



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA
URBANIZACIÓN BANCO DE FOMENTO, CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA
PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de INGENIERO CIVIL

AUTOR. LUIS JONATHAN MARTÍNEZ MARTÍNEZ

TUTOR. BYRON ANDRÉS HEREDIA HIDALGO

Quito - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Jonathan Martínez Martínez con documento de identificación N° 0502877905
manifiesto que.

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 13 de enero del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, reading "Luis Jonathan Martínez Martínez", is written over a horizontal line. The signature is enclosed in a blue oval.

Luis Jonathan Martínez Martínez

0502877905

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luis Jonathan Martínez Martínez con documento de identificación N° 0502877905, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico. “Evaluación y rediseño del sistema de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de enero del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, reading "Luis Jonathan Martínez Martínez", is written over a horizontal line. The signature is enclosed in a blue oval.

Luis Jonathan Martínez Martínez

0502877905

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Byron Andrés Heredia Hidalgo con documento de identificación N° 1719147066, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación. EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA URBANIZACIÓN BANCO DE FOMENTO, CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA PICHINCHA, realizado por Luis Jonathan Martínez Martínez con documento de identificación N° 0502877905, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de enero del 2022

Atentamente,



Ing. Byron Andrés Heredia Hidalgo, M.Sc.

1719147066

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios, por darme la fortaleza para poder culminar mi formación académica.

A mis padres Luis y Mercy quienes con su esfuerzo, amor y apoyo incondicional me han permitido cumplir con una meta más en mi vida, gracias por ser un ejemplo a seguir, por guiarme por el camino correcto y no dejar que me rinda.

A mis hermanas Pamela y Anabel por su cariño y apoyo brindado durante todo este tiempo, gracias por su amor y respeto.

A mi hermano Israel por siempre creer en mí y darme fuerzas para no rendirme, gracias por tu apoyo incondicional.

A mi cuñada Leidy y mi sobrina Romina por todo ese amor y cariño brindado en todo el tiempo que han pasado junto a mí.

A toda mi familia por su apoyo, consejos y buenos deseos que me han brindado siempre.

Por último, a todos mis amigos por siempre estar presente con sus palabras de apoyo, en todo este tiempo, gracias por todo.

Luis Jonathan Martínez Martínez

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas, por darme esa fuerza para no rendirme nunca.

A mis padres, hermanos, abuelos, tíos y primos por siempre estar pendientes de mí y apoyarme en todas las decisiones que he tomado al transcurso de mi vida.

Al Ing. Byron Heredia por guiarme desde el primer día que empecé a realizar este trabajo, brindándome sus conocimientos.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, en especial al Ing. Nelson Pedraza por todo el apoyo brindado y siempre estar pendiente para que el trabajo se realice de manera correcta.

A todas las personas que han agregado un granito de arena para poder cumplir con este objetivo de vida gracias por todo.

Luis Jonathan Martínez Martínez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos y Alcance.	2
1.2.1 Objetivo general.	2
1.2.2 Objetivo específico.....	2
1.2.3 Alcance.....	3
1.3 Antecedentes.	3
1.4 Aspectos físicos.....	4
1.4.1 Ubicación geográfica.....	4
1.4.2 Área de estudio.....	5
1.4.3 Distribución general de uso de suelo.....	6
1.4.4 Tipo de suelo.	8
1.4.5 Topografía y relieve.	9
1.4.6 Infraestructura y Servicios.	9
1.5 Análisis de estudio de suelos.....	10
1.6 Estudio Geotécnico.....	12
1.6.1 Geología.	12
1.7 Descripción de la situación actual.	13

1.7.1	Población.....	13
1.7.2	Educación.....	14
1.7.3	Salud.....	16
1.7.4	Aspecto Económico.....	17
1.7.5	Línea Base.....	19
CAPÍTULO II.....		20
MARCO TEÓRICO		20
2.1	Bases de diseño. Sistema de distribución de agua potable.....	20
2.1.1	Diagnóstico del sistema de abastecimiento existente para situación actual y futura.....	20
2.1.1.1	Distribución.....	21
2.1.1.2	Acometidas.....	22
2.1.2	Parámetros de Diseño.....	23
2.1.2.1	Periodo de diseño.....	24
2.1.2.2	Análisis poblacional.....	25
2.1.2.3	Cifras de consumo.....	28
2.1.2.4	Presiones en la red.....	33
2.1.3	Evaluación del Sistema de Agua Potable.....	34
2.1.3.1	Consumos.....	35
2.1.3.2	Dotación.....	36

2.1.3.3	Caudales de diseño.	40
2.1.3.4	Evaluación del Tanque de abastecimiento.....	41
2.1.3.5	Análisis del Sistema de Agua Potable.	51
2.1.3.6	Calidad de agua.	62
2.1.3.7	Conclusiones de la evaluación del sistema actual.	65
2.1.4	Formulación de las alternativas del proyecto de rediseño.....	66
2.1.4.1	Alternativa 1.	67
2.1.4.2	Alternativa 2.	67
CAPÍTULO III		68
METODOLOGÍA		68
3.1	Cálculos y diseños. Sistema de distribución de agua potable.	68
3.1.1	Descripción de la red de distribución.....	68
3.1.2	Consideraciones en la red de distribución.....	69
3.1.3	Distribución de gastos en los nudos.	69
3.1.4	Determinación de diámetros y cálculos de presiones.....	77
3.1.5	Determinación de pérdidas de carga.	77
3.1.6	Diseño de la red de distribución.....	79
3.1.7	Análisis de la red de distribución mediante el software WaterGEMS.	
	81	
3.1.7.1	Diseño alternativa 1.	82

3.1.7.2	Diseño alternativa 2	88
CAPÍTULO IV	.....	99
IMPACTO AMBIENTAL	.....	99
4.1	Generalidades.	99
4.2	Identificar el Impacto ambiental.....	99
4.3	Descripción del impacto ambiental.	100
4.4	Impactos positivos.....	100
4.5	Impactos negativos.....	101
4.6	Matriz de Leopold	101
4.7	Medidas de mitigación.	108
CAPÍTULO V	.....	109
PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA	.....	109
5.1	Presupuesto Referencial.	109
5.1.1	Presupuesto sistema de agua potable alternativa 1.....	109
5.1.2	Presupuesto sistema de agua potable alternativa 2.....	110
5.2	Cronograma.	110
CAPÍTULO VI	.....	111
ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO	.....	111
6.1	Introducción.....	111
6.2	Viabilidad económica.....	111

6.3	Viabilidad financiera.	111
6.4	Indicadores económicos.	112
6.4.1	Valor actual neto (VAN).....	112
6.4.2	Tasa interna de retorno (TIR).....	113
6.4.3	Beneficio - costo.....	113
6.5	Inversión del proyecto.	114
6.6	Egreso por operación y mantenimiento.....	114
6.6.1	Operación y mantenimiento alternativa 1.	114
6.6.2	Operación y mantenimiento alternativa 2.	116
6.7	Ingresos del proyecto.....	117
6.8	Flujo de caja	119
	CONCLUSIONES.....	123
	RECOMENDACIONES.....	128
	REFERENCIAS	130
	ANEXOS	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ubicación Geográfica, Urbanización Banco de Fomento</i>	5
Tabla 2. <i>Uso de suelo. Urbanización Banco de Fomento</i>	6
Tabla 3. <i>Orden de suelos Cantón Rumiñahui</i>	8
Tabla 4. <i>Resumen del estudio geofísico. Resistividad real sector Mushuñán</i>	11
Tabla 5. <i>Resumen de características geoelectricas de capas Identificadas</i>	11
Tabla 6. <i>Resumen del estudio geofísico. Resistividad real sector Salgado</i>	12
Tabla 7. <i>Distribución de la población año 2010</i>	14
Tabla 8. <i>Densidad Poblacional a nivel Parroquial</i>	14
Tabla 9. <i>Nivel de instrucción educativo</i>	15
Tabla 10. <i>Tasa de analfabetismo inter-censal (2001-2010)</i>	15
Tabla 11. <i>Infraestructura y Servicios de Establecimientos de Salud.</i>	17
Tabla 12. <i>Población Económicamente Activa</i>	18
Tabla 13. <i>Matriz de Línea Base</i>	19
Tabla 14. <i>Fuentes de Caudal</i>	20
Tabla 15. <i>Vida útil sugerida para los elementos de un sistema.</i>	24
Tabla 16. <i>Población y tasas de crecimiento intercensal de 2010-200.</i>	26
Tabla 17. <i>Proyección de la población.</i>	28
Tabla 18. <i>Datos de consumo Urbanización Banco de Fomento</i>	28
Tabla 19. <i>Dotación recomendada</i>	31
Tabla 20. <i>Promedio de personas por hogar, según cantón,</i>	37
Tabla 21. <i>Promedio de persona por hogar, según conteo,</i>	37
Tabla 22. <i>Dotación Residencial</i>	38

Tabla 23. <i>Dotación Residencial "Censo realizada"</i>	38
Tabla 24. <i>Consumo Comercial</i>	39
Tabla 25. <i>Dotación Comercial "Censo Realizada"</i>	39
Tabla 26. <i>Dotaciones para edificaciones de uso específico</i>	40
Tabla 27. <i>Caudales para años futuros</i>	41
Tabla 28. <i>Curva de Masa Época Actual</i>	45
Tabla 29. <i>Curva de Masa 25 años</i>	46
Tabla 30. <i>Caudales de oferta</i>	48
Tabla 31. <i>caudales de demanda</i>	48
Tabla 32. <i>Oferta - Demanda</i>	49
Tabla 33. <i>Especificaciones para tuberías de PVC</i>	52
Tabla 34. <i>Presiones tomadas en campo</i>	53
Tabla 35. <i>Presiones- waterGEMS</i>	54
Tabla 36. <i>Dosificación de Cloro Gas cilindros de 68 Kg</i>	64
Tabla 37. <i>Datos de diseño para 25 años</i>	71
Tabla 38. <i>Caudales para cada nodo Alternativa 1</i>	71
Tabla 39. <i>Caudales para cada nodo Alternativa 2</i>	74
Tabla 40. <i>Especificaciones para tuberías de PVC</i>	77
Tabla 41. <i>Coeficientes de Rugosidad para Tubería Nueva</i>	79
Tabla 42. <i>Curva de Masa 25 años</i>	80
Tabla 43. <i>Presiones rediseño subredes 6.00 AM</i>	82
Tabla 44. <i>Acciones para cada etapa</i>	102
Tabla 45. <i>Factores Ambientales</i>	102

Tabla 46. <i>Matriz de interrelación Acción – Factores ambientales.</i>	103
Tabla 47. <i>Magnitud de impacto.</i>	104
Tabla 48. <i>Importancia de impacto.</i>	104
Tabla 49. <i>Matriz de Leopold para la etapa de construcción.</i>	105
Tabla 50. <i>Matriz de Leopold para la etapa de operación y mantenimiento.</i> ..	106
Tabla 51. <i>Matriz de Leopold para la etapa de cierre y abandono.</i>	107
Tabla 52. <i>Impacto positivo - Impacto negativo.</i>	108
Tabla 53. <i>Presupuesto referencial alternativa 1.</i>	109
Tabla 54. <i>Presupuesto referencial alternativa 2.</i>	110
Tabla 55. <i>Mantenimiento-Válvulas reductoras de presión Alternativa 1.</i>	115
Tabla 56. <i>Mantenimiento-Válvulas reductoras de presión Alternativa 2.</i>	116
Tabla 57. <i>Categoría Residencial.</i>	117
Tabla 58. <i>Categoría Comercial.</i>	118
Tabla 59. <i>Ingresos Urbanización Banco de Fomento.</i>	119
Tabla 60. <i>Flujo de caja Alternativa 1.</i>	120
Tabla 61. <i>Indicadores Económicos Alternativa 1.</i>	121
Tabla 62. <i>Flujo de caja Alternativa 2.</i>	121
Tabla 63. <i>Indicadores Económicos Alternativa 2.</i>	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Delimitación, Urbanización Banco de Fomento</i>	4
Figura 2 . <i>Ubicación, Urbanización Banco de Fomento</i>	5
Figura 3. <i>Área de estudio, Urbanización Banco de Fomento</i>	6
Figura 4. <i>Uso de suelo. Conjuntos y Departamentos</i>	7
Figura 5. <i>Uso de suelo. Locales Comerciales y Negocios</i>	7
Figura 6. <i>Topografía y Relieve. Urbanización Banco de Fomento</i>	9
Figura 7. <i>Sistema de Agua Potable, Urbanización Banco de Fomento</i>	10
Figura 8. <i>Corte Geoeléctrico RM15-1</i>	13
Figura 9. <i>Unidad Educativa. Oswaldo Guayasamín.</i>	16
Figura 10. <i>Local Comercial</i>	18
Figura 11. <i>Conjuntos habitacionales</i>	18
Figura 12. <i>Tanque de Abastecimiento Salgado</i>	21
Figura 13. <i>Conexiones del Pozo Profundo</i>	22
Figura 14. <i>Conexión de salida</i>	22
Figura 15. <i>Acometida de agua potable.</i>	23
Figura 16. <i>Consumos Mensuales</i>	29
Figura 17. <i>Porcentaje de tarifas</i>	30
Figura 18. <i>Promedio mensual de consumos</i>	30
Figura 19. <i>Daños en el sistema de agua potable</i>	34
Figura 20. <i>Fugas de agua del sistema actual</i>	35
Figura 21. <i>Consumos Residenciales</i>	35
Figura 22. <i>Consumo Comercial</i>	36

Figura 23. <i>Medición de volúmenes de tanque de abastecimiento</i>	42
Figura 24. <i>Multiplicadores</i>	43
Figura 25. <i>Volumen vs Tiempo</i>	47
Figura 26. <i>Tanque de abastecimiento WaterGEMS.</i>	50
Figura 27. <i>Estructura para rebose-tanque Salgado.</i>	51
Figura 28. <i>Manómetro</i>	52
Figura 29. <i>Presiones 6.00 AM - año 2021</i>	57
Figura 30. <i>Presiones 6.00 AM - año 2031</i>	57
Figura 31. <i>Presiones 6.00 AM - año 2036</i>	59
Figura 32. <i>Presiones 6.00 AM - año 2046</i>	60
Figura 33. <i>Caseta de cloración</i>	62
Figura 34. <i>Cilindros de 68 Kg.</i>	63
Figura 35. <i>Equipos de cierre de válvulas y protección.</i>	63
Figura 36. <i>Sistema con tanques de 68 Kg.</i>	65
Figura 37. <i>Zonas de presiones en el sistema de agua potable alternativa 1.</i>	87
Figura 38. <i>Presiones rediseño red completa 7.00 AM.</i>	88
Figura 39. <i>Zonas de presiones en el sistema de agua potable alternativa 2.</i>	91
Figura 40. <i>Tanque de abastecimiento WaterGEMS- Alternativa 1.</i>	92
Figura 41. <i>Tanque de abastecimiento WaterGEMS- Alternativa 2.</i>	92
Figura 42. <i>Sistema estándar de reducción de presión.</i>	94
Figura 43. <i>Sistemas de reducción de grandes diferencias de presión.</i>	95
Figura 44. <i>Pala Mecánica.</i>	96
Figura 45. <i>Primer Estrato-Calicata.</i>	97

Figura 46. <i>Segundo Estrato- Calicata</i>	97
Figura 47. <i>Tercer estrato- Calicata</i>	98
Figura 48. <i>Calicata- Urbanización Banco de Fomento</i>	98

RESUMEN

El proyecto Evaluación y Rediseño del sistema de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento está enfocado en valorar los problemas que sufre el sistema actual, evaluarlos y de ser el caso realizar un rediseño completo del mismo, cumpliendo con todos los parámetros de diseño.

Para esto se realizó recorridos del sector, que nos ayudó a identificar los problemas que tiene la red de agua potable como son fugas y daños en instalaciones domiciliarias, de igual forma se llevó a cabo un conteo de habitantes y número de medidores para recolectar información que se utilizó para la evaluación del sistema de agua potable.

Luego de recolectar toda la información necesaria para evaluar el sistema de agua potable se modeló la red en el programa WaterGEMS, obteniendo valores que no se encuentran en el rango aceptable por la normativa IMEN 5, hay que señalar que la evaluación se la realizó para la época actual y años futuros, para 10 años, 15 años y 25 años.

Una vez terminada la evaluación se realizó el rediseño del sistema de agua potable para 25 años, donde se diseñó y modeló dos alternativas, las cuales cumplen con los parámetros de diseño otorgados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui y lo que dictan las normativas vigentes.

Estas dos alternativas constan de un presupuesto referencial y su cronograma valorado, de igual forma un análisis económico-financiero, este último para saber la viabilidad de las alternativas siendo favorables para los dos casos.

ABSTRACT

The project Evaluation and Redesign of the Drinking Water System of the Banco de Fomento Urbanization is focused on assessing the problems that the drinking water system suffers, pointing out them and, if they are significant, carrying out a complete redesign of the system, complying with all the design parameters.

For this purpose, tours of the sector were carried out, which helped us to identify the problems that the drinking water network has, such as water leaks, damage to tap collars and home facilities. Likewise, a survey was carried out among the inhabitants to collect information that was used for the evaluation of the drinking water system.

After collecting all the information needed to evaluate the drinking water system, the network was modeled in the WaterGEMS program, obtaining values that are not within the acceptable range by the regulations, it should be noted that the evaluation was carried out for the current period and future years, for 10 years, 15 years and 25 years.

Once the evaluation was completed, the drinking water system was redesigned for 25 years, where two alternatives were designed and modeled, which comply with the design parameters granted by the Autonomous Decentralized Municipal Government of Rumiñahui and with the regulations in force.

These two alternatives consist of a reference budget and its estimated timetable, as well as an economic-financial analysis, the latter to determine the viability of the alternatives being favorable for both cases.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción.

El proyecto técnico “Evaluación y Rediseño del Sistema de Agua Potable de la Urbanización Banco de Fomento, Cantón Rumiñahui, Provincia Pichincha” tiene como propósito determinar las posibles fallencias del sistema de agua potable en funcionamiento, el crecimiento poblacional que se ve reflejado en el incremento de construcciones habitacionales que van cambiando el índice del crecimiento poblacional de forma acelerada en la Urbanización Banco de Fomento.

La vida útil del sistema es de aproximadamente 18 años, en los que se han podido observar afectaciones en ciertos tramos como roturas de tuberías, daño en collarines de toma que son muy evidentes al realizar un recorrido por el sector, de igual forma se debe tomar en cuenta los daños por algún efecto de la naturaleza.

Con respecto al índice de crecimiento poblacional se puede evidenciar cambios a medida que pasan los años, en un inicio se tenía previsto por cada lote de terreno una vivienda, en la actualidad existen conjuntos habitacionales y departamentos que incrementan la población.

Se recolectará información que nos permita realizar la evaluación del sistema implantado en la Urbanización, dicha red consta de un tanque de abastecimiento de nombre Salgado de 600 metros cúbicos ubicado en el barrio Salgado, el cual garantiza la dotación, de igual forma se evaluará al tanque reserva y verificará su capacidad máxima en función del periodo de diseño.

El Rediseño del Sistema de Agua Potable tomará en considerará el crecimiento poblacional, análisis de la densidad de la población en un periodo de diseño de 25 años en oferta y demanda. El área de intervención está comprendida entre el tanque Salgado y la calle Gonzanama, sector Mushuñan.

1.2 Objetivos y Alcance.

1.2.1 Objetivo general.

Realizar la evaluación del sistema de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento y el rediseño de la misma, para garantizar el suministro de agua potable y su correcto funcionamiento.

1.2.2 Objetivo específico.

- Evaluar el sistema de agua potable ya existen en la Urbanización Banco de Fomento para las condiciones presentes.
- Reunir información existente de la Urbanización Banco de Fomento del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui (GADMUR).
- Evaluación del sistema de agua potable para años futuros de funcionamiento, 10, 15, 25 años a futuro.
- Realizar un rediseño del sistema de agua potable considerando los problemas localizados.
- Presentar un presupuesto referencial y plano de diseño base del sistema rediseñado tomando en consideración rubros definidos.

1.2.3 Alcance.

El alcance del proyecto técnico es definir una nueva red de distribución de agua potable en la Urbanización Banco de Fomento, tomando como parámetros principales el crecimiento poblacional, análisis de la densidad de la población en un periodo de diseño de 25 años en oferta y demanda.

En primera instancia se centra en la evaluación hidráulica de la red de distribución de agua potable implantada considerando las nuevas condiciones de habitabilidad de la Urbanización Banco de Fomento.

Para empezar con la evaluación del sistema de agua potable se tendrá que determinar ciertos parámetros, que nos ayudaran a cumplir con nuestros objetivos siempre tomando la mejor opción y la más eficiente para que la red cumpla con todos los requerimientos del sistema como son correcta dotación, cumplimiento de velocidades y presiones.

El proyecto se concentrará en la evaluación técnica y económica de la nueva red de distribución de agua potable generando por lo menos dos alternativas hidrosanitarias.

1.3 Antecedentes.

La Urbanización Banco de Fomento fundada en el año 2003, consta de una red de agua potable con un tiempo de funcionamiento de aproximadamente 18 años, esto y que la densidad poblacional se incrementa cada año, se ha visto en la necesidad de evaluar el sistema ya existente y en caso de no cumplir con los parámetros de funcionamiento se realizara un rediseño del mismo.

El grupo o personas que se beneficiaran directamente al realizar este trabajo son las que poseen predios en la Urbanización Banco de Fomento, el impacto que tendrá el

proyecto será muy beneficioso ya que tendrán un sistema de agua potable óptimo, sin problemas de abastecimiento ni de daños en la red.

1.4 Aspectos físicos.

1.4.1 Ubicación geográfica.

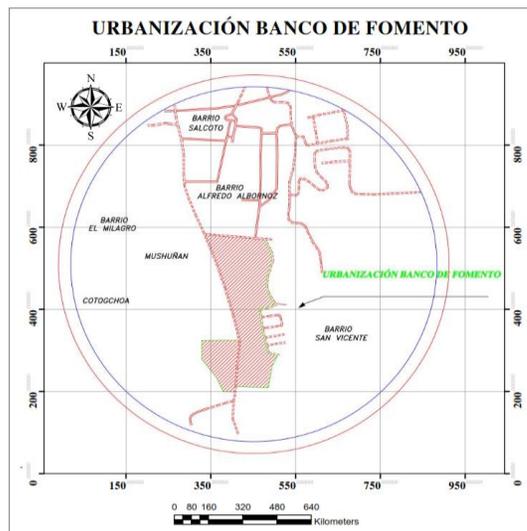
La Urbanización Banco de Fomento se encuentra ubicada en el sector Mushuñan perteneciente al Cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

la delimitación con respecto a la Urbanización se encuentra de la siguiente manera y se puede observar en la figura 1.

- Norte. Barrios Inchalillo / Alfredo Albornoz
- Sur. Barrio Salgado
- Este. Barrio San Vicente
- Oeste. Barrio Mushuñan

Figura 1.

Delimitación, Urbanización Banco de Fomento



Nota. Se presentan los límites de la urbanización Banco de Fomento. Fuente.

GADMUR.

Con respecto a las coordenadas geográficas y UTM del proyecto.

Tabla 1.

Ubicación Geográfica, Urbanización Banco de Fomento

COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN
INICIO	0°22'16.09"S	78°26'19.53"O	2648 m.s.n.m
FINAL	0°21'26.71"S	78°26'17.28"O	2590 m.s.n.m
COORDENADAS UTM			
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
INICIO	9958940,00 m	785108,00 m	2648 m.s.n.m
FINAL	9960476,00 m	785170,00 m	2590 m.s.n.m

Nota. Se presentan las coordenadas de la zona del proyecto. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth.

Figura 2.

Ubicación, Urbanización Banco de Fomento



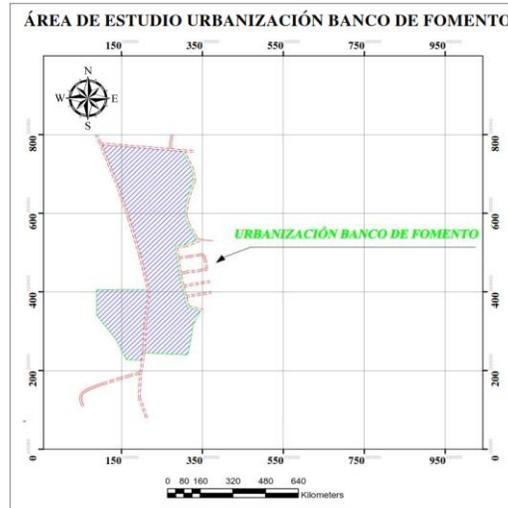
Nota. Se presenta en color azul la zona de trabajo. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth.

1.4.2 Área de estudio.

El área que comprende la Urbanización Banco de Fomento tiene una extensión de 644 172,61 metros cuadrados o 64,42 hectáreas aproximadamente, el área está conformada por lotes de terreno, áreas comunales, calles y áreas a cargo por la Municipalidad.

Figura 3.

Área de estudio, Urbanización Banco de Fomento



Nota. Se presenta el área de estudio a trabajar. Fuente. GADMUR.

1.4.3 Distribución general de uso de suelo.

La distribución general de uso de suelo de la Urbanización Banco de Fomento se encuentra repartido por distintos usos y ocupaciones que se los detalla en la tabla 2.

Tabla 2.

Uso de suelo. Urbanización Banco de Fomento

DESCRIPCIÓN	m²
LOTES	418547,10
COMUNALES	50873,75
CALLES	112056,48
FRANJA DE PROTECCIÓN	9014,03
GADMUR	18543,34
CALLE PÚBLICA INÉS GANGOTENA	13348,56
CALLE PÚBLICA GANZANAMA	6082,86
CALLE PÚBLICA "9"	2847,43
CALLE PÚBLICA "I"	11471,96
SERVIDUMBRE POR AGUA POTABLE	1497,22
ÁREA TOTAL	644172,61

Nota. Se presentan uso de suelo. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgados por el GADMUR.

El uso de suelo con el paso del tiempo se ha modificado de una casa por predio a tener conjuntos habitacionales, departamentos, locales comerciales, Empresas y negocios en lugares específicos como la vía principal que colinda con la urbanización, de igual forma alrededor de la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín lo cual nos da una idea más general del cambio de uso de suelos que ha tenido dicha urbanización desde su creación hasta la actualidad.

Figura 4.

Uso de suelo. Conjuntos y Departamentos



Nota. Se puede notar en, la figura el cambio de tipo de uso de suelo, de una vivienda a conjuntos habitacionales y departamentos. Elaborado por: El autor.

Figura 5.

Uso de suelo. Locales Comerciales y Negocios



Nota. Se puede observar locales comerciales en viviendas. Elaborado por: El autor.

1.4.4 Tipo de suelo.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui nos proporciona información de los diferentes tipos de suelos que se puede encontrar en el Cantón Rumiñahui el cual consta de una superficie de 13 567,04 hectáreas, se los clasifica de la siguiente forma.

Tabla 3.

Orden de suelos Cantón Rumiñahui

ORDEN DE SUELOS USDA 2006	SUPERFICIE	
	ha	%
Molisoles	6231,00	45,88
Andisoles	2429,36	17,88
No aplicable	4762,68	35,07
Tierras misceláneas	159,37	1,17

Nota. Se detalla los tipos de suelos en el cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través IEE-MAGAP-SENPLADES-INIGEMM, 2013.

Los relieves que se encuentran en el Cantón Rumiñahui son altos o muy bajos y estos son de origen volcánico se les asocia a la formación de Chiche y Cangahua, volcánicos Sincholagua y Pasochoa.(GADMUR, 2012, p. 31).

Con relación a las zonas del Cantón Rumiñahui en la parte norte no presenta suelos característicos por la ocupación de la zona urbana, en la parte central de menor altitud se encuentra relieves de origen tectónica erosivo asociados a la Formación Chiche, Cangagua y Volcánicos del Sincholagua donde los suelos corresponden al orden de los molisoles, en la zona sur de mayor altitud se encuentra un paisaje caracterizado por unidades morfológicas de origen volcánico como son los flancos de volcán, flujos de lava y vertientes de flujo de lava, en donde los suelos corresponden al orden de los Andisoles.(GADMUR, 2012, p. 31).

