	m2	130.84	19.92	2,606.33
ESTRIBO GALV. DE POZO Ø 16mm (PROVISION Y MONTAJE)	u	40.00	18.24	729.60
<i>CAMARA PARA POZOS TIPO B3 (Ø 900 mm - Ø 1000 mm)</i>				
EXCAVACION A MANO EN TIERRA (R)	m3	61.97	8.72	540.33
DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACION CON MAQUINA (R)	m3	61.97	3.69	228.65
HORMIGON SIMPLE f'c = 210 kg/cm2 (ANCLAJES) (R)	m3	15.50	159.65	2,474.58
HORMIGON SIMPLE f'c = 140 kg/cm2 (ANCLAJES) (R)	m3	0.58	150.76	87.44
ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2 INTERIOR COLECTOR (CORTE Y COLOCADO)	kg	165.60	1.76	291.46
ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO (R)	m2	74.90	19.92	1,492.01
ESTRIBO GALV. DE POZO Ø 16mm (PROVISION Y MONTAJE)	u	20.00	18.24	364.80
<i>RUBROS DE SEGURIDAD</i>				
PASOS PEATONALES DE MADERA 1.2m ANCHO	m	20.00	39.27	785.40
CONO DE SEÑALIZACION VIAL FLUORESCENTE	u	16.00	34.53	552.48
SEÑALIZACION (LETREROS) (R)	u	15.00	111.78	1,676.70
CINTA REFLECTIVA DE SEGURIDAD (ROLLO)	u	15.00	23.39	350.85

985,116.17**PRESUPUESTO**

985,116.17

IVA=12.0%

118,213.94

PRESUPUESTO MAS IVA**1,103,330**

CAPÍTULO 13

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

Luego de contemplar toda la evaluación y plantear las alternativas necesarias para el rediseño del sistema de agua potable y alcantarillado pluvial de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba, se puede establecer las siguientes conclusiones:

- Los usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado cuentan actualmente con sistemas que fueron construidos hace 30 años por lo que existe una necesidad inminente de cambio de tubería al cumplir ya su periodo de vida útil.
- Las encuestas realizadas permitieron caracterizar que el consumo de es de uso doméstico, el ingreso promedio de los hogares en gran porcentaje supera \$2000 dólares, existe una cobertura del 99% en el servicio de agua potable y 98% en el servicio de alcantarillado mientras que existe un pequeño porcentaje que no cuenta con acometidas domiciliarias de los servicios antes mencionados porque existen lotes baldíos que posteriormente se han subdividido y no han realizado la respectiva solicitud de acometida. Menos de la mitad de los encuestados se encuentran inconformes con el servicio de agua potable debido a cortes repentinos por fugas en las tuberías.
- El catastro de los dos sistemas agua potable y alcantarillado pluvial se digitalizaron a través del programa ArcGIS y AutoCAD. Esta información permite organizar, planificar y controlar todas las actividades relacionadas como son los trabajos en campo y gabinete.
- La proyección de la población para el rediseño del sistema de agua potable fue considerada para 25 años, periodo en el cual el número de habitantes de 509 en el año 2017 pasará a ser de 1098 habitantes en el año 2042. La población futura considera la población de saturación

cuando todos los predios sean habitados contemplando futuras subdivisiones de los lotes a un área mínimo de 750m².

- La dotación futura es de 200 l/hab/día; de esta manera se obtuvo el Caudal Medio Diario (Qm) es de 2.99 l/s, el Caudal Máximo Diario (QMD) es de 4.48 l/s y finalmente el caudal Máximo Horario es de 6.87 l/s.
- Los resultados obtenidos de los análisis de calidad de agua en dos viviendas de la Urbanización Bohíos de Jatumpamba y del agua en el tanque El Chaupi antes del proceso de desinfección, si cumplen con las normas de calidad INEN 1108; esta afirmación se fundamenta al comparar los límites admisibles de la norma y los resultados obtenidos en análisis físicos, químicos y biológicos realizados en el laboratorio de medio ambiente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y en el Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM).
- Las dos mediciones realizadas in situ del cloro residual en el tanque El Chaupi y la entrada de guardianía de la Urb. Bohíos de Jatumpamba cumplen con los límites permisibles entre 0.3 y 1.5 mg/l, es decir el agua potable se encuentra en condiciones aceptables para el consumo humano.
- El presupuesto que se calculó para la red de distribución del sistema de agua potable para la Urbanización Bohíos de Jatumpamba es de \$358 011.78 con rubros obtenidos de la base de datos de la Dirección de Comercialización del cantón Rumiñahui.
- La línea de transmisión existente es de 1736 m de 250mm PVC de 1.25 Mpa de presión de trabajo, inicia en el tanque El Chaupi (Cota= 2603.5) hasta la intersección con la Av. General Rumiñahui (Cota = 2548.71). Esta línea tiene 10 años de instalación, después de cumplir su periodo de vida año 2037 se plantea el cambio de tubería a una red de 200 mm PVC de 1.25 Mpa.
- Para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico hacia el sector de estudio se realizó dos alternativas de rediseño del sistema de agua potable, donde la alternativa ganadora plantea básicamente la