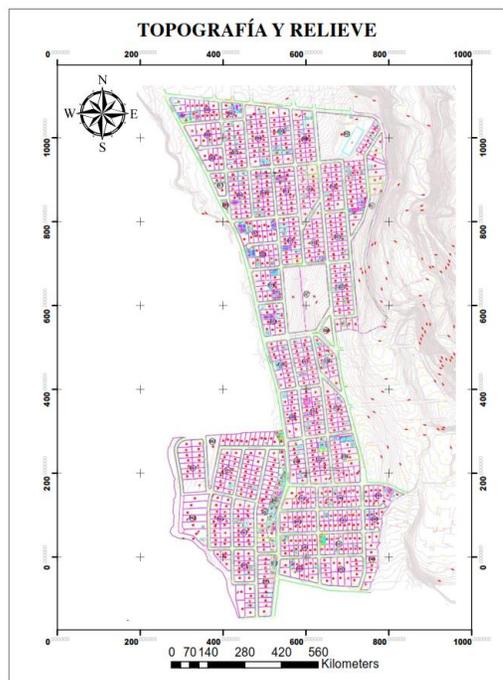
1.4.5 Topografía y relieve.

La morfología del cantón Rumiñahui es muy variada presenta en las partes altas relieves colinados, mientras en la partes bajas se constituyen de niveles casi planos a ondulados disectados por los cauces de quebradas.(GADMUR, 2012, p. 21).

La topografía para la realización del proyecto será proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui con la cual se realizará todos los diseños para el cumplimiento del trabajo.

Figura 6.

Topografía y Relieve. Urbanización Banco de Fomento



Nota. Se observa la topografía de la Urbanización Banco de Fomento. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgados por el GADMUR.

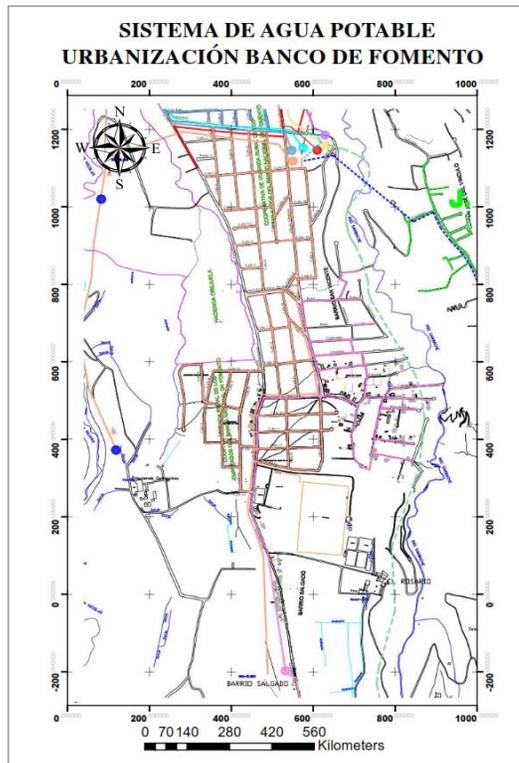
1.4.6 Infraestructura y Servicios.

La Urbanización Banco de Fomento consta con una red de agua potable de 18 años de vida útil.

De igual forma tiene un tanque de abastecimiento Salgado que forma parte del suministro a la Urbanización Banco de Fomento, se abastece del sistema de agua potable Molinuco ($Q=230$ l/s), de los cuales 10 l/s son entregados al tanque de abastecimiento Salgado, adicionalmente se abastecen 24 l/s del pozo profundo ubicado en el predio.

Figura 7.

Sistema de Agua Potable, Urbanización Banco de Fomento



Nota. Se muestra la red de distribución de agua potable. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgados por el GADMUR.

1.5 Análisis de estudio de suelos.

Para el análisis del subsuelo del Cantón Rumiñahui la institución que realizó el estudio fue la Dirección de Riesgos del Gobierno Autónomo Descentralizado de la

Provincia de Pichincha, utilizando el método geofísico de resistencia eléctrica, los sondeos eléctricos verticales (SEV) se los ejecuto con la configuración Schlumberger.

Resistividad real sector Mushuñán.

Tabla 4.

Resumen del estudio geofísico. Resistividad real sector Mushuñán

SEV	UBICACIÓN (WGS84)			RESISTIVIDAD			OBSERVACIONES
	X (m)	Y (m)	Cota (m)	Capa	Resistividad Real (ohm - m)	Profundidad (m)	
RM 15-1-1	785418	9960368	2624	1	11,7	0,83	Se recomienda construcción de pozo de 140 metros de profundidad, diámetro de 16"
				2	38,97	5,06	
				3	131,1	19,03	
				4	20,21	-	
RM 15-1-2	785363	9960396	2623	1	143,47	0,62	
				2	41,8	5,76	
				3	127,82	18,74	
				4	30,83	-	
RM 15-1-3	785350	9980442	2615	1	659,19	0,69	
				2	27,07	8,16	
				3	265,39	16,33	
				4	4,94	-	

Nota. Se presentan el ensayo de resistividad realizado en el sector Mushuñán. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgados por el GADMUR.

Tabla 5.

Resumen de características geoelectricas de capas Identificadas

HORIZONTE GEOELÉCTRICO	RESISTIVIDAD (ohm - m)	ESPESOR (m)	PROFUNDIDAD (m)	CARACTERÍSTICAS
1	110 - 660	0,60 - 0,80	0	Material de resistividad media, se ubica superficialmente, corresponde a suelo superficial con presencia de material grueso por mejoramiento del terreno.
2	25 - 42	5 - 8	0,60 - 0,80	Capa de resistividad baja, corresponde a material de granulometría fina a muy fina, corresponde a arena muy fina con intercalación de ceniza volcánica, etc.
3	120 - 270	16 - 20	16,60 - 20,80	Horizonte geoelectrico de resistividad media constituida por material de granulometría media a gruesa, grava, etc.
4	4 - 31	No definido	25	Material de resistividad baja, corresponde a material de granulometría fina a muy fina.

Nota. Se presentan características geoelectricas de capas Identificadas. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgados por el GADMUR.

Resistividad real, sector Salgado

En las inmediaciones del reservorio de Salgado, se realizó un SEV.

Tabla 6.

Resumen del estudio geofísico. Resistividad real sector Salgado

SEV	UBICACIÓN (WGS84)			RESISTIVIDAD			OBSERVACIONES
	X (m)	Y (m)	Cota (m)	Capa	Resistividad Real (ohm - m)	Profundidad (m)	
RM 15-5-1	785300	9958231	2697	1	363,55	1,39	Presencia de un pozo perforado en funcionamiento. Profundidad total: 124,28 metros; ubicación de tamices: tramo 1: 75,96 - 93,96 metros tramo 2: 99,48 - 117,48 metros Se recomienda construcción de pozo de 160 metros de profundidad
				2	60,66	12,62	
				3	76,03	21,93	
				4	39,4	-	

Nota. Se presentan el ensayo de resistividad realizado en el sector de Salgado. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgados por el GADMUR.

1.6 Estudio Geotécnico.

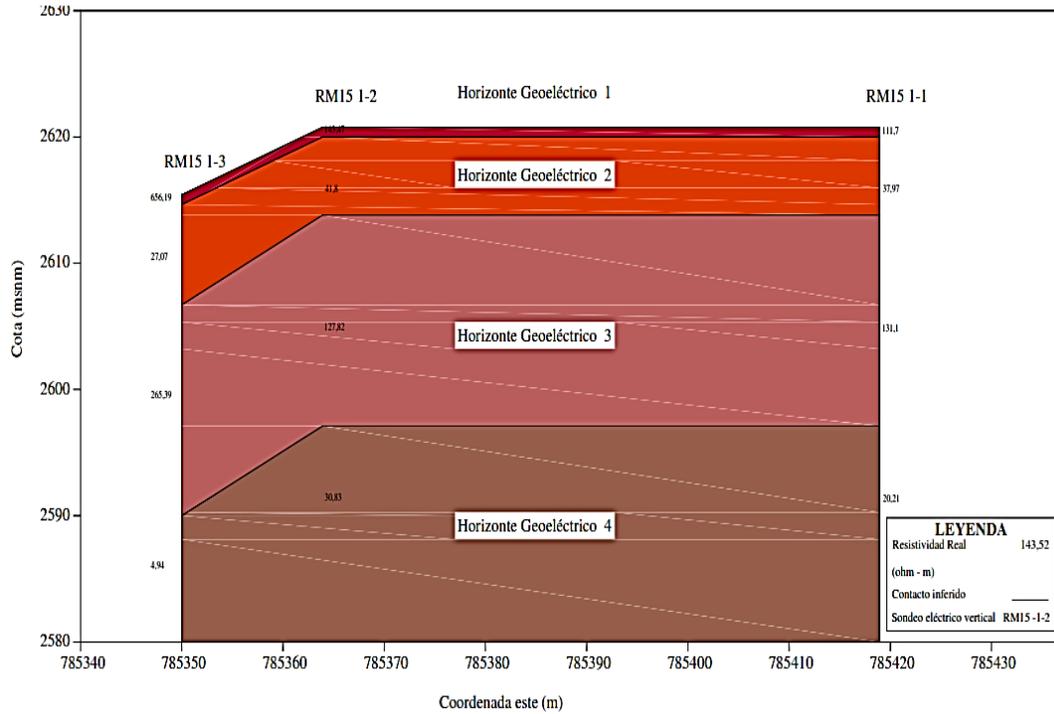
1.6.1 Geología.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui nos indica que en el cantón la parte centro este está asociada a relieves volcánicos, vertientes abruptas y gargantas, litológicamente constituidos desde la parte inferior a la superior de grano medio, conglomerados con abundancia de cantos de matriz tobácea; generalmente los sedimentos Chiche se encuentran cubiertos por una gruesa capa de Cangagua. Esta formación está asociada a relieves volcánicos medios, bajos y muy bajos, constituido por capas de 60cm y 25cm de lapilli de pómez blanca, la Cangagua cubre el sustrato volcánico y ciertos depósitos superficiales antiguos. En la parte sur se encuentran relieves volcánicos medios, bajos y muy bajos y vertientes abruptas, constituidos de andesitas piroxénicas, anfibólicas y biotíticas son las rocas representantes de las actividades más modernas del volcán. (GADMUR, 2012, p. 28).

Sector Mushuñan

Figura 8.

Corte Geoeléctrico RM15-1



Nota. Se observa el corte Geoeléctrico en el sector de Mushuñan. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgados por el GADMUR.

1.7 Descripción de la situación actual.

1.7.1 Población.

En el censo poblacional realizado por el Instituto Nacional De Estadística y Censo en el año 2010, la población del Cantón Rumiñahui consta de 85 852 habitantes, el área urbana que corresponde a la parroquia de Sangolquí tiene la mayor cantidad de habitantes y el resto están ubicados en las parroquias rurales del Cantón.

Tabla 7.

Distribución de la población año 2010

CANTÓN RUMIÑAHUI			
PARROQUIA	ÁREA		
	URBANO	RURAL	TOTAL
COTOGCHOA	-	3.937	3.937
RUMIPAMBA	-	775	775
SANGOLQUI	75.080	6.060	81.140
TOTAL	75.080	10.772	85.852

Nota. Se presenta el número de habitantes en todo el cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través de la información del Instituto Nacional De Estadística y Censo. 2010.

En relación a la densidad poblacional del Cantón Rumiñahui.

Tabla 8.

Densidad Poblacional a nivel Parroquial

CANTÓN RUMIÑAHUI			
Nombre de parroquia	Población	Superficie de la parroquia (km ²)	Densidad Poblacional
SANGOLQUI	81.140	57,30	1.416,06
COTOGCHOA	3.937	36,55	107,72
RUMIPAMBA	775	42,06	18,43

Nota. Se presenta la densidad poblacional de las parroquias del cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través de la información del Instituto Nacional De Estadística y Censo. 2010.

La Parroquia con mayor cantidad de habitantes es Sangolquí lugar donde se encuentra el sector de Mushuñan del cual pertenece la Urbanización Banco de Fomento.

1.7.2 Educación.

Los niveles de instrucción educativa en el Canto Rumiñahui están distribuidos de manera que la más alta es el nivel Primario, como se mostrara en la siguiente tabla.

Tabla 9.*Nivel de instrucción educativo*

Nivel de instrucción más alto al que asiste o asistió	TOTAL	%
Primario	20158	25,69%
Superior	19876	25,33%
Secundario	18733	23,88%
Bachillerato - Educación Media	7657	9,76%
Educación Básica	5435	6,93%
Postgrado	1948	2,48%
Ninguno	1682	2,14%
Se ignora	1060	1,35%
Ciclo Pos bachillerato	1012	1,29%
Preescolar	600	0,76%
Centro de Alfabetización/(EBA)	295	0,38%
Total	78456	100,00%

Nota. Se presenta el nivel de instrucción académica en el cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través de la información del Instituto Nacional De Estadística y Censo. 2010.

En el último censo el índice de analfabetismo en el Canto Rumiñahui corresponde a un porcentaje del 2,89%, con respecto a las parroquias la que más índice de analfabetismo tiene es la de Rumipamba con un porcentaje de 12,5%.

Tabla 10.*Tasa de analfabetismo inter-censal (2001-2010).*

Tasa de Analfabetismo inter-censal (2001-2010)			
Parroquias	2010	2001	Variación %
Cotogchoa	8,50%	12,80%	-4,30%
Rumipamba	12,50%	16,70%	-4,20%
Sangolquí	2,50%	4,30%	-1,80%

Nota. Se presenta el nivel de analfabetismo en el cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través de la información del Instituto Nacional De Estadística y Censo. 2010.

En el sector de Mushuñan dentro del a Urbanización Banco de Fomento se encuentra la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín.

Figura 9.

Unidad Educativa. Oswaldo Guayasamín.



Nota. Se observa la institución educativa dentro de la Urbanización Banco de Fomento.

Elaborado por: El autor.

1.7.3 Salud.

Según fuentes del Ministerio de Salud Pública (MSP), el catón Rumiñahui tiene un hospital básico, una unidad de atención ambulatoria del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS y nueve centros de salud distribuidos en las diferentes parroquias urbanas y rurales.

Sin embargo esta información ha sido validada en campo, de acuerdo a la verificación espacial dentro del catón Rumiñahui por parte del Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2013, por lo que se pudo determinar que aproximadamente un 80% de los registros son de otros cantones y ubicación incorrecta, por tal motivo la información descrita puede considerarse como referencial.(GADMUR, 2012, p. 115).

Tabla 11.

Infraestructura y Servicios de Establecimientos de Salud.

Infraestructura y Servicios de Establecimientos de Salud
1 registro de hospital
4 registros de centro de salud
1 registro de subcentro de salud
1 registro de Hospital básico IESS Nuevo
3 registros de centros de salud privada y militar

Nota. Se presenta los establecimientos de salud pública dentro del cantón Rumiñahui.

Elaborado por: El autor, a través de la información del GADMUR.

1.7.4 Aspecto Económico.

Dentro de los componentes del territorio, el sector económico no puede quedar de lado pues permite conocer las relaciones existentes entre los factores productivos, los niveles de instrucción, capacidades la población económicamente activa, sectores productivos, entre otros elementos, que en conjunto dinamizan y son los responsables del desarrollo de la comunidad. Los datos del censo INEC 2010, indican que 42.335 habitantes (59,81%) se encuentran en edad económicamente activa; de los cuales el 88% se halla en el área urbana. Es importante además señalar que la PEA ocupada, es decir personas que al presente perciben una remuneración por su trabajo, es próximo al 96% tanto en la zona urbana como rural.(GADMUR, 2012, p. 167).

Tabla 12.

Población Económicamente Activa

CANTÓN RUMIÑAHUI				
POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA				
CATEGORÍA / ÁREA	ÁREA URBANA		ÁREA RURAL	
	Total	%	Total	%
ACTIVA (a)	37424	60,22%	4911	56,87%
OCUPADOS	35890	95,90%	4739	96,50%
DESOCUPADOS	1534	4,10%	172	3,50%

POBLACIÓN INACTIVA				
CATEGORÍA / ÁREA	ÁREA URBANA		ÁREA RURAL	
	Total	%	Total	%
ACTIVA (b)	24725	39,78%	3724	43,13%
PET (a+b)	62149	100,00%	8635	100,00%

Nota. Se señala la población activa tanto en área urbana y rural del cantón Rumiñahui.

Elaborado por: El autor, a través de la información del Instituto Nacional De Estadística y Censo. 2010.

En la urbanización podemos encontrar como principal actividad económica, locales comerciales los cuales se encuentran distribuidos en la vía principal y al contorno de la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín, otra de las actividades económicas es el alquiler y venta de departamentos en conjuntos habitacionales.

Figura 10.

Local Comercial



Nota. En la urbanización podemos encontrar locales comerciales. Elaborado por: El autor.

Figura 11.

Conjuntos habitacionales



Nota. En la urbanización podemos encontrar conjuntos habitacionales de igual forma también departamentos. Elaborado por: El autor.

1.7.5 Línea Base.

El problema principal que tiene la Urbanización Banco de Fomento es su sistema de agua potable con una vida útil de 18 años, la cual en ciertos tramos sufre de afectaciones como roturas en tuberías por el paso del tiempo y el incremento de la población que crece cada año.

El sistema actual consta de un tanque de abastecimiento Salgado de 600 metros cúbicos ubicado en el barrio Salgado el cual garantiza la dotación a la Urbanización, con el rediseño del sistema se evaluará si el tanque tendrá la capacidad de abastecimiento.

Tabla 13.

Matriz de Línea Base

PROBLEMA	INDICADOR	FUENTE
Agua Potable	El sistema de agua potable cuenta con una vida útil de 18 años, existe daños en tuberías por rotura por el paso del tiempo o desastres naturales.	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui
Población	Existe un incremento de la densidad poblacional en anteriores años se preveía por cada lote una edificación en la actualidad ha cambiado se pueden construir más edificaciones.	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui

Nota. Línea base de la Urbanización Banco de Fomento. Elaborado por: El autor.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Bases de diseño. Sistema de distribución de agua potable.

2.1.1 Diagnóstico del sistema de abastecimiento existente para situación actual y futura.

En la actualidad la Urbanización Banco de Fomento consta de una red de abastecimiento de agua potable, al realizar la inspección de todo el sistema se evidencio fugas de agua potable y daños en conexiones domiciliarias, la persona encargada del mantenimiento y cuidado del tanque de abastecimiento Salgado como de la red de la Urbanización indico que al mes realiza un promedio de 10 reparaciones en domicilios.

Como se mencionó anteriormente el sistema consta de un tanque de abastecimiento superficial construido en el barrio Salgado de 600 metros cúbicos de forma cuadrada, al ingresa un caudal de aproximadamente 21,08 l/s, las fuentes de dicho caudal están representadas en la tabla 14.

Tabla 14.

Fuentes de Caudal

FUENTES	CAUDAL
MOLINUCO	4,13 l/s
CURIPUNGO	2,44 l/s
POZO PROFUNDO SALGADO	14,51 l/s
TOTAL	21,08 l/s

Nota. Las fuentes de caudal que ingresan al tanque Salgado. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

El tanque de abastecimiento Salgado se encuentra a una cota de 2689,44 m.s.n.m, para la evaluación del sistema actual se realizará un análisis de oferta demanda, esto para garantizar el caudal para años futuros.

En la figura 12 podemos observar al tanque de abastimient Salgado.

Figura 12.

Tanque de Abastecimiento Salgado



Nota. Tanque de abastecimiento en el sector de Salgado que abastece de agua potable a la Urbanización Banco de Fomento. Elaborado por: El autor.

Con respecto a la red de distribución el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, proporciono la información necesaria en donde se muestra la distribución de la red, aunque esta no se encuentre completa, por este motivo se realizó el levantamiento de la información faltante con el objetivo de tener lo necesario para la evaluación del mismo, (véase anexo 1).

2.1.1.1 Distribución.

La distribución de agua potable empieza desde el tanque de abastecimiento Salgado, donde se conecta una tubería de PVC de 160 mm de diámetro la cual conduce el agua potable hasta la urbanización, los diámetros, distribución y como se encuentran instaladas las demás tuberías en la red esta detallado en el anexo 1.

Las conexiones del pozo profundo que se encuentra a un costado del tanque abastecimiento se muestran en la figura 13.

Figura 13.

Conexiones del Pozo Profundo



Nota. Pozo profundo al costado del tanque Salgado. Elaborado por: El autor.

En la figura 14 se muestra las conexiones que salen del tanque de abastecimiento a la red de distribución de agua potable.

Figura 14.

Conexión de salida



Nota. Conexiones de salida para la distribución de agua potable. Elaborado por: El autor.

2.1.1.2 Acometidas.

Las tuberías que se encuentran conectadas a los medidores de las viviendas de la Urbanización, son mangueras las cuales luego mediante accesorio se conectan a tubería de PVC de diámetro 20 mm al igual que sus accesorios los cuales también son de PVC.

El número de medidores que se contabilizó al realizar el conteo son de 375 en viviendas, condominios y urbanizaciones, en lotes baldíos 44 medidores, la urbanización consta de 854 lotes de terreno, (véase anexo 2).

En la figura 15 se puede evidenciar el material y como están las acometidas de agua potable, recalcando que de la red principal se conectan con mangueras para posteriormente conectarse a tubería PVC.

Figura 15.

Acometida de agua potable.



Nota. Acometidas de agua potable en viviendas desde la red principal. Elaborado por: El autor.

2.1.2 Parámetros de Diseño.

Los parámetros de diseño tanto para la evaluación como el rediseño del sistema de agua potable se tomarán de las normas vigentes publicadas por el Instituto Ecuatoriano de

Normalización, al igual que las bases de diseño proporcionada por Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui.

2.1.2.1 Periodo de diseño.

El sistema de abastecimiento agua potable necesita considerar un periodo de diseño que garantice el funcionamiento de la red manera correcta, eficiente y con un abastecimiento de agua potable continuo, por esto motivo es importante conocer el tipo de material a utilizar sus características, eficiencia en funcionamiento y su vida útil.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización nos indica que en ningún caso se proyectarán obras definitivas con períodos menores que 15 años. (CPE INEN 5, 2006, p. 40).

En la tabla 15 se presenta los diferentes periodos de diseño respecto a la vida útil.

Tabla 15.

Vida útil sugerida para los elementos de un sistema.

COMPONENTE	VIDA UTIL (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 de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones al fabricante

Nota. Para nuestro proyecto se optará por una vida útil de 25 años. Elaborado por: El autor, a través de Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores A 1000 Habitantes

Para nuestro caso tomando en consideración lo que dicta la norma antes mencionada tomaremos un periodo de diseño de 25 años, en este tiempo se debe garantizar un correcto funcionamiento del sistema y dotación de agua potable continua.

Este periodo de diseño se utilizará tanto en la evaluación del sistema actual como en el rediseño de la red si el sistema actual no cumple con los parámetros que dicta la norma.

2.1.2.2 Análisis poblacional.

Para el análisis de la población que habitan en la urbanización Banco de Fomento se realizó un conteo donde se consultó el número de habitantes por vivienda, cuantos medidores existen por predio y el número de plantas por construcción, (véase anexo 2).

Los resultados que se obtuvieron en el conteo fue un total 1055 habitantes, hay que mencionar que no todos los predios con edificaciones se los pudo encuestar, porque se encontraban cerrados.

Tanto para la evaluación como el rediseño de la misma si se lo requiere, se utilizarán consumos tanto residenciales como comerciales, el motivo de esto es porque dentro de la Urbanización se encuentra la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín y en la vía principal Inez Gangotena existen medidores con consumo comercial.

En la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín existe una población de estudiantes, docentes, administrativos y de servicios, de 1439 habitantes en el año 2019, como es una edificación de uso específico y el aforo siempre será el mismo esta población se mantendrá en los años futuros,(Zonal & Distrital, 2019, p. 16).

La población futura se calculará para 10,15 y 25 años, la razón de esto es verificar el funcionamiento del sistema actual, si en estos años la red no cumple con los parámetros

de funcionamiento se procederá a realizar el rediseño del mismo con un sistema que actúe de manera eficiente, que cubra las necesidades de la Urbanización a medida que su población crezca.

- **Población efectiva actual**

La población que se pudo contabilizar al momento de realizar el conteo fue de un total de 1055 habitantes distribuidos en toda la Urbanización, el número de personas promedio por hogar es de 2,81 comparando este valor con el del Cantón Rumiñahui que es igual a 3,65 tendríamos un déficit de 22,92%, para próximos cálculos utilizaremos el valor calculado de 2,81, porque son datos reales que se apegan a la realidad de la Urbanización Banco de Fomento (véase anexo 2).

- **Crecimiento poblacional**

El porcentaje de crecimiento poblacional que nos indica el censo realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional De Estadística y Censo, está representado en la tabla 16.

Tabla 16.

Población y tasas de crecimiento intercensal de 2010-2000.

Código	Nombre de parroquia	Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010		
		Hombre	Mujer	Total
170550	SANGOLQUI	2,85%	2,92%	2,89%
170551	COTOGCHOA	3,50%	3,73%	3,62%
170552	RUMIPAMBA	5,56%	5,22%	5,39%

Nota. La tasa de crecimiento para nuestro proyecto será el valor de 2,89%. El autor, a través de la información del Instituto Nacional De Estadística y Censo. 2010.

La Urbanización Banco de Fomento se encuentra dentro de la Parroquia de Sangolquí es por este motivo que se tomará una tasa de crecimiento de 2,89 por ciento, este dato nos servirá para cálculos de población futura.

Para determinar la población futura se utilizará el método de crecimiento geográfico, la norma “De diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural” nos indica que, la población de diseño se calculará a base de la población presente determinada mediante un recuento poblacional.(SENAGUA, 2016, p. 28).

- **Método geométrico**

La ecuación 1 representa el método geométrico.

$$Pf = Pa * (1 + r)^{(n)}$$

En dónde.

Pf. Población futura (habitantes)

Pa. Población actual (habitantes)

r. Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

n. Período de diseño (años)

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, se tomará como base los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y recuentos sanitarios.(SENAGUA, 2016, p. 28).

En la siguiente tabla se mostrará la proyección de la población que se encuentra dentro de la Urbanización Banco de Fomento hasta el año 2046 (véase anexo 2).

Tabla 17.

Proyección de la población.

AÑO	HABITANTES
2021	1356
2031	1803
2036	2079
2046	2764

Nota. Cálculo de población proyectada para 25 años. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

2.1.2.3 Cifras de consumo.

Gracias a la información compartida por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui por medio de la Dirección de agua potable y alcantarillado, podemos analizar las cifras de consumo de la Urbanización, en la tabla 18 podemos ver el consumo de enero del 2019 a enero del 2020.

Tabla 18.

Datos de consumo Urbanización Banco de Fomento

DATOS DE CONSUMO		
AÑO	MES FACTURADO	VOLUMEN m3
2019	ENERO	1287
	FEBRERO	843
	MARZO	901
	ABRIL	868
	MAYO	1041
	JUNIO	1004
	JULIO	1030
	AGOSTO	928
	SEPTIEMBRE	1066
	OCTUBRE	903
	NOVIEMBRE	1158
	DICIEMBRE	1291
2020	ENERO	1104
VOLUMEN TOTAL		13424

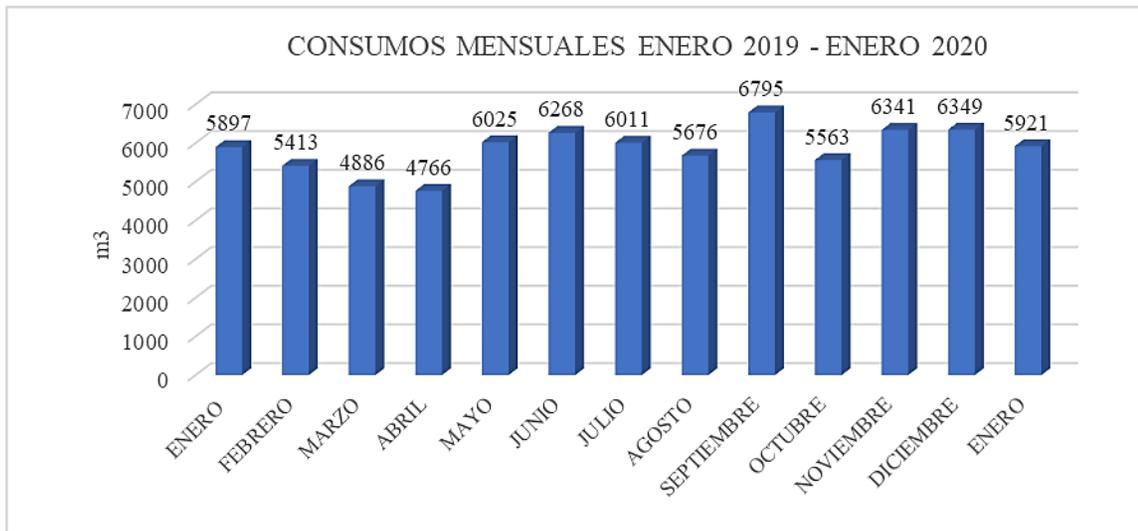
Nota. Datos de consumo por un año de la Urbanización Banco de Fomento. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

En el anexo 3 se encuentra detallado los consumos de la Urbanización Banco de Fomento, podemos observar cuáles son los predios con consumos comerciales y residenciales, así también los consumos mensuales.

En la siguiente grafica podemos observar cómo es el consumo de agua potable en la Urbanización y cuál es el mes de mayor consumo y menor.

Figura 16.

Consumos Mensuales



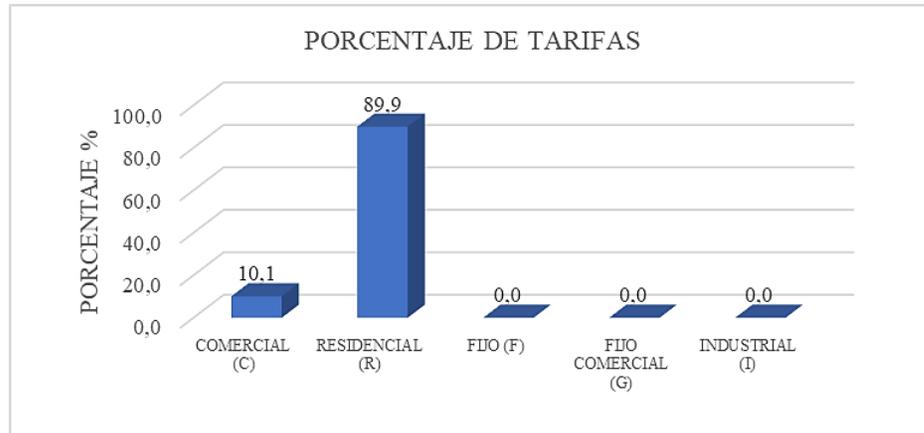
Nota. Consumos mensuales de la Urbanización Banco de Fomento en un año. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Cómo se encuentra representado en la gráfica podemos observar que el mes con mayor consumo es el mes de septiembre con un total de 6795 m³, así también el mes de menor consumo el de abril con un valor de 4766 m³.

Los porcentajes de tarifas se encuentran especificado en el anexo 3.

Figura 17.

Porcentaje de tarifas



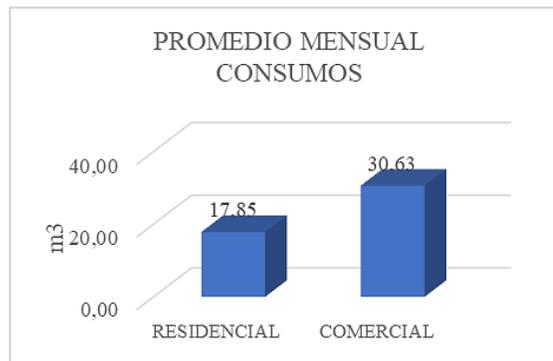
Nota. La tarifa con mayor consumo l,es la residencial. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Los consumos comerciales son del 10,1 % mucho menor al del consumo residencia de 89,9 %, lo que nos indica que en la Urbanización existe mayor número de predios con consumo residencial.

Los promedios de consumo se encuentran representados en la figura 18.

Figura 18.

Promedio mensual de consumos



Nota. El consumo comercial es el mayor con respecto a agua potable. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Los consumos comerciales son mayores a los residenciales con un valor de 30,63 m³, es por este motivo que al momento de realizar la evaluación se tomaran en cuenta los predios con este tipo de consumo.

- **Dotaciones Recomendadas**

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui por medio de la Dirección de agua potable y alcantarillado, nos indica en sus bases de diseño la dotación recomendada es de 250 l/Hab/día (véase anexo 5).

El Instituto Ecuatoriano de Normalización nos indique que para la selección de la dotación se debe hacer, al menos, una investigación cualitativa de los hábitos de consumo, usos del agua potable y una aproximación del costo de los servicios y disponibilidades hídricas en las fuentes (CPE INEN 5, 2006, p. 44).

Tabla 19.

Dotación recomendada

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/Hab/día)
Hasta 5000	Frio	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frio	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Mas de 50000	Frio	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Nota. Dotaciones recomendadas para distintas poblaciones. Elaborado por: El autor, a través de la Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores A 1000 Habitantes.

En la tabla 19 podemos observar dotaciones para distintas poblaciones, en nuestro caso si no existiera la información necesaria se optará por elegir dotaciones de 130 a 160 l/Hab/día, en el caso del proyecto que se está analizando si se tiene información para poder obtener una dotación que este más acorde a la situación que existe en la Urbanización.

- **Caudal medio diario**

El consumo medio anual diario (en m³/s), se debe calcular por la fórmula (SENAGUA, 2016, p. 43).

$$Q_{med} = \frac{q * N}{1000 * 86400}$$

q = dotación en l/Hab/día

N = número de habitantes.

- **Caudal Máximo Diario**

El requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo diario, se debe calcular por la fórmula (SENAGUA, 2016, p. 43).

$$Q_{med} = K_{max.día} * Q_{med}$$

Q_{máx.día} = Caudal máximo diario

Q_{med} = Caudal medio diario

K_{máx.día} = coeficiente de variación del consumo máximo diario.

El coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores (SENAGUA, 2016, p. 43).

K_{máx.día} = 1,3 - 1,5

En nuestro caso las bases de diseño proporcionada por Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui nos indican un coeficiente de variación del consumo máximo diario de 1,5 (véase anexo 5).

- **Caudal Máximo Horario**

El coeficiente de variación del consumo máximo horario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores (SENAGUA, 2016, p. 43).

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

$Q_{máx.hor}$ = Caudal máximo horario

Q_{med} = Caudal medio diario

$K_{máx.hor}$ = coeficiente de variación del consumo máximo horario.

Como en el coeficiente de variación del consumo máximo diario de igual forma para el coeficiente de variación del consumo máximo horario las bases de diseño proporcionada por Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui nos indican un valor de 2,3 (véase anexo 5).

2.1.2.4 Presiones en la red.

Las presiones en cada nodo deben cumplir con las especificaciones que nos dicta la norma que a continuación se mencionara.

Presiones mínimas de 10 m de columna de agua en los puntos y condiciones más desfavorables de la red (CPE INEN 5, 2006, p. 177).

La presión estática máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 70 m. de columna de agua y presión máxima dinámica, 50 m. Para lograr esto, la red podrá ser

dividida en varias subredes interconectadas mediante estructuras o equipos reductores de presión convenientemente localizados (CPE INEN 5, 2006, p. 177).

El sistema actual se evaluará para periodo extendido es por este motivo que se verificara que la red existente cumpla con presiones máximas a 50 m.c.a y mínimas de 10 m.c.a.

Las velocidades en tubería deben estar entre 0,45 m/s mínimo y máximo 3m/s.

2.1.3 Evaluación del Sistema de Agua Potable.

Para la evaluación del sistema de agua potable actual se realizó un reconocimiento total del sector, en el anexo 1 podemos observar cómo es el diseño de la red que abastece de agua potable a la Urbanización.

Con el fin de empezar con la evaluación se realizó un conteo de habitantes y medidores por predio (véase anexo 2) para poder saber la realidad de la urbanización, ahí se constató lugares con fugas de agua potable, predios que ya tenían reparaciones de collarines de toma, problemas que nos indica que existe fallas en la red actual.

Figura 19.

Daños en el sistema de agua potable



Nota. Al realizar el recorrido por el sector se evidencio daños en el sistema de agua potable. Elaborado por: El autor.

Figura 20.

Fugas de agua potable del sistema actual



Nota. Fugas de agua potable observadas al realizar recorrido por el sector. Elaborado por:
El autor.

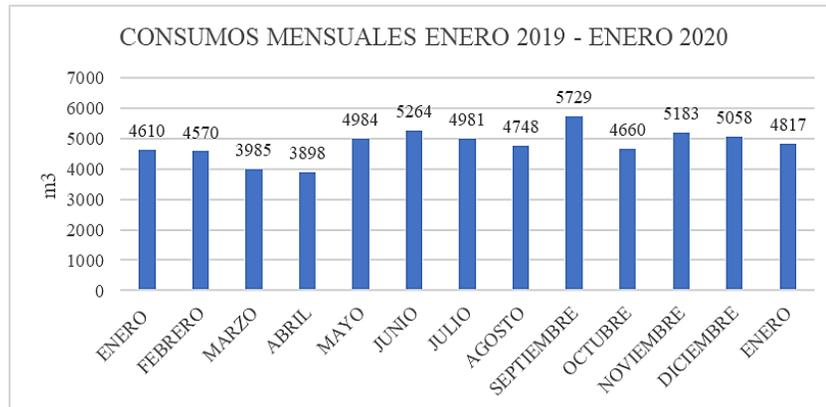
2.1.3.1 Consumos.

El consumo en la Urbanización Banco de Fomento se los separo en dos grupos consumo residencial y comercial, esto para poder determinar sus dotaciones.

En la figura 21 está representado los consumos residenciales por cada mes desde enero 2019 a enero 2020.

Figura 21.

Consumos Residenciales



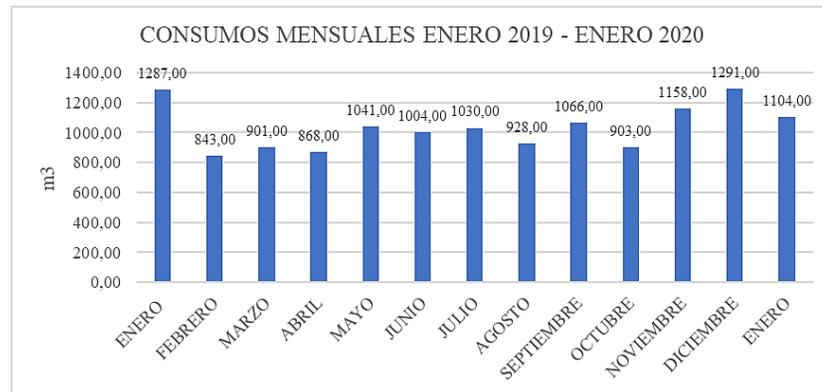
Nota. Consumos de medidores residenciales de cada mes. Elaborado por. El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR

El mes de mayor consumo es septiembre con 5729 m³ y el de menor consumos el de abril con 3898 m³, se tiene un consumo promedio de 5426,76 m³ y un número de abonados de 304 (véase anexo 4).

En la figura 22 está representado los consumos comerciales por cada mes desde enero 2019 a enero 2020.

Figura 22.

Consumo Comercial



Nota. Consumos de medidores comerciales de cada mes. Elaborado por. El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR

El mes de mayor consumo es diciembre con 1291 m³ y el de menor consumos el de abril con 843 m³, se tiene un consumo promedio de 1041,33 m³ y un número de abonados de 34 (véase anexo 4).

2.1.3.2 Dotación.

Como se mencionó anteriormente la dotación que se utilizara en la evaluación se la calculara con la información proporcionada el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui por medio de la Dirección de agua potable y alcantarillado.

- **Dotación residencial**

La dotación residencial se la calculo con el consumo promedio y el promedio de personas por hogar según el cantón, así también con el promedio por hogar según el conteo realizado (véase anexo 4).

Tabla 20.

Promedio de personas por hogar, según cantón.

PROMEDIO DE PERSONAS POR HOGAR, SEGÚN CANTÓN				
Código	Nombre del Cantón	Total de personas	Total de hogares	Promedio de personas por hogar
1705	RUMIÑAHUI	85.789	23.522	3,65

Nota. Promedio de personas por hogar del cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el Instituto Nacional De Estadística y Censo. 2010.

Tabla 21.

Promedio de persona por hogar, según conteo.

ENCUESTA REALIZADO			
URBANIZACION BANCO DE FOMENTO	# HABITANTES	# MEDIDORES	PROMEDIO
	1055	375	2,81

Nota. Promedio de personas por hogar de la Urbanización Banco de Fomento. Elaborado por: El autor.

En la tabla 22 se muestra la dotación residencial con el promedio de personas por hogar según el cantón, en la tabla 23 la dotación residencial con base a el conteo.

Tabla 22.

Dotación Residencial

DOTACIONES	
TARIFA RESIDENCIAL	
Consumo promedio	17,85 m3/mes
Consumo promedio	0,60 m3/día
Dotación	0,16 m3/hab/día
Dotación	163,02 lt/hab/día

Nota. Dotación residencial con datos del cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Tabla 23.

Dotación Residencial "Censo realizada"

DOTACIONES "ENCUESTA REALIZADO"	
TARIFA RESIDENCIAL	
Consumo promedio	17,85 m3/mes
Consumo promedio	0,60 m3/día
Dotación	0,21 m3/hab/día
Dotación	211,51 lt/hab/día

Nota. Dotación residencial con datos obtenidos por el censo realizado. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

la dotación que se utilizará para los subsiguientes cálculos será la obtenida en base a el censo realizada con un valor de 211,51 lt/Hab/día (véase anexo 4).

- **Dotación comercial**

La dotación comercial al igual que la residencial se la calculo con el consumo promedio y el promedio de personas por hogar según el cantón y el promedio por hogar según el censo realizada (véase anexo 4).

En la tabla 24 se muestra la dotación comercial con el promedio de personas por hogar según el cantón.

Tabla 24.

Consumo Comercial.

DOTACIONES	
TARIFA COMERCIAL	
Consumo promedio	30,63 m3/mes
Consumo promedio	1,02 m3/día
Dotación	0,28 m3/hab/día
Dotación	279,70 lt/hab/día

Nota. Dotación comercial con datos del cantón Rumiñahui. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

De igual forma se muestra en la tabla 25 la dotación comercial según el conteo realizada.

Tabla 25.

Dotación Comercial "Conteo Realizada".

DOTACIONES "ENCUESTA REALIZADO"	
TARIFA COMERCIAL	
Consumo promedio	30,63 m3/mes
Consumo promedio	1,02 m3/día
Dotación	0,36 m3/hab/día
Dotación	362,88 lt/hab/día

Nota. Dotación comercial con datos obtenidos por el conteo realizado. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Es de esta manera que de igual forma que en la dotación residencial se tomara la dotación calculada con los datos del conteo, dando un valor de 362,88 lt/Hab/día (véase anexo 4).

- **Dotación de uso específico**

El cálculo de volúmenes mínimos de los depósitos de almacenamiento en edificaciones e inmuebles destinados a usos específicos, se hará tomando en consideración las siguientes dotaciones (MIDUVI, 2011, p. 16).

Tabla 26.

Dotaciones para edificaciones de uso específico

TIPO DE EDIFICACIONES	UNIDAD	DOTACION
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m2 área útil /día	40 a 60
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3 a 5
Centros comerciales	L/m2 área útil /día	15 a 25
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5 a 10
Consultorio médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante/día	500 a 1000
Cuarteles	L/persona/día	150 a 350
Escuelas y colegios	L/estudiante/día	20 a 50
Hospitales	L/cama/día	800 a 1300
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante/día	150 a 400
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante/día	350 a 800

Nota. Dotación especial escuelas y colegios. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA.

Para el caso de la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín se tomará una dotación de 40 lt/estudiante/día.

2.1.3.3 Caudales de diseño.

Para evaluar la red ya existente se utilizó el método de repartición media, el cual consiste en determinar el caudal de cada nodo por su área de influencia (véase anexo 6).

En el anexo 6 podemos observar las áreas de dotación que influyen en un total de 94 nodos distribuidos alrededor de toda la urbanización, con respecto a los cálculos de caudal medio diario, máximo diario y máximo horario (véase anexo 7).

La cota de cada nodo como el del tanque de abastecimiento, así como sus ejes están detallados en el anexo 7.

Los caudales calculados mostrados en el anexo 7, para años futuros de 10, 15 y 25 años, hay que señalar que las áreas de dotación serán las mismas en cada caso.

Tabla 27.

Caudales para años futuros

CAUDALES			
AÑO	Qm (lt/s)	QMD (lt/s)	QMH (lt/s)
2021	5,01	7,51	11,52
2031	6,84	10,26	15,73
2036	7,78	11,67	17,90
2046	10,13	15,19	23,30

Nota. Caudales para época actual y años futuros. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

2.1.3.4 Evaluación del Tanque de abastecimiento.

Los tanques reguladores o de almacenamiento en un sistema de abastecimiento de agua potable tienen como funciones (Romero & Duque, 2005, p. 351).

Atender las variaciones del consumo de agua potable, almacenando ésta en los períodos en los cuales el suministro de agua potable al tanque es mayor que el consumo, y suministrar parte del caudal almacenado, en los períodos en los cuales el consumo es mayor que suministro, para suplir así la deficiencia (Romero & Duque, 2005, p. 351).

El tanque de abastecimiento que dota de agua potable a la Urbanización Banco de Fomento se encuentra ubicado en el barrio Salgado, consta de un volumen total de 600 m³ de forma cuadrada, se encuentra frente a la calle Inés Gangotena.

Para la evaluación del tanque se tomó medidas de la variación de volumen por 24 horas, el motivo de esto es medir el volumen total de consumo de la urbanización en el periodo de un día para poder calcular los multiplicadores que nos permitirán evaluar el sistema en su periodo extendido.

Figura 23.

Medición de volúmenes de tanque de abastecimiento



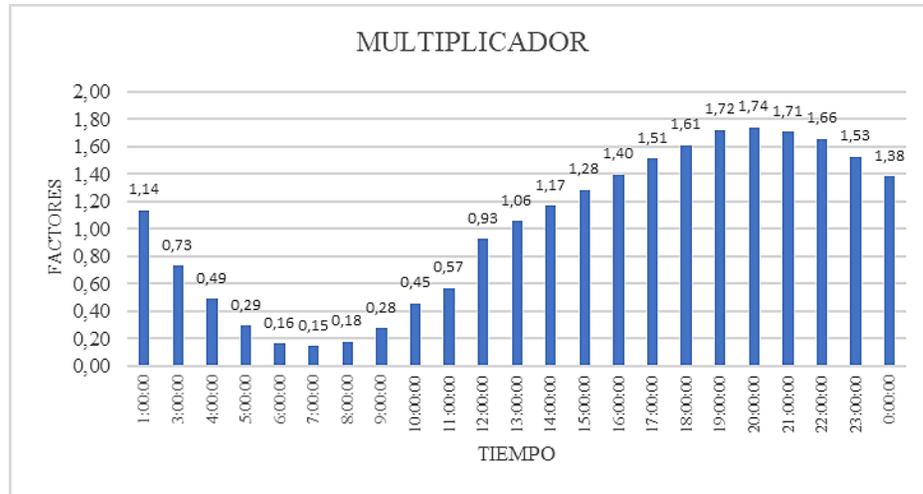
Nota. Se realizó medición de volúmenes de agua potable en el tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

En el anexo 8 podemos encontrar detallado la información completa sobre el tanque Salgado, y el cálculo de los multiplicadores para la evaluación en periodo extendido.

En la figura 24 podemos observar cómo es la variación de consumo de la urbanización en un periodo de 24 horas, siendo la de mayor consumo las 20.00 PM y la de menor consumo a las 7.00 AM.

Figura 24.

Multiplicadores



Nota. Multiplicadores calculados mediante la medición de volúmenes de agua potable en el tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

El consumo total en un día de la Urbanización Banco de Fomento es de 1821044 litros, su consumo medio es de 75877 litros (véase anexo 8).

- **Volumen de reserva**

Para poblaciones menores a 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño (SENAGUA, 2016, p. 44).

$$Vr = 1821,04 \frac{m3}{dia} * 0,3$$

$$Vr = 546,31 \frac{m3}{dia}$$

- **Volumen de protección contra incendios**

Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios (SENAGUA, 2016, p. 44).

$$V_i = 0 \frac{m^3}{dia}$$

- **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 (SENAGUA, 2016, p. 44).

$$V_e = 0 \frac{m^3}{dia}$$

- **Volumen total**

El volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia, el volumen para incendios y el volumen de la planta de tratamiento (SENAGUA, 2016, p. 44).

En nuestro caso no contamos de planta de tratamiento es por esto que quedaría de la siguiente forma.

$$V_t = V_r + V_i + V_e$$

$$V_t = 546,31 \frac{m^3}{dia} + 0 \frac{m^3}{dia} + 0 \frac{m^3}{dia}$$

$$V_t = 546,31 \frac{m^3}{dia}$$

Para una evaluación completa del tanque de abastecimiento Salgado se realizará un análisis de los caudales tanto de ingreso como de salida del tanque, al igual un análisis de oferta demanda.

- **Curva de Masa**

Para este análisis se realizó la curva de masa del tanque de abastecimiento Salgado para la época actual y años futuros (véase anexo 9).

En la tabla 28 se muestra la curva de masa de la época actual.

Tabla 28.

Curva de Masa Época Actual

ACTUAL							
HORA	Caudal consumo (m3/s)	Volumen (m3)	Volumen Ac (m3)	Caudal entrada (m3/s)	Volumen (m3)	Volumen Ac (m3)	
1:00:00	0,00061	53,08	53,08	0,00054	46,70	46,70	-6,38
2:00:00	0,00048	41,71	94,79	0,00054	46,70	93,40	-1,39
3:00:00	0,00039	34,12	128,91	0,00054	46,70	140,10	11,19
4:00:00	0,00026	22,75	151,66	0,00054	46,70	186,80	35,14
5:00:00	0,00016	13,65	165,31	0,00054	46,70	233,50	68,18
6:00:00	0,00009	7,58	172,89	0,00054	46,70	280,20	107,30
7:00:00	0,00008	6,82	179,72	0,00054	46,70	326,90	147,18
8:00:00	0,00010	8,34	188,06	0,00054	46,70	373,59	185,53
9:00:00	0,00015	12,89	200,95	0,00054	46,70	420,29	219,34
10:00:00	0,00025	21,23	222,18	0,00054	46,70	466,99	244,81
11:00:00	0,00031	26,54	248,73	0,00054	46,70	513,69	264,97
12:00:00	0,00050	43,22	291,95	0,00054	46,70	560,39	268,44
13:00:00	0,00057	49,29	341,24	0,00054	46,70	607,09	265,85
14:00:00	0,00063	54,60	395,84	0,00054	46,70	653,79	257,95
15:00:00	0,00069	59,91	455,74	0,00054	46,70	700,49	244,74
16:00:00	0,00075	65,21	520,96	0,00054	46,70	747,19	226,23
17:00:00	0,00082	70,52	591,48	0,00054	46,70	793,89	202,41
18:00:00	0,00087	75,07	666,55	0,00054	46,70	840,59	174,03
19:00:00	0,00093	80,38	746,94	0,00054	46,70	887,29	140,35
20:00:00	0,00094	81,14	828,08	0,00054	46,70	933,99	105,91
21:00:00	0,00092	79,62	907,70	0,00054	46,70	980,69	72,99
22:00:00	0,00090	77,35	985,05	0,00054	46,70	1027,38	42,34
23:00:00	0,00083	71,28	1056,33	0,00054	46,70	1074,08	17,76
0:00:00	0,00075	64,46	1120,78	0,00054	46,70	1120,78	0,00
	0,01297	1120,78					

Nota. Datos obtenidos para realizar la curva de masas época actual del tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

El volumen de excedentes igual a 268,44 m³, el volumen de déficit es de 6,38 m³, lo que nos da como volumen útil del tanque de 276 m³ comparando con los 600 m³ del Tanque de abastecimiento Salgado, no se tendría ningún problema para almacenamiento y abastecimiento en la época actual, para los años futuros tanto 10 y 15 (véase anexo 9).

En la tabla 29 se mostrará la curva de masa para 25 años.

Tabla 29.

Curva de Masa 25 años

ACTUAL							
HORA	Caudal consumo (m3/s)	Volumen (m3)	Volumen Ac (m3)	Caudal entrada (m3/s)	Volumen (m3)	Volumen Ac (m3)	
1:00:00	0,00125	108,21	108,21	0,00110	95,20	95,20	-13,01
2:00:00	0,00098	85,02	193,24	0,00110	95,20	190,40	-2,83
3:00:00	0,00081	69,56	262,80	0,00110	95,20	285,60	22,80
4:00:00	0,00054	46,38	309,18	0,00110	95,20	380,80	71,63
5:00:00	0,00032	27,83	337,00	0,00110	95,20	476,00	139,00
6:00:00	0,00018	15,46	352,46	0,00110	95,20	571,20	218,74
7:00:00	0,00016	13,91	366,37	0,00110	95,20	666,40	300,03
8:00:00	0,00020	17,00	383,38	0,00110	95,20	761,60	378,23
9:00:00	0,00030	26,28	409,66	0,00110	95,20	856,80	447,15
10:00:00	0,00050	43,28	452,94	0,00110	95,20	952,01	499,06
11:00:00	0,00063	54,11	507,05	0,00110	95,20	1047,21	540,16
12:00:00	0,00102	88,12	595,16	0,00110	95,20	1142,41	547,24
13:00:00	0,00116	100,48	695,65	0,00110	95,20	1237,61	541,96
14:00:00	0,00129	111,30	806,95	0,00110	95,20	1332,81	525,86
15:00:00	0,00141	122,12	929,07	0,00110	95,20	1428,01	498,93
16:00:00	0,00154	132,95	1062,02	0,00110	95,20	1523,21	461,19
17:00:00	0,00166	143,77	1205,79	0,00110	95,20	1618,41	412,62
18:00:00	0,00177	153,04	1358,83	0,00110	95,20	1713,61	354,78
19:00:00	0,00190	163,86	1522,69	0,00110	95,20	1808,81	286,12
20:00:00	0,00191	165,41	1688,10	0,00110	95,20	1904,01	215,91
21:00:00	0,00188	162,32	1850,42	0,00110	95,20	1999,21	148,79
22:00:00	0,00182	157,68	2008,10	0,00110	95,20	2094,41	86,31
23:00:00	0,00168	145,31	2153,41	0,00110	95,20	2189,61	36,20
0:00:00	0,00152	131,40	2284,81	0,00110	95,20	2284,81	0,00
	0,02644	2284,81					

Nota. Datos obtenidos para realizar la curva de masas para 25 años del tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

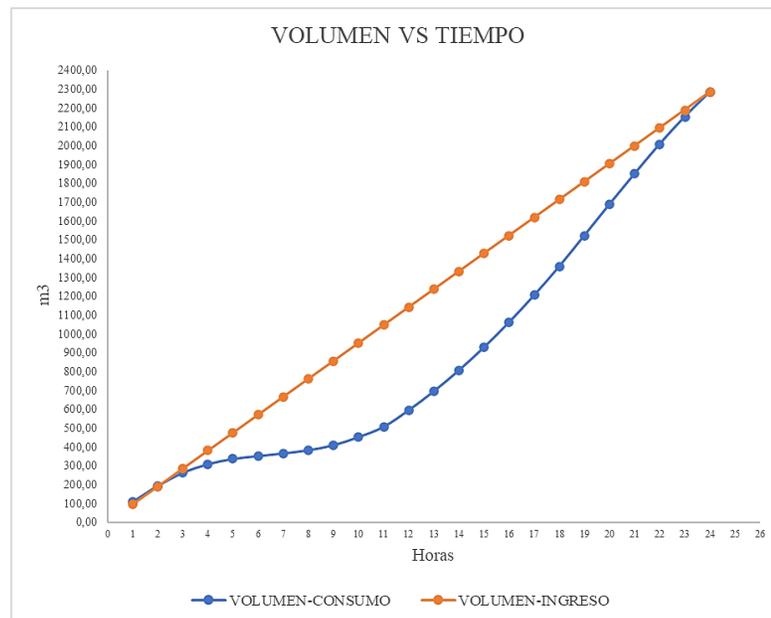
El volumen de excedentes igual a 547,24 m³, el volumen de déficit es de 13,01 m³, lo que nos da como volumen útil del tanque de 560 m³ comparando con los 600 m³ del Tanque de abastecimiento Salgado, no se tendría ningún problema para almacenamiento y abastecimiento en 25 años.

En el anexo 9 se detalla de mejor manera los cálculos y comparativa con el tanque de abastecimiento Salgado para todos los años con los que se ha comparado.

En la figura 25 se detalla la curva volumen de entrada, volumen de salida vs el tiempo.

Figura 25.

Volumen vs Tiempo



Nota. Se puede observar la curva de volumen vs tiempo tomando los datos de la curva de masas. Elaborado por: El autor.

Tanto en la época actual como para 25 años no se tendrá problemas con el tanque de abastecimiento Salgado, cumplirá con las especificaciones de abastecimiento y reserva de agua potable para la Urbanización Banco de Fomento.

- **Oferta Demanda**

El caudal que llega al tanque de abastecimiento Salgado se puede apreciar en la siguiente tabla 28, donde el caudal de mayor ingreso es el del pozo profundo que se encuentra a un costado del tanque de abastecimiento (véase anexo 10).

Tabla 30.

Caudales de oferta

FUENTE	CAUDAL (l/s)	CONDUCCION	SISTEMA
VERTIENTE MOLINUCO	4,13	GRAVEDAD	SANGOLQUI
CURIPUNGO	2,44	GRAVEDAD	SANGOLQUI
POZO PROFUNDO SALGADO	14,51	PRESION	SANGOLQUI
TOTAL	21,08 l/s		

Nota. Caudales de oferta que ingresan al tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

Los caudales de demanda para poder realizar el análisis oferta-demanda están especificados en el anexo 10.

En la tabla 29 podemos observar las distintas demandas para los años futuros.

Tabla 31.

caudales de demanda

AÑO	CAUDALES		
	Qm (lt/s)	QMD (lt/s)	QMH (lt/s)
2021	5,00	7,50	11,50
2031	6,00	9,00	13,80
2036	7,00	10,50	16,10
2046	9,00	13,50	20,70

Nota. Caudales calculados para verificar si la oferta demanda cumple para 25 años.

Elaborado por: El autor.

Realizando una comparativa entre los caudales de demanda y los de oferta, se puede analizar si el caudal de oferta que se tiene en el tanque de abastecimiento Salgado, abastecerá para años futuros.

A continuación, en la tabla 30 se mostrará el análisis oferta-demanda.

Tabla 32.

Oferta - Demanda

AÑO	QMH (lit/seg)	OFERTA (l/s)			TOTAL OFERTA (l/s)	BALANCE OFERTA DEMANDA (l/s)
		VERTIENTE MOLINUCO	CURIPU NGO	POZO PROFUND O		
2021	11,5	4,13	2,44	14,507	21,077	9,577
2031	13,8	4,13	2,44	14,507	21,077	7,277
2036	16,1	4,13	2,44	14,507	21,077	4,977
2046	20,7	4,13	2,44	14,507	21,077	0,377

Nota. La oferta – demanda de la Urbanización Banco de Fomento cumple para 25 años.

Elaborado por: El autor.

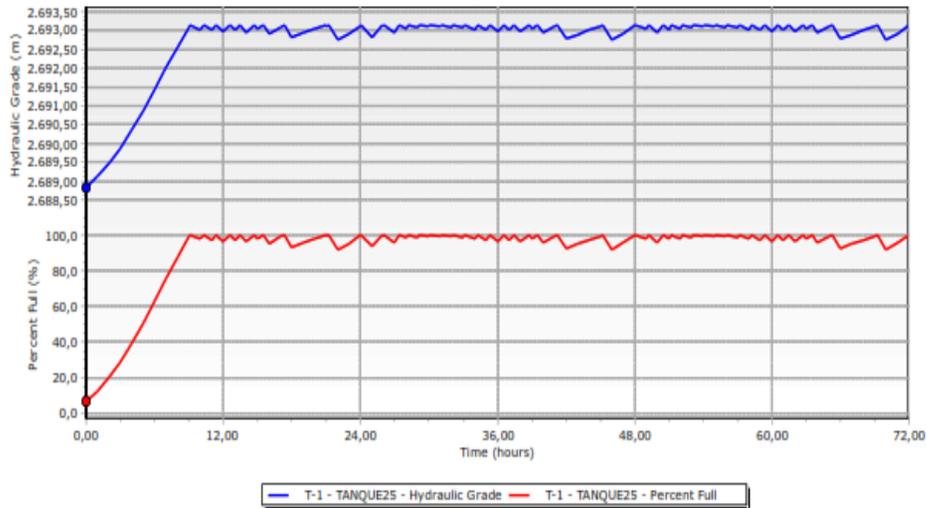
En la tabla anterior podemos ver que en el año 2056 tendríamos un faltante de 1,42 l/s, esto después de 10 años del año de diseño.

- **Análisis de tanque de abastecimiento WaterGEMS.**

En el programa WaterGEMS se analizó las fluctuaciones del tanque de abastecimiento Salgado, este análisis nos permite ver cómo trabaja el tanque en el transcurso del tiempo si se llena o a su vez si existe déficit.

Figura 26.

Tanque de abastecimiento WaterGEMS.



Nota. Fluctuación del tanque de abastecimiento Salgado para 25 años. Elaborado por: El autor, a través del programa WaterGEMS.

En la figura 26 se puede visualizar las fluctuaciones del tanque de abastecimiento Salgado, donde ingresan 21,08 lt/s que genera este tipo de curva, se puede evidenciar que existe llenado completo del tanque en ciertos tramos de horas, lo que produce rebose, este excedente de agua potable se lo trasporta mediante tubería al tanque de Mushuñan que abastece de agua potable a todo el cantón Rumiñahui.

Figura 27.

Estructura para rebose-tanque Salgado.



Nota. Estructura de rebose del tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

2.1.3.5 Análisis del Sistema de Agua Potable.

Para el análisis del Sistema de Agua Potable, se tendrá en cuenta las presiones en el sistema actual y en años futuros, todo este trabajo se lo realizara mediante el software waterGEMS, el cual nos ayudara a verificar si el sistema está trabajando bajo los parámetros que nos dicta la norma o existen tramos los cuales presentan problemas.

Los diámetros de tuberías ingresados al programa waterGEMS fueron los diámetros internos de cada uno, con las especificaciones que nos indica las bases de diseño proporcionada por Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, el cual nos indica que el material de las tuberías debe ser de PVC con presión de trabajo de 1.25 MPa U/E, con diámetro mínimo de 63 mm, tomando estos criterios utilizamos lo que nos indica las especificaciones técnicas de PLASTIGAMA.

Especificaciones para tuberías con unión por sellado elastomérico (UZ) y unión por cementado solvente (EC).(PLASTIGAMA, 2009, p. 9).

Tabla 33.

Especificaciones para tuberías de PVC.

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro interno	Espesor Nominal	Presion de Trabajo		
			Mpa	PSI	kgf/cm2
UNION U/Z UNION E/C	mm	mm	Mpa	PSI	kgf/cm2
63	56,8	3,1	1,25	181	12,75
90	81,2	4,4	1,25	181	12,75
110	99,6	5,2	1,25	181	12,75
160	144,8	7,6	1,25	181	12,75

Nota. Diámetros y presiones de trabajo de las tuberías de PVC. Elaborado por: El autor, a través de especificaciones de PLASTIGAMA.

A continuación, se presentará un resumen de las presiones tomadas en campo con un manómetro, esto con el motivo de comparar con las presiones que nos reporte el programa waterGEMS, para verificar si el trabajo realizado tiene congruencia con lo que pasa realmente en el sistema de agua potable (véase anexo 10).

Figura 28.

Manómetro



Nota. Manómetro utilizado para realizar mediciones de presión. Elaborado por: El autor.

En la tabla 32 se presenta las presiones tomadas en campo, se realizó 16 mediciones en distintos predios.

Tabla 34.

Presiones tomadas en campo

PRESION TOMADA EN CAMPO						
# MEDICION	MANZANA	LOTE	NODO	PRESION (PSI)	PRESION (m.c.a)	HORA (AM)
1	70	8	2	43	30	8:07:00
2	71	4	7	50	35	8:11:00
3	61	32	10	65	46	8:23:00
4	54	8	25	67	47	8:32:00
5	53	15	23	45	32	8:36:00
6	40	7	35	50	35	8:40:00
7	36	2	43	90	63	8:46:00
8	30	15	53	100	70	8:50:00
9	29	6	56	105	74	8:54:00
10	26	5	60	65	46	9:04:00
11	10	32	89	80	56	9:10:00
12	8	1	89	106	75	9:17:00
13	1	12	94	115	81	9:20:00
14	1	7	88	130	92	9:26:00
15	1	9	88	120	84	9:35:00
16	19	10	75	135	95	9:43:00

Nota. Resumen de presiones medidas en la Urbanización. Elaborado por: El autor.

Como se puede apreciar en la tabla 23 existen presiones demasiado altas si las comparamos con lo que dicta la norma, esto ya es un indicador de que existen fallas en el sistema actual.

las presiones obtenidas mediante el programa waterGEMS se las presentara continuación, si existen presiones altas como las que reflejo la toma de presiones en campo, reflejaría que el sistema actual no actúa de manera eficiente.

Tabla 35.*Presiones- waterGEMS*

TIEMPO	ACTUAL	10 AÑOS	15 AÑOS	25 AÑOS
	6:00 a. m.	6:00 a. m.	6:00 a. m.	6:00 a. m.
NODO	PRESIONES			
	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
N02	47,88	47,86	47,84	47,81
N03	46,40	46,38	46,36	46,32
N04	44,94	44,92	44,90	44,86
N05	48,65	48,61	48,59	48,53
N06	51,02	50,98	50,96	50,89
N07	53,94	53,90	53,87	53,81
N08	53,41	53,37	53,35	53,27
N09	61,97	61,93	61,90	61,83
N010	64,00	63,96	63,93	63,86
N011	60,87	60,83	60,80	60,72
N012	67,48	67,43	67,40	67,33
N013	67,48	67,43	67,40	67,33
N014	78,97	78,92	78,90	78,82
N015	78,71	78,66	78,64	78,56
N016	69,31	69,27	69,24	69,17
N017	73,20	73,16	73,13	73,05
N018	74,54	74,50	74,47	74,39
N019	52,39	52,35	52,33	52,27
N020	52,39	52,35	52,33	52,26
N021	42,55	42,51	42,49	42,42
N022	40,10	40,06	40,03	39,95
N023	44,59	44,54	44,51	44,43
N024	47,12	47,08	47,06	46,98
N025	54,76	54,72	54,69	54,62
N026	48,49	48,44	48,41	48,32
N027	46,56	46,51	46,48	46,40
N028	50,45	50,41	50,38	50,30
N029	58,83	58,79	58,76	58,68
N030	50,75	50,70	50,67	50,58
N031	47,68	47,63	47,59	47,50
N032	54,72	54,67	54,64	54,55
N033	63,32	63,27	63,24	63,16
N034	58,68	58,63	58,59	58,49
N035	47,56	47,50	47,47	47,36

TIEMPO	ACTUAL	10 AÑOS	15 AÑOS	25 AÑOS
	6:00 a. m.	6:00 a. m.	6:00 a. m.	6:00 a. m.
NODO	PRESIONES (m.c.a)	PRESIONES (m.c.a)	PRESIONES (m.c.a)	PRESIONES (m.c.a)
N036	47,56	47,50	47,47	47,37
N037	55,82	55,76	55,73	55,62
N038	64,90	64,84	64,81	64,71
N039	68,01	67,97	67,94	67,86
N040	53,62	53,55	53,51	53,39
N041	65,60	65,54	65,50	65,39
N042	73,36	73,30	73,27	73,17
N043	74,22	74,17	74,14	74,06
N044	57,53	57,45	57,41	57,27
N045	67,96	67,90	67,86	67,75
N046	76,95	76,90	76,86	76,75
N047	81,78	81,74	81,71	81,63
N048	81,76	81,70	81,67	81,56
N049	61,13	61,05	61,00	60,85
N050	69,50	69,45	69,41	69,30
N051	82,80	82,74	82,70	82,60
N052	87,95	87,87	87,81	87,64
N053	88,01	87,95	87,91	87,81
N054	65,57	65,49	65,43	65,27
N055	62,90	62,82	62,77	62,61
N056	82,75	82,66	82,61	82,44
N057	87,95	87,87	87,81	87,64
N058	86,83	86,75	86,69	86,52
N059	91,66	91,57	91,51	91,34
N060	67,77	67,68	67,62	67,46
N061	68,68	68,59	68,54	68,37
N062	90,60	90,51	90,45	90,28
N063	90,60	90,51	90,45	90,28
N064	96,16	96,08	96,02	95,84
N065	68,77	68,68	68,62	68,46
N066	75,18	75,10	75,04	74,88
N067	77,61	77,53	77,47	77,30
N068	77,60	77,52	77,46	77,28
N069	85,03	84,94	84,88	84,71
N070	91,51	91,42	91,36	91,18

TIEMPO	ACTUAL	10 AÑOS	15 AÑOS	25 AÑOS
	6:00 a. m.	6:00 a. m.	6:00 a. m.	6:00 a. m.
NODO	PRESIONES	PRESIONES	PRESIONES	PRESIONES
	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
N071	95,69	95,60	95,54	95,36
N072	86,06	85,97	85,91	85,74
N073	92,41	92,32	92,26	92,07
N074	95,43	95,33	95,27	95,09
N075	99,22	99,12	99,06	98,88
N076	75,09	75,00	74,94	74,77
N077	79,85	79,76	79,71	79,54
N078	85,79	85,70	85,64	85,47
N079	93,13	93,04	92,98	92,81
N080	96,93	96,83	96,77	96,59
N081	98,44	98,34	98,28	98,09
N082	100,47	100,38	100,32	100,13
N083	100,88	100,79	100,73	100,54
N084	102,17	102,08	102,01	101,83
N085	102,46	102,37	102,30	102,12
N086	103,02	102,93	102,87	102,68
N087	104,00	103,91	103,84	103,66
N088	104,53	104,44	104,37	104,19
N089	97,86	97,77	97,71	97,54
N090	101,75	101,66	101,60	101,42
N091	104,01	103,92	103,86	103,68
N092	104,16	104,07	104,01	103,82
N093	105,35	105,26	105,19	105,01
N094	107,38	107,28	107,22	107,03

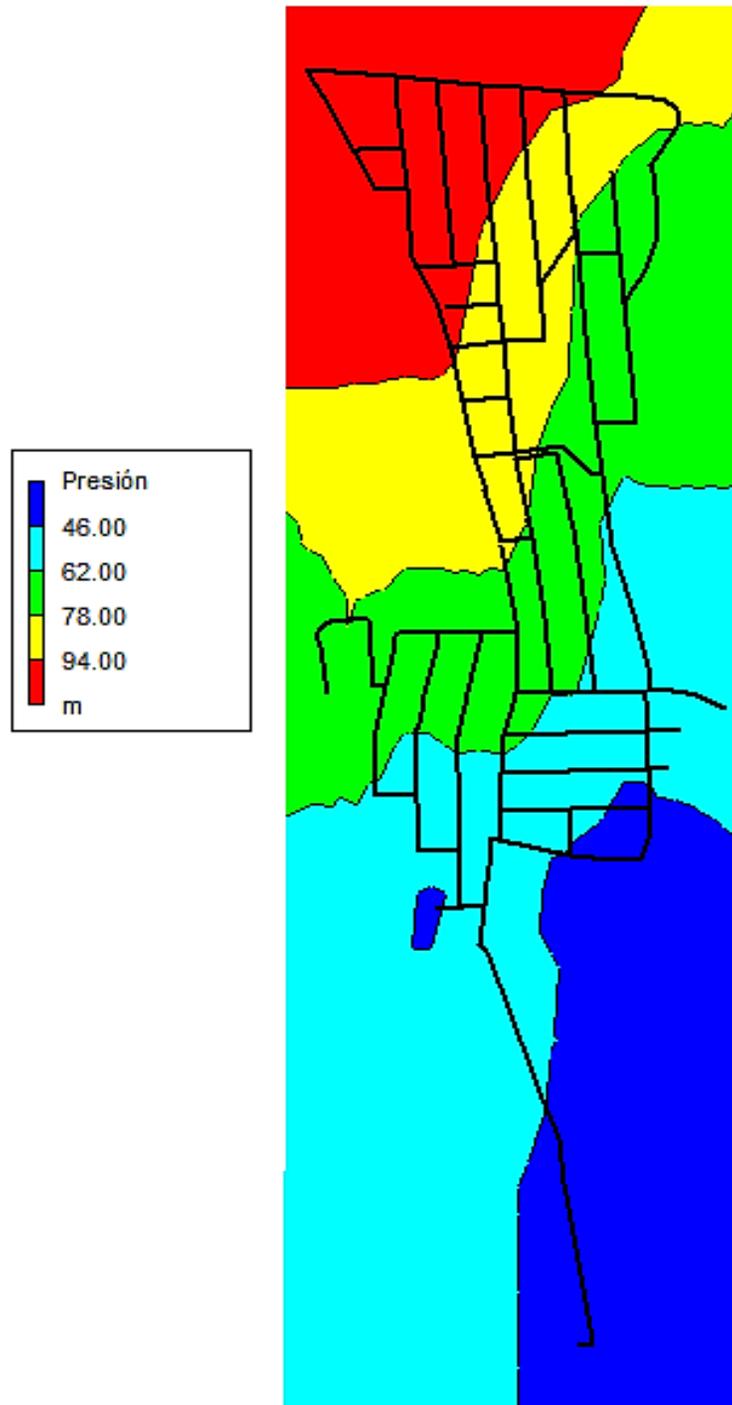
Nota. Presiones obtenidas al modelar la red de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento. Elaborado por: El autor, a través del programa WaterGEMS.

Los datos proporcionados por el programa waterGEMS comparando con los obtenidos en campo nos da un indicador, de que el sistema de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento tiene un problema con las presiones las cuales sobrepasan por mucho lo indicado en la norma.

Gráficamente podemos apreciar de mejor manera como se encuentran distribuidas las presiones en el sistema de agua potable.

Figura 29.

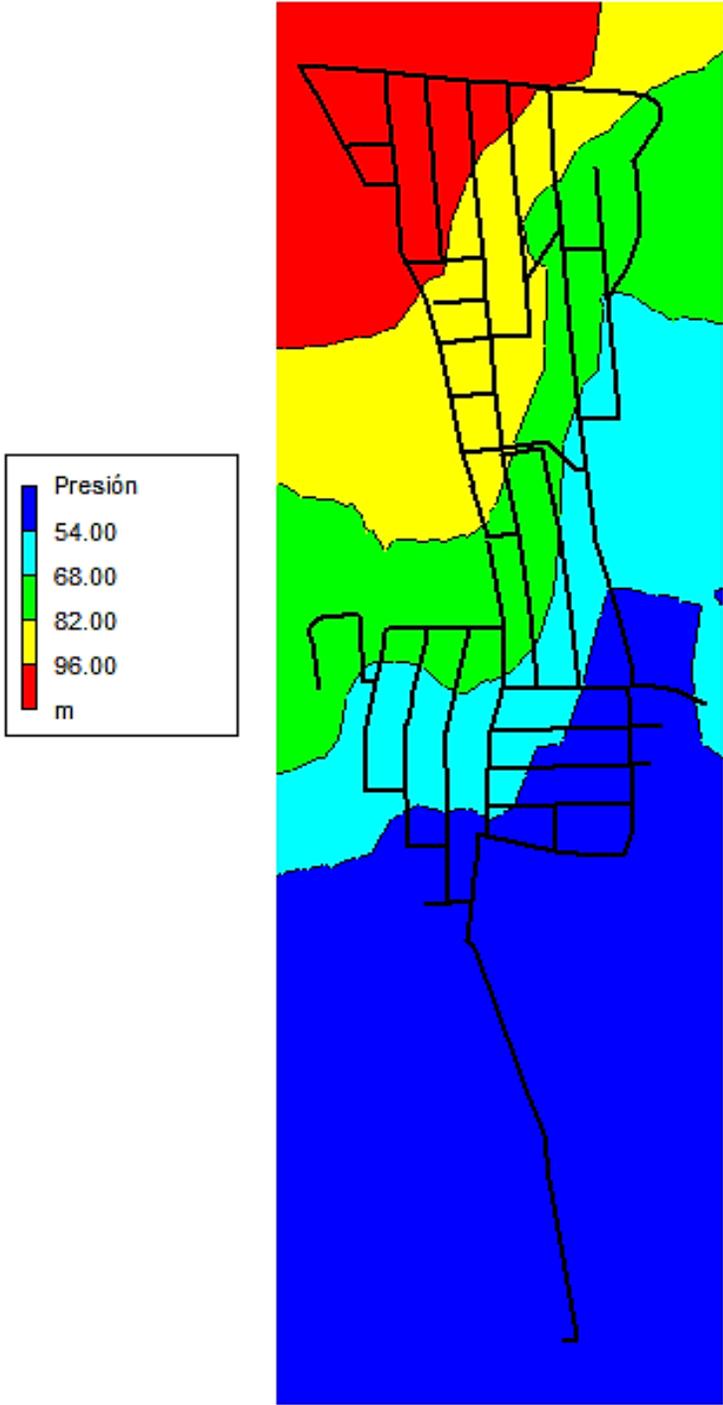
Presiones 6.00 AM - año 2021



Nota. Zonas de presiones para época actual. Elaborado por: El autor, a través del programa EPANET.

Figura 30.

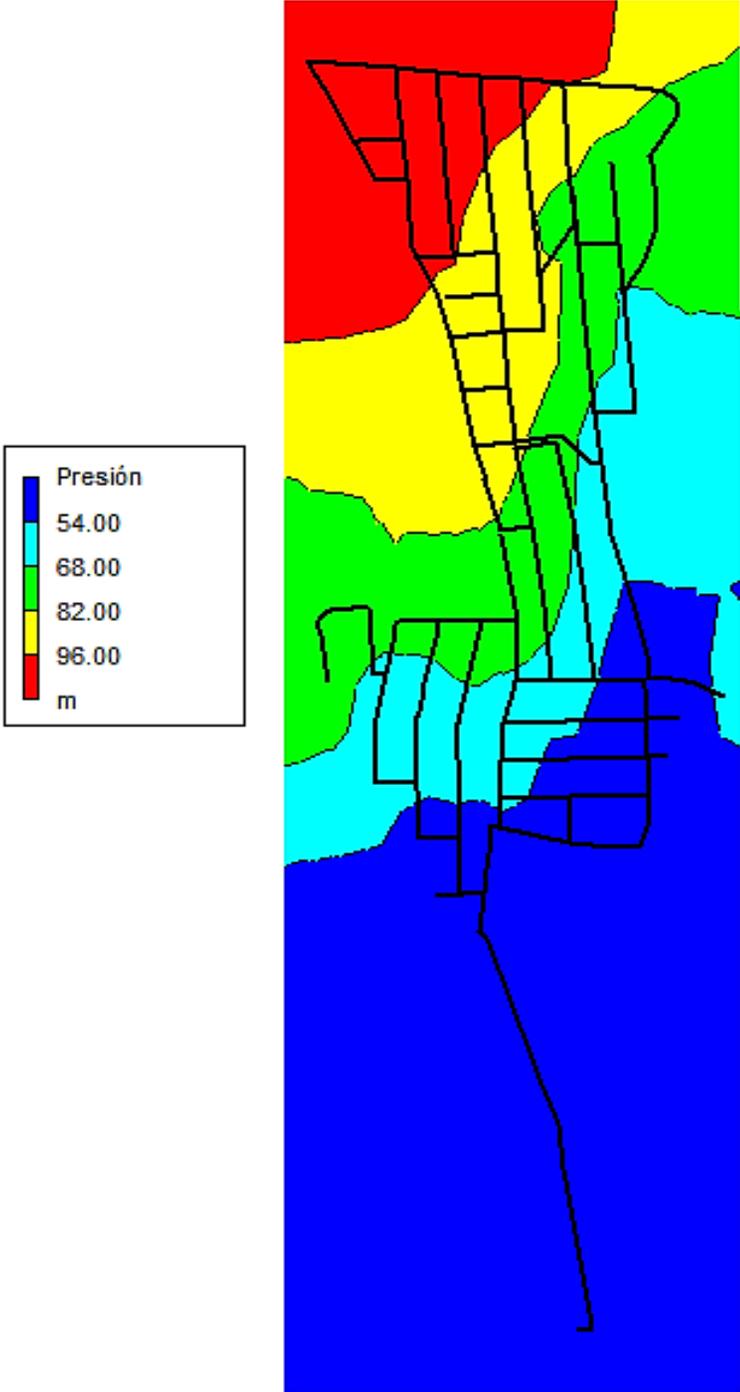
Presiones 6.00 AM - año 2031



Nota. Zonas de presiones para el año 2031. Elaborado por: El autor, a través del programa EPANET.

Figura 31.

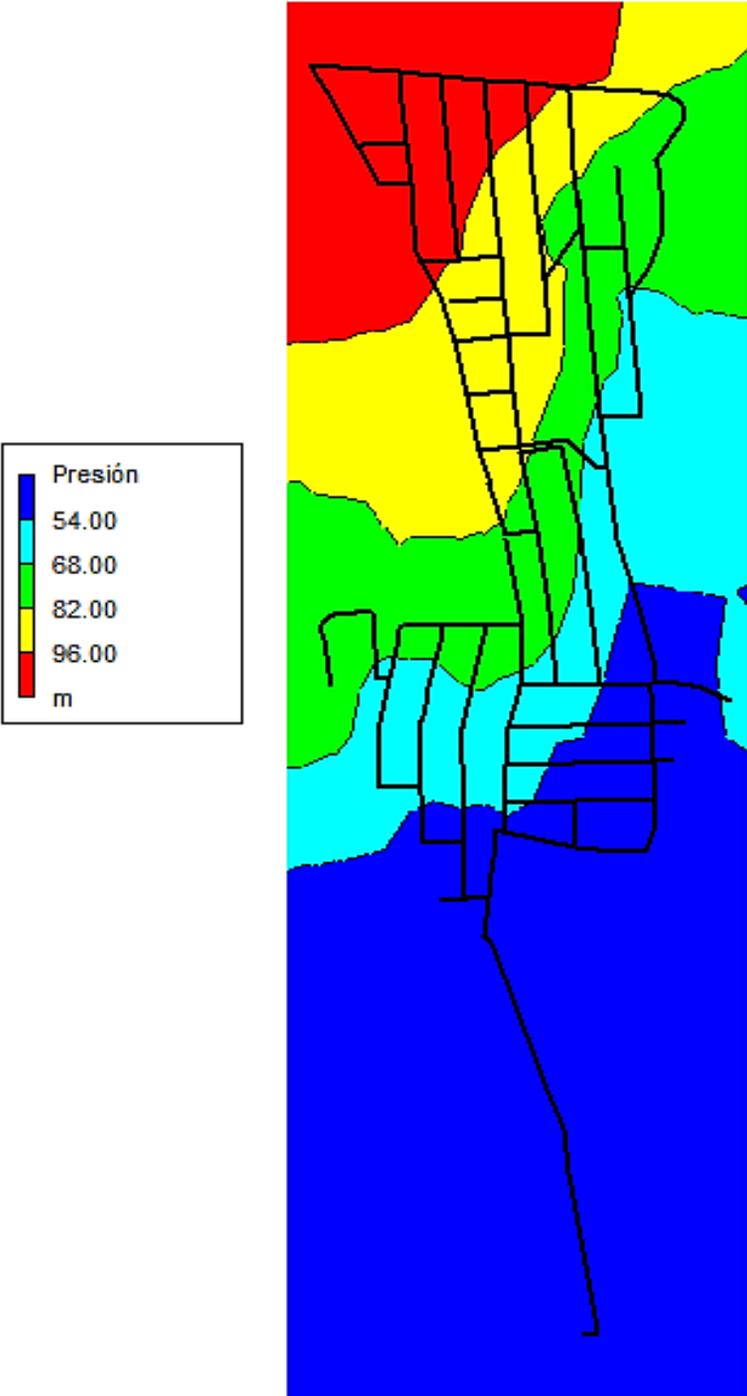
Presiones 6.00 AM - año 2036



Nota. Zonas de presiones para el año 2036. Elaborado por: El autor, a través del programa EPANET.

Figura 32.

Presiones 6.00 AM - año 2046



Nota. Zonas de presiones para el año 2046. Elaborado por: El autor, a través del programa EPANET.

Como podemos observar en los figuras anteriores las presiones máximas se encuentran delimitadas por la zona de color rojo, donde se encuentra el nodo 94 el cual en la tabla 33 presenta la presión más alta del sistema a las 6 AM (107,38 m.c.a, 107,28 m.c.a, 107,22 m.c.a y 107,03 m.c.a) cada uno de estos valores en la situación actual y años futuras, estas presiones comparándolas con lo que dicta la norma que en periodo extendido no deben sobrepasar los 50 m.c.a, nos indica que el sistema ya no está trabajando eficientemente, así también podemos apreciar las presiones que se encuentran delimitados por el color azul de valor mínimo, donde los nodos trabajan según la normativa, ahí encontramos el nodo 22 de igual forma a las 6 AM con datos (40,10 m.c.a, 40,06 m.c.a, 40,03 m.c.a y 39,95 m.c.a), estos valores demuestran que solo un pequeño tramo del sistema trabaja como debería de hacerlo todo la red de agua potable, se tomó la hora de 6 AM porque era la de mayor presiones.

los reportes que nos proporciona el programa waterGEMS de la situación actual del sistema así también de los años futuros se encuentran especificados en el anexo 12 donde encontramos todo en periodo extendido hora por hora.

Comparando los datos obtenidos en campo y los datos proporcionados por el programa waterGEMS, podemos manifestar que los datos entregados por el programa se acercan a la realidad del sistema.

Se utilizo el programa EPANET un software libre, para comparar los resultados y también porque los datos que se entregaran al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui deben estar trabajados en este programa.

2.1.3.6 Calidad de agua.

En todo el mundo, el mecanismo de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua es el que emplea el cloro y sus compuestos derivados como agentes desinfectantes. Fue introducido masivamente a principios del siglo XX y constituyó una revolución tecnológica, que complementó el proceso de filtración que ya era conocido y utilizado para el tratamiento del agua. La cloración.(Solsona, F. and Méndez, 2002, p. 28).

- **Tanque de abastecimiento Salgado**

El tanque de abastecimiento Salgado consta de una caseta de cloración, con un sistema de dosificación de cloro gas con dos puntos de inyección cuya capacidad es de 50 libras por día con cilindros de 68 Kg y equipos de cierre de válvulas de cilindros automático incluye equipos de protección.

En la siguiente imagen podemos observar la caseta de cloración construida en el tanque de abastecimiento Salgado.

Figura 33.

Caseta de cloración



Nota. Caseta de cloración del tanque abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

Como se mencionó anteriormente la caseta de cloración, consta de un sistema de dosificación de cloro gas con dos puntos de inyección cuya capacidad es de 50 libras por día con cilindros de 68 Kg.

Figura 34.

Cilindros de 68 Kg.



Nota. Cilindros de cloración del tanque abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

De igual forma los equipos de cierre de válvulas de cilindros automático incluidos equipos de protección.

Figura 35.

Equipos de cierre de válvulas y protección.



Nota. Equipo de protección del tanque abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

La información entregada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, nos indica más detalles del sistema de cloración.

Tabla 36.

Dosificación de Cloro Gas cilindros de 68 Kg.

SITIO DE CLORACION	Qmax	Presión en el punto de inyección	Dosis a aplicarse	Cantidad de cloro		Tamaño del rotámetro principal = (4/3) Cantidad de cloro		Capacidad máxima del sistema	
				PPD	Kg/h	PPD	Kg/h	PPD	Kg/h
ALBORNOZ	21 l/seg	20	2.5	10.0	0.2	13.3	0.3	25	0.5
CASHAPAMBA	66 l/seg	20	2.5	31.4	0.6	41.8	0.8	50	1
GAVALANEZ	15 l/seg	20	2.5	7.1	0.1	9.5	0.2	10	0.2
SELVA ALEGRE	70 l/seg	120	2.5	33.3	0.7	44.3	0.9	50	1
SALGADO	30 l/seg	20	2.5	14.3	0.3	19.0	0.4	25	0.5

Nota. Dosificación de cloro gas para cada tanque de abastecimiento. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Especificaciones técnicas.

Tipo de sistema de dosificación. Por vacío.

Cilindros que utilizará el sistema. Cilindros de 68 Kg.

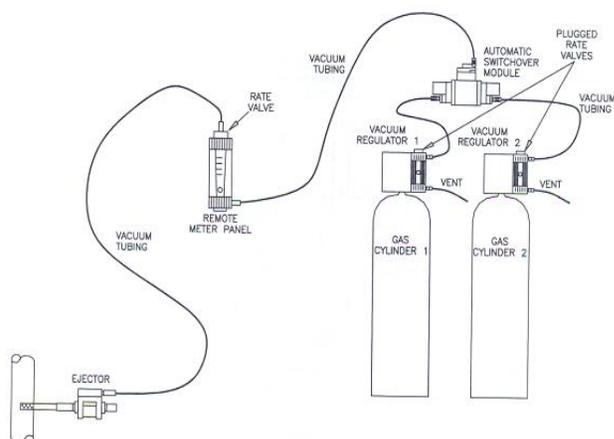
Equipos en cada sistema.

- Balanza doble para pesaje continuo de cilindros de 68 Kg.
- Reguladores de vacío.
- Eyector
- Conmutador automático de vaciado de cilindros.
- Rotámetros para dosificación manual
- Bombas Booster
- Difusor para tubería / canal
- Sensor de fugas

- Máscaras full face
- Kit A
- Sistema de cierre automático de válvulas para cilindros de 68Kg.
- Cilindros de 68 Kg.

Figura 36.

Sistema con tanques de 68 Kg.



Nota. Sistema de tanque de 68 Kg en el tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Todos los equipos mencionados anteriormente nos muestran cómo se potabiliza el agua para la Urbanización Banco de Fomento, todo esto para garantizar agua potable de calidad que cumpla con todo lo que dicta la norma técnica INEN 1108.

Agua potable es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.(INEN 1 108, 2014, p. 1).

2.1.3.7 Conclusiones de la evaluación del sistema actual.

Tal y como se pudo comprobar al momento de realizar la evaluación del sistema de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento, se encontraron fugas de agua

potable muy evidentes en el recorrido realizado en el sector motivo de este estudio, de igual forma se constató que existen reparaciones por daños en las conexiones domiciliarias, estos daños en la red de distribución de agua potable están y seguirán afectando la distribución de líquido vital a la población.

Al medir las presiones que se generan en sistema de agua potable con ayuda de un manómetro, se registraron mediciones en distintos puntos para poder verificar si estas cumplen con lo que dicta la norma, en el punto más crítico se tuvo un valor de 92 m.c.a que excede el valor que dicta la norma INEN 5 de 50 m.c.a en periodo extendido y 70 m.c.a en periodo estático, esta medición se la realizo en la manzana 1 lote 7, la presión con el menor valor medido fue de 30 m.c.a, este valor si se encuentra en el rango que dicta la norma, esta medición se la realizo en la manzana 70 lote 8.

Tras es el análisis, del sistema de agua potable con el programa WaterGEMS se pudo constatar los problemas de presiones altas que tiene la red de agua potable teniendo en la hora de menor consumo a las 6.00 AM, presiones en la época actual de 107,38 m.c.a en el nodo 94, comparándola con la presión tomada en campo de 92 m.c.a son presiones excesivas que no cumplen con lo especificado en la norma INEN 5, los efectos causados por las sobre presiones se reflejan en las recurrentes fugas que se generan en este sector, lo cual nos lleva a concluir que el sistema necesita un rediseño para corregir estos errores.

2.1.4 Formulación de las alternativas del proyecto de rediseño.

Tomando en consideración todos los cálculos antes realizados, la mejor opción es realizar el rediseño de la red de agua potable, es por este motivo que se plantearán dos alternativas, de las dos opciones se tomara la mejor, la más optima y que cumpla con todos

los requerimientos que debe tener un sistema de agua potable, estas alternativas serán redes mixtas.

los parámetros de diseño proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, serán las bases principales para realizar el rediseño de la red de agua potable, conjuntamente con las normas vigentes publicadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

2.1.4.1 Alternativa 1.

Para la primera alternativa se diseñará una red de agua potable que contenga 5 subredes, lo que nos ayudará a controlar presiones por sectores diferenciados.

Las bases de diseño del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui nos indica un valor mínimo de tubería de 63 mm de PVC con presión de trabajo de 1.25 MPa U/E. Al igual que la evaluación el rediseño se lo realizara para periodo extendido es por esto que se controlaran presiones máximas de 50 m.c.a y mínimas de 10 m.c.a.

2.1.4.2 Alternativa 2.

Como segunda alternativa se realizará un sistema de agua potable con una sola red, en la que se verificarán zonas de mayor presión, donde se colocarán accesorios para reducir presiones que no cumplan con la normativa, al igual que la primera alternativa se tomaran las bases de diseño y lo que dictan las normativas.

Tomando en cuenta lo antes nombrado, para elegir la mejor opción se tomarán en consideración tanto los parámetros hidráulicos, como el presupuesto de cada uno, con esto se elegirá la mejor opción para la Urbanización Banco de Fomento.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Cálculos y diseños. Sistema de distribución de agua potable.

3.1.1 Descripción de la red de distribución.

La red de distribución de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento, al realizar la evaluación se pudo constatar que el sistema no funciona de manera eficiente, con el trabajo de campo se pudo verificar que existen fugas de agua potable en ciertos tramos de la red actual, de igual forma al tratar con la persona encargada del cuidado y mantenimiento de todo el sector, nos indicó que realiza un promedio aproximado de 10 reparaciones en la Urbanización.

Sumándole a lo anterior la toma de presiones que se realizó en campo con ayuda de un manómetro y comparándolas con las que nos indicó el programa WaterGEMS, se pudo notar que existen presiones sumamente altas que no cumplen con lo dictado por la normativa, sobrepasando los 50 m.c.a, es por estos motivos que se ha tomado la decisión de realizar un rediseño completo de la red actual.

El tanque de Abastecimiento Salgado de 600 m³ que se encuentra en el barrio Salgado, al que ingresa un caudal de 21,08 lt/s, de los cuales 4,13 lt/s llega desde la fuente de Molinuco, 2,44 lt/s fuente Curipungo y 14,51 del pozo profundo que se encuentra a un costado de tanque.

Hay que mencionar que el sistema actual trabaja bajo gravedad y está bajo el cargo del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui. La nueva red que se diseñara trabajara al igual que la anterior a gravedad.

3.1.2 Consideraciones en la red de distribución.

Para realizar el rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la Urbanización Banco de Fomento, se tomarán las bases de diseño proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, de igual forma las normas vigentes publicadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- Para el diseño de la nueva red se considerará como caudal de diseño el caudal máximo horario.
- Se lo diseñará en periodo extendido.
- Trabaja a gravedad todo el sistema.
- La presión máxima en periodo extendido no debe sobrepasar los 50 metros de columna de agua.
- La presión mínima en periodo extendido no debe ser menor a 10 metros de columna de agua.
- El diámetro mínimo de tubería debe ser 63 mm con presión de trabajo de 1,25 MPa U/E de PVC.
- Profundidad mínima de 1 metro sobre la corona del tubo para su instalación.

3.1.3 Distribución de gastos en los nudos.

Para poder obtener los caudales en cada uno de los nudos en las dos alternativas planteadas se utilizó el método de repartición media, el cual consiste en repartir cada uno de los caudales en mitades a cada nudo, todo esto considerando sus áreas de dotación.

La modelación se la realizará en el programa WaterGEMS el cual nos permitirá ver cómo funciona nuestra nueva red de agua potable.

Para obtener la población futura para nuestro rediseño de la red de agua potable se tomaron dos métodos de proyección mostrados a continuación.

- **Método geométrico**

La ecuación 1 representa el método geométrico.

$$Pf = Pa * (1 + r)^{(n)}$$

En dónde.

Pf. Población futura (habitantes)

Pa. Población actual (habitantes)

r. Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

n. Período de diseño (años)

- **Método exponencial**

Malthus fue la primera persona en desarrollar un modelo matemático adecuado de crecimiento poblacional. Su preocupación respecto de la limitación de los recursos económicos y del excesivo incremento de la población humana lo motivó suficientemente para desarrollarlo.(Ospina Botero, 1981, p. 81).

La ecuación 2 representa el método exponencial.

$$Pf = Pa * e^{r*t}$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento

t = Período entre el último censo y el último año del periodo de diseño

Con respecto a elevaciones para cada nodo el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, entrego la respectiva topografía del sector para la evaluación y rediseño de la red de agua potable. (véase anexo 13).

La información para el diseño se mostrará a continuación. (véase anexo 14).

Tabla 37.

Datos de diseño para 25 años

DATOS DE DISEÑO AÑO 2046	
DOTACION	250 lt/hab/día
AREA PROYECTO	49,22 Ha
HABITANTES	4232
Qmd	8,75 lt/s
QMD	13,12 lt/s
QMH	20,12 lt/s

Nota. Datos de diseño para rediseño de la red de agua potable. Elaborado por: El autor.

A continuación, se mostrarán los caudales en cada nodo para la primera alternativa.

Tabla 38.

Caudales para cada nodo Alternativa 1.

NODO	HABITANTES	Qmd	QMD	QMH
2-3	15,57	0,05	0,07	0,10
4-5	18,45	0,05	0,08	0,12
6	43,46	0,13	0,19	0,29
7	20,41	0,06	0,09	0,14
8	31,13	0,09	0,14	0,21
9-10	41,24	0,12	0,18	0,27
11	35,39	0,10	0,15	0,24
12	51,24	0,15	0,22	0,34
13	57,70	0,17	0,25	0,38
14	57,21	0,17	0,25	0,38
15	25,93	0,08	0,11	0,17
16-17	49,40	0,14	0,21	0,33
18	72,11	0,21	0,31	0,48
19	19,89	0,06	0,09	0,13
20	44,96	0,13	0,20	0,30
21	40,49	0,12	0,18	0,27
22	20,41	0,06	0,09	0,14

NODO	HABITANTES	Qmd	QMD	QMH
23-24	18,19	0,05	0,08	0,12
25	30,83	0,09	0,13	0,21
26	30,01	0,09	0,13	0,20
27-28	19,82	0,06	0,09	0,13
29	41,33	0,12	0,18	0,28
30	49,09	0,14	0,21	0,33
31	20,19	0,06	0,09	0,13
32-33	41,23	0,12	0,18	0,27
34	33,28	0,10	0,14	0,22
35	9,82	0,03	0,04	0,07
36	18,45	0,05	0,08	0,12
37-38	41,23	0,12	0,18	0,27
39	36,91	0,11	0,16	0,25
40	12,42	0,04	0,05	0,08
41-42-43	9,59	0,03	0,04	0,06
44	19,00	0,05	0,08	0,13
45	36,04	0,10	0,16	0,24
46-47	6,43	0,02	0,03	0,04
48	31,51	0,09	0,14	0,21
49	30,26	0,09	0,13	0,20
50	28,44	0,08	0,12	0,19
51-52	28,77	0,08	0,12	0,19
53	39,68	0,11	0,17	0,26
54	50,65	0,15	0,22	0,34
55	36,39	0,11	0,16	0,24
56-57	19,14	0,06	0,08	0,13
58	42,65	0,12	0,19	0,28
59	25,29	0,07	0,11	0,17
60	18,79	0,05	0,08	0,13
61	20,30	0,06	0,09	0,14
62-63	18,22	0,05	0,08	0,12
64	33,34	0,10	0,14	0,22
65	37,79	0,11	0,16	0,25
66	11,42	0,03	0,05	0,08
67-69	12,77	0,04	0,06	0,08
68	10,36	0,03	0,04	0,07
70	10,79	0,03	0,05	0,07
71	15,27	0,04	0,07	0,10
72	17,07	0,05	0,07	0,11
73	26,05	0,08	1,11	1,71
74	1439,00	0,67		
74	18,84	0,05	0,08	0,13
75-76	26,70	0,08	0,12	0,18
77	23,68	0,07	0,10	0,16
78	12,01	0,03	0,05	0,08

NODO	HABITANTES	Qmd	QMD	QMH
79	40,59	0,12	0,18	0,27
80	27,98	0,08	0,12	0,19
81	25,93	0,08	0,11	0,17
82	30,83	0,09	0,13	0,21
83-84	30,54	0,09	0,13	0,20
85	33,63	0,10	0,15	0,22
86	38,02	0,11	0,16	0,25
87	18,13	0,05	0,08	0,12
88	12,90	0,04	0,06	0,09
89	35,72	0,10	0,16	0,24
90	37,05	0,11	0,16	0,25
91	34,08	0,10	0,15	0,23
92	17,34	0,05	0,08	0,12
93-94	16,21	0,05	0,07	0,11
95	6,43	0,02	0,03	0,04
96	23,76	0,07	0,10	0,16
97	25,10	0,07	0,11	0,17
98	25,15	0,07	0,11	0,17
99	25,09	0,07	0,11	0,17
100	25,68	0,07	0,11	0,17
101	24,75	0,07	0,11	0,16
102	87,20	0,25	0,38	0,58
103-115	7,02	0,02	0,03	0,05
104	11,69	0,03	0,05	0,08
105	25,48	0,07	0,11	0,17
106	25,53	0,07	0,11	0,17
107	25,50	0,07	0,11	0,17
108	14,94	0,04	0,06	0,10
109	20,08	0,06	0,09	0,13
110	28,73	0,08	0,12	0,19
111	26,05	0,08	0,11	0,17
112	29,78	0,09	0,13	0,20
113	30,06	0,09	0,13	0,20
114	22,97	0,07	0,10	0,15
116	15,20	0,04	0,07	0,10
117	12,52	0,04	0,05	0,08
118	38,26	0,11	0,17	0,25
119	33,76	0,10	0,15	0,22
120	17,83	0,05	0,08	0,12

Nota. Caudales para alternativa 1 para realizar el rediseño. Elaborado por: El autor.

De igual forma los caudales en cada nodo para la segunda alternativa se mostrarán a continuación.

Tabla 39.

Caudales para cada nodo Alternativa 2.

NODO	HABITANTES	Qmd	QMD	QMH
2	16	0,05	0,07	0,10
3-4	18	0,05	0,08	0,12
5	43	0,13	0,19	0,29
6	20	0,06	0,09	0,14
7-8	41	0,12	0,18	0,27
9	35	0,10	0,15	0,24
10	51	0,15	0,22	0,34
11	58	0,17	0,25	0,38
12	57	0,17	0,25	0,38
13	26	0,08	0,11	0,17
14-15	49	0,14	0,21	0,33
16	72	0,21	0,31	0,48
17	45	0,13	0,20	0,30
18	40	0,12	0,18	0,27
19	20	0,06	0,09	0,14
20	30	0,09	0,13	0,20
21	31	0,09	0,13	0,21
22	22	0,06	0,10	0,15
23	49	0,14	0,21	0,33
24	41	0,12	0,18	0,28
25-26	25	0,07	0,11	0,16
27	10	0,03	0,04	0,07
28	33	0,10	0,14	0,22
29	41	0,12	0,18	0,27
30	30	0,09	0,13	0,20
31	12	0,04	0,05	0,08
32	37	0,11	0,16	0,25
33	41	0,12	0,18	0,27
34	29	0,08	0,13	0,20
35-36	59	0,17	0,26	0,39
37	39	0,11	0,17	0,26
38-39	38	0,11	0,16	0,25
40	39	0,11	0,17	0,26

NODO	HABITANTES	Qmd	QMD	QMH
41	36	0,11	0,16	0,24
42	51	0,15	0,22	0,34
43	40	0,11	0,17	0,26
44-45	33	0,10	0,14	0,22
46	20	0,06	0,09	0,14
47	19	0,05	0,08	0,13
48	25	0,07	0,11	0,17
49	43	0,12	0,19	0,28
50	19	0,06	0,08	0,13
51	11	0,03	0,05	0,08
52-56	43	0,12	0,19	0,29
53	17	0,05	0,07	0,11
54-55	26	0,07	0,11	0,17
57	44	0,13	0,19	0,29
58	31	0,09	0,13	0,20
59	19	0,05	0,08	0,13
60	26	0,08	0,11	0,18
61	28	0,08	0,12	0,19
62	41	0,12	0,18	0,27
63	12	0,03	0,05	0,08
64	24	0,07	0,10	0,16
65	27	0,08	0,12	0,18
66	31	0,09	0,13	0,21
67	26	0,08	0,11	0,17
68	21	0,06	0,09	0,14
69	39	0,11	0,17	0,26
70	34	0,10	0,15	0,22
71	17	0,05	0,08	0,12
72	31	0,09	0,13	0,20
73	34	0,10	0,15	0,23
74	37	0,11	0,16	0,25
75	36	0,10	0,16	0,24
76	13	0,04	0,06	0,09
77	31	0,09	0,14	0,21
78	87	0,25	0,38	0,58
79	25	0,07	0,11	0,17
80	41	0,12	0,18	0,27

NODO	HABITANTES	Qmd	QMD	QMH
41	36	0,11	0,16	0,24
42	51	0,15	0,22	0,34
43	40	0,11	0,17	0,26
44-45	33	0,10	0,14	0,22
46	20	0,06	0,09	0,14
47	19	0,05	0,08	0,13
48	25	0,07	0,11	0,17
49	43	0,12	0,19	0,28
50	19	0,06	0,08	0,13
51	11	0,03	0,05	0,08
52-56	43	0,12	0,19	0,29
53	17	0,05	0,07	0,11
54-55	26	0,07	0,11	0,17
57	44	0,13	0,19	0,29
58	31	0,09	0,13	0,20
59	19	0,05	0,08	0,13
60	26	0,08	0,11	0,18
61	28	0,08	0,12	0,19
62	41	0,12	0,18	0,27
63	12	0,03	0,05	0,08
64	24	0,07	0,10	0,16
65	27	0,08	0,12	0,18
66	31	0,09	0,13	0,21
67	26	0,08	0,11	0,17
68	21	0,06	0,09	0,14
69	39	0,11	0,17	0,26
70	34	0,10	0,15	0,22
71	17	0,05	0,08	0,12
72	31	0,09	0,13	0,20
73	34	0,10	0,15	0,23
74	37	0,11	0,16	0,25
75	36	0,10	0,16	0,24
76	13	0,04	0,06	0,09
77	31	0,09	0,14	0,21
78	87	0,25	0,38	0,58
79	25	0,07	0,11	0,17
80	41	0,12	0,18	0,27
81	50	0,15	0,22	0,33
82	50	0,15	0,22	0,33
83	50	0,14	0,22	0,33

NODO	HABITANTES	Qmd	QMD	QMH
84	20	0,06	0,09	0,13
85	13	0,04	0,06	0,09
86	28	0,08	0,12	0,19
87	20	0,06	0,09	0,13
88	30	0,09	0,13	0,20
89	29	0,08	0,13	0,20
90	26	0,07	0,11	0,17
91	18	0,05	0,08	0,12
92	34	0,10	0,15	0,22
93	38	0,11	0,17	0,25
94	13	0,04	0,05	0,08
95	15	0,04	0,07	0,10
96	23	0,07	0,10	0,15

Nota. Caudales para alternativa 2 para realizar el rediseño. Elaborado por: El autor.

3.1.4 Determinación de diámetros y cálculos de presiones.

El diámetro mínimo utilizado será de 63 mm con presión de trabajo de 1,25 MPa U/E de PVC, esto nos dicta las bases de diseño del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, los otros diámetros a utilizar serán los siguientes los cuales ya se utilizaron en la red actual.

La tabla 40 muestra los diámetros nominales, diámetros internos y presiones de trabajo de las distintas tuberías.

Tabla 40.

Especificaciones para tuberías de PVC.

Diametro Nominal (mm)	Diametro interno	Espesor Nominal	Presion de Trabajo		
UNION U/Z UNION E/C	mm	mm	Mpa	PSI	kgf/cm2
63	56,8	3,1	1,25	181	12,75
90	81,2	4,4	1,25	181	12,75
110	99,6	5,2	1,25	181	12,75
160	144,8	7,6	1,25	181	12,75

Nota. Diámetros y presiones de trabajo de las tuberías de PVC. Elaborado por: El autor, a través de especificaciones de PLASTIGAMA.

3.1.5 Determinación de pérdidas de carga.

Para el cálculo de pérdidas de carga o altura piezométrica en las tuberías debido a su fricción por la conducción del agua, se puede calcular utilizando tres formulas.

- la fórmula de Hazen-Williams
- la fórmula de Darcy-Weisbach
- la fórmula de Chezy-Manning

La fórmula de Hazen-Williams es la más utilizada en EEUU. Sin embargo, no puede utilizarse para líquidos distintos del agua, y fue desarrollada originalmente sólo para flujo turbulento. Desde el punto de vista académico, la fórmula de Darcy-Weisbach es la más correcta, y es aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes. Finalmente, la fórmula de Chezy-Manning es utilizada usualmente para canales y tuberías de gran diámetro, donde la turbulencia está muy desarrollada. En la versión española la fórmula de Darcy-Weisbach es seleccionada por defecto. (Rossman, 2017, p. 28).

En nuestro caso utilizaremos la fórmula de Hazen-Williams.

$$H_f = 10,674 * \left[\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,871}} \right] * L$$

Donde.

H_f = pérdida de carga (m)

Q = caudal (m³/s)

C = coeficiente de rugosidad (adimensional)

D = diámetro interno de la tubería (m)

L = longitud de la tubería (m)

Con respecto al coeficiente de rugosidad a continuación en la siguiente tabla se mostrará por el tipo de material cual se va a utilizar.

Tabla 41.

Coefficientes de Rugosidad para Tubería Nueva.

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD C
ASBESTO CEMENTO	140
HORMIGON O REVESTIDO DE HORMIGON	120 - 140
FUNDICION	130 - 140
HIERRO GALVANIZADO	120
PLASTICO (PVC)	140 - 150
ACERO	140 - 150
CERAMICA	110

Nota. Coeficiente de rugosidad para tubería de PVC. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por Análisis Hidráulico y de Calidad del Agua en Redes de Distribución de Agua.

En nuestro caso como las tuberías son de PVC se tomará un coeficiente de rugosidad de 140.

3.1.6 Diseño de la red de distribución.

Para el diseño de las dos alternativas que se van a realizar hay que tomar en cuenta que las dos son redes mixtas, la primera alternativa constará de la red principal que se dividirá en 5 subredes que nos permitirá controlar las presiones por cada subred.

La segunda alternativa constara solo de una red completa, donde se controlarán las presiones revisando los sectores que lo necesiten.

Para poder diseñar en periodo extendido se utilizarán los mismos multiplicadores con los que se trabajó en la evaluación, el motivo de esto es porque esto nos indican la cultura de consumo de la Urbanización. (véase anexo 8).

Con respecto al tanque de abastecimiento Salgado al realizar la evaluación se pudo concluir que a medida que pase el tiempo hasta llegar a los 25 años no se tendrá ningún problema tanto en abastecimiento como en reserva de agua potable.

En la tabla 42 se mostrará la curva de masa para 25 años.

Tabla 42.

Curva de Masa 25 años.

ACTUAL							
HORA	Caudal consumo (m3/s)	Volumen (m3)	Volumen Ac (m3)	Caudal entrada (m3/s)	Volumen (m3)	Volumen Ac (m3)	
1:00:00	0,00125	108,21	108,21	0,00110	95,20	95,20	-13,01
2:00:00	0,00098	85,02	193,24	0,00110	95,20	190,40	-2,83
3:00:00	0,00081	69,56	262,80	0,00110	95,20	285,60	22,80
4:00:00	0,00054	46,38	309,18	0,00110	95,20	380,80	71,63
5:00:00	0,00032	27,83	337,00	0,00110	95,20	476,00	139,00
6:00:00	0,00018	15,46	352,46	0,00110	95,20	571,20	218,74
7:00:00	0,00016	13,91	366,37	0,00110	95,20	666,40	300,03
8:00:00	0,00020	17,00	383,38	0,00110	95,20	761,60	378,23
9:00:00	0,00030	26,28	409,66	0,00110	95,20	856,80	447,15
10:00:00	0,00050	43,28	452,94	0,00110	95,20	952,01	499,06
11:00:00	0,00063	54,11	507,05	0,00110	95,20	1047,21	540,16
12:00:00	0,00102	88,12	595,16	0,00110	95,20	1142,41	547,24
13:00:00	0,00116	100,48	695,65	0,00110	95,20	1237,61	541,96
14:00:00	0,00129	111,30	806,95	0,00110	95,20	1332,81	525,86
15:00:00	0,00141	122,12	929,07	0,00110	95,20	1428,01	498,93
16:00:00	0,00154	132,95	1062,02	0,00110	95,20	1523,21	461,19
17:00:00	0,00166	143,77	1205,79	0,00110	95,20	1618,41	412,62
18:00:00	0,00177	153,04	1358,83	0,00110	95,20	1713,61	354,78
19:00:00	0,00190	163,86	1522,69	0,00110	95,20	1808,81	286,12
20:00:00	0,00191	165,41	1688,10	0,00110	95,20	1904,01	215,91
21:00:00	0,00188	162,32	1850,42	0,00110	95,20	1999,21	148,79
22:00:00	0,00182	157,68	2008,10	0,00110	95,20	2094,41	86,31
23:00:00	0,00168	145,31	2153,41	0,00110	95,20	2189,61	36,20
0:00:00	0,00152	131,40	2284,81	0,00110	95,20	2284,81	0,00
	0,02644	2284,81					

Nota. Datos obtenidos para realizar la curva de masas para 25 años del tanque de abastecimiento Salgado. Elaborado por: El autor.

Analizando la tabla anterior tenemos un volumen útil de 560 m³ comparando con los 600 m³ del Tanque de abastecimiento Salgado, no se tendría ningún problema para almacenamiento y abastecimiento en 25 años.

Con todos estos datos y parámetros se realizó la distribución de tuberías en las dos alternativas donde se especifican cotas, número de nodo, diámetro de tuberías para poder modelar en el programa WaterGEMS. (véase anexo 15 y anexo 16).

En el anexo 15 podemos ver como se distribuyó las 5 sub redes, como se mencionó anterior mente con toda esa información, unida a los caudales por nodo y los multiplicadores que se especifican en el anexo 8 podremos modelar en el software.

De igual forma en el anexo 16 se muestra la misma información que en el anexo 15 con la diferencia de la forma de la red de agua potable.

3.1.7 Análisis de la red de distribución mediante el software WaterGEMS.

Calculado ya los caudales para cada nodo y teniendo las elevaciones de los mismos, podemos realizar el modelado del sistema de agua potable en el programa WaterGEMS, esto para las dos alternativas.

WaterGEMS al igual que WaterCAD (producto de la misma casa de Software) permiten la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo. Línea (tramos de tuberías), Punto (Nodos de Consumo, Tanques, Reservorios, Hidrantes) e Híbridos (Bombas, Válvulas de Control, Regulación, etc.). No obstante, WaterGEMS agrega a las capacidades de análisis hidráulico incluidas en WaterCAD, el soporte a entornos GIS y la inclusión de diferentes módulos de análisis avanzado.(Villegas Flores, 2013, p. 1)

3.1.7.1 Diseño alternativa 1.

En el anexo 17 se encuentra especificado el reporte que el programa WaterGEMS nos reflejó, donde podemos verificar que en periodo extendido el sistema está funcionando adecuadamente, en la evaluación la hora donde se tenía mayor problema de presiones era a las 6.00 AM, es por este motivo que se tomó esta hora como referencia, las demás horas están detalladas en el anexo 17.

Tabla 43.

Presiones rediseño subredes 6.00 AM

Current Time: 6,00 hours				
ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
68	n2	2.640,31	0,008	49,53
69	n3	2.640,32	0,000	19,99
70	n4	2.641,78	0,010	18,53
71	n5	2.643,24	0,000	17,07
72	n6	2.639,52	0,023	20,77
73	n7	2.637,15	0,011	23,14
74	n8	2.632,76	0,016	27,53
75	n9	2.634,23	0,021	26,06
76	n10	2.633,21	0,000	27,07
77	n11	2.634,75	0,018	25,53
78	n12	2.626,19	0,027	34,09
79	n13	2.624,16	0,030	36,12
80	n14	2.627,29	0,030	32,99
81	n15	2.622,21	0,013	38,07
82	n16	2.620,68	0,000	21,53
83	n17	2.609,18	0,026	33,02
84	n18	2.610,36	0,038	31,84
85	n19	2.613,93	0,010	46,34
86	n20	2.613,61	0,023	46,66
87	n21	2.614,95	0,021	45,32
88	n22	2.618,84	0,011	41,43
89	n23	2.648,06	0,000	12,23
90	n24	2.648,06	0,010	12,23
91	n25	2.645,61	0,016	14,68
92	n26	2.635,78	0,016	24,50
93	n27	2.643,57	0,000	16,72

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
94	n28	2.643,57	0,010	16,72
95	n29	2.641,04	0,022	19,24
96	n30	2.633,40	0,026	26,88
97	n31	2.639,66	0,010	20,62
98	n32	2.641,59	0,000	18,69
99	n33	2.641,59	0,021	18,69
100	n34	2.637,70	0,017	22,58
101	n35	2.629,32	0,005	30,96
102	n36	2.637,39	0,010	22,89
103	n37	2.640,47	0,000	19,81
104	n38	2.640,47	0,021	19,81
105	n39	2.633,43	0,019	26,85
106	n40	2.624,83	0,006	35,44
107	n41	2.629,45	0,000	30,82
108	n42	2.629,45	0,000	30,82
109	n43	2.640,58	0,005	19,70
110	n44	2.624,93	0,010	35,34
111	n45	2.620,13	0,019	40,14
112	n46	2.640,58	0,000	19,70
113	n47	2.640,58	0,003	19,70
114	n48	2.632,32	0,016	27,95
115	n49	2.623,24	0,016	37,03
116	n50	2.620,13	0,015	40,13
117	n51	2.634,50	0,000	25,77
118	n52	2.634,50	0,015	25,77
119	n53	2.622,53	0,021	37,74
120	n54	2.614,77	0,026	45,49
121	n55	2.612,94	0,019	47,32
122	n56	2.630,58	0,000	29,69
123	n57	2.630,58	0,010	29,69
124	n58	2.620,17	0,022	40,09
125	n59	2.620,22	0,013	40,04
126	n60	2.611,17	0,010	49,09
127	n61	2.606,36	0,011	32,25
128	n62	2.625,18	0,000	35,08
129	n63	2.625,18	0,010	35,08
130	n64	2.618,62	0,017	41,64
131	n65	2.605,32	0,020	33,29

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
94	n28	2.643,57	0,010	16,72
95	n29	2.641,04	0,022	19,24
96	n30	2.633,40	0,026	26,88
97	n31	2.639,66	0,010	20,62
98	n32	2.641,59	0,000	18,69
99	n33	2.641,59	0,021	18,69
100	n34	2.637,70	0,017	22,58
101	n35	2.629,32	0,005	30,96
102	n36	2.637,39	0,010	22,89
103	n37	2.640,47	0,000	19,81
104	n38	2.640,47	0,021	19,81
105	n39	2.633,43	0,019	26,85
106	n40	2.624,83	0,006	35,44
107	n41	2.629,45	0,000	30,82
108	n42	2.629,45	0,000	30,82
109	n43	2.640,58	0,005	19,70
110	n44	2.624,93	0,010	35,34
111	n45	2.620,13	0,019	40,14
112	n46	2.640,58	0,000	19,70
113	n47	2.640,58	0,003	19,70
114	n48	2.632,32	0,016	27,95
115	n49	2.623,24	0,016	37,03
116	n50	2.620,13	0,015	40,13
117	n51	2.634,50	0,000	25,77
118	n52	2.634,50	0,015	25,77
119	n53	2.622,53	0,021	37,74
120	n54	2.614,77	0,026	45,49
121	n55	2.612,94	0,019	47,32
122	n56	2.630,58	0,000	29,69
123	n57	2.630,58	0,010	29,69
124	n58	2.620,17	0,022	40,09
125	n59	2.620,22	0,013	40,04
126	n60	2.611,17	0,010	49,09
127	n61	2.606,36	0,011	32,25
128	n62	2.625,18	0,000	35,08
129	n63	2.625,18	0,010	35,08
130	n64	2.618,62	0,017	41,64
131	n65	2.605,32	0,020	33,29
132	n66	2.600,11	0,006	38,50
133	n67	2.625,18	0,000	15,00

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
134	n68	2.621,31	0,005	18,86
135	n69	2.625,18	0,007	15,00
136	n70	2.623,79	0,006	16,38
137	n71	2.605,32	0,008	34,84
138	n72	2.600,11	0,009	40,05
139	n73	2.601,23	0,133	38,93
140	n74	2.596,40	0,010	43,75
141	n75	2.620,12	0,000	20,05
142	n76	2.620,12	0,014	20,05
143	n77	2.619,40	0,012	20,77
144	n78	2.608,46	0,006	31,70
145	n79	2.597,46	0,021	42,69
146	n80	2.591,89	0,015	48,26
147	n81	2.596,54	0,013	43,61
148	n82	2.592,36	0,016	47,79
149	n83	2.619,31	0,000	20,86
150	n84	2.619,31	0,016	20,86
151	n85	2.612,89	0,017	27,28
152	n86	2.610,46	0,020	29,70
153	n87	2.603,03	0,009	37,13
154	n88	2.602,00	0,007	38,16
155	n89	2.595,64	0,019	44,51
156	n90	2.592,62	0,019	47,53
157	n91	2.588,83	0,018	26,08
158	n92	2.587,83	0,009	27,08
159	n93	2.608,22	0,000	31,95
160	n94	2.608,22	0,008	31,95
161	n95	2.602,27	0,003	37,89
162	n96	2.594,92	0,012	45,23
163	n97	2.591,12	0,013	23,80
164	n98	2.589,61	0,013	25,30
165	n99	2.587,57	0,013	27,34
166	n100	2.587,16	0,013	27,75
167	n101	2.620,31	0,013	19,86
168	n102	2.612,98	0,045	27,18
169	n103	2.608,22	0,000	31,95
170	n104	2.602,27	0,006	25,69
171	n105	2.594,92	0,013	33,04
172	n106	2.591,12	0,013	36,84
173	n107	2.589,61	0,013	38,34

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
174	n108	2.587,57	0,008	40,38
175	n109	2.587,16	0,010	40,79
176	n110	2.585,87	0,015	42,08
177	n111	2.585,58	0,013	42,37
178	n112	2.585,02	0,015	42,93
179	n113	2.584,04	0,016	43,91
180	n114	2.583,51	0,012	44,44
181	n115	2.590,19	0,004	37,77
182	n116	2.586,30	0,008	41,65
183	n117	2.583,88	0,006	44,07
184	n118	2.584,03	0,020	43,92
185	n119	2.582,69	0,018	45,26
186	n120	2.580,66	0,009	47,29

Nota. Presiones obtenidas al modelar la alternativa 1. Elaborado por: El autor, a través del programa waterGEMS.

Todos los nodos cumplen con lo que dicta la normativa sobre presiones en periodo extendido todas son menores a 50 metros de columna de agua y mayores a 10 metros de columna de agua.

Hay que mencionar que para poder cumplir con esto se tuvo que colocar 7 válvulas reductoras de presión, los lugares donde se encuentran colocadas dichas válvulas se las puede visualizar en la modelación o el anexo 19.

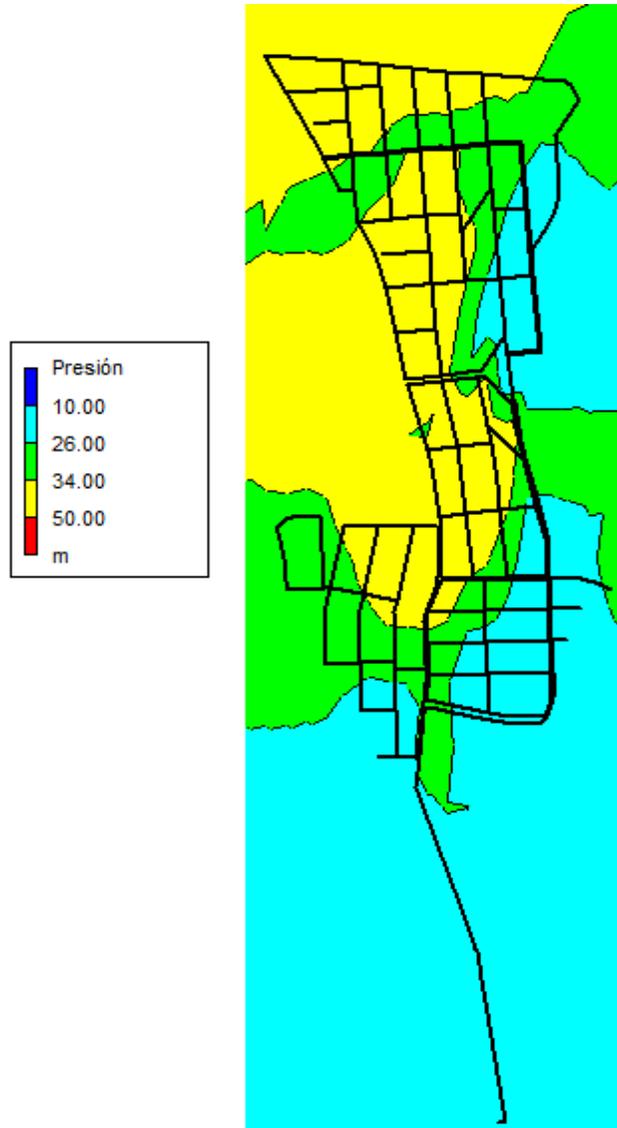
La válvula que se utilizó fue de tipo PRV (válvula reductora de presión) que se encuentra en el catálogo de WaterGEMS.

Los detalles de cada accesorio así también como de las válvulas reductoras de presión están detalladas en el anexo 19, las presiones en cada nodo, caudal medio diario y los diámetros de tuberías con sus longitudes.

Como en la evaluación se verificó en el programa EPANET de igual forma se realizó para el rediseño ya que en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, trabajan con este software y nos ayuda a comparar los datos obtenidos en el WaterGEMS dándonos resultados iguales.

Figura 37.

Zonas de presiones en el sistema de agua potable alternativa 1.



Nota. Zonas de presiones para alternativa 1. Elaborado por: El autor, a través del programa EPANET.

En la figura anterior podemos ver al igual que en el reporte obtenido en WaterGEMS que las presiones no sobrepasan lo que dicta la norma, lo que nos indica un funcionamiento adecuado de esta alternativa.

3.1.7.2 Diseño alternativa 2.

En el anexo 18 podemos encontrar el reporte entregado por el software WaterGEMS, lo que nos permite de igual forma verificar el funcionamiento de este sistema de agua potable, la hora que se detallará será la de 6.00 AM, las demás horas están detalladas en el anexo 18.

Figura 38.

Presiones rediseño red completa 7.00 AM.

Current Time: 6,00 hours				
ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
67	n2	2.640,31	0,008	49,53
68	n3	2.641,78	0,010	18,53
69	n4	2.643,24	0,000	17,07
70	n5	2.639,52	0,023	20,75
71	n6	2.637,15	0,011	23,11
72	n7	2.634,23	0,021	26,03
73	n8	2.633,21	0,000	27,04
74	n9	2.634,75	0,018	25,50
75	n10	2.626,19	0,027	34,06
76	n11	2.624,16	0,030	36,08
77	n12	2.627,29	0,030	32,96
78	n13	2.622,21	0,013	38,03
79	n14	2.620,68	0,000	21,53
80	n15	2.609,18	0,026	33,02
81	n16	2.610,36	0,038	31,84
82	n17	2.613,61	0,023	46,63
83	n18	2.614,95	0,021	45,29
84	n19	2.618,84	0,011	41,40
85	n20	2.648,06	0,016	12,24
86	n21	2.645,61	0,016	14,69
87	n22	2.635,78	0,012	24,52

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
89	n24	2.641,04	0,022	19,25
90	n25	2.633,40	0,013	26,89
91	n26	2.632,76	0,000	27,53
92	n27	2.639,66	0,005	20,63
93	n28	2.641,59	0,017	18,70
94	n29	2.637,70	0,021	22,59
95	n30	2.629,32	0,015	30,96
96	n31	2.637,39	0,006	22,89
97	n32	2.640,47	0,019	19,81
98	n33	2.633,43	0,021	26,85
99	n34	2.624,83	0,015	35,45
100	n35	2.629,45	0,000	30,83
101	n36	2.640,58	0,031	19,70
102	n37	2.632,32	0,021	27,96
103	n38	2.624,93	0,020	35,34
104	n39	2.623,24	0,000	37,03
105	n40	2.620,13	0,020	40,14
106	n41	2.634,50	0,019	25,77
107	n42	2.622,53	0,026	37,74
108	n43	2.614,77	0,021	45,50
109	n44	2.612,94	0,017	47,33
110	n45	2.613,93	0,000	46,34
111	n46	2.630,58	0,011	18,92
112	n47	2.620,17	0,010	29,32
113	n48	2.620,22	0,013	29,27
114	n49	2.611,17	0,022	38,31
115	n50	2.606,36	0,010	43,12
116	n51	2.625,18	0,006	24,31
117	n52	2.618,62	0,022	30,86
118	n53	2.621,31	0,009	18,87
119	n54	2.625,18	0,013	24,31
120	n55	2.623,79	0,000	25,70
121	n56	2.619,39	0,000	30,10
122	n57	2.605,32	0,023	44,16
123	n58	2.600,11	0,016	49,36
124	n59	2.601,23	0,133	38,91
125	n60	2.596,40	0,014	43,74
126	n61	2.620,12	0,015	20,05
127	n62	2.619,40	0,021	20,77
128	n63	2.608,46	0,006	31,70

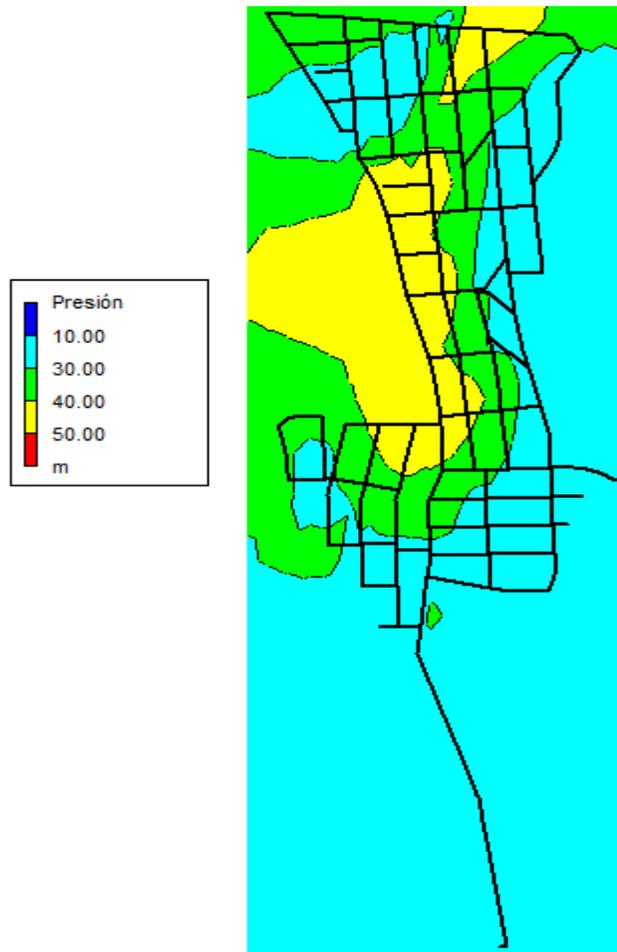
ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)
129	n64	2.597,46	0,012	42,68
130	n65	2.591,89	0,014	48,25
131	n66	2.596,54	0,016	43,60
132	n67	2.592,36	0,013	47,78
133	n68	2.620,31	0,011	19,86
134	n69	2.619,31	0,020	20,86
135	n70	2.612,89	0,017	27,27
136	n71	2.610,46	0,009	29,70
137	n72	2.603,03	0,016	37,12
138	n73	2.602,00	0,018	38,15
139	n74	2.595,64	0,019	44,51
140	n75	2.592,62	0,019	22,56
141	n76	2.588,83	0,007	26,35
142	n77	2.587,83	0,016	27,35
143	n78	2.612,98	0,045	27,18
144	n79	2.608,22	0,013	31,94
145	n80	2.602,27	0,021	37,89
146	n81	2.594,92	0,026	45,23
147	n82	2.591,12	0,026	24,06
148	n83	2.589,61	0,026	25,57
149	n84	2.587,57	0,010	27,61
150	n85	2.587,16	0,007	28,02
151	n86	2.585,87	0,015	29,31
152	n87	2.585,58	0,010	29,60
153	n88	2.585,02	0,015	30,16
154	n89	2.584,04	0,015	31,14
155	n90	2.583,51	0,013	31,67
156	n91	2.590,19	0,009	49,95
157	n92	2.586,30	0,018	28,88
158	n93	2.583,88	0,020	31,30
159	n94	2.584,03	0,006	31,15
160	n95	2.582,69	0,008	32,49
161	n96	2.580,66	0,012	34,52

Nota. Presiones obtenidas al modelar la alternativa 2. Elaborado por: El autor, a través del programa waterGEMS.

Al igual que en la alternativa uno está también cumple con lo que dicta la norma, la diferencia se encuentra en que la alternativa uno se utilizó 7 válvulas reductoras de presión y en esta solo 6 una menos, y se pudo controlar de mejor manera las presiones en todo el sistema.

Los detalles de cada accesorio así también como de las válvulas reductoras de presión están detalladas en el anexo 20, las presiones en cada nodo, caudal medio diario y los diámetros de tuberías con sus longitudes.

Figura 39. Zonas de presiones en el sistema de agua potable alternativa 2.



Nota. Zonas de presiones para alternativa 2. Elaborado por: El autor, a través del programa EPANET.

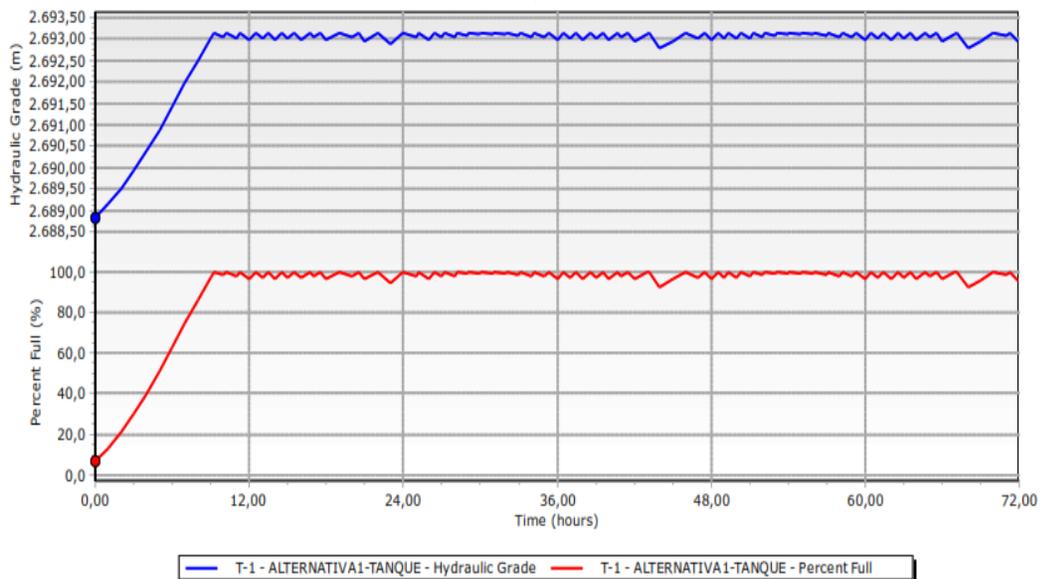
Como en la alternativa uno también se realizó una comparación con el programa EPANET, lo cual nos indica que el sistema trabaja de manera óptima en los dos programas.

- **Análisis de tanque de abastecimiento WaterGEMS.**

Al igual que en la evaluación se realizó el análisis de fluctuación del tanque para las dos alternativas.

Figura 40.

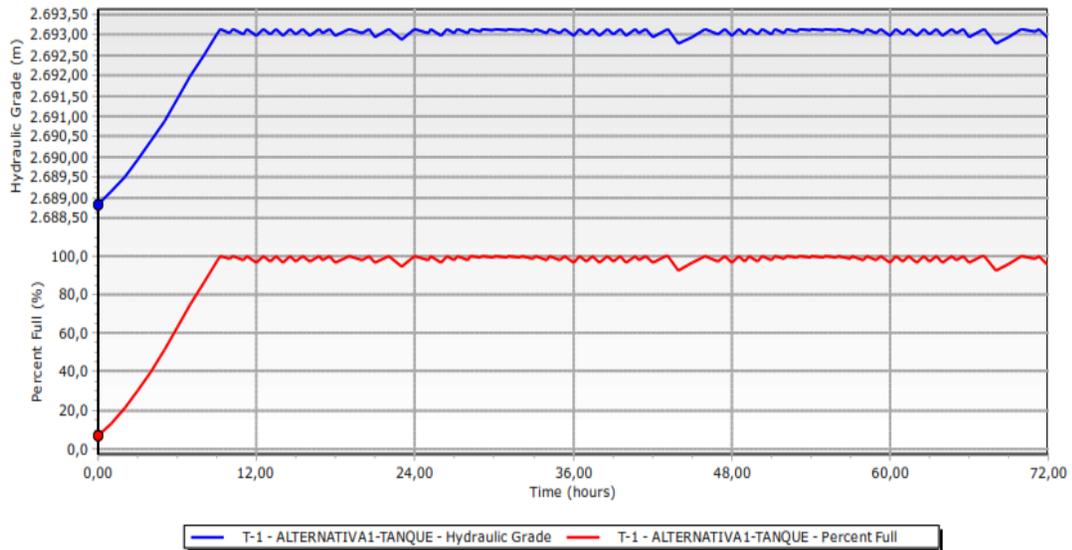
Tanque de abastecimiento WaterGEMS- Alternativa 1.



Nota. Fluctuación del tanque de abastecimiento Salgado para la alternativa 1. Elaborado por: El autor, a través del programa WaterGEMS.

Figura 41.

Tanque de abastecimiento WaterGEMS- Alternativa 2.



Nota. Fluctuación del tanque de abastecimiento Salgado para la alternativa 2. Elaborado por: El autor, a través del programa WaterGEMS.

la fluctuación del tanque es similar tanto en la evaluación como en las dos alternativas, como se mencionó en el capítulo anterior todo el excedente de agua potable que es transporta mediante tubería al tanque de Mushuñan que se encuentra dentro de la Urbanización Banco de Fomento.

- **Válvula reductora de Presión**

La empresa BERMAD en su catálogo nos indica la válvula reductora de presión, como es su funcionamiento y un detalle grafico de su instalación.

La válvula reductora de presión modelo 720 es una válvula de control de operación hidráulica accionada por diafragma, que reduce la presión alta aguas arriba a una presión menor y constante aguas abajo, sin que le afecten las fluctuaciones en la demanda o en la presión aguas arriba.(BERMAD, 2016, p. 1)

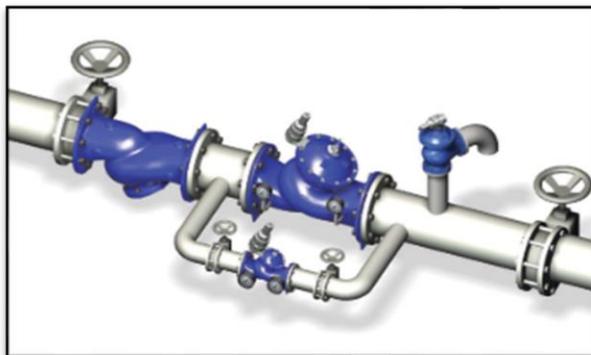
Sistema estándar de reducción de presión

Además de la Válvula reductora de presión Modelo 720, BERMAD recomienda que el sistema incluya también lo siguiente.

- Un filtro Modelo 70F para evitar el acceso de residuos nocivos para la operación de la válvula.
- Una válvula de alivio Modelo 73Q que proporciona.
- Protección contra picos momentáneos de presión.
- Indicación visual de la necesidad de mantenimiento
- Una válvula reductora de presión de derivación (by-pass) que ahorra en los gastos de mantenimiento. La válvula más grande (de mantenimiento más costoso) funciona en los períodos de mayor demanda. La válvula de derivación, más pequeña, reduce las horas de funcionamiento de la válvula grande, proporcionando un mejor rendimiento de la inversión.(BERMAD, 2016, p. 2).

Figura 42.

Sistema estándar de reducción de presión.



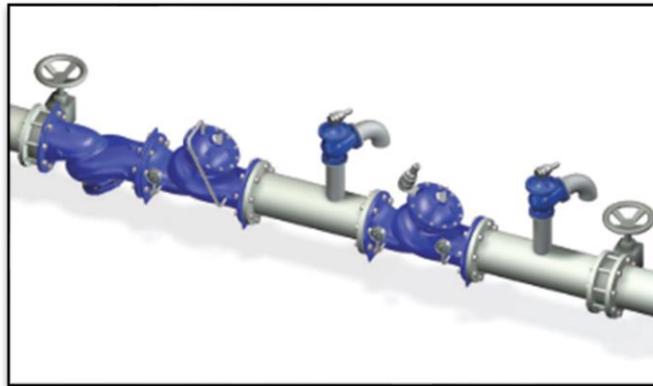
Nota. Se presenta la forma correcta de instalación de una válvula reductora de presión con todos sus accesorios. Fuente. BERMAD (2016).

Sistemas de reducción de grandes diferencias de presión.

La reducción en la primera etapa se obtiene mediante la válvula reductora de presión proporcional modelo 720-PD. Así se aminoran los daños por cavitación y el nivel de ruido distribuyendo la carga de la alta diferencia de presiones.(BERMAD, 2016, p. 2).

Figura 43.

Sistemas de reducción de grandes diferencias de presión.



Nota. Se presenta la forma correcta de instalación de una válvula reductora de presión con todos sus accesorios. Fuente. BERMAD (2016).

- **Calicata**

Para terminar con el rediseño del sistema de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento, se realizó una calicata que nos permite de manera visual saber qué tipo de suelo se tiene en el sector.

Son excavaciones en el terreno de 1.5 de largo x 0.80 o 1.0 m ancho y entre 1.2 y 1.50 m de profundidad, o hasta el contacto lítico con la roca madre en los cuales se encuentra expuesto el perfil completo del suelo. La excavación se efectúa normalmente con pico y pala recta.(SERFOR, 2016, p. 3).

En nuestro caso se realizó una calicata de 2,5 metros de profundidad con ayuda de una pala mecánica, lo que nos permitió de manera visual verificar el tipo de material que se tendrá que excavar y posteriormente desalojar, al momento de realizar la instalación de la nueva red de agua potable, el sector donde se realizó la calicata pertenece Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui. lote del tanque de abastecimiento Mushuñan.

Figura 44.

Pala Mecánica.



Nota. Maquinaria utilizada para realizar calicata. Elaborado por: El autor.

En el primer estrato que se excavó se pudo visualizar tierra de color negra con piedras pequeñas, fácil de mover para la pala mecánica, la altura de dicho estrato fue de 90 centímetros, como se describe en el Plan De Desarrollo y Ordenanza Territorial el tipo de suelo más común que se encuentra son de tipo mollisoles, de origen volcánica son suelos altamente agrícolas de color oscuro, húmedos y limosos como el que se encontró en el primer estrato, se puede denominar como un limo orgánico de baja plasticidad.

Figura 45.

Primer Estrato-Calicata.



Nota. Primer estrato calicata para verificar tipo de suelo. Elaborado por: El autor.

El siguiente estrato que se pudo visualizar fue arena amarilla con piedras pequeñas al igual que el primero fue de fácil excavación, la altura fue de 60 centímetros, arena mal graduada con graba y presencia de finos.

Figura 46.

Segundo Estrato- Calicata.



Nota. Segundo estrato calicata para verificar tipo de suelo. Elaborado por: El autor.

Por último, en la parte final de la excavación se pudo visualizar un suelo de color oscuro de alta consolidación fácil de remover, con una altura de 1 metro.

Figura 47.

Tercer estrato- Calicata.



Nota. tercer estrato calicata para verificar tipo de suelo. Elaborado por: El autor.

De esta forma se puede determinar que en una altura de 2,5 metros se pueden visualizar 3 distintos tipos de suelo, que serán excavados y posteriormente desalojados según la profundidad de excavación que se va a realizar.

Figura 48.

Calicata- Urbanización Banco de Fomento.



Nota. calicata para verificar tipo de suelo. Elaborado por: El autor

CAPÍTULO IV

IMPACTO AMBIENTAL

4.1 Generalidades.

Todo proyecto en su ejecución genera algún tipo de impacto ambiental, estos pueden ser impactos negativos o positivos, a continuación, contemplaremos el impacto que tendrá el proyecto sobre el medio ambiente, las personas que viven en la Urbanización Banco de Fomento y sus alrededores.

En el estudio de impacto ambiental se identificará los impactos que tendrá el proyecto en sus distintas etapas como son la de construcción, operación y mantenimiento y por último etapa de cierre del proyecto, para realizar todo este análisis se utilizara la matriz de Leopold que es un método cualitativo utilizado para estos estudios.

La llamada matriz de Leopold fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental. Realmente es un sistema de información y se preparó para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos, como elemento de guía de los informes y de las evaluaciones de impacto ambiental.(Cotán & Arroyo, 2007, p. 3)

4.2 Identificar el Impacto ambiental.

Para identificar los tipos de impactos que tendrá la ejecución del proyecto, primero se identificó los impactos que se tiene con el sistema de agua potable ya existente,

Uno de los primeros y más importantes es fugas de agua potable, movimiento de tierra y excavación por mantenimiento de la red que tiene fugas o roturas de collarín de toma, crecimiento de maleza y plantas por las fugas de agua.

Al implantar ya el proyecto tendríamos como impactos el movimiento de tierra, escombros que siempre se generan, ruido por maquinaria, todos estos impactos son inevitables para poder ejecutar el proyecto lo que se tiene que hacer es que no sean tan invasivos en el ambiente.

4.3 Descripción del impacto ambiental.

El impacto ambiental más negativos que existe es el desperdicio de agua potable por fugas, que son evidentes al realizar un recorrido completo en la Urbanización.

Como se menciona en el anterior párrafo uno de los problemas es la fuga de agua, esto ayuda a que exista crecimiento de plantas y maleza generando de esta forma acumulación de basura y residuos que contaminarían el ambiente.

Otro de los impactos se da cuando se realizan arreglos al sistema, ya que intervienen máquinas y movimientos de tierra que afectan tanto a los predios aledaños como a la vía y sus habitantes, generando molestias y cortes del servicio.

Se podría señalar que al momento de realizar los mantenimientos del sistema de agua potable se genera un impacto ambiental de tipo auditivo, por el ruido que generan las máquinas al romper las veredas o elementos de hormigón, que se necesita fracturar para poder realizar el mantenimiento.

4.4 Impactos positivos.

No todos los impactos ambientales son negativos también existen los positivos, los impactos que ayudan al ambiente y a sus habitantes, uno de estos impactos es la implantación de la nueva red de agua potable, si se la ejecuta de manera correcta disminuirá las fugas de agua potable, conexiones ilícitas que siempre se encuentran en redes con años de funcionamiento.

Otro de los impactos positivos será la generación de empleo al ejecutarse la obra, compra de material a los negocios aledaños, incremento del comercio, esto ayudará al desarrollo de la Urbanización Banco de Fomento.

4.5 Impactos negativos.

El mayor impacto negativo que se tendrá al momento de ejecutar la obra será el movimiento de tierra, el motivo de esto es por la contaminación de polvo en el ambiente, el ruido de causar las máquinas y volquetas al realizar su trabajo, todo esto generando malestar en los habitantes de la Urbanización Banco de Fomento.

El daño al aspecto de la urbanización es otro de los impactos negativos, el motivo de esto es por daños a la vía para colocar el nuevo sistema.

4.6 Matriz de Leopold

Para desarrollar la Matriz de Leopold vamos a señalar las acciones que se generan en las diferentes, etapa de construcción, operación y cierre.

Un primer paso para la utilización de la matriz de Leopold, consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual se considerarán primero todas las acciones (columnas) que pueden tener lugar dentro del proyecto en cuestión. Posteriormente, y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales (filas) que pueden quedar afectados significativamente, trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y fila (factor) considerados. Una vez hecho esto para todas las acciones, tendremos marcadas las cuadrículas que representen interacciones (o efectos) a tener en cuenta.(Cotán & Arroyo, 2007, p. 4).

Tabla 44.

Acciones para cada etapa.

ETAPA DE CONSTRUCCION
Campamento e instalaciones provisionales
Obras urbanísticas
Desalojo de materiales
Transporte y provisión de materiales
Limpieza y excavación de terreno
Obras de viabilidad
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
Consumo de: agua, energía eléctrica, combustible.
Generación de residuos
Mantenimiento y limpieza
ETAPA DE CIERRE Y ABANDONO
Desmontaje de campamentos
Reposición del suelo
Limpieza general
Retiro de equipos y maquinarias

Nota. Matrix de Leopold para nuestro caso. Elaborado por: El autor.

En la tabla 45 se encuentran los factores ambientales.

Tabla 45.

Factores Ambientales.

CATEGORÍA	COMPONENTE	ELEMENTO
FÍSICO	Suelos	Capa vegetal Procesos erosivos
	Agua	Calidad
	Aire	Calidad Ruido-Vibración
BIÓTICO	Flora	Vegetación natural Cultivos
	Fauna	Terrestres - aves
		Acuática
SOCIO - ECONÓMICO	suelos (estética)	Paisaje
		Recreación
	Bienestar socioeconómico	Salud pública
		Accidentes
		Tránsito vehicular
		Tránsito personal
		Empleo
		Servicio público
Economía		

Nota. Matrix de Leopold factores ambientales. Elaborado por: El autor.

A continuación, se señalará los impactos que se encuentran en cada etapa para poder señalar tanto los impactos positivos como los negativos.

Tabla 46.

Matriz de interrelación Acción – Factores ambientales.

ACCIÓN			REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA URBANIZACIÓN BANCO DE FOMENTO													
			ETAPA DE CONSTRUCCIÓN						ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			ETAPA DE CIERRE Y ABANDONO				
ACCIONES ACTORES AMBIENTALES			Campamento e instalaciones provisionales	Obras urbanísticas	Desalojo de materiales	Transporte y provisión de materiales	Limpieza y excavación de terreno	Obras de viabilidad	Consumo de: agua, energía eléctrica, combustible.	Generación de residuos	Mantenimiento y limpieza	Desmontaje de campamentos	Reposición del suelo	Limpieza general	Retiro de equipos y maquinarias	
CATEGORÍA	COMPONENTE	ELEMENTO														
FÍSICO	Suelos	Capa vegetal	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	
		Procesos erosivos	x	x			x			x						
	Agua	Calidad	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Calidad	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Aire	Ruido-Vibración	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
		x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	
BIÓTICO	Flora	Vegetación natural	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	
		Cultivos														
	Fauna	Terrestres - aves							x		x					
		Acuática														
SOCIO - ECONÓMICO	suelos (estética)	Paisaje	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Recreación	x	x		x			x	x		x				
	Bienestar socioeconómico	Salud pública	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Accidentes	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
		Tránsito vehicular	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
		Tránsito personal	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
		Empleo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Servicio público	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Economía	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Nota. Matrix de Leopold Acción – Factores ambientales. Elaborado por: El autor.

Para calificar y valorar se colocará en cada cuadrícula valores tanto de magnitud como importancia del impacto, es por este motivo que se dividirá cada cuadrícula con una diagonal para poder observar de mejor manera estos datos.

La magnitud del impacto

Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido sobre un determinado recurso o elemento del ambiente. Se propone el cálculo de una magnitud relativa, a partir de los siguientes procedimientos. La comparación entre el valor impactado de un recurso sobre el valor total de dicho recurso en toda la zona del proyecto o en la zona de influencia. Expresada en porcentajes, entre los siguientes rangos.(DE LA MAZA, 2007, p. 3).

Tabla 47.

Magnitud de impacto.

DESCRIPCIÓN	%	RANGO
Muy alta	(80 - 100) %	8,0 a 10
Alta	(60 - 79) %	6,0 a 7,9
Media	(40 - 59) %	4,0 a 5,9
Baja	(20 -39) %	2,0 a 3,9
Muy baja	(0 -19) %	0 - 1,9

Nota. Magnitud de importancia para la Matrix de Leopold. Elaborado por: El autor.

Importancia del impacto

Se refiere a la significación humana del impacto. Esto está en relación directa con la calidad del recurso afectado.(DE LA MAZA, 2007, p. 3).

Tabla 48.

Importancia de impacto.

DURACION	INFLUENCIA	CALIFICACION
Temporal	Puntual	1
Media	Puntual	2
Permanente	Puntual	3
Temporal	Local	4
Media	Local	5
Permanente	Local	6
Temporal	Regional	7
Media	Regional	8
Permanente	Regional	9
Permanente	Nacional	10

Nota. Importancia de impacto para la Matrix de Leopold. Elaborado por: El autor.

Matriz de Leopold para la etapa de construcción tabla 49.

Tabla 49.

Matriz de Leopold para la etapa de construcción.

ACCIONES ACTORES AMBIENTALES			ETAPA DE CONSTRUCCIÓN														
			Campamento e instalaciones provisionales	Obras urbanísticas	Desalojo de materiales	Transporte y provisión de materiales	Limpieza y excavación de terreno	Obras de viabilidad	NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS	NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	SUMA DE IMPACTOS (SUMA M*)						
CATEGORÍA	COMPONENTE	ELEMENTO															
FÍSICO	Suelos	Capa vegetal	-1	-1	0	0	-2	-2	-1	-1	-3	-1	-2	-2	-	5	-16
		Procesos erosivos	-1	-1	-2	-1	0	0	0	0	-2	-1	-1	-1	-	4	-6
	Agua	Calidad	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-	5	-6		
		Calidad	-2	-2	-4	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-2	-1	-4	-	6	-36
	Aire	Ruido-Vibración	-4	-1	-4	-2	-5	-4	-5	-4	-2	-2	-1	-2	-	6	-58
BIÓTICO		Flora	Vegetación natural	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-5	-1	-1	-1	-	6	-10
	Cultivos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
	Fauna	Terrestres - aves	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-	1	-1
Acuática		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	
SOCIO - ECONÓMICO	suelos (estética)	Paisaje	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-3	-2	-2	-1	-1	-1	-	6	-13
		Recreación	-2	-1	1	1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	1	2	-2
	Bienestar socioeconómico	Salud pública	-2	-1	-1	-1	-3	-2	-4	-2	-5	-2	-2	-2	-	6	-31
		Accidentes	-3	-2	-3	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-5	-2	-	6	-46
		Tránsito vehicular	-1	-1	-1	-1	-3	-2	-3	-2	-3	-2	-5	-2	-	6	-30
		Tránsito personal	-1	-1	-1	-1	-3	-2	-3	-2	-3	-2	-5	-2	-	6	-30
		Empleo	2	1	6	4	2	4	2	4	6	4	6	4	6	-	90
		Servicio público	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-4	-	6	-15
		Economía	1	4	5	4	5	4	5	4	5	4	8	4	6	-	116
NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS									13								
NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS											71						
SUMA DE IMPACTOS (SUMA M*1)											-94						

Nota. Matriz de Leopold para la etapa de construcción tomando en consideración cada una de las categorías. Elaborado por: El autor.

Matriz de Leopold para la etapa de operación y mantenimiento tabla 50.

Tabla 50.

Matriz de Leopold para la etapa de operación y mantenimiento.

ACCIONES ACTORES AMBIENTALES			ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					
			Consumo de: agua, energía eléctrica, combustible.	Generación de residuos	Mantenimiento y limpieza	NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS	NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	SUMA DE IMPACTOS(SUMA M*)
CATEGORÍA	COMPONENTE	ELEMENTO						
FÍSICO	Suelos	Capa vegetal	0/0	-1/1	0/0	-	1	-1
		Procesos erosivos	0/0	-1/1	0/0	-	1	-1
	Agua	Calidad	-1/3	-4/1	-1/1	-	3	-8
		Aire	-1/3	-4/1	-1/1	-	3	-8
		Ruido-Vibración	0/0	0/0	-4/1	-	1	-4
BIÓTICO	Flora	Vegetación natural	0/0	-1/1	-1/1	-	2	-2
		Cultivos	0/0	0/0	0/0	-	-	0
	Fauna	Terrestres - aves	0/0	-4/3	0/0	-	1	-12
		Acuática	0/0	0/0	0/0	-	-	0
SOCIO - ECONÓMICO	suelos (estética)	Paisaje	4/6	-2/3	-1/1	1	2	17
		Recreación	-1/5	-1/1	0/0	-	2	-6
	Bienestar socioeconómico	Salud pública	9/6	-2/2	-1/1	1	2	49
		Accidentes	0/0	0/0	-1/1	-	1	-1
		Tránsito vehicular	0/0	0/0	-1/1	-	1	-1
		Tránsito personal	0/0	0/0	-1/1	-	1	-1
		Empleo	5/4	1/2	2/1	3	-	24
		Servicio público	5/1	-1/3	-1/1	1	2	1
		Economía	5/4	2/3	1/1	3	-	27
NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS						9		
NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS							23	
SUMA DE IMPACTOS (SUMA M*)								73

Nota. Matriz de Leopold para la etapa de operación y mantenimiento tomando en consideración cada una de las categorías. Elaborado por: El autor.

Matriz de Leopold para la etapa de cierre y abandono tabla 51.

Tabla 51.

Matriz de Leopold para la etapa de cierre y abandono.

ACCIONES ACTORES AMBIENTALES			ETAPA DE CIERRE Y ABANDONO											
			Desmontaje de campamentos	Reposición del suelo	Limpeza general	Retiro de equipos y maquinarias	NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS	NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	SUMA DE IMPACTOS (SUMA M*I)					
CATEGORÍA	COMPONENTE	ELEMENTO												
FÍSICO	Suelos	Capa vegetal	-1	1	-1	1	-4	1	-2	1	-	4	-8	
		Procesos erosivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
	Agua	Calidad	-1	1	-1	1	0	0	0	0	0	-	2	-2
		Aire	Calidad	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-	4	-4
			Ruido-Vibración	-1	1	-1	1	-1	1	-8	2	-	4	-19
BIÓTICO	Flora	Vegetación natural	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-	4	-4	
		Cultivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
	Fauna	Terrestres - aves	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
		Acuática	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
SOCIO - ECONÓMICO	suelos (estética)	Paisaje	-4	1	-2	1	-2	1	-1	1	-	4	-9	
		Recreación	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	-	1	-1
	Bienestar socioeconómico	Salud pública	-1	1	-1	1	-2	1	-4	2	-	4	-12	
		Accidentes	-4	1	-1	1	-1	1	-6	1	-	4	-12	
		Tránsito vehicular	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-	4	-4	
		Tránsito personal	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-	4	-4	
		Empleo	4	4	5	4	4	4	5	4	4	-	-	72
		Servicio público	-1	1	-1	1	-1	1	-1	2	-	4	-5	
		Economía	2	1	1	1	1	1	2	1	4	-	-	6
NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS										8				
NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS											43			
SUMA DE IMPACTOS (SUMA M*I)												6		

Nota. Matriz de Leopold para la etapa de cierre y abandono tomando en consideración cada una de las categorías. Elaborado por: El autor.

En la siguiente tabla podemos observar los resultados que se obtuvo mediante la matriz de Leopold.

Tabla 52.

Impacto positivo - Impacto negativo.

IMPACTOS ETAPAS	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	ETAPA DE CIERRE
Impactos Positivos	13	9	8
Impactos Negativos	71	23	43
TOTAL IMPACTO	84	32	51

Nota. Matriz de Leopold impactos positivos y negativos. Elaborado por: El autor.

La etapa de mayor impacto negativo es la de construcción, es por este motivo que hay que tener buenas medidas de mitigación.

4.7 Medidas de mitigación.

La etapa de construcción es la que mayor impacto ambiental genera comparándolas con las demás es por este motivo que en su ejecución se debe tomar medidas de mitigación.

- En la etapa de excavación se debe garantizar un adecuado manejo del material excavado y dar aviso a los predios aledaños de su ejecución.
- Aminorar la generación de polvo regando agua en el suelo que se excava.
- Verificar que al realizar la compactación del suelo cumpla con lo que se especifica, para que posteriormente no exista hundimiento de la vía.
- Cumplir con todas las normas de seguridad tanto en el personal de trabajo como en señalizaciones de seguridad para los peatones y vehículos, para evitar posibles accidentes.
- Al momento de desalojar el material excedente y escombros, realizarlo en el menor tiempo para evitar acumulación de los mismos.

CAPÍTULO V

PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

5.1 Presupuesto Referencial.

Estimación del costo total del estudio y manera en la que será ejecutado; dependiendo de las particularidades del estudio. El presupuesto deberá presentarse por componentes, productos y de ser el caso por fases.(SENPLADES, 2015, p. 8).

Se presentarán dos presupuestos referenciales tanto para la alternativa 1 como para la alternativa 2.

5.1.1 Presupuesto sistema de agua potable alternativa 1.

A continuación, se presentará un resumen del presupuesto referencial para la alternativa 1.

Tabla 53.

Presupuesto referencial alternativa 1.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO USD \$
1	INSTALACIÓN TUBERIA MATRIZ	\$614.238,0
2	VALVULA REDUCTORA DE PRESION	\$88.646,5
3	ACCESORIOS	\$41.676,8
4	CONEXIÓN	\$160.789,4
5	REPARACIÓN	\$19.768,8
6	RUBROS DE SEGURIDAD	\$1.157,6
	SUB TOTAL	\$926.277,2
	IVA 12%	\$111.153,3
	TOTAL	\$1.037.430,4

Nota. Presupuesto referencial para alternativa 1 incluye iva. Elaborado por: El autor.

El presupuesto referencial es de 1037430,4 dólares este valor incluye iva, el presupuesto con todos sus ítems se encuentra detallado en el anexo 21.

5.1.2 Presupuesto sistema de agua potable alternativa 2.

El presupuesto referencial para la alternativa 2 se encuentra resumido en la siguiente tabla.

Tabla 54.

Presupuesto referencial alternativa 2.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO
		USD \$
1	INSTALACIÓN TUBERIA MATRIZ	\$520.280,22
2	VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN	\$76.772,73
3	ACCESORIOS	\$48.041,93
4	CONEXIÓN	\$169.713,17
5	REPARACIÓN	\$48.373,26
6	RUBROS DE SEGURIDAD	\$1.157,60
SUB TOTAL		\$864.338,92
IVA 12%		\$103.720,67
TOTAL		\$968.059,59

Nota. Presupuesto referencial para alternativa 2 incluye iva. Elaborado por: El autor.

El presupuesto referencial es de 968 059,59 dólares incluye iva, este valor se lo cotejara con el de la alternativa 1.

5.2 Cronograma.

Calendario de Trabajo que deberá Incluir valores y ser consistente tanto con las actividades como con los productos a ser desarrollados. El mismo debe establecer el tiempo de ejecución del estudio en meses.(SENPLADES, 2015, p. 9).

El cronograma valoro tanto para la alternativa 1 como para la 2 se encuentra especificado en el anexo 23.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

6.1 Introducción.

Todo proyecto debe de tener su análisis económico y financiero, para saber si es factible o no ejecutarlo, nos permite conocer si es viable su construcción o se tendrá que realizar cambios para que se encuentre dentro del rango necesario para su realización.

Con respecto a nuestro proyecto se realizará de igual forma un análisis económico financiero, lo que nos permitirá saber si el proyecto es factible o no para su ejecución, para este análisis se utilizara información entregada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui.

6.2 Viabilidad económica.

La viabilidad económica es uno de los aspectos importantes a analizar, el motivo de esto es que nos permite saber si el proyecto es rentable o no, otro de los puntos de vista que se evalúa es la rentabilidad que tiene el proyecto con respecto a la inversión y los recursos que se tiene para su ejecución.

Nos permite saber si en toda la vida útil del proyecto es factible la inversión que se va a realizar, teniendo un beneficio común tanto para la Urbanización Banco de Fomento como para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui.

6.3 Viabilidad financiera.

Con respecto a la viabilidad financiero se analizará si la inversión que se va a realizar tendrá congruencia con sus obligaciones.

Para realizar la evaluación financiera se señalará su flujo de caja, como sus indicadores que son el valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio – costo (B/C).

6.4 Indicadores económicos.

6.4.1 Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto de un proyecto es el valor actual de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios.(Mete, 2014, p. 69).

Los rangos o estimaciones del valor actual neto son los siguiente. Si se tiene un VAN mayor a 0 el proyecto es viable, si se tiene un VAN igual a 0 el proyecto no tendría ningún beneficio y por último si el VAN es menor a 0 el proyecto no es viable.

La fórmula para poder calcular el VAN se presenta a continuación.

$$VAN = -l_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -l_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

En dónde.

F_t = Flujo de dinero para cada periodo.

L₀ = Inversión inicial.

n = Numero de periodo del tiempo.

k = Tipo de interés exigido a la inversión.

6.4.2 Tasa interna de retorno (TIR).

Es otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0. (Mete, 2014, p. 71).

La ecuación para calcular la tasa interna de retorno es la siguiente.

$$\sum_{t=1}^n \frac{FE}{(1 + TIR)^t} = VAN = 0$$

En dónde.

TIR. Tasa Interna de Retorno

VAN. Valor Actual Neto

FE (t). flujo de efectivo neto del período t

n. número de períodos de vida útil del proyecto

6.4.3 Beneficio - costo.

Este indicador mide la cantidad de los flujos netos de efectivo que se obtienen después de recuperar la tasa de interés exigida en el proyecto de inversión. Cuando los flujos de efectivo exceden el monto de inversión, representan la ganancia adicional en porcentaje de la inversión actualizada; en cambio, si los flujos de efectivo actualizados son menores que el monto de la inversión, muestran en porcentaje el faltante de inversión por recuperar. (Morales Castro & Morales Castro, 2009, p. 1)

Los rangos o estimaciones de la relación beneficio-costo son las siguientes. Si el beneficio-costo es mayor a 1 se considera el proyecto, si el beneficio-costo es igual a 1 no existe ganancia y si el beneficio-costo es menor a 1 no se considera el proyecto.

6.5 Inversión del proyecto.

La inversión del proyecto será el costo total de la obra mostrado en el anexo 21 y el anexo 22, donde se nos especifica el presupuesto referencial, su monto total equivalente de 1037430,4 dólares para la alternativa 1 a su vez 968 059,59 dólares en la alternativa 2.

6.6 Egreso por operación y mantenimiento.

El mantenimiento del sistema de agua potable con respecto a las válvulas reductoras de presión se lo realizara cada 10 años, con un cambio total de la válvula reductora de presión, así también se realizará una hipótesis de mantenimiento, cuanto será el desperdicio de agua potable en cada alternativa y el costo que representaría este acontecimiento para la Urbanización Banco de Fomento.

6.6.1 Operación y mantenimiento alternativa 1.

Como se ha especificado en los anteriores puntos la alternativa 1 consta de 7 válvulas reductoras de presión en todo su sistema, su cambio y mantenimiento se lo realizara cada 10 años.

El costo de este rubro se encuentra reflejado en el presupuesto donde nos indica que el mantenimiento, traslado e instalación tiene un valor de 2995,86 dólares, este valor tendría que ser considerado para las 7 válvulas, las cuales se remplazaran cada 10 años, como se ha tomado una vida útil de 25 años, se tendrá que renovar un total de dos veces para que se cumpla lo antes mencionado.

En la tabla 55 se muestra el costo total de las válvulas reductoras de presión tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas.

Tabla 55.

Mantenimiento-Válvulas reductoras de presión Alternativa 1.

MANTENIMIENTO	
VALVULA REDUCTORA DE PRESION	
Costo por unidad de Válvula	\$2.995,86
Costo de las 7 valvulas	\$20.971,02
Costo total por mantenimiento	\$41.942,04

Nota. Costo del mantenimiento por válvula reductora de presión. Elaborado por: El autor.

Con respecto a la operación se tomará una hipótesis la cual considera un tramo de la red de agua potable para su mantenimiento, como se sabe la alternativa 1 está dividida en 5 subredes, en este caso se tomará la subred con mayor número de nodos, que será desde el nodo 57 al nodo 87, dándonos un valor de consumo de 5,8 lt/s igual a 20,9 m³/h, en este tramo se realizará el mantenimiento con un tiempo estimado de 5 horas de corte de servicio.

Tomando las consideraciones antes mencionadas se tiene un desperdicio de agua potable de 20,9 m³/h no facturada, lo que nos da un valor en las 5 horas de mantenimiento de 104,5 m³/h, los cuales no podrán ser cobrados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, esto representa perdidas tanto de agua potable como de cobro del suministro, el costo por metro cubico se encuentra en el siguiente rango de 100 m³ a 200 m³, se cobra un valor de 32,63 dólares, siendo el mantenimiento una vez al año.

6.6.2 Operación y mantenimiento alternativa 2.

La alternativa 2 consta de 6 Válvulas reductoras de presión en todo el sistema al igual que en la anterior alternativa se realizará su cambio y mantenimiento cada 10 años.

En la tabla 56 se muestra el costo total de las válvulas reductoras de presión con las mismas consideraciones de la alternativa 1.

Tabla 56.

Mantenimiento-Válvulas reductoras de presión Alternativa 2.

MANTENIMIENTO	
VALVULA REDUCTORA DE PRESION	
Costo por unidad de Válvula	\$2.995,86
Costo de las 6 valvulas	\$17.975,16
Costo total por mantenimiento	\$35.950,32

Nota. Costo del mantenimiento por válvula reductora de presión. Elaborado por: El autor.

En este caso la hipótesis es distinta, el motivo de esto es porque esta alternativa consta de una sola red de agua potable, lo que conlleva que al realizar el mantenimiento se realiza la suspensión completa del servicio de agua potable, tomando como consumo un valor de 21 lt/s igual a 75,6 m³/h, de igual forma se toma un tiempo estimado de mantenimiento de 5 horas.

El desperdicio de agua potable en 5 horas será de 378 m³/h, que no podrán ser cobrados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui, es así que el costo por metro cubico se encuentra en el siguiente rango de 300 m³ a 1000 m³, se cobra un valor de 129,43 dólares, siendo el mantenimiento una vez al año.

6.7 Ingresos del proyecto.

Para este punto se tomará la información entregada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui que nos indica los costos por metro cubico que se cobran tanto para categoría residencial y comercial.

Para la categoría residencial se tienen los siguientes valores.

Tabla 57.

Categoría Residencial.

RANGO m3		TARIFA USD	
INICIAL	FINAL	BASICA	ADICIONAL (SOBRE EXCEDENTE)
0	10	0,75	0,0000
10	20	0,75	0,2665
20	30	3,23	0,2803
30	40	5,92	0,3071
40	50	8,89	0,3689
50	60	12,44	0,3770
60	100	16,09	0,4172
100	200	32,63	0,4639
200	300	78,89	0,5105
300	1000	129,43	0,5673
1000	en adelante	526,4	0,6273

Nota. Costo del m3 de agua potable categoría residencial. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

Para la categoría comercial se tienen los siguientes valores.

Tabla 58.

Categoría Comercial.

RANGO m3		TARIFA USD	
INICIAL	FINAL	BASICA	ADICIONAL (SOBRE EXCEDENTE)
0	10	2,00	0,0000
10	20	2,00	0,2918
20	30	4,83	0,3189
30	40	7,94	0,3654
40	50	11,49	0,3808
50	60	15,21	0,4095
60	100	19,20	0,4440
100	200	36,84	0,4985
200	300	86,56	0,5477
300	1000	141,21	0,6090
1000	en adelante	567,40	0,6760

Nota. Costo del m3 de agua potable categoría comercial. Elaborado por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui entrego información detallada de cobros por el servicio de agua potable lo que nos ayudara para este análisis. (véase anexo 24).

Tabla 59.

Ingresos Urbanización Banco de Fomento.

MES	USD \$
ENERO	\$7.529,93
FEBRERO	\$6.942,77
MARZO	\$5.590,05
ABRIL	\$5.947,23
MAYO	\$7.221,18
JUNIO	\$7.091,77
JULIO	\$6.804,28
AGOSTO	\$6.044,17
SEPTIEMBRE	\$5.791,00
OCTUBRE	\$7.556,36
NOVIEMBRE	\$9.976,32
DICIEMBRE	\$5.379,06
TOTAL	\$81.874,12

Nota. Ingresos mensuales por: El autor, a través de la información otorgada por el GADMUR.

En la tabla 57 esta especificado el valor mensual que se cobra a los propietarios de predios en la Urbanización Banco de Fomento, dándonos un total de 81874,12 dólares para el primer año.

Otro de los ingresos es el costo total de la obra, que se cobra mediante el impuesto predial como mejoras para la comunidad.

6.8 Flujo de caja

Para la determinación del flujo de caja se toma los valores de inversión del proyecto, ingreso del proyecto, esto con el fin de determinar los indicadores económicos. Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Beneficio - costo (B/C), la tasa de descuento del 12%.

En la tabla 60 se encuentra detallado el flujo de caja de la alternativa 1 tomando en cuenta tanto el costo y su beneficio.

Tabla 60.*Flujo de caja Alternativa 1.*

AÑO	INGRESO	PRESUPUESTO INICIAL	COSTO MANTENIMIENTO	COSTO OPERACIÓN	COSTO TOTAL	INGRESO TOTAL	FLUJO DE EFECTIVO
2021	0	\$1.037.430,40	0	0	\$1.037.430,40	\$1.037.430,40	\$0,00
2022	\$81.874,12	0	0	\$32,63	\$32,63	\$81.874,12	\$81.841,49
2023	\$82.692,86	0	0	\$32,63	\$32,63	\$82.692,86	\$82.660,23
2024	\$83.519,79	0	0	\$32,63	\$32,63	\$83.519,79	\$83.487,16
2025	\$84.354,99	0	0	\$32,63	\$32,63	\$84.354,99	\$84.322,36
2026	\$85.198,54	0	0	\$32,63	\$32,63	\$85.198,54	\$85.165,91
2027	\$86.050,52	0	0	\$32,63	\$32,63	\$86.050,52	\$86.017,89
2028	\$86.911,03	0	0	\$32,63	\$32,63	\$86.911,03	\$86.878,40
2029	\$87.780,14	0	0	\$32,63	\$32,63	\$87.780,14	\$87.747,51
2030	\$88.657,94	0	0	\$32,63	\$32,63	\$88.657,94	\$88.625,31
2031	\$89.544,52	0	\$20.971,02	\$32,63	\$21.003,65	\$89.544,52	\$68.540,87
2032	\$90.439,96	0	0	\$32,63	\$32,63	\$90.439,96	\$90.407,33
2033	\$91.344,36	0	0	\$32,63	\$32,63	\$91.344,36	\$91.311,73
2034	\$92.257,81	0	0	\$32,63	\$32,63	\$92.257,81	\$92.225,18
2035	\$93.180,39	0	0	\$32,63	\$32,63	\$93.180,39	\$93.147,76
2036	\$94.112,19	0	0	\$32,63	\$32,63	\$94.112,19	\$94.079,56
2037	\$95.053,31	0	0	\$32,63	\$32,63	\$95.053,31	\$95.020,68
2038	\$96.003,84	0	0	\$32,63	\$32,63	\$96.003,84	\$95.971,21
2039	\$96.963,88	0	0	\$32,63	\$32,63	\$96.963,88	\$96.931,25
2040	\$97.933,52	0	0	\$32,63	\$32,63	\$97.933,52	\$97.900,89
2041	\$98.912,86	0	\$20.971,02	\$32,63	\$21.003,65	\$98.912,86	\$77.909,21
2042	\$99.901,99	0	0	\$32,63	\$32,63	\$99.901,99	\$99.869,36
2043	\$100.901,01	0	0	\$32,63	\$32,63	\$100.901,01	\$100.868,38
2044	\$101.910,02	0	0	\$32,63	\$32,63	\$101.910,02	\$101.877,39
2045	\$102.929,12	0	0	\$32,63	\$32,63	\$102.929,12	\$102.896,49
2046	\$103.958,41	0	0	\$32,63	\$32,63	\$103.958,41	\$103.925,78
					\$1.080.188,19	\$2.312.387,11	
\$2.312.387,11							

Nota. Flujo de caja para alternativa 1. Elaborado por: El autor.

En la siguiente tabla se presentarán los indicadores que nos ayudaran a determinar la viabilidad del proyecto con respecto a la alternativa 1, los cuales son el valor actual neto tanto para el costo como el beneficio, la tasa Interna de retorno y el beneficio-costos del proyecto.

Tabla 61.*Indicadores Económicos Alternativa 1.*

INDICADORES	VALOR
Valor Actual Neto (VAN) - COSTO	\$79.802,55
Valor Actual Neto (VAN) - BENEFICIO	\$80.327,61
Tasa Interna de Retorno (TIR)	7%
Beneficio - costo (B/C)	1,01

Nota. Valor actual neto, tasa interna de retorno y beneficio-costo. Elaborado por: El autor.

En la tabla 62 se encuentra detallado el flujo de caja de la alternativa 2 tomando en cuenta tanto el costo y su beneficio.

Tabla 62.*Flujo de caja Alternativa 2.*

AÑO	INGRESO	PRESUPUESTO INICIAL	COSTO MANTENIMIENTO	COSTO OPERACIÓN	COSTO TOTAL	INGRESO TOTAL	FLUJO DE EFECTIVO
2021	0	\$968.059,59	0	0	\$968.059,59	\$968.059,59	\$0,00
2022	\$81.874,12	0	0	\$32,63	\$32,63	\$81.874,12	\$81.841,49
2023	\$82.692,86	0	0	\$32,63	\$32,63	\$82.692,86	\$82.660,23
2024	\$83.519,79	0	0	\$32,63	\$32,63	\$83.519,79	\$83.487,16
2025	\$84.354,99	0	0	\$32,63	\$32,63	\$84.354,99	\$84.322,36
2026	\$85.198,54	0	0	\$32,63	\$32,63	\$85.198,54	\$85.165,91
2027	\$86.050,52	0	0	\$32,63	\$32,63	\$86.050,52	\$86.017,89
2028	\$86.911,03	0	0	\$32,63	\$32,63	\$86.911,03	\$86.878,40
2029	\$87.780,14	0	0	\$32,63	\$32,63	\$87.780,14	\$87.747,51
2030	\$88.657,94	0	0	\$32,63	\$32,63	\$88.657,94	\$88.625,31
2031	\$89.544,52	0	\$17.975,16	\$32,63	\$18.007,79	\$89.544,52	\$71.536,73
2032	\$90.439,96	0	0	\$32,63	\$32,63	\$90.439,96	\$90.407,33
2033	\$91.344,36	0	0	\$32,63	\$32,63	\$91.344,36	\$91.311,73
2034	\$92.257,81	0	0	\$32,63	\$32,63	\$92.257,81	\$92.225,18
2035	\$93.180,39	0	0	\$32,63	\$32,63	\$93.180,39	\$93.147,76
2036	\$94.112,19	0	0	\$32,63	\$32,63	\$94.112,19	\$94.079,56
2037	\$95.053,31	0	0	\$32,63	\$32,63	\$95.053,31	\$95.020,68
2038	\$96.003,84	0	0	\$32,63	\$32,63	\$96.003,84	\$95.971,21
2039	\$96.963,88	0	0	\$32,63	\$32,63	\$96.963,88	\$96.931,25
2040	\$97.933,52	0	0	\$32,63	\$32,63	\$97.933,52	\$97.900,89
2041	\$98.912,86	0	\$17.975,16	\$32,63	\$18.007,79	\$98.912,86	\$80.905,07
2042	\$99.901,99	0	0	\$32,63	\$32,63	\$99.901,99	\$99.869,36
2043	\$100.901,01	0	0	\$32,63	\$32,63	\$100.901,01	\$100.868,38
2044	\$101.910,02	0	0	\$32,63	\$32,63	\$101.910,02	\$101.877,39
2045	\$102.929,12	0	0	\$32,63	\$32,63	\$102.929,12	\$102.896,49
2046	\$103.958,41	0	0	\$32,63	\$32,63	\$103.958,41	\$103.925,78
	\$2.312.387,11				\$1.004.825,66	\$2.312.387,11	

Nota. Flujo de caja para alternativa 2. Elaborado por: El autor.

En la tabla 63 se presentarán los indicadores para la alternativa 2, que son el valor actual neto tanto para el costo como el beneficio, la tasa Interna de retorno y el beneficio-costo del proyecto.

Tabla 63.

Indicadores Económicos Alternativa 2.

INDICADORES	VALOR
Valor Actual Neto (VAN) - COSTO	\$74.466,33
Valor Actual Neto (VAN) - BENEFICIO	\$74.991,39
Tasa Interna de Retorno (TIR)	8%
Beneficio - costo (B/C)	1,01

Nota. Valor actual neto, tasa interna de retorno y beneficio-costo. Elaborado por: El autor.

El valor actual neto del costo para la alternativa 1 como para la alternativa 2 es un valor mayor a 0, así también el valor actual neto del beneficio es mayor a 0 para las dos alternativas, lo que nos indica que el proyecto es viable tanto para la alternativa 1 como la alternativa 2.

Con respecto a la tasa interna de retorno tenemos un valor de 7% para la alternativa 1 y 8% para la alternativa 2, estos dos valores son positivos para el proyecto.

Por último, el valor del beneficio-costo que es un valor de 1,01 en las dos alternativas, es mayor a uno lo que nos da como resultado a que el proyecto se lo puede ejecutar sin ningún problema, los tres indicadores calculados fueron positivos.

Es importante realizar el análisis económico financiero para las dos alternativas, en el caso de que una de estas dos alternativas genere algún valor que no se encuentre en el rango de viabilidad, podría ser uno de los indicadores para desechar una de las alternativas y optar por la que no tenga ningún problema con este análisis.

CONCLUSIONES

Tal y como se pudo comprobar al momento de realizar la evaluación del sistema de agua potable de la Urbanización Banco de Fomento, se encontraron fugas de agua potable muy evidentes en el recorrido realizado en el sector motivo de este estudio, de igual forma se constató que existen reparaciones por daños en las conexiones domiciliarias, estos daños en la red de distribución de agua potable están y seguirán afectando la distribución de líquido vital a la población, lo antes mencionado dio pie a desarrollar un estudio de evaluación para encontrar problemas hidráulicos que afectan a la red de distribución y conexiones domiciliarias.

En la recolección de información que se considera como un parámetro fundamental, tanto para realizar la evaluación de sistema de agua potable y su rediseño, nos permite trabajar con datos reales que se apegan a la verdadera situación actual y proyección de evaluación futura, esto nos ayuda a tomar decisiones más apegadas al horizonte de diseño.

Al medir las presiones que se generan en sistema de agua potable con ayuda de un manómetro, se registraron mediciones en distintos puntos para poder verificar si estas cumplen con lo que dicta la norma, en el punto más crítico se tuvo un valor de 92 m.c.a que excede el valor que dicta la norma INEN 5 de 50 m.c.a en periodo extendido y 70 m.c.a en periodo estático, esta medición se la realizo en la manzana 1 lote 7, la presión con el menor valor medido fue de 30 m.c.a, este valor si se encuentra en el rango que dicta la norma, esta medición se la realizo en la manzana 70 lote 8.

Tras es el análisis, del sistema de agua potable con el programa WaterGEMS se pudo constatar los problemas de presiones altas que tiene la red de agua potable teniendo

en la hora de menor consumo a las 6.00 AM, presiones en la época actual (agosto 2021) de 107,38 m.c.a en el nodo 94 (calle principal Ines Gangotena – calle secundaria Gonzalo Montesdeoca, manzana 1), comparándola con la presión tomada en campo de 92 m.c.a son presiones excesivas que no cumplen con lo especificado en la norma INEN 5, los efectos causados por las sobre presiones se reflejan en las recurrentes fugas que se generan en este sector, lo cual nos lleva a concluir que el sistema necesita un rediseño para corregir estos errores.

La evaluación se realizó con proyecciones de 10 ,15 y 25 años donde al igual que en la época actual el mayor problema fue las presiones altas, en 10 años en el nodo 94 (calle principal Inez Gangotena – calle secundaria Gonzalo Montesdeoca, manzana 1), se tuvo una presión de 107,28 m.c.a, para 15 años una presión de 107, 22 m.c.a y por último en 25 años una presión de 107,03 m.c.a, prácticamente no existe mayor cambio, por lo expuesto anteriormente y en vista que las sobre presiones presentes tanto en campo como en la evaluación se encuentran fuera de la norma INEN-5 se hace necesario la búsqueda de una solución técnica aplicando criterios y especificaciones técnicas de diseño en redes de distribución de agua potable, para nuestro caso utilizaremos la norma arriba mencionada INEN -5 que se encuentra vigente en el país.

Así como se evaluó la red de agua potable también se valoró al tanque de abastecimiento Salgado que cuenta con un volumen de 600 m³, se realizó un análisis de oferta-demanda para verificar si los 21,08 lt/s que ingresan al tanque de abastecimiento cubrirán con la demanda en 25 años, llegando a la conclusión que en 25 años no se tendrá problemas para poder cubrir con la dotación de agua a la urbanización.

Como medio de verificación se utilizó el método de curva de masas dándonos como resultado un volumen útil de 560 m³, que en comparación este valor con el volumen actual del tanque de abastecimiento existente denominado Salgado de 600 m³, se puede concluir que, en cuanto al volumen de reserva no se presenta un déficit entre el volumen proyectado para el periodo de diseño (25 años) y el volumen que se encuentra construido.

Ahora después de haber realizado la evaluación y detectado los problemas de fugas, suspensión de servicio de distribución, pérdidas de facturación por fugas, se tomó la decisión de realizar el estudio del rediseñar el sistema de agua potable para la Urbanización Banco de Fomento, lo mencionado anteriormente dio paso a que se tome en consideración la realización de dos alternativas las mismas que consideran una malla de distribución de agua potable con subredes, y la otra considerada una sola malla, estas alternativas deberán coadyuvar al escogimiento de la alternativa técnica, operacional, permanencia y económicamente viable para la población asentada en los predios de la Urbanización Banco de Fomento.

Una vez modelado las dos alternativas se pudo detectar presiones altas igual que en la evaluación es por esto que se tomó la decisión de colocar válvulas reductoras de presión en las dos alternativas, para la primera alternativa se consideró la instalación de siete válvulas reductoras de presión y la segunda seis válvulas reductoras de presión, con la implementación de las válvulas reductoras se logró controlar el problema de presiones altas y llegar a cumplir con la normativa mencionada en la norma INEN 5.

La presión en el nodo 120 de mayor conflicto en la alternativa uno a las 6.00 AM es de un valor de 47,29 m.c.a, comparándolo con el de la alternativa dos nodos 96 a la

misma hora es de 34,52 m.c.a., los valores mencionados anteriormente cumplen con lo que dicta la norma cuando se evalúa en periodo extendido un valor de 50 m.c.a.

Las dos alternativas cumplen con las bases de diseño entregadas por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Rumiñahui.

Se realizó una calicata de 2,5 m de profundidad, para poder observar de manera visual el tipo de suelo del sector, teniendo tres estratos diferentes, el primero con una altura de 90 centímetros se pudo apreciar suelo de color oscuro con piedra (limo orgánico de baja plasticidad), el segundo con una altura de 60 centímetros fue arena amarilla con piedras (arena mal graduada con graba y presencia de finos) y el último con altura de 1 metro fue suelo de color oscuro altamente consolidado.

Con relación al impacto ambiental la etapa con mayor impacto es la de construcción teniendo como impactos positivos un valor de 13 y negativos de 71 dando un total de 84, siendo esta la más perjudicial para el entorno de la Urbanización.

Frente a los impactos ambientales hay que tomar en cuenta cuales son las medidas de mitigación para estos, para no generar molestias a los habitantes de la urbanización y las poblaciones aledañas a la misma.

El presupuesto para la alternativa uno es de 1'037.430,40 dólares americanos y el de la alternativa dos es de 968.059,59 dólares americanos, teniendo una diferencia de 69370,81, la cual no representa una diferencia económica considerable con relación a la magnitud del proyecto.

Para el análisis económico financiero se tomó una hipótesis a la operación del sistema de agua potable, tomando para la alternativa uno la subred con mayor número de nodos, esto con el motivo de suspender el servicio por 5 horas en ese sector para calcular

el desperdicio de agua en ese periodo y cuál es la afectación con respecto al cobro, llegando a obtener el valor de 104,5 m³/h de desperdicio de agua, con un costo de de 32,63 dólares, de igual manera para la alternativa 2 con un valor de 378 m³/h de agua potable no facturada, con un costo de 129,43 dólares, la última es la que mayor desperdicio de agua tendrá siendo la más perjudicial tanto para el ambiente como para la Urbanización.

Tras el análisis económico financiero se llegó a concluir que las dos alternativas son viables, dando en los 3 indicadores (VAR, TIR, B/C) valores positivos que podrían dar paso a que una de las dos alternativas se pueda ejecutar.

Después de realizar el análisis comparativo entre las dos alternativas se llegó a determinar que la alternativa uno demostró mejores condiciones en los aspectos hidráulicos, sanitarios, operacionales y de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Realizar campañas de concientización del manejo de agua en la Urbanización Banco de Fomento y sus alrededores, con el afán de mitigar su mal uso y tener un manejo adecuado de la misma, para que existan menos conexiones ilícitas o conexiones mal elaboradas que dañan la red de agua potable y producen fugas o daños que afectan al buen funcionamiento del sistema.

Revisar de manera periódica las presiones en el sistema de agua potable para que no existan problemas como los que están sucediendo en la actualidad cuando la nueva red de agua potable sea ejecutada.

Al momento de realizar la construcción del sistema de agua potable cumplir con todos los parámetros que dicta la norma y especificaciones técnicas, para que en futuros años no tener fallas de funcionamiento.

Contratar personal especializado en instalación de válvulas reductoras de presión para no tener problemas al momento de su implantación, sabiendo que es parte fundamental del sistema de agua potable para su correcto funcionamiento.

Para esta clase de proyectos es necesario tomar en cuenta que tipo de suelo se tiene en el sector, el motivo de esto es para saber con qué suelo nos estamos enfrentando al momento de excavar y posteriormente desalojar, porque no es lo mismo un suelo fácil de excavar a una canchagua dura que retrasaría los trabajos por su difícil excavación y traslado.

Ejecutar el proyecto de manera eficiente tratando de tener el menor impacto negativo en los habitantes de la Urbanización Banco de Fomento, sabiendo que siempre este tipo de trabajos generan molestias por el ruido, polvo y otros tipos más de impactos,

es por esto que hay que tomar todas las medidas posibles para que esto sea en menor medida.

El presupuesto referencial tendrá cambios a medida que pasa el tiempo, esto porque el mercado siempre sufre cambios en los precios tanto de accesorios como de tubería, es por eso que hay que tomar en cuenta esto al momento de su ejecución.

Realizar mantenimientos periódicos a todos los equipos tanto de la red de agua potable como al tanque de abastecimiento Salgado, para no tener problemas de abastecimiento y dotación de agua potable.

REFERENCIAS

- BERMAD. (2016). *Válvula Reductora de Presión*.
<https://www.ingenieriadefluidos.com/valvula-reductora-de-presion>
- Cotán, S., & Arroyo, P. (2007). Valoración de impactos ambientales. *Dirección de División de Medio Ambiente*, 2–22.
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi.48150/componente48148.pdf
- CPE INEN 5, N. T. E. (2006). *Código Ecuatoriano De La Construcción. C.E.C. Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para*. 1–291.
- DE LA MAZA, C. L. (2007). *MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES*.
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi.48150/componente48148.pdf
- GADMUR. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui*. 513.
- INEN 1 108. (2014). Agua Potable. Requisitos. Nte Inen 1108. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 5, 1–10. <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
- Mete, R. (2014). Valor actual neto y Tasa de retorno o rendimiento. *Instituto de Investigación En Ciencias Económicas y Financieras Universidad La Salle - Bolivia*, 7, 67–85. [file:///C:/Users/De%7B%7B/Downloads/todo sobre el tir.pdf](file:///C:/Users/De%7B%7B/Downloads/todo%20sobre%20el%20tir.pdf)
- MIDUVI. (2011). NEC-11, Norma Hidrosanitaria NHE Agua. *Norma Ecuatoriana De La Construcción*, 38.
- Morales Castro, A. J., & Morales Castro, A. (2009). *PROYECTOS DE INVERSIÓN EVALUACIÓN Y FORMULACIÓN* (McGRAW-HILL/INTERAMERICANA)

EDITORES (ed.)).

Ospina Botero, D. (1981). Modelos matemáticos elementales en proyecciones de población. *Revista Colombiana de Estadística*, 2(3), 77–87.

PLASTIGAMA. (2009). *Tuberías y Accesorios Tuberías y Accesorios*. 28.

Romero, F. C., & Duque, J. I. (2005). *ACUEDUCTOS TEORÍA y DISEÑO*. Medellín, Colombia. Universidad de Medellín 2005.

Rossmann, A. (2017). *EPANET 2.0 en Español. Análisis Hidráulico y de Calidad del Agua en Redes de Distribución de Agua. Manual del Usuario*.
https://www.iiama.upv.es/iiama/src/elementos/Software/2/epanet/EN2Manual_esp_v20012_ext.pdf

SENAGUA. (2016). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. *Secretaría Del Agua*, 1–44. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5 Parte_9-2.pdf

SENPLADES. (2015). Guía para la presentación de estudios de inversión. In *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo* (pp. 1–58).
<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/GUÍAS-METODOLÓGICAS-DE-ESTUDIOS-PROGRAMAS-O-PROYECTOS.pdf>

SERFOR. (2016). Guía rápida para el levantamiento de suelos en campo. *Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestres - Lima (Perú)*, 1(1), 1–64.

Solsona, F. and Méndez, J. P. (2002). *Desinfección de agua*. 60–98.

Villegas Flores, G. (2013). *MANUAL BÁSICO DE WATERGEMS. DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE AGUA POTABLE DESCRIPCIÓN*, 23.

Zonal, C., & Distrital, D. (2019). *INFORME DE RENDICIÓN DE CUENTAS*

COORDINACIÓN ZONAL 2 / DIRECCIÓN DISTRITAL 17D11.

ANEXOS