incorporación de un tanque de 1000m³ adicional al existente de 500m³ para abastecer a seis sistemas entre ellos la Urbanización Bohíos de Jatumpamba. El rediseño se sustentó a través de un balance de oferta y demanda del cual la demanda para el año 2042 es de 36.52 l/s y la oferta hídrica será 30 l/s de la vertiente El Chaupi y 8 l/s de la Vertiente Molinuco.

- El presupuesto para el nuevo tanque de reserva de 1000m³ es de \$248 882.71 y el valor para la línea de transmisión es de \$141 886.50. Valores que se detallan en la sección de presupuestos.

Así también, para el rediseño de alcantarillado pluvial se consideró las siguientes conclusiones:

- De la evaluación física del sistema de alcantarillado pluvial existente a través de una cámara de inspección, se evidenció que el 40% de los pozos de revisión presentan sedimentos de arcilla y lodos que dificultan el flujo libre del agua lluvia. Las escaleras de acceso hacia los pozos se encuentran en 25% en estado de deterioro mientras que existen pozos sin escaleras lo cual interfiere en el mantenimiento. Por otro lado, la evaluación interna de las tuberías evidencian obstrucciones por presencia de arenas y piedras introducidas por las vías con superficie de tierra y desgaste de la tubería de Hormigón centrifugado.
- De la evaluación hidráulica se concluye que el 25% aproximado de los tramos analizados no cumplen con alineamientos basados en la normativa como el espaciamiento mínimo entre pozos, el límite mínimo de pendiente (10%) y trabajan a tubería llena lo que puede provocar sobrepresiones que terminarán con la fractura de las redes. Todos los factores anteriormente mencionados y la edad de las tuberías de hormigón centrifugado fundamentan la sustitución de las tuberías.
- La nueva red proyectada de alcantarillado pluvial de la Urb. Bohíos de Jatumpamba garantiza el cumplimiento de velocidades mínimas para evitar la sedimentación en las tuberías y la consideración de velocidades máximas para evitar la abrasión.

- La descarga actual y futura del alcantarillado pluvial continúa siendo el colector ubicado en la calle A, al norte de la urbanización.
- El monto estimado para el sistema de alcantarillado pluvial en la Urbanización Bohíos de Jatumpamba es de \$ 1 103 330.10.

13.2. Recomendaciones

- Es necesario señalar que abordar el estudio de calidad de agua no debe reducirse tan solo a los ensayos físicos, químicos y bacteriológicos de un punto en particular, sino que engloba otros factores relacionados como el cuidado y mantenimiento de vertientes y tanques para precautelar su calidad. Por ello se recomienda el mantenimiento de la vertiente El Chaupi y la impermeabilización del tanque El Chaupi.
- Verificar continuamente las medidas de cloro residual en viviendas, para garantizar una buena infección considerando que el valor no debe ser menor a 0.3 mg/l o mayor a 1,5 mg/l. Al mismo tiempo realizar programas de control del suministro de cloro gas hacia el Tanque El Chaupi por parte del técnico responsable.
- En las calles con superficie de tierra se recomienda que se realice el respectivo cambio de tubería y la pavimentación de la vía para evitar que arenas o piedras al ingresar en las redes obstaculicen el flujo del agua.
- En las calles con superficie de tierra se recomienda que se realice el respectivo cambio de tubería y la pavimentación de la vía para evitar que arenas o piedras al ingresar en las redes obstaculicen el flujo del agua.

Bibliografía

- Aguirre Oscullo, J. A., & Tipán Aguirre, B. D. (2017). *Evaluación y Rediseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento para la Urb. Bohíos de Jatumpamba, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pícincha*. Quito: Universidad Escuela Politécnica Nacional.
- Cáceres, O. (1971). *Manual para la desinfección de aguas mediante la cloración*. Lima: Ministerio de Salud.
- Calvet, M., Corbella, E., García, A., López, C., Tayá, X., & Tomás, R. (2008). *Autocontrol en el servicio de suministro de agua. Manual básico de gestión de los riesgos para la salud*. Barcelona: Diputación de Barcelona. Área de Presidencia. Dirección de Comunicación.
- Chaucachicaiza, A. F., & Orozco, L. S. (2012). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- CICAM. (2017). *Informe Técnico de toma de muestras de las redes de abastecimiento de agua potable en el Cantón Rumiñahui*. Quito: Centro de Investigaciones y Control Ambiental.
- CIDTA. (2015). *Redes de Abastecimiento de Aguas: Partes del Abastecimiento y Tipo de Redes*. Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico del Agua. Sección 1. Obtenido de <http://cidta.usal.es/Cursos/redes/modulos/Libros/unidad%202/introduccion.PDF>
- CIDTA. (2015). *Redes de Abastecimiento de Aguas: Partes del Abastecimiento y Tipo de Redes*. Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico del Agua. Sección 2. Obtenido de <http://cidta.usal.es/Cursos/redes/modulos/Libros/unidad%202/tiposredes.PDF>

- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Daza Orellana, M., & Pérez León, P. (2013). *Estudio para determinar la variación del coeficiente de escorrentía y su impacto en la capacidad de la red de alcantarillado en los colectores de las calles Arirumba e Imbabura*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- EMAAP. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito: Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable.
- Estrella Aguilar, R., Orozco Vásquez, H., & Monsalve Riquetti, S. (1971). *Estudio comparativo entre los métodos racional-americano e Italiano para el cálculo de alcantarillados*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Franco, L. E. (2006). *Cálculo de redes de agua potable considerando flujo permanente*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- GADMUR Rumiñahui. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2025. Actualización 2014-2019*. Sangolquí: Gadmur.
- GADMUR Rumiñahui. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Sangolquí: Gadmur.
- Gonzáles, L. F., & Barrantes, L. B. (2004). *Cinética química aplicada a los procesos de descomposición de los Fármacos*. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Ilaya Ayza, A. E. (2011). *Diseño de Redes de Alcantarillado Pluvial*. Obtenido de Universidad Técnica de Oruro: http://docentes.uto.edu.bo/ailayaa/wp-content/uploads/DISE%C3%91O_ALCANTARILLADO_PLUVIAL.pdf

- INAMHI. (2015). *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación*. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- INEN. (1992). *Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9-1*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito: Inen.
- INEN. (2014). *NTE INEN 1108. Agua Potable. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- INGECONSULT. (2014). *Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado*. Sangolquí: Ingeniería de Consulta y Desarrollo Sostenible.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (12 de Septiembre de 2010). *Ecuador en Cifras*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Kelly, D., & O'Day, D. (1982). Organizing and analyzing leak and break data for making replacement decisions. *AWWA*, 589-594.
- Lu, W., Kiéné, L., & Lévi, Y. (1999). *Chlorine demand of biofilms in water distribution systems*. Water Research.
- Makar, J. M., Desnoyers, R., & McDonald, E. (2013). Failure modes and mechanisms in gray cast iron pipe. *Institute for Research in Construction*, 3-4.
- Martínez, A. (27 de Junio de 2017). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/andres-martinez/minimo-vital-agua-ecuador>
- Martínez, A. (30 de Mayo de 2017). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/andres-martinez/influencia-agua-y-saneamiento-calidad-vida>
- MIDUVI. (1992). *Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias. Norma CO 10.07 - 601*.
- Moreno, I. A. (Enero de 2006). *Diseño de la red de distribución de agua potable de las comunidades del Tigrito Mataruca y el Pardilla. Municipio*

- Guaicaipuro.Estado Miranda.Universidad Simón Bolívar*. Obtenido de <http://159.90.80.55/tesis/000130946.pdf>
- OMS. (2017). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. New York: DESA.
- PNUD. (2015). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/resources.html>
- Pradillo, B. (12 de Septiembre de 2016). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- REITEC. (18 de Abril de 2017). *REITEC. Servicios de ingeniería*. Obtenido de <http://www.reitec.es/Pdf/agua01.pdf>
- SIAPA. (2014). *Criterios y Linemaientos Técnicos para Factibilidades. Agua Potable*. Guadalajara: Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado.
- SIAPA. (2014). *Criterios y Linemientos Técnicos para Factibilidades. Alcantarillado Pluvial*. Guadalajara: Sistema Intermunicipal para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. .
- Tchobanoglous, G. (1985). *Water Quality*. Canadá: Addison-Wesley.
- Trifunovic, N. (2006). *Introduction to urban water distribution*. New York: Taylor & Francis.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2000). *Epanet 2, manual de usuario*. Cincinnati: Cincinnati.
- UNASAM. (2014). *Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Apuntes Abastecimeinto de Agua y Alcantarillado*. Obtenido de <https://www.udocz.com/embed/abastecimiento-de-agua-y-alcantarillado-fic-unasam>

Vieira, P. A. (2002). *Decaimento do Cloro em Sistemas de Distribuição Para Consumo Humano*. Lisboa: Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil.