



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA
DE LA PARROQUIA DEL LIMONAL, CANTÓN DAULE, PROVINCIA DEL
GUAYAS”**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

JOSUÉ DAVID BRIONES BITAR

EMILY JOHANNA MACÍAS NÚÑEZ

GUAYAQUIL-ECUADOR
2017-2018

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada de forma especial a Dios quien nos guio, fue un pilar fundamental y fuente de inspiración para la realización de este proyecto.

A mis padres el Dr. Luis Macías Gómez y la Dra. Juanita Núñez Marmolejo, quienes me dieron vida, educación, tiempo, apoyo y consejos.

Y a mis maestros quienes compartieron sus conocimientos e hicieron de esto algo posible.

Emily Johanna Macías Núñez

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por haberme dado la vida y la convicción para lograr mis metas, a mis padres y hermanos, a mis familiares, a mis amigos y compañeros, los cuales han sido un pilar fundamental en mi vida personal y académica, por su apoyo y enseñanzas de vida durante este tiempo en la universidad y durante la vida

Josué David Briones Bitar

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, a todos los profesores que han compartido sus conocimientos durante nuestro ciclo universitario, en especial a los profesores; PhD. Miguel Ángel Chávez y PhD. Paúl Carrión Mero.

También se le agradece por su ayuda y consejos al Ing. Xavier Solano, Ing. Jaime Abel Páez y al Ing. Otto Córdova y todos nuestros compañeros y amigos.

Josué David Briones Bitar

Emily Johanna Macías Núñez

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

PhD. Miguel Ángel Chávez
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA

PhD. Hugo Egeuz Alava
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MSc. Luis de Grau Vidal
MIEMBRO EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Josué David Briones Bitar

Emily Johanna Macías Núñez

RESUMEN

La población de la parroquia rural Limonal, ubicada en el Cantón Daule, y sus alrededores, recintos San Lorenzo, Piñal, El Recreo, Valdivia y Colorado, carecen de agua potable lo cual afecta directamente al buen vivir.

El presente trabajo estudia y analiza tres alternativas, eligiendo una, la cual, es diseñada detalladamente. Se realiza el estudio departamental, se determinan las especificaciones técnicas, el estudio de impacto ambiental y un presupuesto referencial.

Palabras Claves: alternativas, conducción, coagulación, floculación, decantación, filtración, cloración, almacenamiento, planta de potabilización, impacto ambiental.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	V
DECLARACIÓN EXPRESA	VI
RESUMEN	VII
INDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	XV
SIMBOLOGÍA	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS	XXV
CAPÍTULO 1.....	30
INTRODUCCIÓN	30
1.1 Marco Referencial.....	31
1.2 Objetivos.....	32
1.2.1 Objetivos Generales.....	32
1.2.2 Objetivos Específicos	32
1.3 Antecedentes	32
1.4 Justificación	34
CAPÍTULO 2.....	35

INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA.....	35
2.1 Ubicación	36
2.2 Estudio Del Medio Físico	39
2.2.1 Topografía.....	39
2.2.2 Geología y Geomorfología	39
2.2.3 Hidrología.....	40
2.2.4 Climatología	40
2.3 Estudio Socio Económico	41
CAPÍTULO 3.....	46
TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO	46
3.1. Levantamiento Topográfico	47
3.2. Análisis de la planta de tratamiento de agua potable actual.	49
3.2.1. Captación	49
3.2.2. Coagulación-Floculación y Sedimentación.....	50
3.2.3. Filtración.....	52
3.2.4. Almacenamiento.....	54
3.3. Estudios de las fuentes de agua potable de la parroquia Limonal... 56	
3.3.1. Caracterización del agua del río Daule	57
3.3.2. Planta de tratamiento actual de la parroquia Limonal	58
3.3.3. Planta de agua potable de Daule.	60
3.3.4. Pozos actuales ubicados en el recinto Piñal.	60
CAPÍTULO 4.....	63
DISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	63

4.1	Alternativa 1: Dotación de agua potable mediante conducción desde la planta de tratamiento ubicada en la cabecera cantonal de Daule.	64
4.1.1	Descripción de la Planta de Agua Potable actual del Cantón Daule	64
4.1.2	Gestión del Diseño de para la Conducción Daule-Limonal	766
4.1.2.1	Disposiciones Generales para Limonal	766
4.1.2.2	Disposiciones Generales para la cabecera de Daule, Poblaciones Cercanas y Lomas del Sargentillo.....	79
4.1.2.3	Clasificación de Sistemas de Agua Potable	81
4.1.2.4	Población Futura	82
4.1.2.5	Estimación de la Población Futura	833
4.1.2.5.1	Métodos de Proyección Poblacional	833
4.1.2.5.2	Datos Iniciales	888
4.1.2.5.3	Tasa de Crecimiento	90
4.1.2.5.4	Cálculo de Proyecciones	91
4.1.2.6	Dotación Futura.....	92
4.1.2.6.1	Variaciones de consumo	92
4.1.2.6.2	Caudales de diseño.....	944
4.1.3	Almacenamiento.....	977
4.1.4	Red de Distribución	988
4.1.5	Estación de Bombeo	1144
4.1.6	Presupuesto	1177
4.2	Alternativa 2: Dotación de agua potable mediante aprovechamiento de agua subterránea.....	1177
4.2.1	Introducción.....	1188

4.2.2	Justificación.....	1188
4.2.3	Pozos de explotación	12020
4.2.4	Caseta de bombeo y abastecimiento de energía	12121
4.2.5	Bombas sumergibles.....	12222
4.2.6	Bombas centrífugas	1266
4.2.7	Paneles Solares	1277
4.2.8	Línea de Impulsión	13030
4.2.9	Filtrado y Cloración	13030
.2.9.1	Filtrado (filtro de carbón activado).....	13030
.2.9.2	Cloración	1333
4.2.10	Almacenamiento.....	1377
4.2.11	Diseño de torres de almacenamiento.....	1388
4.2.12	Redes de distribución.....	1444
4.2.13	Diámetros empleados	1633
4.2.14	Cloro Residual.....	1644
4.2.15	Presupuesto	1688
4.3	Alternativa 3: Dotación de agua potable mediante rehabilitación y mejoramiento de la planta de tratamiento actual ubicada en la parroquia Limonal.....	1699
4.3.1	Descripción general del proceso de potabilización.....	1699
4.3.2	Dosificador de coagulante.....	17070
4.3.3	Coagulación (Mezcla).....	17171
4.3.4	Cálculo de un floculador hidráulico de flujo vertical.....	1799
4.3.5	Cálculo de sedimentador lamelar	1933

4.3.5.1	Cálculo del canal de entrada a decantadores	1955
4.3.5.2	Cálculo del canal central de doble fondo de distribución de agua floculada a los decantadores.....	1999
4.3.5.3	Cálculo de decantador de placas paralelas.....	2044
4.3.5.4	Cálculo de tuberías de recolección	2099
4.3.5.5	Cálculo de colector múltiple con tolvas separadas.....	2133
4.3.6	Cálculo de filtro rápido de tasa declinante y lavado mutuo ...	2177
4.3.7	Cálculo de clorador	23232
4.3.7.1	Cálculo del almacenamiento de cloro.....	23232
4.3.7.2	Cálculo de una estación de cloración.....	2344
4.3.8	Almacenamiento.....	2398
4.3.9	Red de Distribución.....	2399
4.3.10	Bomba Centrífuga	2543
4.3.11	Golpe de Ariete	2576
4.3.12	Desinfección – Concentración Residual de cloro	2587
4.3.13	PRESUPUESTO	2609
CAPÍTULO 5.....		26261
ELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE DISEÑO.....		26261
5.1.	Criterios de selección.....	26362
5.2.	Restricción de alternativas.....	2643
5.3.	Matriz de decisión.....	2654
5.4.	Determinación de la alternativa	2665
CAPÍTULO 6.....		2687
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		2687

6.1	Introducción	2698
6.2	Objetivos.....	2698
6.3	Marco Legal	2709
6.4	Descripción del lugar	27170
6.5	Línea Base Ambiental.....	27170
6.6	Actividades en las diferentes fases y recursos afectados.....	27372
6.6.1	Actividades en las diferentes fases	27372
6.6.2	Recursos afectados.....	2754
6.7	Matriz de Impacto Ambiental	2754
6.7.1	Fase de construcción	28181
6.7.2	Fase de operación.....	2909
6.8	Plan de manejo ambiental	3087
6.8.1	Objetivos.....	3087
6.8.2	Diseño de plan de manejo ambiental.....	3098
6.8.2.1	Plan de control y prevención de impactos.....	3098
6.8.2.2	Plan de mitigación de daños	3154
6.8.2.3	Plan de contingencia.....	3176
6.8.2.4	Plan de capacitación	3187
6.8.2.5	Plan de salud ocupacional y seguridad industrial.....	3198
6.8.2.6	Plan de desechos sólidos.....	32120
CAPÍTULO 7.....		3243
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		3243
7.1	Especificaciones técnicas	3254
7.1.1	Replanteo y trazado	3254

7.1.2	Desbroce y Limpieza.....	3265
7.1.3	Excavación de zanja para tubería (incluye desalojo)	3276
7.1.4	Relleno con cama de arena	3287
7.1.5	Encofrado.....	3298
7.1.6	Bombeo.....	3309
7.1.7	Colocación de acero de refuerzo.....	33130
7.1.8	Pruebas hidrostáticas.....	33231
7.1.9	Suministros e instalación de tuberías.....	33332
7.1.10	Instalación de válvulas y accesorios	3354
CAPÍTULO 8.....		337
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		337
	Conclusiones	338
	Recomendaciones	339

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
CPE	Código de Práctica Ecuatoriano
ASTM	American Society for Testing and Materials
CS	Carga de superficie
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
PVC	Poli-cloruro de Vinilo
SST	Sólidos Suspendidos totales
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
PMA	Plan de Manejo Ambiental
VIA	Matriz de Valoración de Impacto Ambiental

SIMBOLOGÍA

$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados
P_F	Población futura
P_a	Población actual
n	Período de diseño
r	Tasa geométrica poblacional
Q_m	Caudal medio en L/s
D	Dotación en L/hab*día
Q_{md}	Caudal máximo diario en L/s
K	Coefficiente de mayoración
A	Área
Q_d	Caudal de diseño L/s
θ	Ángulo central
y	Tirante del agua

D	Diámetro de tubería
n	Número de Manning
R_h	Radio hidráulico
g	Aceleración de la gravedad
s	Pendiente de la tubería
ΔH	Altura de presión debido al golpe de ariete

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Mapa de la división política administrativa de parroquias del Cantón Daule.....	37
Figura 2.2 Mapa Actual del Límite de la Parroquia de El Limonal.....	37
Figura 2.3 Ubicación Geográfica del Proyecto.....	38
Figura 2.4 Población Parroquia de El Limonal	41
Figura 4.1 Entrada de la planta potabilizadora de agua del cantón Daule ..	65
Figura 4.2 Canal de captación del río Daule.	66
Figura 4.3 Pozo de supervisión de agua captada del río Daule.....	66
Figura 4.4 Cuarto de bombas: Canal de captación a canaleta Parshall.....	67
Figura 4.5 Canaleta Parshall para mezclado hidráulico del coadyuvante. ..	68
Figura 4.6 Antigua ubicación de colocación de cloro y polímero.....	68
Figura 4.7 Tubería de conducción hacia área de floculación.	69
Figura 4.8 Cajones de Floculación de tres velocidades.	70
Figura 4.9 Tubería para extracción de lodos acumulados en fase de floculación.....	70
Figura 4.10 Fase de sedimentación.	71
Figura 4.11 Filtro de 100l/s de la planta de potabilización.	72
Figura 4.12 Sitio de almacenamiento de agua de salida del filtro,	73

Figura 4.13	Piscinas de cloración y tanque de almacenamiento elevado. ..	74
Figura 4.14	Tanques de cloro, para proceso de cloración, en bodega.	75
Figura 4.15	Tanque elevado para distribución por gravedad a la población de Daule.	76
Figura 4.16	Mapa de la ubicación de lomas de Sargentillo y Daule.	80
Figura 4.17	Categoría de los Sistemas de Agua Potable.	82
Figura 4.18	Categoría de los Sistemas de Agua Potable.	83
Figura 4.19	Asignación del Nivel de Complejidad del Sistema	85
Figura 4.20	Métodos de Cálculo Permitidos según el nivel de Complejidad	70
Figura 4.21	Población de acuerdo a Censos desde 1950 hasta 2001.	86
Figura 4.22	Caudales de Diseño para elementos de un sistema de agua potable.	89
Figura 4.23	Coeficientes de pérdidas menores adoptados en el programa.	94
Figura 4.24	Opciones Hidráulicas para el cálculo de la red de abastecimiento.	100
Figura 4.25	Modelo geométrico EPANET Conducción Daule-Limonal.	101
Figura 4.26	Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal.	102
Figura 4.27	Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	103
Figura 4.28	Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	104

Figura 4.29 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	105
Figura 4.30 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	106
Figura 4.31 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	107
Figura 4.32 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	107
Figura 4.33 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	108
Figura 4.34 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	109
Figura 4.35 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)	109
Figura 4.36 Gráfico de contorno de presiones EPANET Conducción Daule-Limonal.	111
Figura 4.37 Gráfico de velocidades en las tuberías EPANET Conducci Daule-Limonal.....	112
Figura 4.38 Gráfico Ubicación de los pozos existentes en Limonal	120
Figura 4.39 Modelo estructural de la torre de almacenamiento de agua potable para la alternativa.....	139

Figura 4.40 Deformada de la estructura mediante el uso del programa SAP2000.....	143
Figura 4.41 Consideraciones para el diseño de las torres.	144
Figura 4.42 Modelo geométrico número 1.	146
Figura 4.43 Modelo geométrico número 2.	147
Figura 4.44 Modelo geométrico número 3.	148
Figura 4.45 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 1.....	149
Figura 4.46 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 1. (Continuación).....	150
Figura 4.47 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 2.....	151
Figura 4.48 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 2. (Continuación).....	152
Figura 4.49 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 2. (Continuación).....	153
Figura 4.50 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3.....	154
Figura 4.51 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3. (Continuación).....	155
Figura 4.52 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3. (Continuación).....	156

Figura 4.53 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3. (Continuación).....	157
Figura 4.54 Diagrama de presiones del modelo geométrico 1.....	158
Figura 4.55 Diagrama de presiones del modelo geométrico 2.....	159
Figura 4.56 Diagrama de presiones del modelo geométrico 3.....	160
Figura 4.57 Diagrama de velocidades del modelo geométrico 1.....	161
Figura 4.58 Diagrama de velocidades del modelo geométrico 2.....	162
Figura 4.59 Diagrama de velocidades del modelo geométrico 3.....	163
Figura 4.60 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua.....	164
Figura 4.61 Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas..	165
Figura 4.62 Simulación del Cloro residual después de 4 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en el modelo geométrico 1.....	166
Figura 4.63 Simulación del Cloro residual después de 4 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en el modelo geométrico 2.....	167
Figura 4.64 Simulación del Cloro residual después de 4 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en el modelo geométrico 3.....	168
Figura 4.65 Dimensiones de secciones para diseño de canaleta Parshall.	173

Figura 4.66 Valores de constantes K y m para diseño de canaleta Parshall.	173
Figura 4.67 Coeficientes de pérdidas menores adoptados en el programa.	240
Figura 4.68 Opciones Hidráulicas para el cálculo de la red de abastecimiento	241
Figura 4.69 Modelo geométrico EPANET Alternativa 3.	242
Figura 4.70 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3.	243
Figura 4.71 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	244
Figura 4.72 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	245
Figura 4.73 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	246
Figura 4.74 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	247
Figura 4.75 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	248
Figura 4.76 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	249

Figura 4.77 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	250
Figura 4.78 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)	251
Figura 4.79 Gráfico de contorno de presiones EPANET Alternativa 3.	252
Figura 4.80 Gráfico de velocidades en las tuberías Alternativa 3.	252
Figura 4.81 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua	258
Figura 4.82 Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas. .	258
Figura 4.83 Simulación del Cloro residual después de 5 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en Alternativa 3.....	259

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Coordenadas Geográficas del proyecto.	38
Tabla II. Proyección Geométrica de la población del Limonal y Caudal Neto Diario desde el año 2017 hasta el 2037.....	77
Tabla III. Proyección Geométrica de la población del Limonal y Caudal Máximo Diario desde el año 2017 hasta el 2037.	78
Tabla IV. Proyección Geométrica de la población del Limonal y Caudal Máximo Horario desde el año 2017 hasta el 2037.....	79
Tabla V. Población Censos 1950-2010	88
Tabla VI. Tasas de Crecimiento de la población de Daule en función de los distintos métodos.	90
Tabla VII. Proyecciones de la población de Daule, poblaciones cercanas y Lomas del Sargentillo en función de los distintos métodos de proyección desde el 2017 hasta el 2037.....	91
Tabla VIII. Comparación entre Caudal ejercido por la Planta de Daule en condiciones actuales versus la demanda en función del tiempo.	94
Tabla IX. Caudal de máximo Diario en función del tiempo.....	95
Tabla X. Caudal de Diseño requerido para la conducción en función del tiempo.....	96

Tabla XI. Presupuesto Referencial Alternativa 1.	117
Tabla XII. Cantidad y Distribución de los pozos.	121
Tabla XIII. Caudales de bombeo, uniendo recintos.	123
Tabla XIV. Diámetros calculados y comerciales para la tubería de impulsión de las bombas.	124
Tabla XV. Pérdidas por fricción, pérdidas por columna de agua y altura de impulsión por pozo de las bombas sumergibles.	124
Tabla XVI. Potencias de las bombas sumergibles por pozo.	125
Tabla XVII. Sobrepresión por golpe de ariete en cm para cada uno de los pozos.	125
Tabla XVIII. Pérdidas por fricción, pérdidas por columna de agua y altura de impulsión por pozo de las bombas centrífugas.	126
Tabla XIX. Potencias de las bombas centrífugas por pozo.	127
Tabla XX. Potencias de las bombas centrífugas por pozo.	127
Tabla XXI. Dimensiones recomendadas para los tanques de almacenamiento para los respectivos	138
Tabla XXII. Consideraciones para carga muerta	140
Tabla XXIII. Carga muerta lineal para cada tipo de viga	140
Tabla XXIV. Carga muerta lineal para cada tipo de viga	141
Tabla XXV. Carga Viva lineal para cada tipo de viga.	141
Tabla XXVI. Consideraciones para carga de viento.	142
Tabla XXVII. Combinaciones de carga.	142

Tabla XXVIII. Presupuesto Referencial de la alternativa 2	168
Tabla XXIX. Dimensiones recomendadas para el tanque de almacenamiento para la planta.	239
Tabla XXX. Dimensiones recomendadas para el tanque de almacenamiento para la planta.	255
Tabla XXXI. Presupuesto Referencial Alternativa 3	261
Tabla XXXII. Ponderación de parámetros.	265
Tabla XXXIII. Matriz decisión.....	265
Tabla XXXIV. Presupuesto Referencial de Alternativas	266
Tabla XXXV. Marco Legal del Estudio de Impacto Ambiental.	270
Tabla XXXVI. Fase de construcción matriz de intensidad.....	281
Tabla XXXVII. Fase de construcción matriz extensión	282
Tabla XXXVIII. Fase de construcción matriz duración.....	283
Tabla XXXIX. Fase de construcción matriz bondad de impacto.....	284
Tabla XL. Fase de construcción matriz magnitud de impacto	285
Tabla XLI. Factores Impacto	285
Tabla XLII. Fase de construcción matriz reversibilidad	286
Tabla XLIII. Fase de construcción matriz riesgo.....	287
Tabla XLIV. Fase de construcción matriz de valoración de impacto ambiental (VIA).....	288
Tabla XLV. Factores VIA.....	288
Tabla XLVII. Fase de construcción matriz de rangos de significancia.....	289

Tabla XLVIII. Fase de operación matriz intensidad	290
Tabla XLIX. Fase de operación matriz extensión	291
Tabla L. Fase de operación matriz duración	292
Tabla LI. Fase de operación matriz impacto	293
Tabla LII. Fase de operación matriz magnitud de impacto	294
Tabla	LIII.
	Matriz
magnitud de impacto.....	294
Tabla LIV. Fase de operación matriz reversibilidad.....	295
Tabla LV. Fase de operación matriz riesgo.....	296
Tabla LVI. Fase de operación matriz de valoración de impacto ambiental (VIA).....	297
Tabla LVII. Factores VIA	297
Tabla LIX. Fase de operación matriz de rangos de significancia.	298
Tabla LX. Fase de demolición matriz intensidad.....	299
Tabla LXI. Fase de demolición matriz extensión.....	300
Tabla LXII. Fase de demolición matriz duración.....	301
Tabla LXIII. Fase de demolición matriz impacto.....	300
Tabla LXIV. Fase de demolición matriz magnitud de impacto.....	303
Tabla LXV. Factores Magnitud	303
Tabla LXVI. Fase de demolición matriz reversibilidad.....	304
Tabla LXVII. Fase de demolición matriz riesgo	305

Tabla LXVIII. Fase de demolición matriz de valoración de impacto ambiental.	306
Tabla LXIX. Factores VIA.....	306
Tabla LXXI. Fase de demolición matriz de rangos de significancia.....	307

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Marco Referencial

La dotación de Agua Potable (A.P.) en las comunidades y recintos que se encuentran en las áreas rurales, siempre ha constituido un problema principalmente por la calidad de agua que ha sido utilizada en las comunidades y recintos. La parroquia Limonal y recintos aledaños (San Lorenzo, Colorado, El Piñal, Valdivia, La Elvira y El Recreo) han tenido bastantes dificultades para la dotación y distribución de agua para uso doméstico.

Se constató mediante varios recorridos en el área del proyecto que el agua de consumo humano diario no es suficiente y sobre todo de mala calidad. Con estos antecedentes, el presente trabajo busca ser una contribución efectiva para la provisión de agua potable a la parroquia El Limonal y recintos aledaños, los cuales se encuentran en un área de aproximadamente 47.50 Km².

En este estudio se revisan y analizan algunas alternativas cuya finalidad es garantizar el servicio de agua a toda la población enmarcada en el proyecto y lograr que se manejen los menores costos posibles, para que el proyecto sea sustentable y que permita un desarrollo futuro de la capacidad del servicio de Agua Potable.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Generales

Diseñar el sistema de potabilización del agua de los habitantes de la parroquia Limonal y los recintos contiguos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar los aspectos físicos y analizar el sistema actual de dotación de agua potable a las comunidades de interés.
- Plantear diferentes alternativas para el diseño del sistema de agua potable.
- Elegir una alternativa para diseño mediante una matriz de elección.
- Analizar ventajas y desventajas del diseño propuesto.
- Analizar los impactos ambientales y su mitigación.
- Determinar un presupuesto referencial de la alternativa escogida.

1.3 Antecedentes

La Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Daule (EMAPA-EP) está encargada de dotar con calidad a los ciudadanos

dauleños los servicios de agua potable y alcantarillado dentro de las normativas sanitarias y ambientales vigentes, de acuerdo con el buen vivir, garantizando la confiabilidad y operatividad de los sistemas, haciéndolos eficientes, oportunos y accesibles. (Fuente: EMAPA Daule).

Los habitantes de la parroquia del Limonal se abastecen del agua que reciben de la planta potabilizadora de la parroquia del Limonal, pero de acuerdo con los moradores, esta agua no es bebible, motivo por el cual deben abastecerse del agua que compran a los tanqueros. El agua que reciben de la planta es utilizada para limpieza y riego. (Fuente: El Universo _ Entrevista a Moradores del Limonal).

De acuerdo con lo indicado por los habitantes de Limonal durante la encuesta “Conocer a mi vecino”, el agua del río Daule se encuentra contaminado por la descarga de basura, además que las aguas provenientes de los sistemas de alcantarillado sanitario de Santa Lucía y Palestina son descargadas en este efluente”. (Fuentes: Gobierno Provincial del Guayas).

La principal finalidad del presente trabajo es contribuir con una solución a la grave situación actual de la parroquia.

1.4 Justificación

El presente proyecto tiene como objetivo principal el estudio y diseño para el mejoramiento del sistema de potabilización del agua, para la parroquia Limonal del cantón Daule. Este servicio básico es de vital importancia, garantizando así una vida digna y saludable, inclusive para parroquias olvidadas que constantemente sufren grandes problemas de salud, precisamente por la falta de agua potabilizada.

En el presente trabajo se emplean las necesarias normas y reglamentos técnicos nacionales e internacionales que garantizan el apropiado diseño de las diferentes obras y alternativas. Adicionalmente se realiza un análisis ambiental que permita mitigar los posibles problemas derivados de la ejecución del proyecto.

El presente proyecto resuelve los requerimientos técnicos y al mismo tiempo está resolviendo un grave problema social en la parroquia Limonal y los recintos aledaños.

CAPÍTULO 2

INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA

2.1 Ubicación

La Parroquia Rural Limonal, se encuentra ubicado a 8 km al norte de la cabecera cantonal de Daule en la vía hacia Balzar, a un lado de la mencionada carretera a orillas del río Daule. Se encuentra ubicado en un área de topografía regular plana con pequeñas variaciones a 50 km de Guayaquil en la carretera Guayaquil – Balzar. La Parroquia Rural tiene un área de 47.50 Km² aproximadamente, y se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Daule.

Los límites políticos de la parroquia son los siguientes:

- Norte: Cantón Santa Lucía.
- Sur: Cabecera Cantonal Daule
- Este: Parroquia Rural El Laurel- Daule
- Oeste: Cabecera Cantonal Daule, Cantón Nobol, Lomas de Sargentillo

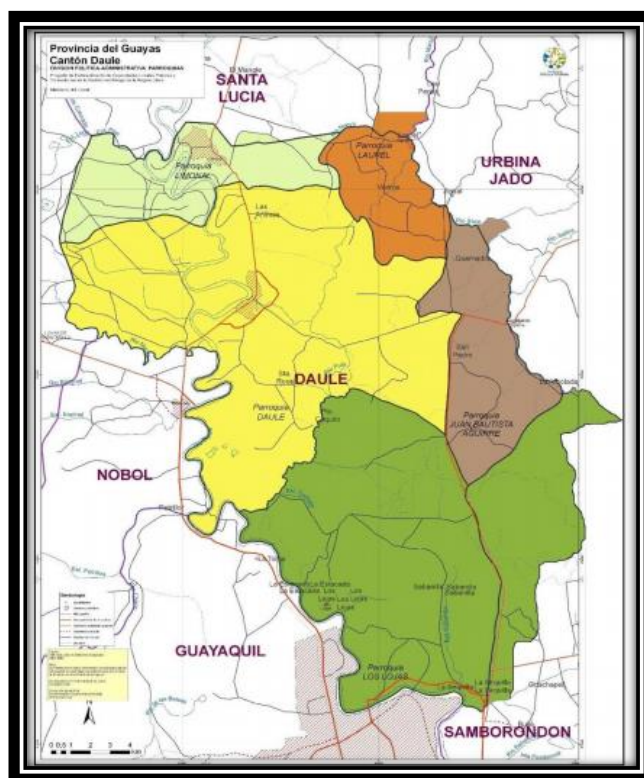


Figura 2.1 Mapa de la división política administrativa del Cantón Daule.

Fuente: Municipio de Daule, 2014



Figura 2.2 Mapa Actual del Límite de la Parroquia de El Limonal

Fuente: Página Oficial del GAD Parroquial del Limonal.

La ubicación geográfica del área que enmarca el proyecto es:

Tabla I. Coordenadas Geográficas del proyecto.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA (SISTEMA GEO-REFERENCIADO WGS 84)			
PUNTO	X	Y	TIPO
1	9802705	611525	Polígono
2	9801366	612690	Polígono
3	9800318	611651	Polígono
4	9800612	610784	Polígono
5	9799662	609689	Polígono
6	9801467	608117	Polígono
7	9801984	608317	Polígono
8	9802640	609661	Polígono

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

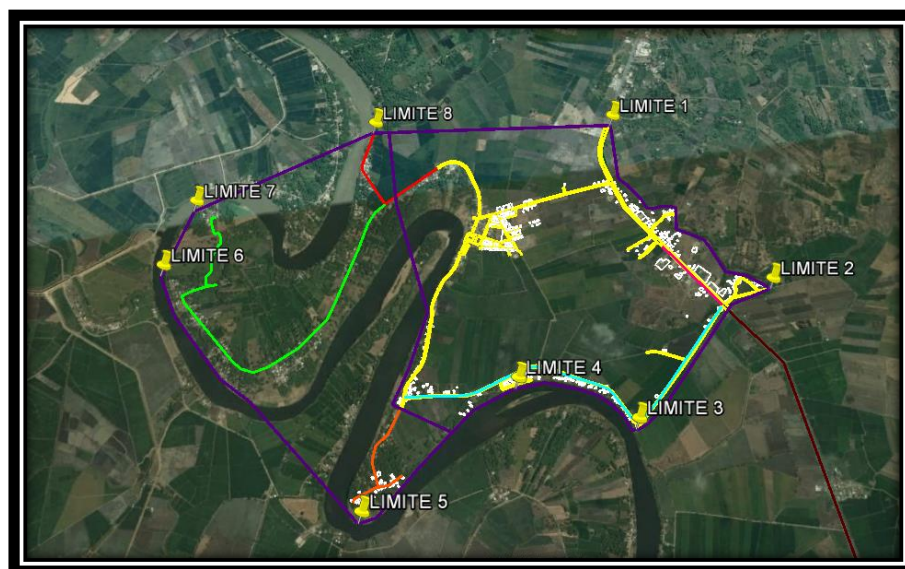


Figura 2.3 Ubicación Geográfica del Proyecto

Fuente: Google Earth Pro

2.2 Estudio Del Medio Físico

2.2.1 Topografía

Por medio del levantamiento topográfico realizado en el sector se pudo determinar que la topografía de la parroquia rural Limonal la mayor parte es plana con pendientes pequeñas inferiores al 2%, en otras partes es regular y por ser de costas bajas es susceptible de inundación, por lo que se ha usado para sembríos y cultivo de arroz a lo largo de los años.

2.2.2 Geología y Geomorfología

En este sector de la Provincia del Guayas se desarrolla una llanura aluvial donde predominan sedimentos del cuaternario y terrenos superficiales del Reciente y es una zona plana predominante. Existe un depósito de suelos limos arcillosos, en profundidad se puede encontrar arena fina limosa. Los depósitos aluviales modernos de los cauces son arenas finas.

2.2.3 Hidrología

El área estudiada corresponde a la cuenca del río Daule, la cual, ha sido modificada en sus condiciones naturales; ya que,

aguas arriba se tiene la presa Daule Peripa con una capacidad de embalse 6000 millones de metros cúbico. A la presa mencionada, se le ha hecho el trasvase de agua desde el río Baba mediante una central eléctrica. Otra modificación, a la cuenca del río Daule, constituye el trasvase denominado DAUVIN, desde el río Daule en Balzar hasta el río Vinces.

2.2.4 Climatología

Cuenta con dos estaciones climáticas, el verano que abarca desde el mes de mayo hasta diciembre, el cual se caracteriza por ser seco y fresco con una temperatura que oscila entre 22°C y 25°C, y el invierno que corresponde a los meses de enero hasta abril cuya temperatura oscila entre 30°C y 32°C, caracterizándose por ser caluroso y húmedo a la vez.

2.3 Estudio Socio Económico

2.3.1 Perfil Demográfico

La Parroquia Rural de Limonal del Cantón Daule, según el Censo 2010, tiene una población de 8.774 habitantes de los cuales el 51,25% son hombres y 48.75 % son mujeres.

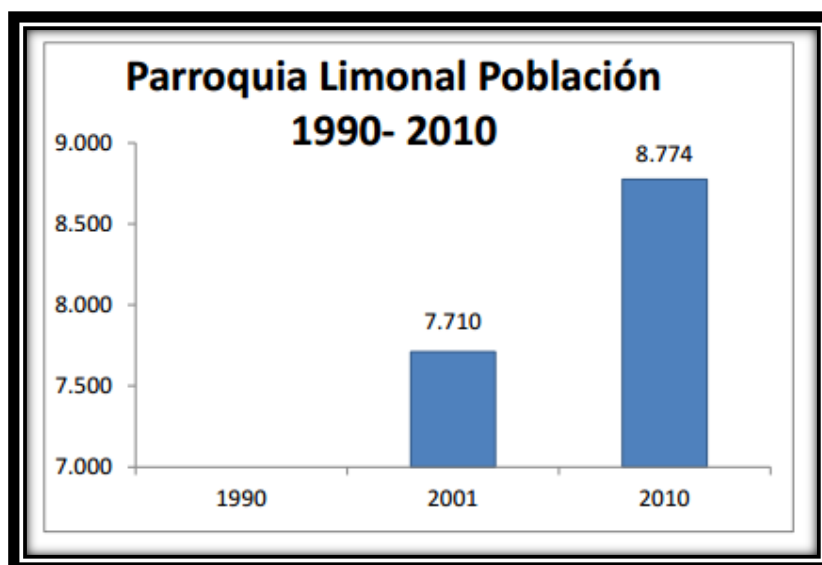


Figura 2.4 Población Parroquia de El Limonal
Fuente: Página Oficial del GAD Parroquial del Limonal.

Limonal es considerada la segunda parroquia rural del cantón Daule con mayor número de habitantes. Cuenta con una densidad poblacional de 177 habitantes por Km²; de los cuales, el 55,77% de los hombres y el 57,63% de las mujeres son menores de 29 años.

Según información del CPV-2010 INEC, en la parroquia rural Limonal, el PEA, el 62% de la población se dedica a la Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, de los cuales el Montubio/a represento el 55% del PEA, seguido del mestizo/a con un 39%, Blanco/a con un 2% y el Afro ecuatoriano/a 2%

2.3.2 Salud

Para la atención de salud de la población de la parroquia y recintos cercanos se cuenta con un SUB-CENTRO DE SALUD que es una unidad operativa que realiza actividades básicas de fomento, prevención y promoción.

En un estudio de impacto ambiental del Limonal se indicó que las enfermedades más permanentes en los niños y adultos menores son: gripe y enfermedades estomacales (diarrea), mientras que en los adultos mayores se presenta la diabetes y la hipertensión.

2.3.3 Educación

El 87% de la población de la parroquia Limonal sabe leer y escribir, mientras que el 12,93% no. El 46,25% de la población de Limonal tiene como nivel de instrucción más alto que asiste o asistió el de primaria mientras que el 21,32% tiene el de secundaria, y el de superior solo el 2,14%.

2.3.4 Servicio de Agua

El agua para el consumo humano en los recintos aledaños a la cabecera parroquial, se la obtiene por medio de un pozo profundo, se realiza un proceso de potabilización básico de cloración y se distribuye a las viviendas a través de una red de

tuberías. Actualmente las tuberías de los recintos han sufrido daños por el tiempo de uso sin mantenimiento alguno.

En cambio, el acceso de agua potable para la cabecera parroquial se lo realiza a través de la captación directa del río a la cual se le da un tratamiento convencional con filtros y desinfección, y luego, es distribuida a través de una red de tuberías.

La procedencia del agua en los hogares, según datos del Censo de Población y Vivienda 2010, el 45,34% se abastece de pozo, el 31,18% del río, de vertientes y de acequia o canal.

2.3.5 Saneamiento

Respecto a los servicios sanitarios que posee la zona, el 48% está conectado a pozo séptico, 17% a pozo ciego, 14% tienen letrinas y 21% no tienen ningún tipo de servicio sanitario. Estos en su gran mayoría se encuentran en condiciones regulares.

Actualmente, solo en la cabecera parroquial, se está implementando un sistema de alcantarillado.

2.3.6 Actividades Productivas

La ocupación del suelo de la parroquia Limonal son las actividades agrícolas (producción de arroz), esta actividad es informal.

Quienes trabajan por cuenta propia obtienen poca utilidad operativa (incluso pérdida en el ejercicio). Mientras quienes trabajan en relación de dependencia no están asegurados y reciben un valor mínimo por la venta de su fuerza de trabajo.

2.3.7 Turismo

Limonal cuenta con una playa para el desarrollo de la actividad turística. Por encontrarse en el interior del Litoral ecuatoriano, estas playas presentan una singular ventaja, se trata de un “Balneario de Agua Dulce”, poco común en el país.

2.3.8 Arqueología

Durante las encuestas realizadas a la población de Limonal, nos indicaron que hasta la actualidad no se han evidenciado presencia de vestigios arqueológicos en el sector.

Es de resaltar, que no se presenta la certificación emitida por el INPC que respalde que en el sector donde se construirá el proyecto no existe presencia de vestigios arqueológicos, debido

a que es un área totalmente intervenida por infraestructura física y actividades agrícolas, entre estas:

- Sub Centro de Salud Limonal
- Instalaciones del Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial de Limonal.
- Escuela de Educación N° 1 Rosa Olga Villacrés Lozano.
- UPC Limonal
- Iglesia Católica
- Sembríos de arroz (sector agrícola)

2.3.9 Transporte

El acceso a la parroquia Limonal es por una vía terrestre de segundo orden, el tipo de transporte que puede acceder hasta esta parroquia del cantón Daule es transporte terrestre: carros particulares, cooperativa de transporte, taxis, camionetas, tricimoto, moto lineales y canoas.

CAPÍTULO 3

TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

3.1. Levantamiento Topográfico

Debido a la falta de planos topográficos de la parroquia del Limonal, se realizó un levantamiento del área, mediante el uso de un GPS Diferencial marca Trimble. Es importante recalcar que debido al tiempo y a la falta de recursos económicos no se realizó una topografía detallada como para un estudio definitivo, sin embargo, al ser un estudio preliminar cuenta con lo necesario y suficiente para el desarrollo del proyecto.

La Metodología para la elaboración de un mapa topográfico está conformada por fases plenamente identificadas que se detallan a continuación:

- **I Fase: Análisis de la Información de Base.**

Vistas de Satélite, imágenes del Área de Estudio. Se emplean vistas satelitales del área, ofrecidas por la Plataforma Google Earth, fotos y planos existentes.

Mapa Topográfico Base. - Una vez concluidas las actividades previas, se procede a esquematizar un mapa topográfico base que sirva para la planificación de la campaña de campo en las áreas de interés, es decir rutas de ingreso del personal topográfico.

- **II Fase: Trabajo de Campo.**

El trabajo de campo se realizó el día 3 de junio del 2017. Debido a la falta de recursos económicos como se ha dicho anteriormente se realizó un levantamiento en modo RTK externo con antena y para tomar referencia de un punto base, se tomaron coordenadas facilitadas por el mismo instrumento. Cabe recalcar que los puntos tomados fueron de zonas estratégicas; es decir, en los puntos por los cuales van a pasar las tuberías de las redes de distribución.

- **III Fase: Trabajo de Gabinete y Elaboración del producto.**

Consiste en la migración de puntos topográficos obtenidos del área de estudio a un programa de diseño como es AUTOCAD CIVIL 3D, almacenamiento, configuración de archivo de coordenadas de acuerdo a un formato predeterminado, importación al programa, configuración de la escala y puntos, y presentación preliminar en el modelo.

También se usó información topográfica del IGM, esto en cuanto a la cota de la ciudad de Daule y se combinaron estos puntos para la respectiva triangulación. Se procedió a realizar la configuración de los parámetros de diseño en el modelo creado, delimitación de zonas de interés y la correlación de puntos topográficos para la obtención de las diferentes curvas de nivel cada 50 cm de acuerdo con la norma de Senagua.

Una vez que se han verificado los datos, curvas de nivel, se agregan caracteres finales como grilla de coordenadas, simbología, estilos de puntos y líneas, etc. y se genera el Plano Topográfico de la zona de estudio.

3.2. Análisis de la planta de tratamiento de agua potable actual.

Actualmente el sistema de Agua Potable de la Parroquia Limonal aprovecha las aguas del río Daule; cuenta con líneas de conducción que trabajan solo a presión y su distribución es por gravedad; una planta de tratamiento convencional para tratar las aguas superficiales del río Daule; tanques de reserva y redes de distribución.

3.2.1. Captación

El sistema cuenta con una conducción por bombeo que capta las aguas del río Daule hacia la Planta de Tratamiento.

Se inicia con el proceso de captación, ubicada en la cota 8.75 msnm y conduce las aguas captadas mediante tuberías de PVC, con diámetro aproximado de 50 mm, hacia la Planta de Tratamiento ubicada en la cota 12.23 msnm. Esta línea de conducción tiene una longitud aproximada de 50 a 60 m.



Figura 3.1 Sistema de captación actual de la planta de potabilización.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

3.2.2. Coagulación-Floculación y Sedimentación

Continúa con un sistema mutuo de coagulación y sedimentación, con dimensiones de 4.50m de alto y de diámetro de 2.60m. Al agua que llega a este sistema, se le añade cloro y un coagulante en dosificaciones dadas por técnicos de EMAPA, cada vez que se presente alguna variación de los parámetros del río.



Figura 3.2 Sistema de coagulación-floculación y sedimentación.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 3.3 Sistema dosificador de cloro y coagulante.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

3.2.3. Filtración

Antes de entrar al proceso de filtración, hay un tanque de almacenamiento de agua, para controlar los niveles de agua dentro del filtro; éste va dejando correr el agua a medida que el filtro tenga capacidad de recepción.

El filtro consiste en varias capas de arena y grava, de diferentes tamaños, con la finalidad de una óptima remoción de material particulado que haya pasado el anterior proceso. Este tanque, de dimensiones de 1.25m de alto y diámetro de 0.65m, cuenta

con un sistema de retrolavado, que es activado cada 2-3 horas, con duración de casi 30 minutos.



Figura 3.4 Filtro usado en la planta de Limonal

Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 3.5 Sistema de retrolavado para el filtro.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

3.2.4. Almacenamiento

Después que sale del sistema de filtración, el agua pasa a unos reservorios para su almacenamiento, y posteriormente, su distribución a la parroquia. Son dos reservorios, ubicados en el nivel de la planta, con almacenamiento de 10 y 15 m³ cada uno. Incorporados con un sistema de bombeo, distribuye el agua, después, hacia un tanque elevado, ubicado a unos 200m de la planta de potabilización, mediante una bomba de 3HP de diámetro de salida de 3".



Figura 3.6 Tanque de almacenamiento de la planta potabilizadora.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 3.7 Tanque elevado para distribución al poblado.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

3.3. Estudios de las fuentes de agua potable de la parroquia Limonal.

El agua, al ser uno de los principales elementos para la conservación de la vida humana, es necesario que se distribuya lo más óptima posible, es decir, con la mejor calidad posible. Con base en esto, se analizó las diferentes fuentes de agua que podrían proporcionar a la Parroquia Limonal, las cuales son las siguientes:

- Planta de tratamiento actual de la parroquia Limonal

- Planta de agua potable de Daule
- Pozos actuales ubicados en el recinto Piñal

3.3.1. Caracterización del agua del río Daule

Como un punto de partida, se tomó la decisión de analizar el agua del río Daule. Estos resultados fueron obtenidos en la misma planta potabilizadora de Daule, donde estos resultados fueron proporcionados, y son los mostrados a continuación:

Gobierno Autónomo Descentralizado
Ilustre Municipalidad del Cantón Daule
Planta Potabilizadora de Agua
LABORATORIO QUIMICO

FECHA DE MUESTREO: 18 DE MAYO DEL 2017 D91430 QUIMICO-DR. OTTO CORDOVA RENDON

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA MES DE MAYO DEL 2017

PARAMETRO	UNIDAD	CRUDA RIO DAULE
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/l	52
Aluminio (Al ³⁺)	mg/l	0,009
Amonio (N-NH ₄)	mg/l	0,32
Arsénico (As)	mg/l	0,002
Bario (Ba)	mg/l	0,00
Boro (B)	mg/l	0,00
Bóxido de Carbono Libre (CO ₂)	mg/l	4,0
Cadmio (Cd)	mg/l	0
Calcio (Ca ²⁺)	mg/l	20,84
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/l	10,8
Cianuro (CN)	mg/l	0,001
Cloruros (Cl)	mg/l	3,5
Cobalto (Co)	mg/l	0,103
Cobre (Cu)	mg/l	0,03
Color Real	Upt-Co	260
Conductividad Eléctrica	µS/cm	128
Cromo Total (Cr)	mg/l	0,02
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	4,3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	38,0
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/l	66
Fluor (F)	mg/l	0,26
Fósforo (P-PO ₄)	mg/l	0,96
Hierro Total (Fe)	mg/l	0,52
Magnesio (Mg)	mg/l	3,40
Manganeso (Mn)	mg/l	0,060
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,3
Níquel (Ni)	mg/l	0,026
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/l	0,4
Nitros (NO ₃ -N)	mg/l	0,006
Nitrogeno Total (N)	mg/l	4,6
Oxígeno Disuelto (O ₂)	mg/l	5,48
Oxígeno Disuelto %Saturación (O ₂)	%	71,0
pH	u	7,36
Plata (Ag)	mg/l	0
Potasio (K)	mg/l	3,5
Salinidad	‰	0,062
Silice (SiO ₂)	mg/l	35,0
Sodio (Na)	mg/l	2,27
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	61
Sólidos Suspensidos Totales	mg/l	540
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	601
Sulfuros (S)	mg/l	13
Temperatura	°C	0,326
Turbiedad	UNT	27,8
Zinc (Zn)	mg/l	200
Coliformes Totales	UFC/100 ml	5200
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	980

Dr. Otto Córdova R.
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD

Figura 3.8 Caracterización del agua cruda del río Daule.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

3.3.2. Planta de tratamiento actual de la parroquia Limonal

Saber la calidad de agua que recibe actualmente la parroquia Limonal es necesario; ya que, se parte para elaborar una alternativa para su mejoramiento. Realizando los respectivos ensayos y comparándolos con la norma INEN 1108 y el TULAS, se obtuvo lo siguiente:

REGISTRO DE ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA DE POZO DEL RECINTO PIÑAL Y AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIMONAL				
QUÍMICO RESPONSABLE:	ING. GUSTAVO TOMALÁ			
FECHA DE MUESTREO:	16 DE JUNIO DEL 2017			
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA POTABLE Y AGUA DE POZO (CABECERA CANTONAL Y PIÑAL)				
			LÍMITE MÁX. PERMISIBLE	
PARÁMETRO	UNIDAD	AGUA DE PLANTA	INEN 1108:2014	TULAS ANEXO VI
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
Color Verdadero	Pt/Co	85	15	20** - 100***
Turbiedad	NTU	12.4	5	10** - 100***
Ph		7.25	6.5 - 8.5*	6.0 - 9.0**
Sólidos totales disueltos	(mg/L)	73.5	1000*	500** - 1000***
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	154.3	-	
Salinidad	o/oo	<0.1	-	
INORGÁNICOS				
Alcalinidad	mg/L	62	-	
Bario (Ba)	mg/L	0	0.7	1**
Cloro Libre Residual (Cl ₂)	mg/L	0.8	0.3 - 1.5	min 0.5
Cloruros (Cl)	mg/L	16.5	250*	250**
Cobalto (Co)	mg/L	0.057	0.2*	0.2**
Cobre (Cu)	mg/L	0.08	2	1**
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	66	300*	500**
Fluor (F)	mg/L	0.03	1.5	<1.4** - 1.5***
Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	1.79	0.1*	
Hierro Total (Fe)	mg/L	0.37	0.3*	0.3** - 1***
Niquel (Ni)	mg/L	0.104	0.07	0.025**
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	1.3	50	10**
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	13	200*	250** - 400***
* Límites sacados del INEN 1108:2006, ya que, en el actual INEN 1108:2014 no hay límites impuestos.				
** Límites máximos para agua que necesita de solo desinfección				
*** Limite máximo para agua que necesita de solo tratamiento convencional				

Figura 3.9 Resultados del agua potable de la planta potabilizadora actual de la parroquia Limonal.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Se puede observar que ciertos parámetros no cumplen con los límites impuestos por la INEN o el TULAS, por eso, la planta actual de potabilización tiene que ser repotenciada; o en su defecto, diseñar y construir una nueva planta de potabilización en los que todos los parámetros y la calidad cumplan.

3.3.3. Planta de agua potable de Daule.

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
ILUSTRE MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN DAULE
GUAYAS - ECUADOR
LABORATORIO QUÍMICO**

REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA

Fuente:	AGUA POTABLE	Recolectada por:	ING. GUSTAVO TOMALA
Fecha de recolección:	MAYO 17 DEL 2017	HORA:	09H30
Sistema de Agua Potable:	SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PARROQUIA LIMONAL		
Canton:	DAULE	Localidad:	PARROQUIA LIMONAL

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

1) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	-	7,54
Color Verdadero	U.Pt-Co	15	4,0
Turbiedad	U.N.T.	5	4,2
Temperatura	°C	-	29,1
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	-	70
Conductividad Eléctrica	µS/cm	-	145

2) CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE mg/l	RESULTADO mg/l
Cloro residual	Cl ₂	0,3 - 1,5	0,71
Hierro Total	Fe ²⁺	-	0,16
Manganeso	Mn ²⁺	-	0,009
Amoníaco	NH ₃	0,01	0,003
Arsénico	As	0,7	0
Bario	Ba	2,4	0
Boro	CN	0,07	< 0,001
Cianuros	Co	-	0,010
Cobalto	Cu	2,0	0,08
Cobre	Cr	0,05	0,01
Cromo Total	Ni	0,07	0,003
Níquel	NO ₃	50,0	0,5
Nitratos	NO ₂	3,0	0,002
Nitritos	SO ₄	-	15
Sulfatos	F ⁻	1,5	0,7
Fluoruros	PO ₄	-	0,46
Fosfatos	Cl	-	22
Cloruros	CaCO ₃	-	38
Alcalinidad Total	CaCO ₃	-	60
Dureza Total			

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES	U. F. C. / 100 ml	-	15
COLIFORMES FECALES	U. F. C. / 100 ml	<1*	<1

U. F. C.: Unidad Formadora de Colonias
 ABREVIATURAS: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014 (Quinta Revisión), Enero 2014
 LIMITE PERMISIBLE: MUESTRA COLECTADA A LA SALIDA DEL RESERVORIO DE LA PLANTA
 OBSERVACIONES: Significa que no se observan colonias
 <1*
 Dr. Omar Cordova Rendón
 JEFE CONTROL DE CALIDAD

DAULE, CAPITAL ARRÓCERA DEL ECUADOR

Figura 3.10 Resultados del agua potable de la planta de Daule.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

3.3.4. Pozos actuales ubicados en el recinto Piñal.

A continuación, se presentarán los resultados de los ensayos realizados a muestras de agua obtenidas en la planta de la parroquia Limonal y agua de pozo del recinto El Piñal:

REGISTRO DE ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA DE POZO DEL RECINTO PIÑAL Y AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIMONAL				
QUÍMICO RESPONSABLE:	ING. GUSTAVO TOMALÁ			
FECHA DE MUESTREO:	16 DE JUNIO DEL 2017			
CARACTERIZACIÓN DEL AGUA POTABLE Y AGUA DE POZO (CABECERA CANTONAL Y PIÑAL)				
		LÍMITE MÁX. PERMISIBLE		
PARÁMETRO	UNIDAD	AGUA DE POZO	INEN 1108:2014	TULAS ANEXO VI
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				
Color Verdadero	Pt/Co	39	15	20** - 100***
Turbiedad	NTU	1.89	5	10** - 100***
Ph		7.34	6.5 - 8.5*	6.0 - 9.0**
Sólidos totales disueltos	(mg/L)	371	1000*	500** - 1000***
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	761	-	
Salinidad	o/oo	0.4	-	
INORGÁNICOS				
Alcalinidad	mg/L	402	-	
Bario (Ba)	mg/L	0	0.7	1**
Cloro Libre Residual (Cl ₂)	mg/L	-	0.3 - 1.5	min 0.5
Cloruros (Cl)	mg/L	53.5	250*	250**
Cobalto (Co)	mg/L	0	0.2*	0,2**
Cobre (Cu)	mg/L	0.04	2	1**
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	78	300*	500**
Fluor (F)	mg/L	0.56	1.5	<1.4** - 1.5***
Fósforo (P-PO ₄)	mg/L	4.38	0.1*	
Hierro Total (Fe)	mg/L	0.47	0.3*	0.3** - 1***
Niquel (Ni)	mg/L	0	0.07	0.025**
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	0.7	50	10**
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	36	200*	250** - 400***
* Límites sacados del INEN 1108:2006, ya que, en el actual INEN 1108:2014 no hay límites impuestos.				
** Límites máximos para agua que necesita de solo desinfección				
*** Limite máximo para agua que necesita de solo tratamiento convencional				

Figura 3.11 Resultados del agua de pozo del recinto El Piñal.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Debido a que el uso del suelo es mayormente para actividad agrícola y por referencias y experiencias en sitios similares como en parroquias del cantón Samborondón, se decidió

también a realizar estudios de pesticidas del agua del pozo del recinto Piñal. Los resultados se los puede observar en los anexos del proyecto.

Se puede observar que ciertos parámetros no cumplen con los límites impuestos por la INEN o el TULAS; como son el color, fósforo, hierro y pesticidas organoclorados, por eso, el agua extraída de pozo ha de ser previamente tratada antes de su posterior distribución a la población.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

4.1 ALTERNATIVA 1: Dotación de agua potable mediante conducción desde la planta de tratamiento ubicada en la cabecera cantonal de Daule.

4.1.1 Descripción de la Planta de Agua Potable actual del Cantón Daule

Esta planta fue construida el 15 de noviembre del 2011 para tratar las aguas superficiales del río Daule, cuenta con capacidad de tratamiento de 400 lts/sg, es del tipo convencional hidráulica y cuyos procesos de tratamiento son; mezcla rápida en donde se inyecta un coagulante químico (sulfato de aluminio líquido tipo B), mezcla lenta, sedimentación de alta tasa, filtros rápidos de lecho mixto de lavado mutuo y desinfección.



Figura 4.1 Entrada de la planta potabilizadora de agua del cantón Daule
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Conducción Río Daule - Planta de Tratamiento**

Se inicia con un canal de captación ubicada en un lado del Río Daule (ver Figura 4.2), de ancho aproximado de 3m, que conduce las aguas captadas a través de una red, donde quedan atrapados los sólidos grandes del Ríos. Esta agua pasa a un tanque de carga, dónde por medio de bombas es llevada a la siguiente etapa de la planta que es la mezcla rápida, gracias a la canaleta Parshall.



Figura 4.2 Canal de captación del río Daule.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.3 Pozo de supervisión de agua captada del río Daule.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.4 Cuarto de bombas de la planta potabilizadora de Daule.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Cámara de Llegada y Mezcla Rápida**

La Mezcla Rápida es del tipo hidráulico y se la realiza en una canaleta Parshall en donde se forma el resalto hidráulico, en cuyo calado contraído se aplica el coagulante en forma de sulfato de aluminio líquido tipo B, para desestabilización y choque de partículas entre el coagulante y la solución. La dosificación de sulfato de aluminio está en el rango de 30 a 50 mg/lts, dependiendo de la turbiedad que entra a la planta, determinado bajo muestras en diferentes horarios en el laboratorio dentro de esta planta de potabilización. Al final, el agua, se traslada mediante dos tuberías (200 lts/s cada una) a la siguiente fase que es la Floculación.



Figura 4.5 Canaleta Parshall para mezclado hidráulico del coadyuvante.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.6 Antigua ubicación de colocación de cloro y polímero.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.7 Tubería de conducción hacia área de floculación.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Floculación**

Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes se unen las sustancias coloidales facilitando filtrado y sedimentación.

Las aguas, de la anterior fase, suben y van llenando cada una de los compartimientos floculantes. Se llenan a diferentes tasas de velocidad, que son 60, 75 y 90 s⁻¹, lo cual ayudan a la decantación de gran parte de los sólidos suspendidos en las aguas captadas. Después de este proceso, las aguas pasarán por un canal, ubicado al final, donde son transportadas a la siguiente fase denominada Sedimentación. Al final, ya

obtenidos los sedimentos (lodos), estos son evacuados cada cierto tiempo, mediante bombas para que no se llenen de sedimentos los compartimentos de floculación.



Figura 4.8 Cajones de Floculación de tres velocidades.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.9 Tubería para extracción de lodos acumulados en fase de floculación

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Sedimentación**

Es una operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión se precipitan. Es una operación controlada por la transferencia de cantidad de movimiento. El agua llega al sedimentador mediante un canal. El agua que entra al sedimentador está casi en reposo, esto ayuda a una mejor decantación de partículas suspendidas. Después de este proceso, las aguas pasarán por unos ductos, ubicados encima de la cámara, donde son transportadas a la siguiente fase de Filtración



Figura 4.10 Fase de sedimentación.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Filtración y Almacenamiento**

El agua, después de la sedimentación, es transportada hacia los tanques de filtración. Los filtros son duales, es decir, se compone de dos materiales filtrantes, los cuales son arena y antracita en diferentes tamaños para su óptimo funcionamiento. En capas alternadas, de arena y antracita, se completa la altura de 2.00m de capa filtrante. Son 4 filtros que son utilizados, los cuales filtran cada uno 100L/s. Luego de este proceso, pasan a cámaras de almacenamiento momentáneo porque son llevadas después al tanque de cloración, etapa final de la potabilización de esta planta.



Figura 4.11 Filtro de 100 L/s de la planta de potabilización.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.12 Sitio de almacenamiento de agua de salida del filtro.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Desinfección**

Después del proceso de filtración, el agua es transportada para su posterior desinfección. Para esta etapa es utilizado cloro, el cual es suministrado en cantidades que son calculadas por el personal de la planta. En esta parte, se verifica que la cantidad de cloro, mezclado para desinfección, sea el adecuado para que quede una pequeña parte residual (llamado cloro residual)

que sirve para mantener el agua libre de bacterias durante el recorrido por las redes de distribución hacia los hogares.



Figura 4.13 Piscinas de cloración y tanque de almacenamiento elevado.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.14 Tanques de cloro, para proceso de cloración, en bodega.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Almacenamiento en tanque de reserva.**

Por una línea de impulsión a presión, compuesta de bombas, el agua es llevada al tanque elevado de capacidad actual de 300m³. La altura del tanque es de 30m, desde el nivel del suelo. El agua es distribuida por gravedad mediante una tubería de 500mm.

Actualmente el tanque está en planes de mejoramiento, de pasar de una capacidad de 300m³ a 500m³, para brindar un mejor servicio al cantón y también poder satisfacer futuras demandas.



Figura 4.15 Tanque elevado para distribución por gravedad a la población de Daule.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.1.2 Gestión del Diseño de para la Conducción Daule-Limonal

La planta de tratamiento de agua de Daule no sólo abastece a la cabecera de Daule, sino también abastece del líquido vital a poblaciones aledañas como las de Ánimas y hace poco tiempo a Lomas del Sargentillo. Mediante la conducción de agua potable desde la planta de Daule al Limonal se pretende dotar a toda la parroquia del líquido vital.

4.1.2.1 Disposiciones Generales para Limonal

Las disposiciones generales para la parroquia del Limonal se la realizaron en secciones anteriores. Sin embargo, se ordenaron las tablas de la siguiente forma:

- **Caudal Neto Diario**

Tabla II. Proyección Geométrica de la población del Limonal y Caudal Neto Diario desde el año 2017 hasta el 2037.

Año	Proyección Población	Caudal (L/s)
2017	8058	
2018	8179	9,5
2019	8302	9,6
2020	8426	9,8
2021	8552	9,9
2022	8681	10,0
2023	8811	10,2
2024	8943	10,4
2025	9077	10,5
2026	9213	10,7
2027	9352	10,8
2028	9492	11,0
2029	9634	11,2
2030	9779	11,3
2031	9925	11,5
2032	10073	11,7

2033	10073	11,7
2034	10073	11,7
2035	10073	11,7
2036	10073	11,7
2037	10073	11,7

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Caudal Medio Diario**

Tabla III. Proyección Geométrica de la población del Limonal y Caudal Máximo Diario desde el año 2017 hasta el 2037.

Año	Proyección Población	Caudal Máximo Diario (L/s)
2017	8058	
2018	8179	14,2
2019	8302	14,4
2020	8426	14,6
2021	8552	14,8
2022	8681	15,1
2023	8811	15,3
2024	8943	15,5
2025	9077	15,8
2026	9213	16,0
2027	9352	16,2
2028	9492	16,5
2029	9634	16,7
2030	9779	17,0
2031	9925	17,2
2032	10073	17,5
2033	10073	17,5
2034	10073	17,5
2035	10073	17,5
2036	10073	17,5
2037	10073	17,5

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Caudal Máximo Horario.**

Tabla IV. Proyección Geométrica de la población del Limonal y Caudal Máximo Horario desde el año 2017 hasta el 2037.

Año	Proyección Población	Caudal para diseño de Redes de Distribución (L/s)
2017	8058	
2018	8179	34,1
2019	8302	34,6
2020	8426	35,1
2021	8552	35,6
2022	8681	36,2
2023	8811	36,7
2024	8943	37,3
2025	9077	37,8
2026	9213	38,4
2027	9352	39,0
2028	9492	39,5
2029	9634	40,1
2030	9779	40,7
2031	9925	41,4
2032	10073	42,0
2033	10073	42,0
2034	10073	42,0
2035	10073	42,0
2036	10073	42,0
2037	10073	42,0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.1.2.2 Disposiciones Generales para la cabecera de Daule, Poblaciones Cercanas y Lomas del Sargentillo.

Lomas de Sargentillo es un cantón de la provincia del Guayas, en la República del Ecuador. Su cabecera cantonal es Lomas de Sargentillo. Está ubicado en la parte central de la provincia.

La ciudad de Daule es la cabecera cantonal del cantón del mismo nombre. El cantón Daule de la Provincia de GUAYAS se encuentra en la Zona 5 de la planificación nacional. Representa el 3.0% del territorio de la provincia de GUAYAS (aproximadamente 0.5 mil km²).



Figura 4.16 Mapa de la ubicación de lomas de Sargentillo y Daule.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

La estimación de caudales para Daule y poblaciones cercanas y Lomas del Sargentillo se

las realizó de acuerdo con el Reglamento establecido por la (Secretaría del Agua, 2012) o el (Código Ecuatoriano de la Construcción).

4.1.2.3 Clasificación de Sistemas de Agua Potable

Los sistemas de abastecimiento deberán proyectarse considerando:

- Las posibles expansiones consideradas en los planes regionales y nacionales de desarrollo, en lo referente a expansión urbanística, administrativa e industrial de las ciudades y poblaciones a servir con el proyecto:
- Las primeras prioridades tienen los recursos hídricos destinados al consumo humano.
- La coordinación y cooperación con los distintos organismos usuarios del agua;
- La utilización y preservación de los recursos hídricos.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se dividen en las categorías indicadas en la tabla a continuación, en función de la confiabilidad del

abastecimiento, para nuestro proyecto corresponde a una categoría I en función a la estimación de habitantes que actualmente se benefician del servicio (122383 habitantes de acuerdo con estimación, obsérvese en secciones posteriores).

CARACTERÍSTICAS DE LOS USUARIOS	EN FUNCION DE LA CONFIABILIDAD DE ABASTECIMIENTO
Centros poblados con más de 50000 habitantes, en donde se permite disminuir el suministro de agua hasta en un 30 % durante máximo 3 días en el año. A esta categoría también pertenecen los complejos petroquímicos, metalúrgicos y refinerías de petróleo.	I
Ciudades de hasta 50000 habitantes, en donde se permite disminuir el suministro de agua hasta en un 30 % durante un mes y la suspensión del servicio en un tiempo máximo de 5 horas en un día por año. En esta categoría también se encuentran las industrias livianas y las agroindustrias.	II
Pequeños complejos industriales, agroindustriales y poblaciones de hasta 5000 habitantes, en donde se permite disminuir el suministro de agua hasta en un 30 % durante un mes y la suspensión del servicio en un tiempo máximo de 24 horas en el año.	III

Figura 4.17 Categoría de los Sistemas de Agua Potable

Fuente: Normas de diseño SSA, numeral 4.1.2.7

4.1.2.4 Población Futura

El período de diseño en el ámbito de la ingeniería civil se refiere al tiempo comprendido de una obra

civil entre la puesta en funcionalidad hasta el momento en que disminuya la eficiencia de la misma; es decir, el tiempo en que funcionará de forma eficaz la obra civil.

COMPONENTES	VIDA ÚTIL
Obras de captación	25 – 50 años
Conducción	20 – 30 años
Planta de tratamiento	20 – 30 años
Tanques de almacenamiento	30- 40 años
Tubería principal de la red	20 -25 años
Tubería secundaria de la red	15 – 20 años

Figura 4.18 Categoría de los Sistemas de Agua Potable

Fuente: Normas de diseño SSA, numeral 4.1.2.7

En el caso concreto del periodo de diseño del sistema de agua potable de la parroquia Limonal se ha decidido optar por un periodo de diseño de 20 años.

4.1.2.5 Estimación de la Población Futura

4.1.2.5.1 Métodos de Proyección Poblacional

De acuerdo (Secretaría del Agua, 2012), para el cálculo de la población futura en el artículo 4.1.3, se harán las proyecciones de crecimiento utilizando un mínimo de tres métodos conocidos para poder orientar al proyectista.

Para la selección de los métodos de proyección a emplear se tomó como referencia lo que establece el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) (Ministerio del Ambiente, República de Colombia).

En primer lugar, se estableció una asignación del nivel de complejidad del sistema el cual corresponden a un nivel de complejidad alto, esto de acuerdo con la tabla que el RAS facilita como se podrá observar a continuación:

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	< 2,500	Baja
Medio	2,501 a 12,500	Baja
Medio alto	12,501 a 60,000	Media
Alto	> 60,000	Alta

(1) Proyectado al período de diseño, incluida la población flotante.
(2) Incluye la capacidad económica de la población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP o cualquier otro método justificado.

Figura 4.19 Asignación del Nivel de Complejidad del Sistema

Fuente: (Ministerio del Ambiente, República de Colombia)

En segundo lugar, de acuerdo con la tabla los métodos a emplear para un nivel de complejidad alto serían el Geométrico, Wappaus, Gráfico, Detallar por zonas y detallar por densidades. Debido a la falta de datos, se realizaron las proyecciones para los siguientes métodos: Geométrico, Wappaus y Exponencial.

Método por emplear	Nivel de complejidad del sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Wappaus	X	X	X	X
Gráfico	X ⁽¹⁾	X	X	
Exponencial	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X ⁽²⁾	
Detallar por zonas			X	X
Detallar densidades			X	X

(1) Sujeto a justificación.
(2) Optativo, recomendable.

Figura 4.20 Métodos de Cálculo Permitidos según el nivel de Complejidad
Fuente: (Ministerio del Ambiente, República de Colombia)

Las fórmulas ha emplearse se detallan a continuación, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) (Ministerio del Ambiente, República de Colombia) :

- **Método Geométrico**

$$P_t = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} ; \quad \text{Ecuación 1}$$

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1; \quad \text{Ecuación 2}$$

- **Método Wappaus**

$$P_f = P_{ci} * \frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})}; \quad \text{Ecuación 3}$$

Caso contrario la población será creciente negativo.

- **Método Exponencial**

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})}; \quad \text{Ecuación 5}$$

$$k = \frac{\ln(P_{cp}) - \ln(P_{ca})}{T_{cp} - T_{ca}}; \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$P_f =$ Población (habitantes)
correspondientes al año que se quiere proyectar la población.

$P_{uc} =$ Población (habitantes)
correspondientes al último año censado con información.

$P_{ci} =$ Población (habitantes)
correspondientes al censo inicial con información.

T_{uc} = Año correspondiente al último censo con información.

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial con información

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.

4.1.2.5.2 Datos Iniciales

- **Daule**

La población de Daule Urbano de acuerdo con los últimos censos realizados desde 1950 hasta 2001, se ven resumidas en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla V. Población Censos 1950-2010

Año	Población de acuerdo con Censos
1950	5000
1962	7000
1974	13000
1982	19000
1990	24000
2001	31763

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2010)

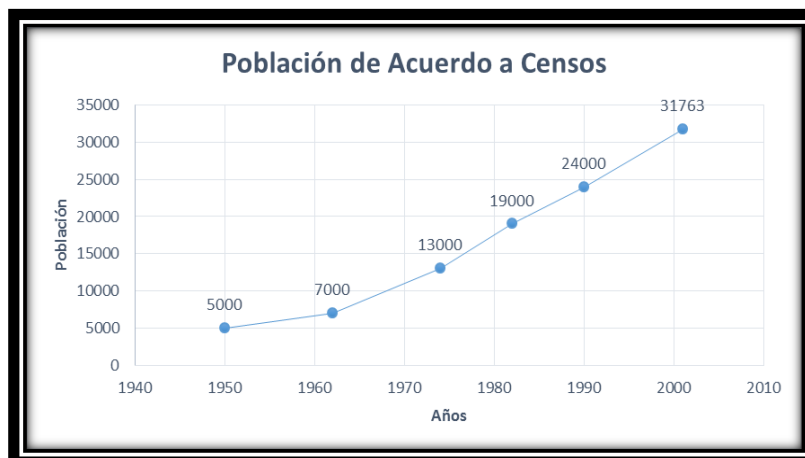


Figura 4.21 Población de acuerdo con Censos desde 1950 hasta 2001.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Lomas del Sargentillo**

Para Lomas del Sargentillo se proyectó la población a partir del dato del último censo en 2010 el cual fue de 18413 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2010)

De acuerdo con el director del laboratorio de la planta de Daule en junio del 2017 el consumo fue del 60.2% de la capacidad de la planta. Con este dato el consumo sería $400\text{L/s} \times 60.2\% = 240.8\text{L/s}$

La población actual que se abastece del sistema es de:

$$\begin{aligned}
 \text{Total de Habitantes} &= \frac{240.8L/s * \frac{86400s}{1 \text{ día}}}{\frac{170L}{\text{hab} * \text{día}}} \\
 &= \mathbf{122\ 383 \text{ Habitantes}}
 \end{aligned}$$

Debido a las conexiones ilícitas de algunos sectores de los cuales no se cuenta con un catastro temático actualizado, a la falta de información actual de la población del Daule y los sectores aledaños a este. Para estimar la población se hizo uso de la dotación y el consumo actual.

4.1.2.5.3 Tasa de Crecimiento

Con los valores de población obtenidos en los censos de 1990 y 2001 para Daule y mediante las ecuaciones de tasas de crecimiento para las correspondientes proyecciones, se obteniendo los siguientes valores:

Tabla VI. Tasas de Crecimiento de la población de Daule en función de los distintos métodos.

Método de Proyección	1990-2001
----------------------	-----------

M. Geométrica	0,023
M. Wappaus	0,023
M. Exponencial	0,023

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Para Lomas del Sargentillo se adoptó la misma tasa de crecimiento por tratarse de poblaciones con condiciones similares.

4.1.2.5.4 Cálculo de Proyecciones

Tabla VII. Proyecciones de la población de Daule, poblaciones cercanas y Lomas del Sargentillo en función de los distintos métodos de proyección desde el 2017 hasta el 2037.

Año	Población			Promedio
	M. Geométrica	M. Wappaus	M. Exponencial	
2017	122383	122383	122383	122383
2017	122383	122383	122383	122383
2018	126299	126363	126363	126342
2019	130341	130474	130472	130429
2020	134512	134724	134714	134650
2021	138816	139119	139095	139010
2022	143258	143667	143618	143514
2023	147842	148376	148288	148169
2024	152573	153254	153110	152979
2025	157456	158312	158089	157952
2026	162494	163559	163229	163094
2027	167694	169005	168537	168412
2028	173060	174663	174017	173914
2029	178598	180545	179676	179607
2030	184314	186665	185519	185499
2031	190212	193037	191551	191600

2032	196298	199678	197780	197919
2033	202580	206604	204211	204465
2034	209062	213834	210852	211249
2035	215752	221389	217708	218283
2036	222656	229292	224787	225579
2037	229781	237567	232097	233149

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.1.2.6 Dotación Futura

La dotación de diseño de la planta fue de 170L/hab./día. Este dato se obtuvo, a partir, de varias entrevistas con el Ing. Químico encargado de la planta de potabilización de Daule.

4.1.2.6.1 Variaciones de consumo

- **Caudal Medio**

$$Q_{\text{med}} = \frac{q \cdot N}{1000 \cdot 86400} ;$$

Ecuación 7

Donde:

q = dotación tomada de sección 4.1.2.6

N = número de habitantes

- **Caudal Máximo Diario**

$$Q_{\max.\text{día}} = K_{\max.\text{día}} * Q_{\text{med}} ; \quad \text{Ecuación 8}$$

$$K_{\max.\text{día}} = 1.3 - 1.5$$

El coeficiente de variación del consumo máximo diario se fijó de 1.3 como recomienda la Norma Urbana (Secretaría del Agua, 2012).

- **Caudal Máximo Horario**

$$Q_{\max.\text{hora}} = K_{\max.\text{hora}} * Q_{\text{med}} ; \quad \text{Ecuación 9}$$

$$K_{\max.\text{hora}} = 2.0 - 2.3$$

El coeficiente de variación del consumo máximo horario se fijó de 2 como recomienda la Norma Urbana (Secretaría del Agua, 2012).

4.1.2.6.2 Caudales de diseño

De acuerdo con la siguiente figura para la red de distribución se requiere el caudal Máximo horario.

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

Figura 4.22 Caudales de Diseño para elementos de un sistema de agua potable.

Fuente: (Secretaría del Agua, 2012)

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla VIII. Comparación entre Caudal ejercido por la Planta de Daule en condiciones actuales versus la demanda en función del tiempo.

Año	Proyección Población		Caudal (L/s)			
	Conexiones existentes	Limonal	Conexiones existentes	Limonal	Requerido	Planta
2017	122383	8058	241		240,8	400
2018	126342	8179	249	9,5	258,1	400
2019	130429	8302	257	9,6	266,2	400
2020	134650	8426	265	9,8	274,7	400
2021	139010	8552	274	9,9	283,4	400
2022	143514	8681	282	10,0	292,4	400
2023	148169	8811	292	10,2	301,7	400

2024	152979	8943	301	10,4	311,4	400
2025	157952	9077	311	10,5	321,3	400
2026	163094	9213	321	10,7	331,6	400
2027	168412	9352	331	10,8	342,2	400
2028	173914	9492	342	11,0	353,2	400
2029	179607	9634	353	11,2	364,5	400
2030	185499	9779	365	11,3	376,3	400
2031	191600	9925	377	11,5	388,5	400
2032	197919	10073	389	11,7	401,1	400
2033	204465	10073	402	11,7	414,0	400
2034	211249	10073	416	11,7	427,3	400
2035	218283	10073	429	11,7	441,2	400
2036	225579	10073	444	11,7	455,5	400
2037	233149	10073	459	11,7	470,4	400

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Se puede observar que para el 2032 se requerirá de hacer una ampliación a la Planta de Daule.

Los resultados obtenidos para el caudal máximo diario fueron:

Tabla IX. Caudal de máximo Diario en función del tiempo.

Año	Proyección Población		Caudal Máximo Diario (L/s)		
	Conexiones existentes	Limal	Conexiones existentes	Limal	Requerido
2017	122383	8058	313		313,0
2018	126342	8179	323	14,2	337,4
2019	130429	8302	334	14,4	348,0
2020	134650	8426	344	14,6	359,0
2021	139010	8552	356	14,8	370,4
2022	143514	8681	367	15,1	382,2
2023	148169	8811	379	15,3	394,3

2024	152979	8943	391	15,5	406,8
2025	157952	9077	404	15,8	419,8
2026	163094	9213	417	16,0	433,2
2027	168412	9352	431	16,2	447,0
2028	173914	9492	445	16,5	461,3
2029	179607	9634	459	16,7	476,1
2030	185499	9779	474	17,0	491,5
2031	191600	9925	490	17,2	507,3
2032	197919	10073	506	17,5	523,7
2033	204465	10073	523	17,5	540,5
2034	211249	10073	540	17,5	557,8
2035	218283	10073	558	17,5	575,8
2036	225579	10073	577	17,5	594,5
2037	233149	10073	596	17,5	613,9

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Adoptamos un caudal de 25L/s adicional para el diseño de la red de conducción

Los resultados obtenidos para la red de distribución fueron:

Tabla X. Caudal de Diseño requerido para la conducción en función del tiempo.

Año	Proyección Población		Caudal para diseño de Redes de Distribución (L/s)		
	Conexiones existentes	Limonal	Conexiones existentes	Limonal	Requerido
2017	122383	8058	507		506,6
2018	126342	8179	522	34,1	556,3
2019	130429	8302	538	34,6	572,9
2020	134650	8426	555	35,1	590,0
2021	139010	8552	572	35,6	607,7
2022	143514	8681	590	36,2	625,9
2023	148169	8811	608	36,7	644,8
2024	152979	8943	627	37,3	664,3

2025	157952	9077	647	37,8	684,4
2026	163094	9213	667	38,4	705,2
2027	168412	9352	688	39,0	726,7
2028	173914	9492	709	39,5	748,9
2029	179607	9634	732	40,1	771,9
2030	185499	9779	755	40,7	795,7
2031	191600	9925	779	41,4	820,3
2032	197919	10073	804	42,0	845,8
2033	204465	10073	830	42,0	871,6
2034	211249	10073	856	42,0	898,3
2035	218283	10073	884	42,0	926,0
2036	225579	10073	913	42,0	954,7
2037	233149	10073	942	42,0	984,5

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.1.3 Almacenamiento

Actualmente, La Planta cuenta con un reservorio de agua tratada, de 3.000.000 de litros de capacidad bruta, y un tanque elevado de 300 m³, que es abastecido por la estación de bombeo de agua tratada equipada con bombas centrifugas horizontales instaladas en la losa de cubierta del reservorio o cisterna baja.

La operación de las bombas de agua potable es regulada por los niveles de agua en el tanque elevado, de manera que el ciclo de arranque – parada de los grupos de bombeo es función del volumen neto del tanque elevado, toda vez que el flujo hacia la distribución se genera en línea con las bombas.

El volumen neto del tanque elevado es inferior al 10 % de la capacidad de la cisterna baja y no guarda relación con la capacidad nominal de producción de la planta, en tanto que las demandas de agua de la población actualmente servida, supera ampliamente la capacidad de regulación que debe cumplir el tanque elevado.

Frente a la creciente demanda de agua de Daule y las poblaciones cercanas servidas, se torna urgente y prioritario ampliar la capacidad de la reserva alta de la Planta.

4.1.4 Red de Distribución

4.1.4.1 Descripción del sistema a utilizar

La parroquia Limonal, como se ha mencionado no cuenta con un servicio de agua eficiente, por lo que en algunos recintos se requiere del abastecimiento de agua potable por medio de tanqueros.

El sistema que se propone diseñar es una red que logre abastecer del líquido vital a toda la parroquia por medio de la conducción del Daule al Limonal.

La planta actual de Daule se encuentra en buenas condiciones como para servir de fuente de consumo por lo menos hasta el 2032 como se ha mencionado anteriormente.

Debido a las grandes distancias entre Daule y Limonal, la colocación de una estación de bombeo será necesaria debido a las altas pérdidas de presión que se darán, además el sistema dispone de válvulas que permiten dar una independencia en caso de un cierre del suministro por averías, para mantenimiento y operación.

4.1.4.2 Consideraciones en el diseño de la red implementada

- El periodo de vida útil será de 20 años.
- La red de distribución se diseñará para el caudal máximo horario.
- El análisis hidráulico de la red se utilizará el software EPANET.

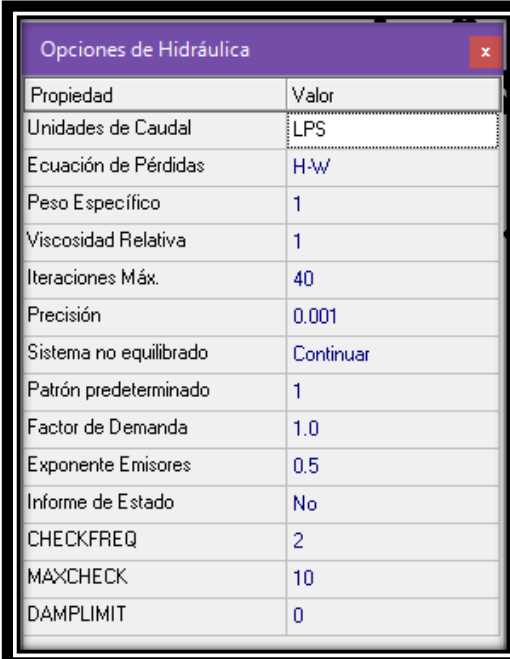
- La fórmula que se empleará para el cálculo de pérdidas por fricción será la de Hazen Williams con un coeficiente de:
- $PVC=150$
- Para las pérdidas menores se adoptaron los siguientes coeficientes de pérdidas:

Válvula de Globo, totalmente abierta	10.0
Válvula de Ángulo, totalmente abierta	5.0
Válvula de Retención de Clapeta, totalmente abierta	2.5
Válvula de Compuerta, totalmente abierta	0.2
Codo de radio pequeño	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de radio grande	0.6
Codo a 45°	0.4
Codo cerrado con inversión del flujo	2.2
Te estándar - dirección de paso	0.6
Te estándar - dirección desvío	1.8
Entrada Recta	0.5
Salida brusca	1.0

Figura 4.23 Coeficientes de pérdidas menores adoptados en el programa.

Fuente: Epanet.

- El tipo de conducción será mixta. Es decir, por gravedad y forzada.
- Para el diseño se considerará el golpe de ariete.
- Los parámetros asumidos para la simulación fueron los siguientes:



Propiedad	Valor
Unidades de Caudal	LPS
Ecuación de Pérdidas	H-w
Peso Específico	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones Máx.	40
Precisión	0.001
Sistema no equilibrado	Continuar
Patrón predeterminado	1
Factor de Demanda	1.0
Exponente Emisores	0.5
Informe de Estado	No
CHECKFREQ	2
MAXCHECK	10
DAMPLIMIT	0

Figura 4.24 Opciones Hidráulicas para el cálculo de la red de abastecimiento.
Fuente: Epanet.

4.1.4.3 Desarrollo del Modelo Geométrico

El modelo se lo diseñó en base a la topografía del sector. El modelo cuenta con 217 conexiones, una estación de bombeo y 24 válvulas.

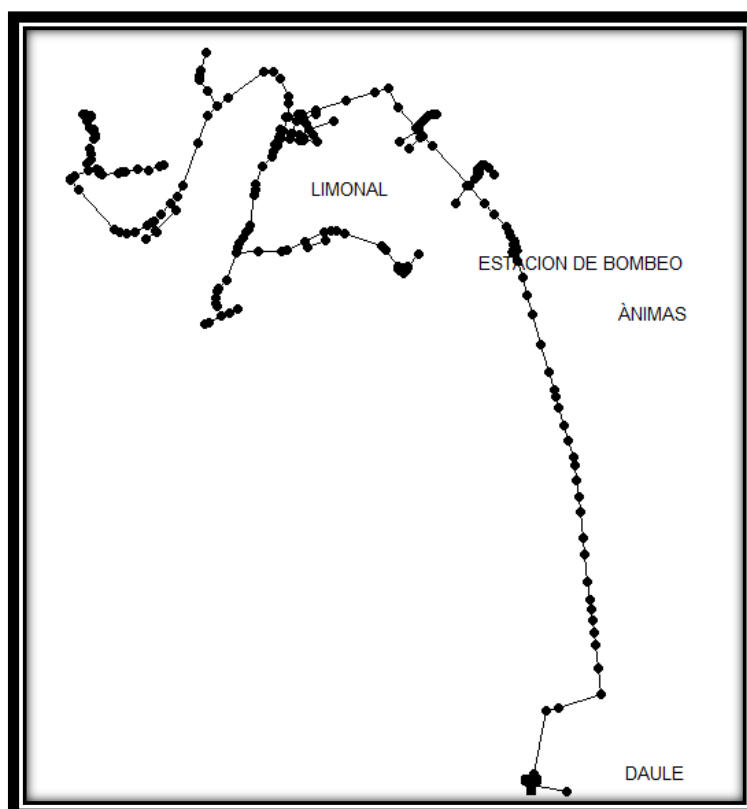


Figura 4.25 Modelo geométrico EPANET
Conducción Daule-Limonal.
Fuente: Epanet.

4.1.4.4 Demandas Base

En la fase de diseño, una vez definida la configuración geométrica de la Red de Distribución de Agua se procede, a partir de la información del estudio de dotaciones y en base a la distribución de las parcelas del Urbanismo o sector a atender, a realizar la repartición de las demandas medias que abastece cada tramo de la Red de

Distribución de Agua en estudio. Las demandas base se establecieron en base a un área de influencia para cada nodo.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n1	10.956	0.13	0.13	24.42	13.46
Conexión n2	10.8	0.16	0.16	24.43	13.63
Conexión n3	9.66	0.19	0.19	24.50	14.84
Conexión n4	10.345	0.35	0.35	24.55	14.21
Conexión n5	10.087	0.32	0.32	24.60	14.51
Conexión n6	10.133	0.16	0.16	24.60	14.47
Conexión n7	10.045	0.13	0.13	24.61	14.56
Conexión n8	10.049	0.16	0.16	24.61	14.56
Conexión n9	10.07	0.22	0.22	24.64	14.57
Conexión n10	10.062	0.44	0.44	24.70	14.64
Conexión n11	10.124	0.25	0.25	24.71	14.58
Conexión n12	10.064	0.06	0.06	24.68	14.61
Conexión n13	10.055	0.13	0.13	24.68	14.62
Conexión n14	10.076	0.22	0.22	24.68	14.60
Conexión n15	10.196	0.16	0.16	24.68	14.48
Conexión n16	9.726	0.35	0.35	24.78	15.06
Conexión n17	10.497	0.25	0.25	24.85	14.35
Conexión n18	10.61	0.57	0.57	27.24	16.63
Conexión n19	10.141	0.19	0.19	24.72	14.57
Conexión n20	10.064	0.13	0.13	24.72	14.66
Conexión n21	10.098	0.38	0.38	24.73	14.63

Figura 4.26 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal.

Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n22	10.03	0.38	0.38	24.85	14.82
Conexión n23	10.303	0.25	0.25	25.09	14.79
Conexión n24	10.544	0.19	0.19	25.18	14.64
Conexión n25	10.323	0.44	0.44	24.64	14.31
Conexión n26	10.29	0.41	0.41	24.68	14.39
Conexión n27	10.123	0.35	0.35	24.71	14.58
Conexión n28	10.387	0.44	0.44	24.79	14.40
Conexión n29	9.861	0.57	0.57	24.77	14.91
Conexión n31	9.796	0.13	0.13	24.76	14.96
Conexión n32	9.929	0.7	0.70	24.75	14.82
Conexión n33	9.942	0.25	0.25	24.75	14.80
Conexión n34	10.658	0.44	0.44	24.33	13.68
Conexión n35	10.329	0.51	0.51	24.63	14.30
Conexión n36	10.115	0.16	0.16	24.64	14.52
Conexión n37	10.141	0.38	0.38	24.72	14.57
Conexión n38	10.029	0.35	0.35	24.72	14.69
Conexión n40	10.767	0.1	0.10	23.71	12.94
Conexión n41	10.85	0.16	0.16	23.87	13.02
Conexión n42	10.743	0.19	0.19	24.19	13.45
Conexión n43	10.824	0.48	0.48	23.54	12.71
Conexión n44	10.984	0.41	0.41	22.82	11.84

Figura 4.27 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)

Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n45	10.945	0.16	0.16	22.58	11.63
Conexión n46	10.783	0.73	0.73	22.32	11.54
Conexión n47	10.628	0.29	0.29	22.25	11.62
Conexión n48	10.584	0.1	0.10	22.24	11.66
Conexión n49	10.569	0.13	0.13	22.24	11.67
Conexión n50	10.571	0.32	0.32	22.23	11.66
Conexión n51	10.571	0.29	0.29	22.22	11.65
Conexión n53	10.771	0.63	0.63	21.40	10.63
Conexión n54	11	0.16	0.16	21.44	10.44
Conexión n55	11.031	0.16	0.16	21.46	10.43
Conexión n56	11.059	0.03	0.03	21.59	10.53
Conexión n57	11.105	0.38	0.38	21.70	10.60
Conexión n58	11.039	0.29	0.29	22.13	11.09
Conexión n59	10.421	0.29	0.29	21.35	10.93
Conexión n60	10.331	0.32	0.32	21.31	10.97
Conexión n61	10.379	0.29	0.29	21.28	10.90
Conexión n62	10.489	1.11	1.11	21.26	10.77
Conexión n63	8.499	1.93	1.93	21.14	12.64
Conexión n64	6.649	1.02	1.02	21.12	14.48
Conexión n65	7.011	0.67	0.67	21.12	14.11
Conexión n66	6.7	0.29	0.29	21.12	14.42

Figura 4.28 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)

Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n67	7.245	0.13	0.13	20.93	13.69
Conexión n68	7.227	0	0.00	20.92	13.69
Conexión n69	7.414	0	0.00	20.91	13.49
Conexión n70	7.445	0	0.00	20.90	13.45
Conexión n71	7.448	0	0.00	20.89	13.44
Conexión n72	7.681	0	0.00	20.87	13.19
Conexión n73	7.75	0	0.00	20.86	13.11
Conexión n74	7.777	0	0.00	20.86	13.08
Conexión n75	7.755	0	0.00	20.85	13.09
Conexión n76	7.727	0	0.00	20.85	13.12
Conexión n77	7.583	0	0.00	20.84	13.26
Conexión n78	7.555	0	0.00	20.84	13.28
Conexión n79	7.507	0.06	0.06	20.82	13.31
Conexión n80	7.466	0.03	0.03	20.82	13.35
Conexión n81	7.494	0.06	0.06	20.81	13.32
Conexión n82	7.477	0.19	0.19	20.81	13.34
Conexión n83	7.477	0.13	0.13	20.81	13.34
Conexión n84	7.655	0.03	0.03	20.81	13.16
Conexión n85	7.682	0.13	0.13	20.81	13.13
Conexión n86	10.91	0.06	0.06	21.43	10.52
Conexión n87	10.562	0.82	0.82	21.43	10.87

Figura 4.29 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)

Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n88	10.175	0.6	0.60	21.43	11.26
Conexión n89	11.069	0.38	0.38	21.50	10.43
Conexión n90	11.123	0.41	0.41	21.48	10.36
Conexión n91	10.606	0.92	0.92	21.43	10.82
Conexión n92	10.968	1.36	1.36	22.42	11.46
Conexión n93	7.607	0	0.00	20.90	13.29
Conexión n94	7.71	0.38	0.38	20.88	13.17
Conexión n95	7.736	0	0.00	20.88	13.14
Conexión n96	7.768	0	0.00	20.87	13.11
Conexión n97	8.574	0	0.00	20.84	12.27
Conexión n98	8.679	0	0.00	20.84	12.16
Conexión n99	8.856	0	0.00	20.83	11.98
Conexión n100	8.431	0.03	0.03	20.81	12.38
Conexión n101	9.926	0.03	0.03	20.79	10.87
Conexión n102	10.248	0.35	0.35	20.78	10.53
Conexión n103	10.321	0.19	0.19	20.77	10.45
Conexión n105	9	0	0.00	48.19	39.19
Conexión n106	9	0	0.00	47.80	38.80
Conexión n107	9	0	0.00	45.43	36.43
Conexión n108	9	0	0.00	44.94	35.94
Conexión n109	8.292	0	0.00	43.49	35.20

Figura 4.30 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)
Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n110	8.17	0	0.00	42.65	34.48
Conexión n111	8.062	0	0.00	41.90	33.84
Conexión n112	8.002	0	0.00	41.49	33.49
Conexión n113	7.946	0	0.00	41.12	33.17
Conexión n114	7.894	0	0.00	40.76	32.87
Conexión n115	7.848	0	0.00	40.45	32.60
Conexión n116	7.763	0	0.00	39.87	32.11
Conexión n117	7.631	0	0.00	38.96	31.33
Conexión n118	7.554	0	0.00	38.44	30.88
Conexión n119	7.348	0	0.00	37.50	30.15
Conexión n120	7.182	0	0.00	36.99	29.80
Conexión n121	7.116	0	0.00	36.47	29.36
Conexión n122	7.491	0	0.00	35.99	28.50
Conexión n123	7.704	0	0.00	35.70	28.00
Conexión n124	8.112	0	0.00	35.13	27.02
Conexión n125	8.47	0	0.00	34.62	26.15
Conexión n126	8.47	0	0.00	34.07	25.60
Conexión n127	8.867	0	0.00	33.68	24.81
Conexión n128	9.141	0	0.00	33.40	24.26
Conexión n129	9.334	0	0.00	32.70	23.36
Conexión n130	9.761	0	0.00	31.79	22.03

Figura 4.31 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)

Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cola m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n131	10.519	0	0,00	30,80	20,29
Conexión n132	10.484	0	0,00	30,17	19,69
Conexión n133	10.452	0	0,00	29,55	19,10
Conexión n134	10.423	0	0,00	29,02	18,59
Conexión n135	10.394	0	0,00	43,91	33,51
Conexión n136	10.343	0	0,00	43,51	33,17
Conexión n137	10.291	0	0,00	43,31	33,02
Conexión n138	10.199	0	0,00	43,11	32,91
Conexión n139	9.85	0	0,00	42,58	32,73
Conexión n140	9.597	0	0,00	42,11	32,52
Conexión n141	10.04	0	0,00	41,23	31,19
Conexión n145	9.39	0.35	0,35	24,14	14,75
Conexión n146	9.936	0.35	0,35	24,12	14,19
Conexión n147	9.833	0.03	0,03	24,12	14,29
Conexión n148	9.758	0	0,00	24,12	14,36
Conexión n149	9.789	0.41	0,41	24,11	14,32
Conexión n150	9.929	0.41	0,41	24,10	14,17
Conexión n151	9.934	0.1	0,10	24,10	14,17
Conexión n152	9.949	0.16	0,16	24,10	14,15
Conexión n153	9.963	0.19	0,19	24,10	14,14
Conexión n154	9.937	0.06	0,06	24,10	14,16

Figura 4.32 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)

Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n155	9.926	0.03	0.03	24,10	14,17
Conexión n156	9.982	0	0,00	24,10	14,12
Conexión n157	10.030	0	0,00	24,10	14,07
Conexión n158	10.038	0	0,00	24,10	14,06
Conexión n159	10.041	0	0,00	24,10	14,06
Conexión n160	10.005	0	0,00	24,10	14,09
Conexión n161	9.914	0.03	0.03	24,10	14,19
Conexión n162	10.068	0.03	0.03	24,10	14,03
Conexión n163	9.39	0.22	0.22	24,14	14,75
Conexión n164	9.473	0.35	0.35	24,14	14,66
Conexión n165	9.788	0.06	0.06	24,17	14,38
Conexión n166	9.831	0.22	0.22	24,18	14,35
Conexión n167	10.55	0.32	0.32	24,20	13,65
Conexión n168	11.309	0.57	0.57	24,22	12,91
Conexión n169	9.538	0.32	0.32	24,18	14,64
Conexión n170	9.135	0.29	0.29	24,17	15,04
Conexión n171	9.135	0	0,00	24,17	15,03
Conexión n172	8.555	0.1	0.10	24,16	15,61
Conexión n173	8.074	0	0,00	24,16	16,09
Conexión n174	7.753	0.19	0.19	24,16	16,41
Conexión n175	6.889	0.41	0.41	24,15	17,26

Figura 4.33 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)
Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n176	7.047	0.41	0.41	24,15	17,11
Conexión n177	7.192	0.06	0.06	24,15	16,96
Conexión n178	6.884	0.35	0.35	24,15	17,27
Conexión n179	6.881	0.16	0.16	24,15	17,27
Conexión n180	11.651	0.16	0.16	24,23	12,58
Conexión n181	11.61	0.06	0.06	24,25	12,64
Conexión n182	11.549	0.06	0.06	24,26	12,72
Conexión n183	11.485	0.13	0.13	24,28	12,80
Conexión n184	11.442	0.06	0.06	24,29	12,85
Conexión n185	11.399	0.06	0.06	24,31	12,91
Conexión n186	11.126	0.06	0.06	24,40	13,27
Conexión n188	10.621	1.36	1.36	35,83	25,21
Conexión n189	10.308	1.08	1.08	41,09	30,78
Conexión n190	10.308	0.13	0.13	41,01	30,70
Conexión n191	10.308	0.13	0.13	40,98	30,67
Conexión n192	10.308	0.1	0.10	40,97	30,66
Conexión n193	10.308	0.13	0.13	40,96	30,65
Conexión n194	10.308	0.13	0.13	40,95	30,65
Conexión n195	10.308	0.03	0.03	40,95	30,64
Conexión n196	10.308	0.06	0.06	40,94	30,64
Conexión n197	10.309	0.13	0.13	40,94	30,63

Figura 4.34 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)

Fuente: Epanet.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n198	10.308	0.06	0.06	40.94	30.63
Conexión n199	10.308	0.13	0.13	40.94	30.63
Conexión n200	10.308	0.1	0.10	40.94	30.63
Conexión n201	10.308	0.06	0.06	40.93	30.63
Conexión n202	10.308	0	0.00	40.93	30.63
Conexión n203	10.308	0.13	0.13	40.93	30.62
Conexión n204	10.308	0.16	0.16	40.93	30.62
Conexión n205	9.849	0.13	0.13	41.23	31.38
Conexión n206	9.317	0.1	0.10	41.23	31.92
Conexión n207	10.613	0.63	0.63	34.84	24.23
Conexión n208	10.591	0.06	0.06	34.84	24.25
Conexión n209	10.486	0.1	0.10	34.84	24.36
Conexión n210	10.608	0.32	0.32	34.23	23.62
Conexión n211	10.473	0.13	0.13	34.23	23.76
Conexión n212	10.591	0.1	0.10	33.94	23.35
Conexión n213	10.591	0.1	0.10	33.94	23.35
Conexión n214	10.591	0.13	0.13	33.94	23.35
Conexión n215	10.591	0.1	0.10	33.94	23.35
Conexión n216	10.591	0.06	0.06	33.94	23.35
Conexión n217	10.591	0.22	0.22	33.94	23.35
Conexión n218	10.591	0.1	0.10	33.94	23.35
Conexión n219	10.591	0.13	0.13	33.94	23.35
Conexión n220	10.591	0.03	0.03	33.94	23.35
Conexión n221	10.346	0.82	0.82	31.94	21.59
Conexión n222	10.26	0.38	0.38	30.51	20.25
Conexión n223	10.369	0.13	0.13	29.29	18.92
Conexión n224	10.064	0.48	0.48	24.73	14.66
Conexión OTR05	9	942	942.00	-901.59	-910.59
Depósito 1	40	No Disponible	-985.06	48.31	8.31

Figura 4.35 Demandas Base, presiones, demandas y alturas en los nodos EPANET Conducción Daule-Limonal. (Continuación)

Fuente: Epanet.

4.1.4.5 Presiones en nodos

La red de distribución fue diseñada para el caudal máximo horario, está conformada por un conjunto de ramales abiertos y mallas, es decir es un sistema mixto. Se comprobó que La presión estática máxima fuera menor 4Kg/cm^2 siendo, también se verificó que las presiones dinámicas a lo largo de la red estuvieran entre 0.7Kg/cm^2 y 3 kg/cm^2 . Como se observa las cargas son mayores a 7m y menores a 30m aproximadamente, por lo tanto, se cumplen con los parámetros exigidos por la norma. En las zonas que superan los 30 m, la máxima presión es de 38m, lo cual es aceptable para el diseño ya que las tuberías pueden soportar hasta 60 m.

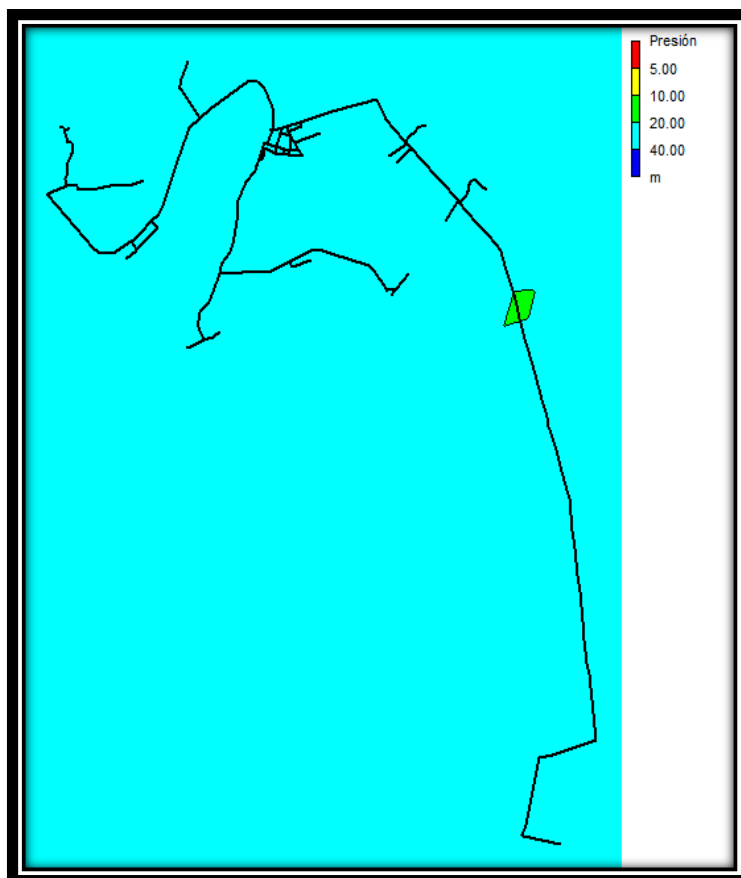


Figura 4.36 Gráfico de contorno de presiones EPANET Conducción Daule-Limonal.
Fuente: Epanet.

4.1.4.6 Velocidades en tuberías

De acuerdo con las normas de Senagua se recomienda que las velocidades se mantengan en un rango de 0.6-3 m/s.

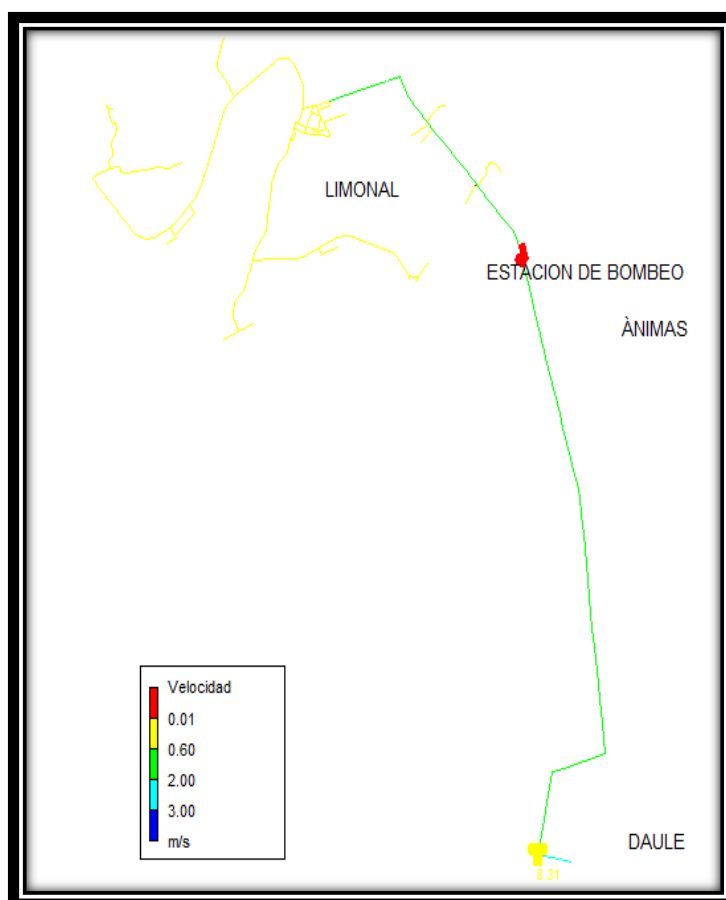


Figura 4.37 Gráfico de velocidades en las tuberías EPANET Conducción Daule-Limonal.

Fuente: Epanet.

4.1.4.7 Diámetros empleados

Los diámetros nominales por utilizar son:

- 250 mm
- 200 mm
- 90 mm

Los cuales son mayores a $\frac{3}{4}$ ". En Ramales aislados y en los tramos que involucran bombeo se calculó la sobrepresión por golpe de ariete dando como resultado lo siguiente:

4.1.4.8 Golpe de Ariete

De acuerdo con las normas de Senagua, la sobrepresión ejercida por el golpe de ariete puede determinarse en cualquiera de sus fórmulas aceptadas y conocidas como la siguiente:

$$P = \frac{1846}{D^2 * Q * \left(1 + \frac{KD}{Et}\right)^{0.5}} ; \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

P = sobrepresión por golpe de ariete, en m

Q = Caudal en l/s

D = Diámetro interior de la tubería, en cm

K = Módulo de elasticidad del agua, en kg/cm²

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería, en kg/cm²

t = Espesor de las tuberías, en cm

$$P = \frac{1846}{23.94^2 * 18.6 * \left(1 + 22433,7 * \frac{23.94}{30000 * 0.53}\right)^{0.5}}$$

$$= 0.029m$$

4.1.5 Estación de Bombeo

El caudal requerido para la bomba de acuerdo (Secretaría del Agua, 2012) es:

$$Q_b = 1.05 * Q_{MD}$$

$$Q_b = 1.05 * 17.75$$

$$Q_b = 18.64 \text{ L/s}$$

Las siguientes ecuaciones corresponden al cálculo de la presión, las pérdidas por fricción y las pérdidas por columna de agua.

$$P = \frac{\rho * H * Q}{e} ;$$

Ecuación 11

Donde:

P = Potencia de bomba, en KW

g = Gravedad (9.81 m/s²)

H = Altura de bombeo, en m

Q = Caudal a extraerse, en m³/s

e = Eficiencia de la bomba (0.40 – 0.60)

$$S = \left(\frac{Q_b}{0.2785 * C * D^{2.63}} \right)^{1.85}; \quad \text{Ecuación 12}$$

$$H_f = S * L; \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo, en m³/s

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams (en nuestro caso, C = 150)

D = Diámetro interior de la tubería, en m

S = Pendiente de la línea, en m/m

H_f = Pérdida de carga por fricción, en m

L = Longitud total de la tubería, en m

$$h_{cd} = 2.33\% L_{cd} ;$$

Ecuación 14

Donde:

H_{cd} = Pérdidas en la columna, en m

L_{cd} = Longitud de la tubería, en m

$$H = H_f + h_{cd} + h_{impulsión}$$

$$H = 0.008 + 0.35 + 15$$

$$H = 15.35 \text{ m}$$

$$P = \frac{9.81 * 15.35 * 0.0186}{0.6} = 4.67\text{KW} * 1.34 = 6.25\text{Hp}$$

La potencia requerida por la bomba fue de 6 HP

Se recomienda utilizar una bomba de 18L/s con una Altura manométrica de 14.89m

Las coordenadas UTM para la estación de bombeo son:

612 836.9655m N; 9 800 474.9288m E; 11.423m

4.1.6 Presupuesto

Tabla XI. Presupuesto Referencial Alternativa 1.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (USD)
10.1	SISTEMA DE AGUA POTABLE				\$ 559,510.86
	TRAZADO Y REPLANTEO	ML	19631.96	0.83	\$ 16,294.53
	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ESTRUCTURA	M3	19631.96	13.05	\$ 256,197.08
	RELLENO CON ARENA	M3	9815.98	15.32	\$ 150,380.81
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	9815.98	13.92	\$ 136,638.44
10.2	COLECTORES				\$ 563,187.62
	PRUEBAS HIDROSTATICAS	ML	19631.96	2.46	\$ 48,294.62
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=50mm	ML	2012.99	10.05	\$ 20,230.55
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=90mm	ML	4035.37	12.42	\$ 50,119.30
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=160mm	ML	658.85	22.07	\$ 14,540.82
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=200mm	ML	2285.89	27.59	\$ 63,067.71
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=250mm	ML	10638.87	34.49	\$ 366,934.63
10.3	MATERIALES HIDRÁULICOS				\$ 5,000.00
	VARIOS	UN.	1000	5.00	\$ 5,000.00
10.4	CASETA DE BOMBEO				\$ 8,392.24
	TRAZADO Y REPLANTEO	M2	20	1.40	\$ 28.00
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	40	14.14	\$ 565.60
	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (PARA LOSA)	KG	200	2.13	\$ 426.00
	HORMIGÓN ESTRUCTURAL 280 Kg/cm ² (PARA LOSA)	M3	4	278.16	\$ 1,112.64
	CERCO PERIMETRAL	ML	18	30.00	\$ 540.00
	BOMBA CENTRIFUGA	UN.	1	720.00	\$ 720.00
	CASETA DE PROTECCIÓN	UN.	1	5,000.00	\$ 5,000.00
10.5	PRESUPUESTO AMBIENTAL				\$ 19,791.00
	PRESUPUESTO AMBIENTAL	GLB	1	19,791.00	\$ 19,791.00
TOTAL					\$ 1,155,881.72

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.2 ALTERNATIVA 2: Dotación de agua potable mediante aprovechamiento de agua subterránea.

4.2.1 Introducción

El sistema de captación de aguas subterráneas que se propone está conformado por los siguientes componentes:

- Pozo de explotación tubular.
- Caseta de bombeo, que incluye bomba y accesorios.
- Para la generación de energía, el uso de paneles solares.
- Línea de impulsión, que es la tubería que va del pozo al reservorio.
- Tratamiento mediante el empleo de filtros y un proceso de cloración.
- Tanque de Almacenamiento.
- Torres para tanque elevado.
- Distribución

4.2.2 Justificación

Limonal se encuentra localizada en la cuenca baja de la provincia del Guayas. La cuenca del río Guayas cuenta con una extensión de 53 299 km² y es una de las más grandes riquezas potenciales con que cuenta Ecuador. Se trata de la mayor cuenca hidrográfica de la costa del Pacífico de América del Sur.

De acuerdo con datos de Senagua Limonal cuenta con 3 pozos existentes:

- De los cuales uno se encuentra en el recinto Piñal y aún está en uso a pesar de que algunas las tuberías de esta red ya han colapsado debido a que las redes antiguas del sistema actual tienen más de 50 años.
- Existe otro pozo en el recinto la Elvira el cual estuvo activo en años anteriores. Actualmente este pozo no está en uso y se localiza en una Escuela de la región.
- Un tercer pozo se localiza en el recinto San Lorenzo, el cual ya no se encuentra en uso.

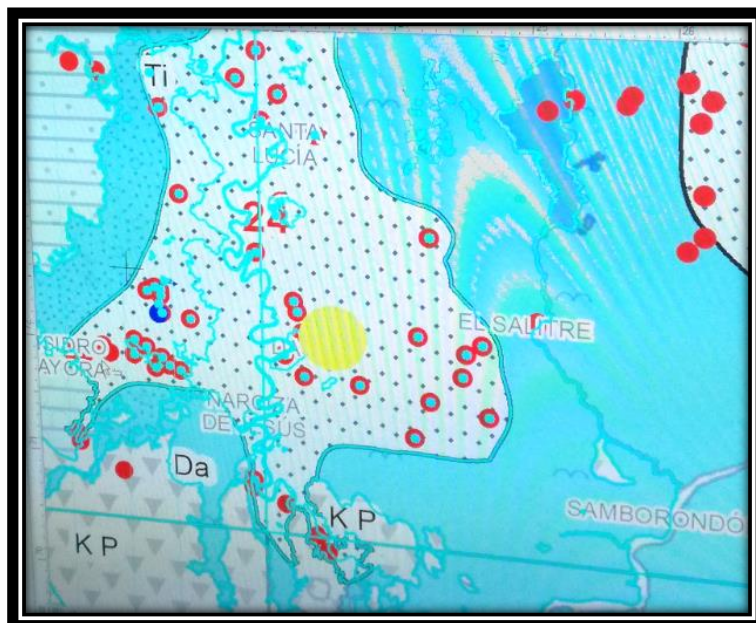


Figura 4.38 Gráfico Ubicación de los pozos existentes en Limonal
Fuente: Senagua.

Si bien es cierto que el agua que consumen los habitantes no puede ser utilizada para el consumo humano actualmente, con un buen tratamiento de esta agua, la cual cumple casi con todos los parámetros establecidos por las normas para consumo de agua potable y un sistema óptimo, eficiente y moderno para las redes, el aprovechamiento de este recurso se torna primordial, además el poblado ya cuenta con experiencia en este tipo de sistemas.

4.2.3 Pozos de explotación

La alternativa 2 contempla el aprovechamiento del agua de pozo para el abastecimiento de agua potable a la parroquia del Limonal. Se pretende colocar 6 pozos tubulares ubicados de forma estratégica para la captación del agua cruda. El pozo se lo realizará con una profundidad de 30m, para tener una mayor captación. Se pretende de esta forma que el recurso agua pueda ser aprovechado de forma eficiente. La cantidad de pozos empleados serán descritos a continuación:

Tabla XII. Cantidad y Distribución de los pozos.

Recintos	No. De Pozos
Piñal	2
La Elvira y Cabecera Parroquial	2
Valdivia	1
San Lorenzo y Colorado	1
No. Total de Pozos	6

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.2.4 Caseta de bombeo y abastecimiento de energía

Para el desarrollo de esta alternativa se plantea el uso de Bombas sumergibles para succionar el agua desde el pozo de 30 m hasta la superficie, en donde se colocará un filtro, bombas centrífugas para la impulsión del agua desde el tanque de cloración hasta el tanque elevado y el uso de paneles solares como fuente de energía.

4.2.5 Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles no succionan agua, sino que la empujan hacia arriba, por eso este tipo de bombas requiere de menos energía, por lo general es más eficiente para usar en pozos profundos. Tiene un solo tubo procedente del pozo que puede conectarse al filtro. Este tipo de bomba se instala en las proximidades del fondo del pozo y bombea agua solo cuando se necesita. Precisamente por estar permanentemente sumergida en el agua, esta bomba es autocebante y no susceptible al problema de cavitación, común en las bombas de chorro.

- **Caudales de Diseño**

Senagua recomienda el empleo de la siguiente fórmula para determinar el caudal de bombeo, al igual que el cálculo de la bomba para la estación de bombeo de la alternativa 1:

$$Q_b = 1.05 Q_{MD} * \frac{24 \text{ horas}}{\text{No.de horas de bombeo al día}} ; \quad \text{Ecuación 15}$$

Empleando esta fórmula para cada uno de los 6 pozos y considerando que tanto para el caso del pozo 1 y 2 y el caso del

pozo 3 y 4 el caudal máximo diario se reparte a la mitad (véase en la sección de selección de alternativas), se obtuvo:

Tabla XIII. Caudales de bombeo, uniendo recintos.

	RECINTOS			
	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
N (horas)	24	24	24	24
QMD (m3/s)	0,0031	0,0028	0,0023	0,0034
Qb (m3/s)	0,0033	0,0029	0,0024	0,0036

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Diámetro de Tuberías**

Para el cálculo se utilizó la ecuación de Bresse para determinar el diámetro de la tubería. A continuación, se podrá observar la fórmula empleada:

$$D = 0.5873 * N^{0.23} * \sqrt{Q_b} ; \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

D = Diámetro de tubería, en m

N = Número de horas de bombeo al día

Qb = Caudal de bombeo, en m3/s

Tabla XIV. Diámetros calculados y comerciales para la tubería de impulsión de las bombas

	RECINTOS			
	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
N (horas)	24	24	24	24
QMD (m ³ /s)	0,0033	0,0028	0,0023	0,0034
Qb (m ³ /s)	0,0034	0,0029	0,0024	0,0036
D (m)	0,07	0,07	0,06	0,07
D(mm)	71.26	66,14	59,95	72,89
D comercial (mm)	90,00	90,00	90,00	90,00
V (m/s)	0,50	0,46	0,38	0,56

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Potencia de bombas**

Se utilizarán las mismas ecuaciones que en la alternativa 1 para el determinar la potencia de la bomba, quedando como resultado lo siguiente:

Tabla XV. Pérdidas por fricción, pérdidas por columna de agua y altura de impulsión por pozo de las bombas sumergibles.

	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
Qb (m ³ /s)	0,0034	0,0029	0,0024	0,0036
C	150	150	150	150
D (m)	0,09	0,09	0,09	0,09
S (m/m)	0,0034	0,0025	0,0018	0,0036
L (m)	30	30	30	30
Hf (m)	0,10	0,08	0,05	0,11
	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
Lcd (m)	30	30	30	30
Hcd (m)	0,70	0,70	0,70	0,70
	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
hsucción (m)	0	0	0	0
himpulsion	30	30	30	30

(m)				
hft (m)	0,80	0,78	0,75	0,81
H (m)	30,80	30,78	30,75	30,81

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XVI. Potencias de las bombas sumergibles por pozo.

	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
G	9,81	9,81	9,81	9,81
H	30,80	30,72	30,75	30,81
Q (m ³ /s)	0,0034	0,0029	0,0024	0,0036
E	0,60	0,60	0,60	0,60
P (Kw)	1,72	1,48	1,21	1,80
P (HP)	2,30	1,98	1,63	2,41

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Adoptando bombas sumergibles de 3HP.

- **Golpe de ariete**

Para el cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete se usó la misma ecuación experimental que recomienda Senagua dando como resultado:

Tabla XVII. Sobrepresión por golpe de ariete en cm para cada uno de los pozos.

	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
D (cm)	8,6	8,6	8,6	8,6
Q(L/s)	3,26	2,94	2,42	3,57
K (kg/cm ²)	22433,7	22433,7	22433,7	22433,7
E (Kg/cm ²)	30000	30000	30000	30000
t (cm)	0,53	0,53	0,53	0,53
P (cm)	2,1	2,3	2,9	1,9

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.2.6 Bombas centrífugas

Se usarán bombas centrífugas para la impulsión del agua a los tanques de almacenamiento.

- **Caudales de Diseño**

Igual que en el caso de la bomba sumergible.

- **Diámetro de tuberías**

Igual que en el caso de la bomba sumergible.

- **Potencia de la Bomba**

Se utilizarán las mismas ecuaciones que en la alternativa 1 para el determinar la potencia de la bomba, quedando como resultado lo siguiente:

Tabla XVIII. Pérdidas por fricción, pérdidas por columna de agua y altura de impulsión por pozo de las bombas centrífugas.

	RECINTOS			
	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
Q_b (m ³ /s)	0,0033	0,0029	0,0024	0,0036
C	150	150	150	150
D (m)	0,09	0,09	0,09	0,09
S (m/m)	0,0031	0,0025	0,0018	0,0036
L (m)	10	10	10	10

Hf (m)	0,03	0,03	0,02	0,04
--------	------	------	------	------

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XIX. Potencias de las bombas centrífugas por pozo.

	RECINTOS			
	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
Lcd (m)	10	10	10	10
Hcd (m)	0,23	0,23	0,23	0,23
	RECINTOS			
	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
hsucción (m)	0	0	0	0
himpulsion (m)	10	10	10	10
hft (m)	0,26	0,26	0,25	0,27
H (m)	10,26	10,26	10,25	10,27

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XX. Potencias de las bombas centrífugas por pozo.

	CABECERA - LA ELVIRA	EL PIÑAL	VALDIVIA - EL RECREO	COLORADO - SAN LORENZO
G	9,81	9,81	9,81	9,81
H	10,26	10,26	10,25	10,27
Q (m ³ /s)	0,0033	0,0029	0,0024	0,0036
E	0,60	0,60	0,60	0,60
P (Kw)	0,55	0,49	0,40	0,60
P (HP)	0,73	0,66	0,54	0,80

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.2.7 Paneles Solares

Para el funcionamiento de las bombas, se aprovechará el medio, en este caso, se alimentará por energía solar. Se

necesitarán paneles solares y baterías de carga, para que las bombas puedan estar con energía durante la noche también.

Para el cálculo de la cantidad de paneles solares a usar, se necesita la siguiente información:

- Irradiación solar promedio ($W/m^2 \cdot día$)
- Eficiencia de los paneles solares
- Potencia que se necesite generar

- **Eficiencia de los paneles solares**

Actualmente la eficiencia de los paneles solares está entre el 15 al 20%. El panel solar escogido (ver en anexos en cotización) tiene una eficiencia del 16%; es decir, por cada $1 W/m^2$ este aprovecha $0.16 W/m^2$.

- **Irradiación solar promedio ($W/m^2 \cdot día$).**

Según CONELEC (2008) y los reportes de diarios locales como el Telégrafo (febrero 2017), la irradiación solar en el Ecuador en promedio estaría entre 3.47 y $3 W/m^2 \cdot día$, respectivamente. Para los cálculos, se tomará el menor valor para ser más conservadores, que sería de $3 W/m^2 \cdot día$.

- **Potencia de las bombas sumergibles.**

En la sección de bombas sumergibles, se tienen las potencias, necesarias, para cada pozo. Pero se adoptó una bomba de 3HP para cada pozo.

- **Cantidad de paneles solares**

$$\text{Energía transformada} = \text{Irradiación} * \text{Eficiencia}$$

$$\text{Energía transformada} = 3.64 \text{ KW/m}^2 * 0.16$$

$$\text{Energía transformada} = 0.58 \text{ KW/m}^2$$

$$\text{Area de paneles} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Energía transformada}}$$

$$\text{Area de paneles} = \frac{2.2371 \text{ KW}}{0.58 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}}$$

$$\text{Area de paneles} = 3.91 \text{ m}^2$$

$$\text{Cantidad de paneles} = \text{Area de paneles} * \text{area de un panel}$$

$$\text{Cantidad de paneles} = 3.91 \text{ m}^2 * \frac{1 \text{ panel}}{0.5 \text{ m}^2}$$

$$\text{Cantidad de paneles} = 7.83 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, optamos por adquirir 8 paneles solares.

4.2.8 Línea de Impulsión

Se pretende que esta propuesta cuente con una línea de impulsión la cual funcione de forma óptima y eficiente en caso de algún tipo de golpe de ariete. Cada pozo contaría con su propia línea de impulsión. El diámetro será de 90mm para cada pozo.

4.2.9 Filtrado y Cloración

Debido a que los parámetros como lo son el color, fósforo y hierro total se encuentran sobre los límites considerados por el INEN o el TULAS. Se debe realizar un tratamiento de filtración y cloración. Para lo cual se prevé hacer uso de una unidad de filtración y otra de cloración para cada uno de los 6 pozos.

4.2.9.1 Filtrado (filtro de carbón activado)

- **Tasa de filtración**

El filtro así constituido deberá diseñarse para una tasa de filtración de 120 m³/m²/d (SENAGUA / INEN 1992)

$$T_f = 120 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}; \text{ adoptando}$$

- **Área del filtro**

Al tener 6 pozos distintos, se tomará para el diseño el pozo de bombeo de mayor caudal, en este caso, es el de

San Lorenzo $Q_b = Q_d = 3.5 \text{ L/s} = 0.0035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

$$A_f = \frac{Q_d}{T_f}$$

$$A_f = \frac{302.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{120 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}}$$

$$A_f = 2.52 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, $D = 1.80\text{m}$

- **Tiempo de contacto**

Mantener un espesor mínimo de 0,6 m y un tiempo de contacto de lecho vacío de 7,5 a 9 minutos. (SENAGUA / INEN 1992).

$$T = 9 \text{ min}$$

- **Volumen del tanque de contacto de cloro**

$$V_{TC} = \frac{Q_d * T * 60}{1000}$$

$$V_{TC} = \frac{3.50 * 9 * 60}{1000}$$

$$V_{TC} = 1.89 \text{ m}^3$$

- **Profundidad del filtro**

Mantener un espesor mínimo de 0,6 m y un tiempo de contacto de lecho vacío de 7,5 a 9 minutos. (SENAGUA / INEN 1992).

$$h_f = \frac{V_{TC}}{A_f}$$

$$h_f = \frac{1.89}{2.52}$$

$$h_f = 0.75 \text{ m}$$

Durante el lavado se recomienda una expansión del 50%. (SENAGUA / INEN 1992).

Por lo tanto:

$$H_f = h_f * 1.50$$

$$H_f = 0.75 * 1.50$$

$$H_f = 1.13 \text{ m}$$

Adoptando $H_f = 1.25\text{m}$

4.2.9.2 Cloración

- **Concentración de la solución**

$$C = 3500 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Demanda de cloro} = 3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

- **Caudal mínimo de agua requerido para la operación del eyector**

Al tener 6 pozos distintos, se tomará para el diseño el pozo de bombeo de mayor caudal, en este caso, es el de San Lorenzo $Q_b = Q_d = 3.5 \text{ L/s}$

$$q = \frac{Q_d * DM}{C}$$

$$q = \frac{3.5 * 3}{3500}$$

$$q = 3.50 \times 10^{-3} \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- **Capacidad requerida del equipo**

$$W = Q_d * DM$$

$$W = 3.50 * 3$$

$$W = 10.50 \text{ mg/s}$$

$$W = \frac{10.50 * 3600}{1.000}$$

$$W = 37.80 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

- **Capacidad del clorador**

La capacidad del clorador debe ser mayor que la capacidad requerida

$$W_{\text{max}} = 40 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

- **Capacidad mínima del clorador**

$$W_{\text{min}} = \frac{W_{\text{max}}}{20}$$

$$W_{\text{min}} = \frac{40}{20}$$

$$W_{\text{min}} = 2 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

- **Velocidad en la tubería de alimentación de agua**

$$V = 0.60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Área de la tubería**

$$A = \frac{q}{1000V}$$

$$A = \frac{3.50 \times 10^{-3}}{1000 * 0.60}$$

$$A = 5.83 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

- **Diámetro de la tubería de alimentación de agua**

$$D = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{0.5}$$

$$D = \left(\frac{4 * (5.83 \times 10^{-6})}{\pi}\right)^{0.5}$$

$$D = 2.72 \times 10^{-3} \text{ m} = 2.72 \text{ mm}$$

$$D = 0.25 \text{ pulg; adoptamos}$$

- **Tiempo de contacto**

El tiempo de contacto recomendable es de 20 a 30 minutos. (INEN 1992).

$$T = 25 \text{ min}$$

- **Volumen del tanque de contacto de cloro**

$$V_{TC} = \frac{Q_d * T * 60}{1000}$$

$$V_{TC} = \frac{3.50 * 25 * 60}{1000}$$

$$V_{TC} = 5.25 \text{ m}^3$$

- **Dimensiones del tanque de contacto**

$$H_{TC} = 1.50 \text{ m; asumiendo}$$

$$A_{TC} = \frac{V_{TC}}{H_{TC}} = \frac{5.25}{3} = 3.50 \text{ m}^2$$

$$D = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{0.5} = \left(\frac{4 * 3.50}{\pi}\right)^{0.5} = 2.10 \text{ m}$$

- **Coefficiente de fricción**

$$f = 0.03$$

- **Pérdidas de carga por fricción**

$$H_o = \frac{f * L * V^2}{0.0254 * D * 2g}$$

$$H_o = \frac{0.03 * 3 * 0.6^2}{0.0254 * 0.25 * 19.62}$$

$$H_o = 0.26 \text{ m}$$

- **Carga dinámica total**

$$H = H_o + H_{TC}$$

$$H = 0.26 + 3$$

$$H = 3.26 \text{ m}$$

- **Peso específico del agua**

$$\delta = 997.13 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

- **Eficiencia**

$$e = 0.60; \text{ asumiendo}$$

- **Potencia de la bomba**

$$P = \frac{\delta * q * H}{1000 * 75 * e}$$

$$P = \frac{997.13 * (3.50 \times 10^{-3}) * 3.26}{1000 * 75 * 0.60}$$

$$P = 2.53 \times 10^{-4} \text{HP}$$

$$P = \frac{1}{4} \text{HP}; \text{ adoptando}$$

4.2.10 Almacenamiento

Para el almacenamiento el reservorio deberá cumplir con lo establecido en las normas de Senagua. Es decir, una capacidad

de almacenamiento mayor a 10 m³. Se recomienda utilizar tanques plásticos con las siguientes dimensiones:

Tabla XXI. Dimensiones recomendadas para los tanques de almacenamiento para los respectivos

Tanque de almacenamiento				
No. Pozo	Recintos	Diámetro (m)	Altura (m)	Capacidad (m ³)
1	Piñal	3,00	2,00	15
2	Piñal	3,00	2,00	15
3	Elvira y Cabecera Parroquial Limonal	3,10	3,90	25
4	Elvira y Cabecera Parroquial Limonal	3,10	3,90	25
5	Valdivia y Recreo	3,00	2,00	15
6	Colorado y San Lorenzo	3,10	3,90	25

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.2.11 Diseño de torres de almacenamiento

Se diseñará torres para almacenamiento de agua potable considerando una altura de 10 m para cada torre con el fin de que el sistema pueda distribuir el agua potable a gravedad sin ningún inconveniente, evitando problemas con la presión en las redes.

- **Modelo Estructural**

Adicionalmente, se realizó un modelo estructural de la torre en el programa SAP 2000 para cargas gravitacionales, el cual se podrá observar a continuación:

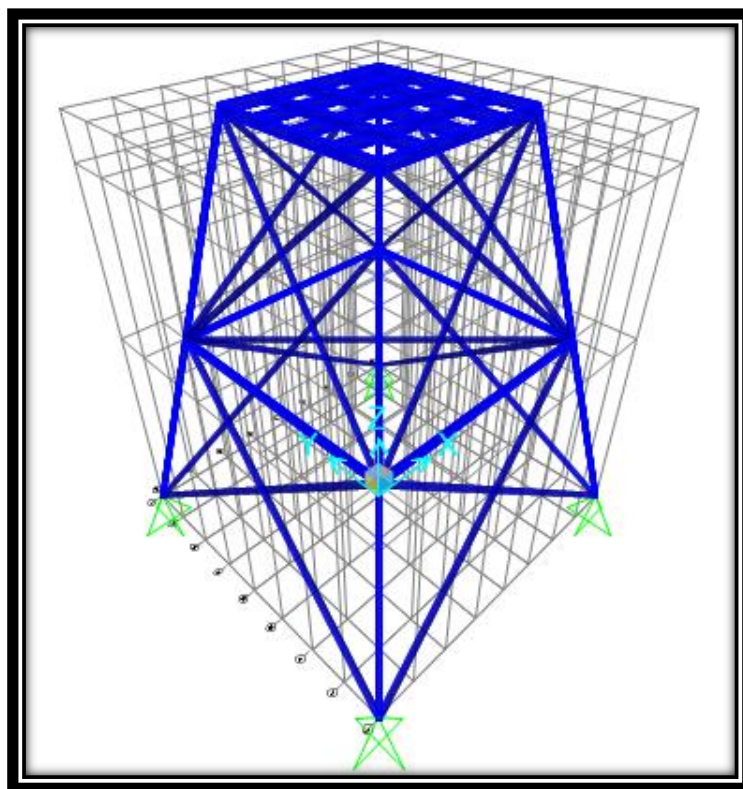


Figura 4.39 Modelo estructural de la torre de almacenamiento de agua potable para la alternativa 2.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Determinación de cargas**

Para la determinación de las cargas se tomó en cuenta para la carga muerta el peso del tanque más pesado es decir el tanque de 25m³.

- **Carga Muerta**

Para la carga muerta se consideró:

- El peso de una plancha diamantada con una carga teórica de 51kg/m²
- El peso de un tanque plástico de 25m³.

Tabla XXII. Consideraciones para carga muerta

TANQUE PLASTICO		
Diámetro externo	3,1	M
Espesor	0,078	M
Diámetro interno	2,944	M
Altura	3,822	M
ancho de tapa	0,078	M
V ext.	28,847219	m ³
V int.	24,9550218	m ³
V tapa	0,58871876	m ³
V total tanque	4,48091598	m ³
densidad material	965	kg/m ³
densidad agua	1000	kg/m ³
Carga de 1 tanques	4324,1	Kg
Carga agua	24955,0	Kg
Carga adicional (viva y Barandales)	100,0	Kg
Carga total	29379,1	Kg
Carga por m²	3892,5	Kg/m ²
	7,34	T/pata

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Como resultado la siguiente carga lineal para cada una de las vigas superiores:

Tabla XXIII. Carga muerta lineal para cada tipo de viga

Tipo de Viga (Carga por)	L	m ²	Kg	M	kg/m
Int. (Plancha	1 o	0,50	25,50	1,00	25,5

Diamantada)	2				
ext. (Plancha Diamantada)	3	0,20	10,20	0,50	5,1
Int. (Tanque)	1	0,50	1946,24	1,00	1946,2
Int. ext. (Tanque)	2	0,05	194,62	0,05	9,7

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XXIV. Carga muerta lineal para cada tipo de viga

Tipo de Viga	Plástico (Kg/m)
Int	1971,7
Ext	5,1
Soporte	9,7

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Carga Viva**

Como carga viva se consideró la que recomienda la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC en el capítulo de cargas gravitacionales, la cual es de 1KN/m² es decir 100Ton/m², dando como resultado:

Tabla XXV. Carga Viva lineal para cada tipo de viga.

Tipo de Viga	L	m ²	Kg	M	kg/m
Soporte	2	0,4	40	0,8	32,0
ext.	3	0,2	20	1	20,0
Int.	1	0,5	50	1	50,0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Carga de Viento**

De acuerdo con la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción , 2014), se adoptaron los siguientes valores para determinar la carga de viento:

Tabla XXVI. Consideraciones para carga de viento.

Viento W	
V viento	1,2 m/s
V diseño	21,0 m/s
σ coeficiente de corrección	1,0 m/s
Velocidad corregida del viento Vb.	21,0 m/s
Presión	1,25 Kg/m ³
Ce coeficiente de entorno altura	1,0
Cf coeficiente de forma	1,5
Presión del viento	405,2 Kg/m ²
Presión del viento a 90°	397,3 Kg/m ²
D asumido de tubos	0,1500 M
Área por tanque	14,0 m ²
L1	4,0 M
L2	7,14 M
L3	8,66 M
L4	10,40 M
L5	6,00 M
Carga de viento	60,775 kg/m

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Combinación de cargas**

Para la combinación de cargas se tomaron en cuenta las combinaciones dadas por el código AISC LRFD 93. (American Institute of Steel Construction, 1993):

Tabla XXVII. Combinaciones de carga.

AISC LRFD 93	
COMB 1:	1,4D

COMB 2:	1,2D+1,6L
COMB 3:	1,2D+W+L
COMB 4:	1,2D-W+L
COMB 5:	0,9D+L
COMB 6:	0,9D-W

Fuente: (American Institute of Steel Construction, 1993).

- **Deformada de la estructura**

Al someter a la estructura a la acción de las cargas y las combinaciones posibles se obtuvo:

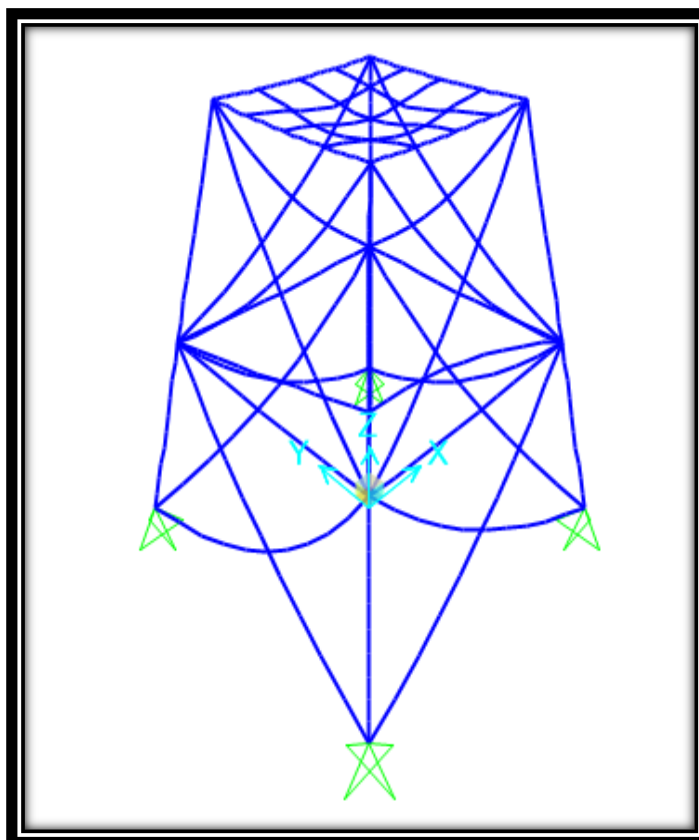


Figura 4.40 Deformada de la estructura mediante el uso del programa SAP2000.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Consideraciones del diseño**

	Item	Value
1	Design Code	AISC-LRFD93
2	Multi-Response Case Design	Envelopes
3	Framing Type	Moment Frame
4	Phi (Bending)	0,9
5	Phi (Compression)	0,85
6	Phi (Tension)	0,9
7	Phi (Shear)	0,9
8	Phi (Compression, Angle)	0,9
9	Consider Deflection?	No
10	DL Limit, L'	120,
11	Super DL+LL Limit, L'	120,
12	Live Load Limit, L'	360,
13	Total Limit, L'	240,
14	Total--Camber Limit, L'	240,
15	Pattern Live Load Factor	0,75
16	Demand/Capacity Ratio Limit	0,95

Figura 4.41 Consideraciones para el diseño de las torres.
Fuente: SAP 2000.

- **Selección de perfiles**

Véase el plano en la sección de anexos.

4.2.12 Redes de distribución

- **Descripción del sistema a utilizar**

Se diseñará una red de distribución por gravedad de forma independiente para cada uno de los pozos. Esta red deberá cumplir con todos los requisitos establecidos por la norma de Senagua.

- **Consideraciones en el diseño de la red implementada**

Al igual que para el caso de la alternativa 1.

- **Desarrollo del Modelo Geométrico**

Se diseñaron tres modelos de los cuales:

- El primer modelo contempla al pozo 1 y al pozo 2. Estos pozos se encuentran en Piñal.
- El segundo modelo abarca el pozo 3 y el pozo 4. Estos se encuentran en los recintos de la Elvira y la cabecera parroquial del Limonal.
- El tercer modelo cubre el área de San Lorenzo y Colorado y corresponden al pozo 6 y Valdivia junto a Recreo el pozo 5.

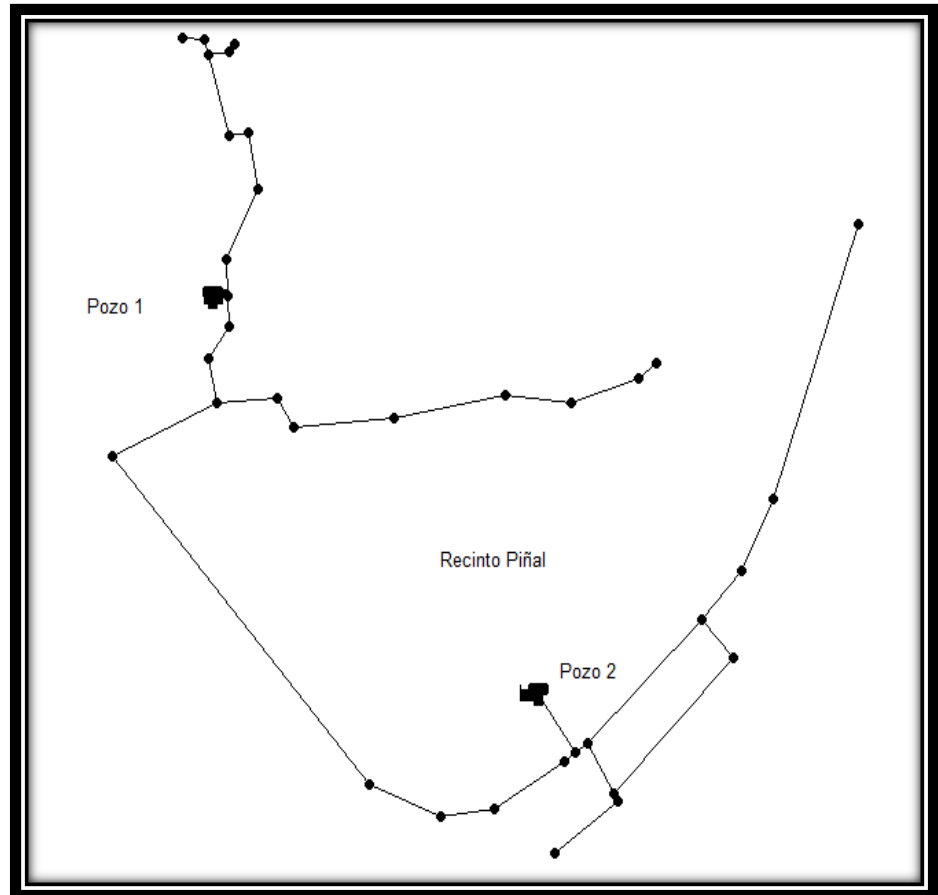


Figura 4.42 Modelo geométrico número 1.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

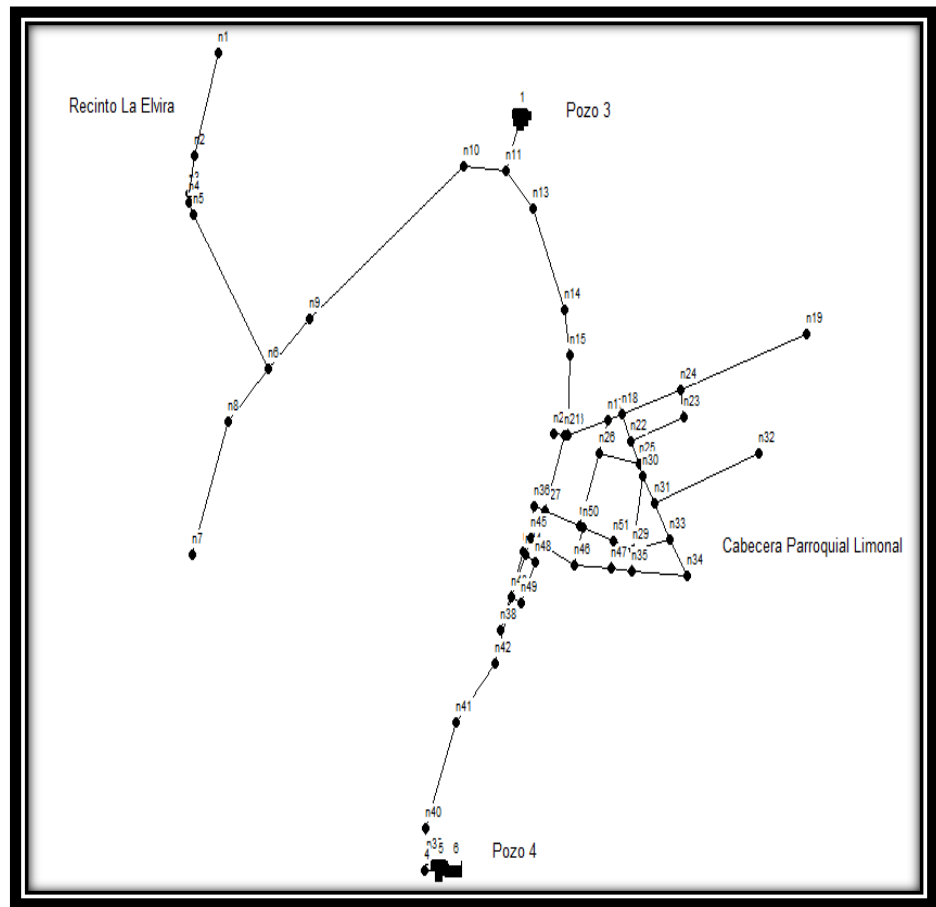


Figura 4.43 Modelo geométrico número 2.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

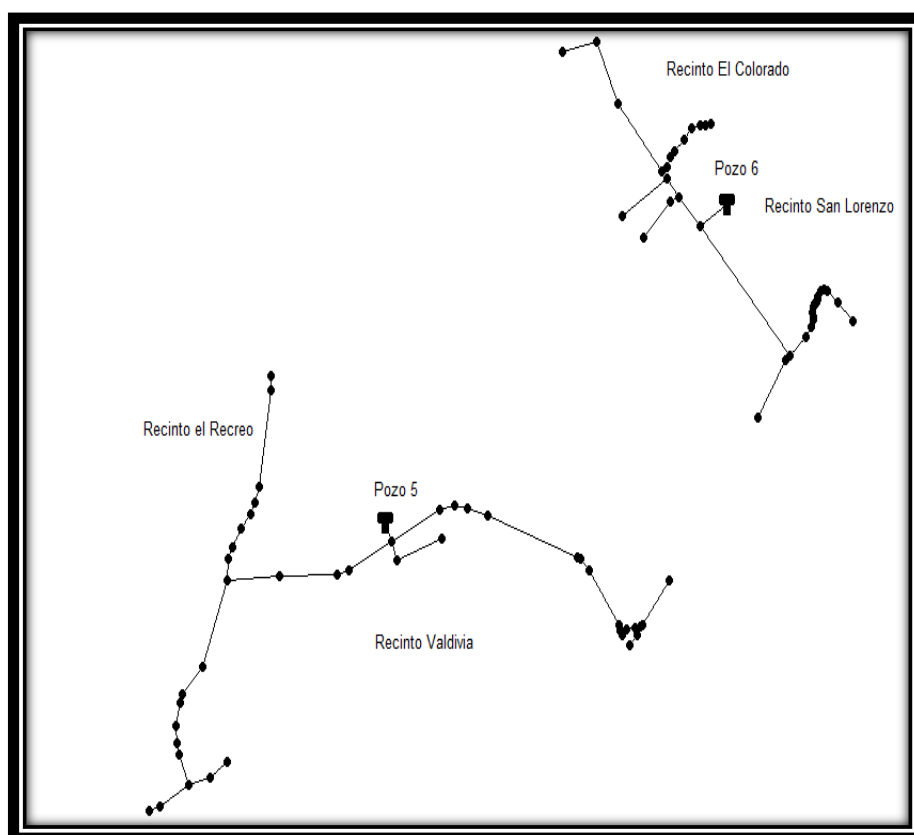


Figura 4.44 Modelo geométrico número 3.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Demandas Base**

En la fase de diseño, una vez definida la configuración geométrica de la Red de Distribución de Agua se procede, a partir de la información del estudio de dotaciones y en base a la distribución de las parcelas del Urbanismo o sector a atender, a realizar la repartición de las demandas medias que abastece cada tramo de la Red de Distribución de Agua en estudio.

Las demandas base se establecieron en base a un área de influencia para cada nodo.

- **Modelo Geométrico 1**

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n1	11.099	0.48	0.48	7.31
Conexión n2	11.105	0.38	0.38	7.36
Conexión n3	11.059	0.06	0.06	7.45
Conexión n4	11.069	0.38	0.38	7.47
Conexión n5	10.91	0.38	0.38	7.88
Conexión n6	10.771	0.73	0.73	8.09
Conexión n8	11.123	0.41	0.41	7.42
Conexión n9	10.606	0.94	0.94	7.95
Conexión n10	10.562	0.82	0.82	7.98
Conexión n11	10.175	0.6	0.60	8.34
Conexión n12	10.331	0.6	0.60	8.21
Conexión n13	10.379	0.29	0.29	8.02
Conexión n14	10.489	2.16	2.16	7.78
Conexión n15	7.011	3.17	3.17	11.37
Conexión n16	7.245	0.73	0.73	12.14
Conexión n17	7.227	0	0.00	12.84
Conexión n18	7.414	0	0.00	13.27
Conexión n19	7.448	0.35	0.35	13.49
Conexión n20	7.681	0	0.00	13.23
Conexión n21	7.727	0	0.00	13.17
Conexión n22	7.583	0	0.00	13.31
Conexión n23	7.494	0.16	0.16	13.37

Figura 4.45 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 1.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Conexión n24	7.477	0.19	0.19	13.39
Conexión n25	7.45	0.13	0.13	13.41
Conexión n26	7.655	0.03	0.03	13.21
Conexión n27	7.682	0.13	0.13	13.18
Conexión n28	7.710	0.38	0.38	11.64
Conexión n29	7.768	0	0.00	11.57
Conexión n30	7.574	0	0.00	11.75
Conexión n31	9.431	0.03	0.03	9.87
Conexión n32	9.926	0.03	0.03	9.36
Conexión n33	10.248	0.35	0.35	9.03
Conexión n34	10.321	0.06	0.06	8.96
Conexión 2	10.841	0	0.00	8.12
Conexión 5	8.433	0	0.00	12.54
Embalse 3	11.978	No Disponible	-3.93	0.00
Embalse 4	9.372	No Disponible	-4.27	0.00
Depósito 1	21.978	No Disponible	-3.71	3.18
Depósito 6	18.372	No Disponible	-2.06	3.18

Figura 4.46 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 1.
(Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Modelo Geométrico 2**

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n1	10.572	0.29	0.29	8.25
Conexión n2	10.571	0.32	0.32	8.26
Conexión n3	10.569	0.13	0.13	8.27
Conexión n4	10.584	0.1	0.10	8.26
Conexión n5	10.628	0.29	0.29	8.22
Conexión n6	10.945	0.89	0.89	8.08
Conexión n7	11.039	0.29	0.29	7.83
Conexión n8	10.968	1.36	1.36	7.91
Conexión n9	10.984	0.41	0.41	8.74
Conexión n10	10.824	0.48	0.48	11.55
Conexión n11	10.767	0.06	0.06	12.34
Conexión n13	10.85	0.16	0.16	11.85
Conexión n14	10.743	0.19	0.19	11.19
Conexión n15	10.658	0.44	0.44	10.97
Conexión n16	10.329	0.51	0.51	10.76
Conexión n17	10.387	0.41	0.41	10.48
Conexión n18	10.497	0.29	0.29	10.34
Conexión n19	10.610	0.57	0.57	10.15
Conexión n20	10.115	0.16	0.16	10.96
Conexión n21	10.323	0.44	0.44	10.75
Conexión n22	10.03	0.38	0.38	10.80
Conexión n23	10.303	0.22	0.22	10.51

Figura 4.47 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 2.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n24	10.544	0.19	0.19	10.27
Conexión n25	9.726	0.38	0.38	11.10
Conexión n26	9.861	0.57	0.57	10.99
Conexión n27	10.29	0.41	0.41	10.63
Conexión n28	10.123	0.35	0.35	10.78
Conexión n29	10.064	0.13	0.13	10.78
Conexión n30	9.796	0.16	0.16	11.03
Conexión n31	9.929	0.7	0.70	10.89
Conexión n32	9.942	0.25	0.25	10.87
Conexión n33	10.098	0.38	0.38	10.73
Conexión n34	10.064	0.44	0.44	10.76
Conexión n35	10.029	0.35	0.35	10.82
Conexión n36	10.064	0.06	0.06	10.85
Conexión n37	10.076	0.25	0.25	10.83
Conexión n38	10.196	0.25	0.25	10.71
Conexión n39	10.956	0.1	0.10	13.74
Conexión n40	10.8	0.16	0.16	13.67
Conexión n41	9.66	0.22	0.22	14.05
Conexión n42	10.342	0.32	0.32	12.87
Conexión n43	10.087	0.38	0.38	12.07
Conexión n44	10.049	0.06	0.06	11.90
Conexión n45	10.07	0.19	0.19	11.60

Figura 4.48 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 2.
(Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Conexión n46	10.062	0.44	0.44	10.94
Conexión n47	10.141	0.38	0.38	10.74
Conexión n48	10.045	0.13	0.13	11.95
Conexión n49	10.133	0.19	0.19	11.97
Conexión n50	10.124	0.25	0.25	10.78
Conexión n51	10.141	0.16	0.16	10.73
Conexión 4	12	0	0.00	12.78
Embalse 3	12.57	No Disponible	-4.27	0.00
Embalse 6	12.9	No Disponible	-4.27	0.00
Depósito 1	21.572	No Disponible	-6.17	3.18
Depósito 5	21.9	No Disponible	-1.54	3.18

Figura 4.49 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 2.
(Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Modelo Geométrico 3**

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n2	9.39	0.35	0.35	13.65
Conexión n3	9.936	0.35	0.35	12.81
Conexión n4	9.833	0.03	0.03	12.86
Conexión n5	9.758	0	0.00	12.89
Conexión n6	9.789	0.41	0.41	12.79
Conexión n7	9.929	0.41	0.41	12.48
Conexión n8	9.934	0.10	0.10	12.47
Conexión n9	9.949	0.16	0.16	12.45
Conexión n10	9.963	0.19	0.19	12.42
Conexión n11	9.937	0.06	0.06	12.45
Conexión n12	9.926	0.03	0.03	12.46
Conexión n13	9.982	0	0.00	12.40
Conexión n14	10.030	0	0.00	12.36
Conexión n15	10.038	0	0.00	12.35
Conexión n16	10.041	0	0.00	12.35
Conexión n17	10.005	0	0.00	12.38
Conexión n18	9.914	0.03	0.03	12.47
Conexión n19	10.068	0.03	0.03	12.32
Conexión n20	9.39	0.22	0.22	13.64
Conexión n21	9.473	0.35	0.35	13.54
Conexión n22	9.788	0.06	0.06	12.06
Conexión n23	9.831	0.22	0.22	11.69
Conexión n24	10.55	0.32	0.32	9.69
Conexión n25	11.309	0.57	0.57	7.89

Figura 4.50 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n26	9.538	0.32	0.32	9.09
Conexión n27	9.135	0.29	0.29	9.31
Conexión n28	9.135	0	0.00	9.28
Conexión n29	8.555	0.10	0.10	9.78
Conexión n30	8.074	0	0.00	10.20
Conexión n31	7.753	0.19	0.19	10.49
Conexión n32	6.889	0.41	0.41	11.27
Conexión n33	7.047	0.41	0.41	11.10
Conexión n34	7.192	0.06	0.06	10.96
Conexión n35	6.884	0.35	0.35	11.26
Conexión n36	6.881	0.16	0.16	11.26
Conexión n37	11.651	0.16	0.16	7.54
Conexión n38	11.61	0.06	0.06	7.57
Conexión n39	11.549	0.06	0.06	7.62
Conexión n40	11.485	0.13	0.13	7.68
Conexión n41	11.442	0.06	0.06	7.72
Conexión n42	11.399	0.06	0.06	7.77
Conexión n43	11.126	0.06	0.06	8.03
Conexión n44	10.982	0.13	0.13	8.18
Conexión n46	10.621	1.36	1.36	13.59
Conexión n47	10.308	1.08	1.08	12.29
Conexión n48	10.308	0.13	0.13	12.21
Conexión n49	10.308	0.13	0.13	12.18
Conexión n50	10.308	0.1	0.10	12.17

Figura 4.51 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3.
(Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n50	10.308	0.1	0.10	12.17
Conexión n51	10.308	0.13	0.13	12.16
Conexión n52	10.308	0.13	0.13	12.16
Conexión n53	10.308	0.03	0.03	12.15
Conexión n54	10.308	0.06	0.06	12.15
Conexión n55	10.308	0.13	0.13	12.15
Conexión n56	10.308	0.06	0.06	12.14
Conexión n57	10.308	0.13	0.13	12.14
Conexión n58	10.308	0.1	0.10	12.14
Conexión n59	10.308	0.06	0.06	12.14
Conexión n60	10.308	0	0.00	12.14
Conexión n61	10.308	0.13	0.13	12.14
Conexión n62	10.308	0.16	0.16	12.13
Conexión n63	9.849	0.13	0.13	12.75
Conexión n64	9.317	0.1	0.10	13.28
Conexión n65	10.613	0.63	0.63	13.03
Conexión n66	10.591	0.06	0.06	13.05
Conexión n67	10.486	0.1	0.10	13.15
Conexión n68	10.608	0.32	0.32	12.82
Conexión n69	10.473	0.13	0.13	12.95
Conexión n70	10.591	0.1	0.10	12.77
Conexión n71	10.591	0.1	0.10	12.76
Conexión n72	10.591	0.13	0.13	12.75
Conexión n73	10.591	0.1	0.10	12.74

Figura 4.52 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3.
(Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Conexión n74	10.591	0.06	0.06	12.73
Conexión n75	10.591	0.22	0.22	12.73
Conexión n76	10.591	0.1	0.10	12.73
Conexión n77	10.591	0.13	0.13	12.73
Conexión n78	10.591	0.03	0.03	12.73
Conexión n79	10.436	0.82	0.82	12.72
Conexión n80	10.26	0.38	0.38	12.87
Conexión n81	10.369	0.13	0.13	12.76
Depósito 1	21.5	No Disponible	-7.69	3.70
Depósito 2	21.5	No Disponible	-6.90	2.00

Figura 4.53 Cota, Demandas Base, presiones, demandas y presiones en los nodos para el modelo geométrico 3.
(Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Cálculo de presiones en nodos**

Las redes de distribución fueron diseñadas para el caudal máximo horario, está conformada por un conjunto de ramales abiertos y mallas, es decir son sistemas mixtos. Se comprobó que La presión estática máxima fuera menor 4Kg/cm² siendo, también se verificó que las presiones dinámicas a lo largo de la red estuvieran entre 0.7Kg/cm² y 3 kg/cm².

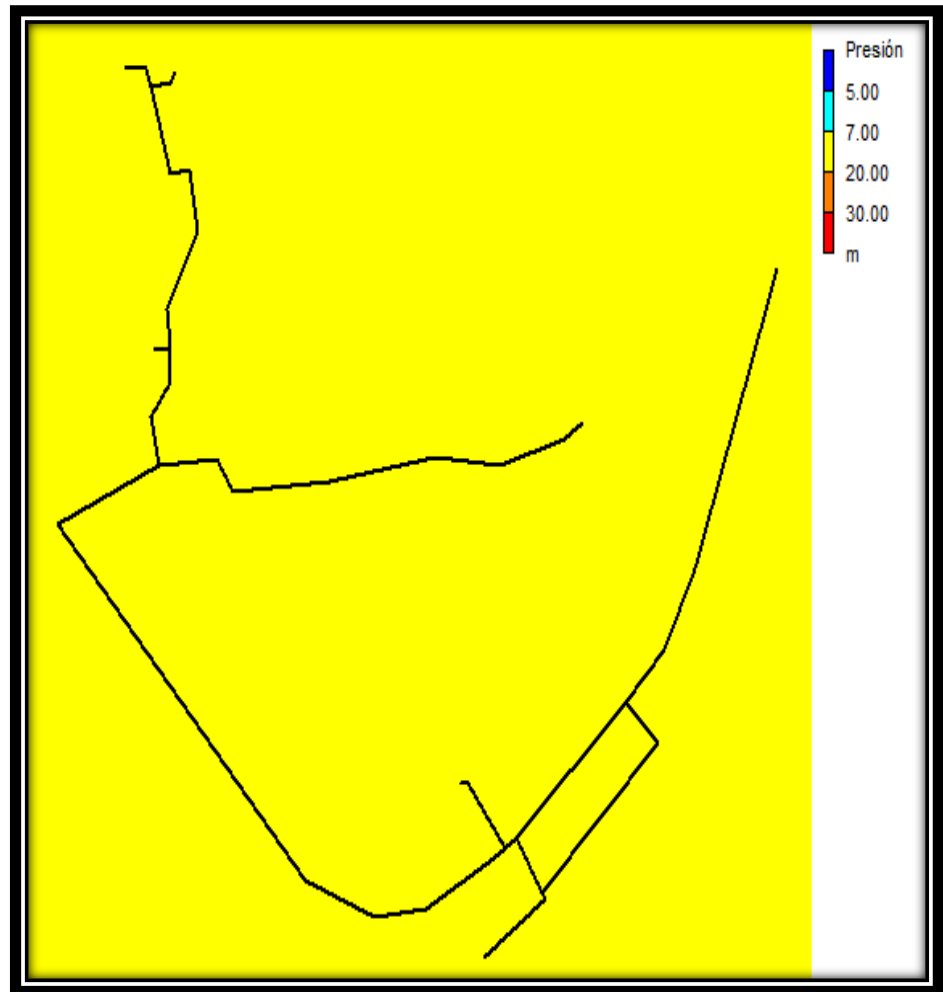


Figura 4.54 Diagrama de presiones del modelo geométrico 1.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

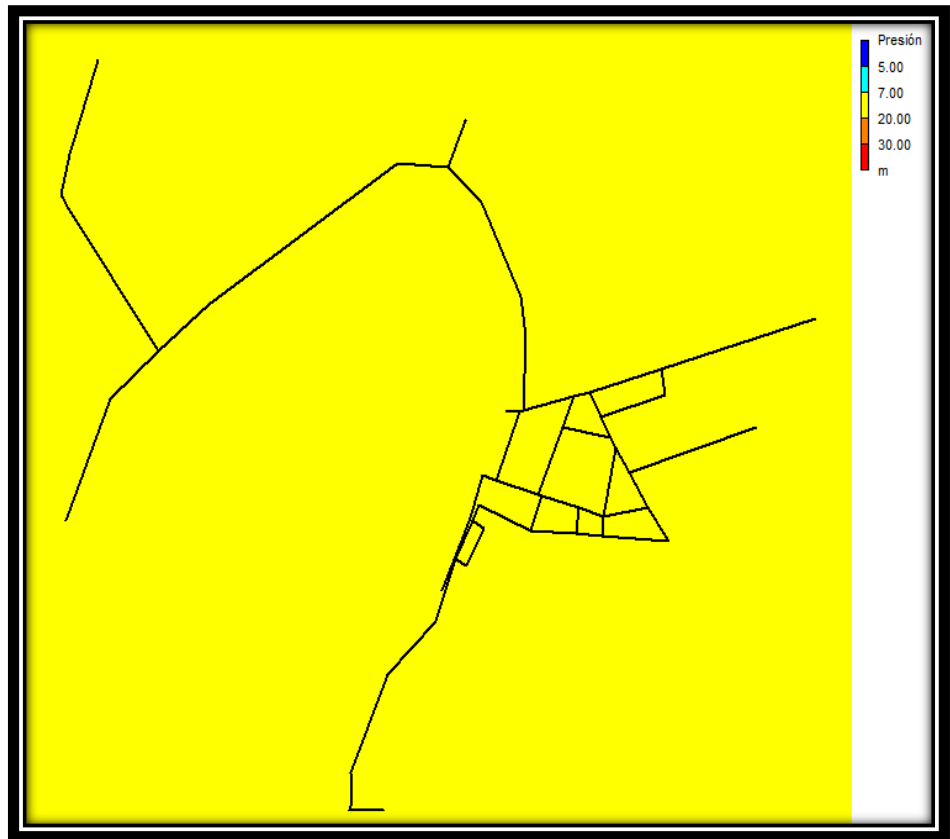


Figura 4.55 Diagrama de presiones del modelo geométrico 2.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017



Figura 4.56 Diagrama de presiones del modelo geométrico 3.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Velocidades en tuberías**

De acuerdo con las normas de Senagua se recomienda que las velocidades se mantengan en un rango de 0.6-3 m/s como se podrá apreciar en los siguientes gráficos.

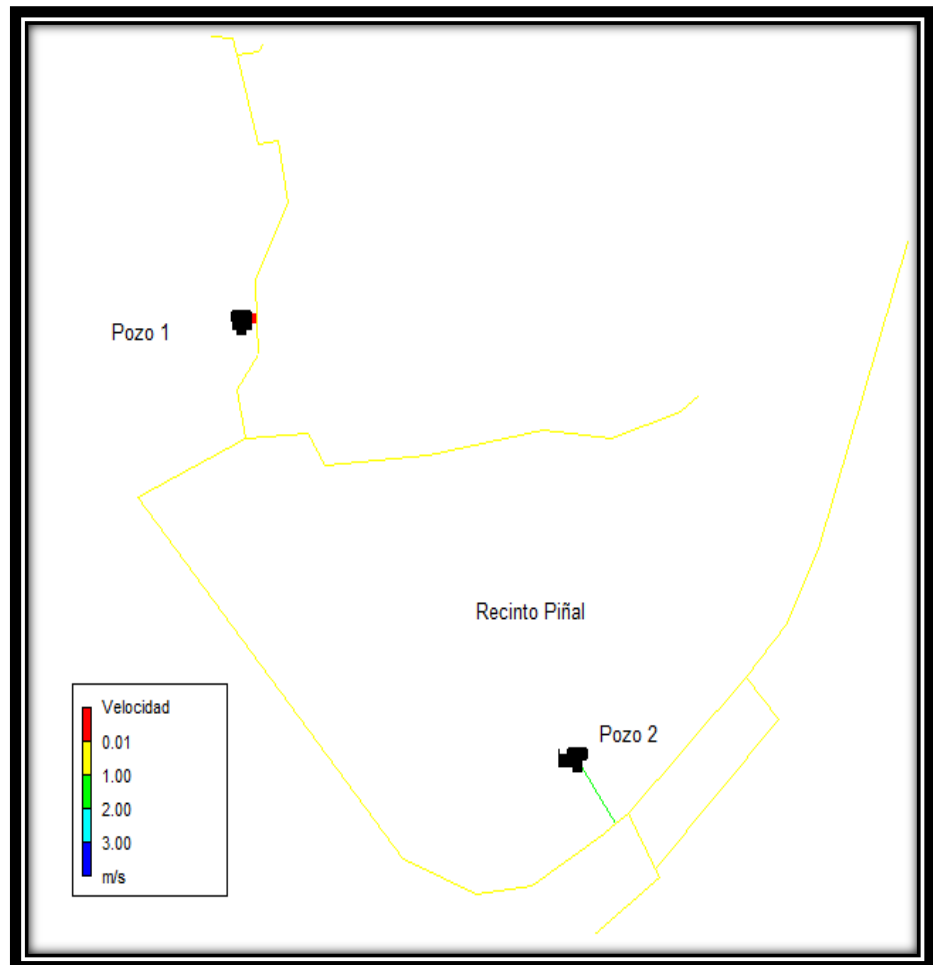


Figura 4.57 Diagrama de velocidades del modelo geométrico 1.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

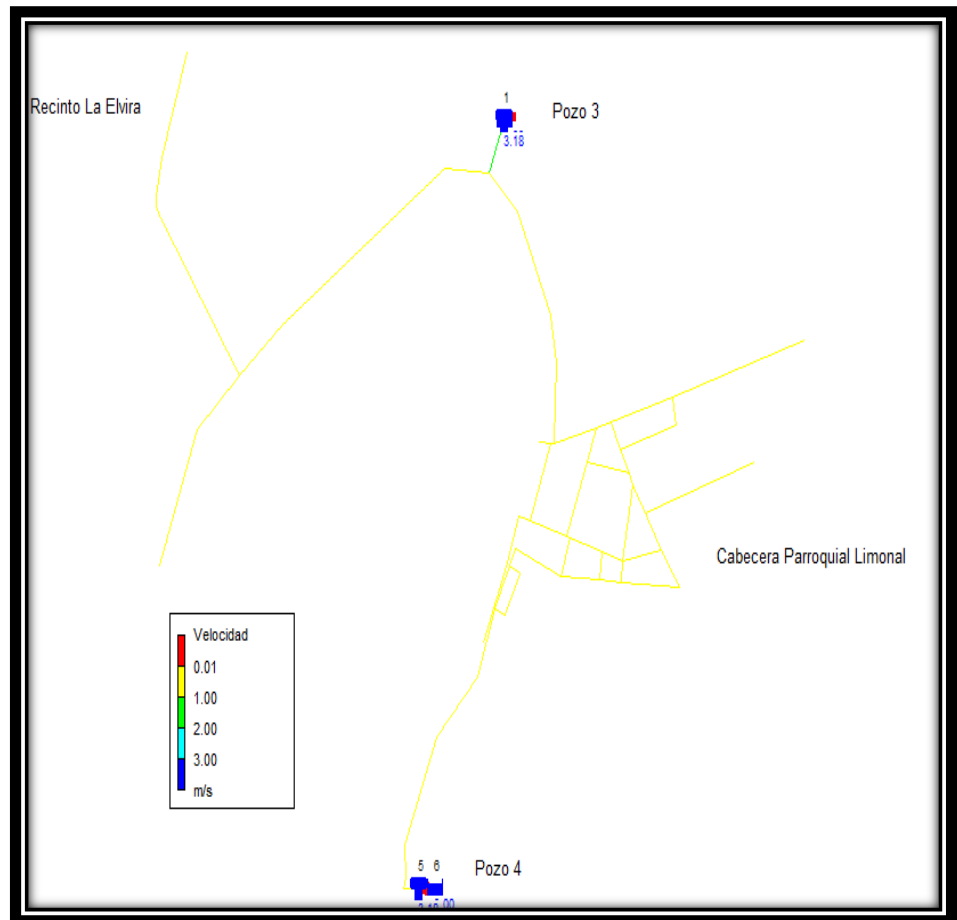


Figura 4.58 Diagrama de velocidades del modelo geométrico 2.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

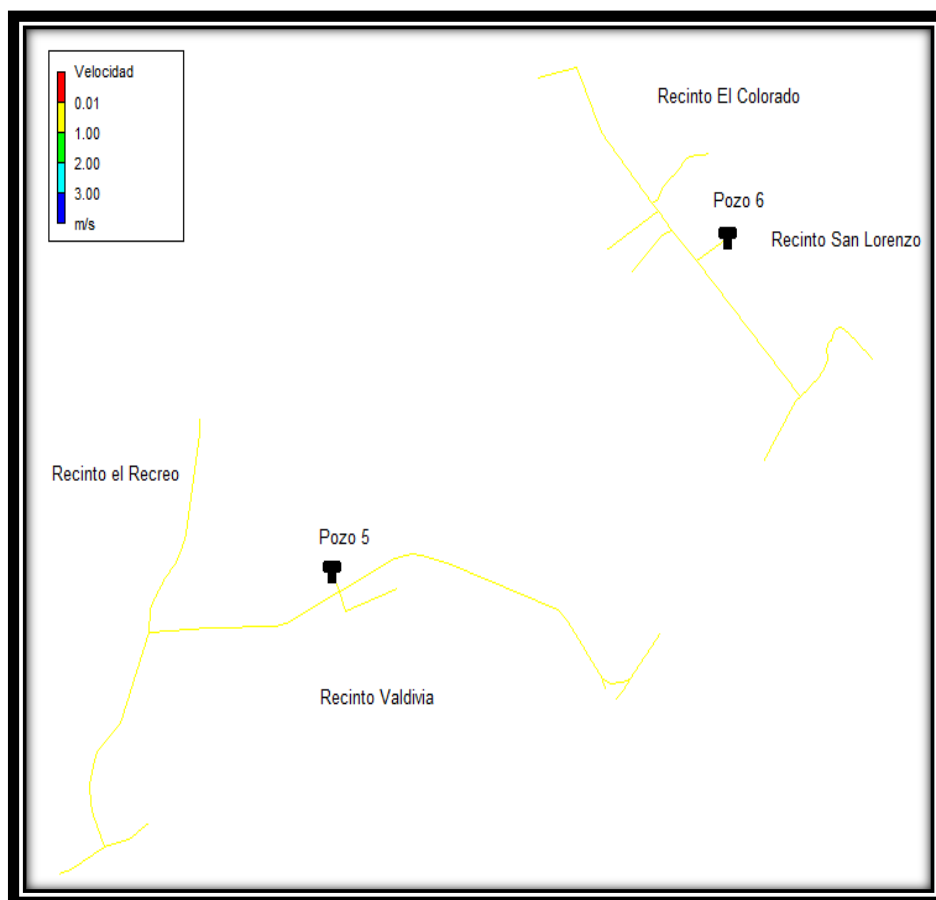


Figura 4.59 Diagrama de velocidades del modelo geométrico 3.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.2.13 Diámetros empleados

- Para el modelo geométrico 1 se recomienda un diámetro de 90mm con una presión de trabajo de 0.63MPa.
- Para el modelo geométrico 2 se recomiendan diámetros de 110 y 90mm de con una presión de trabajo de 0.63 MPa.

- Para el modelo geométrico 3 se recomienda un diámetro de 110 y 90mm con una presión de trabajo de 0.63 MPa.

4.2.14 Cloro Residual

El valor admisible de cloro residual libre, en cualquier punto de la red de distribución del agua, deberá estar en lo posible de acuerdo con la siguiente tabla. De acuerdo con la norma urbana de la Secretaría del Agua y la INEN 1108:

PH DEL AGUA	COLOR LIBRE RESIDUAL, mg/l TIEMPO MINIMO DE CONTACTO, 10 minutos	COLOR RESIDUAL COMBINADO, mg/l TIEMPO MINIMO DE CONTACTO, 60 minutos
6 – 7	0,2	1
7 – 8	0,2	1,5
8 – 9	0,4	1,8
9 – 10	0,8	No se recomienda
más de 10	0,8 (con mayor período de contacto)	No se recomienda

Figura 4.60 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua

Fuente: (Secretaría del Agua, 2012)

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas		
PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<i>Inorgánicos</i>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos
* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

Figura 4.61 Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.

Fuente: INEN 1108 – Requisitos para agua potable

Con un pH entre 7-8, la concentración residual mínima de cloro requerida para una desinfección eficaz del agua será de 0.2 mg/l.

Simulación del Cloro residual después de varias horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en los diferentes modelos geométricos.

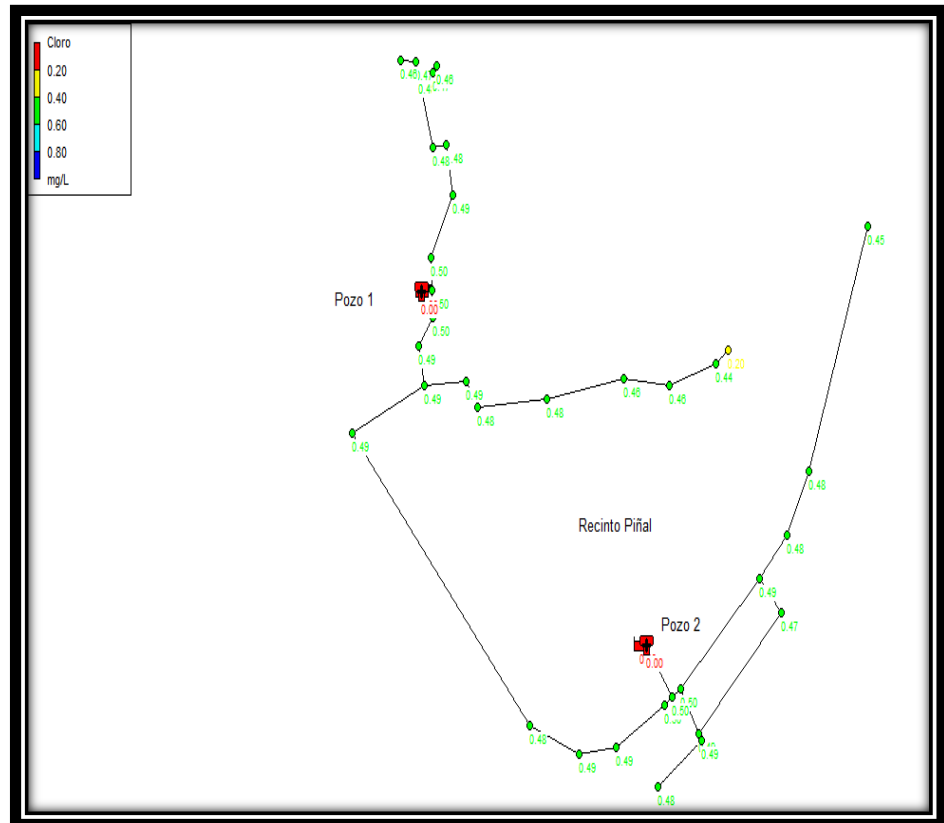


Figura 4.62 Simulación del Cloro residual después de 4 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en el modelo geométrico 1
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

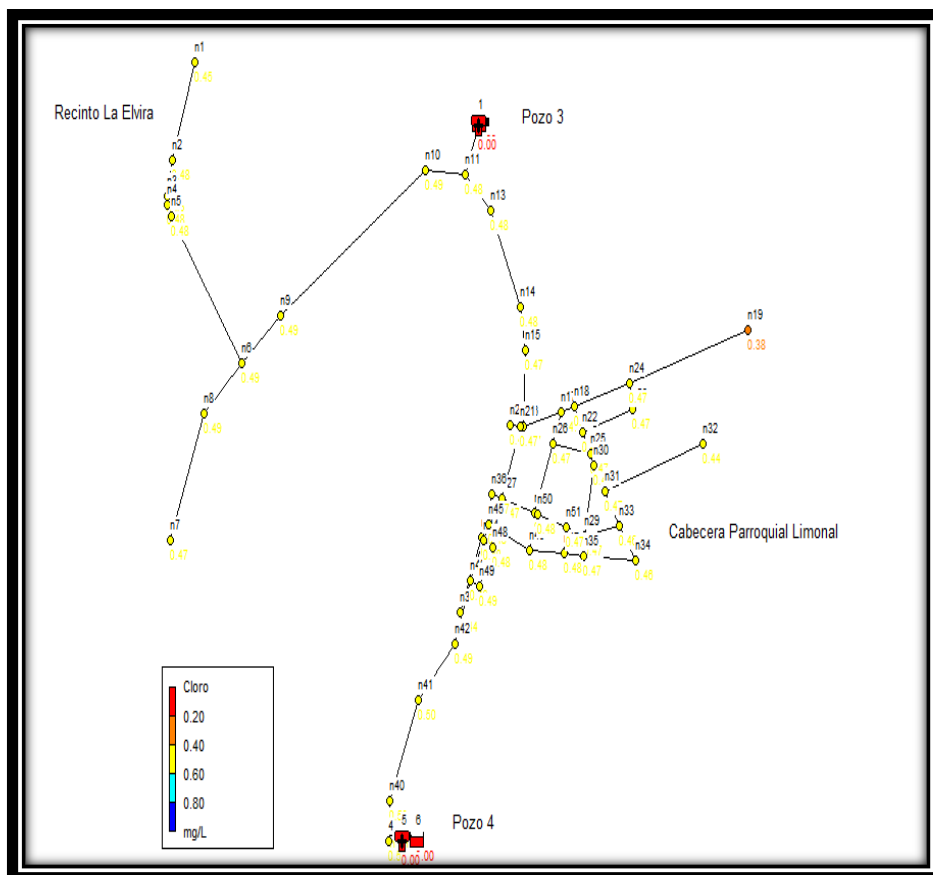


Figura 4.63 Simulación del Cloro residual después de 4 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en el modelo geométrico 2.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

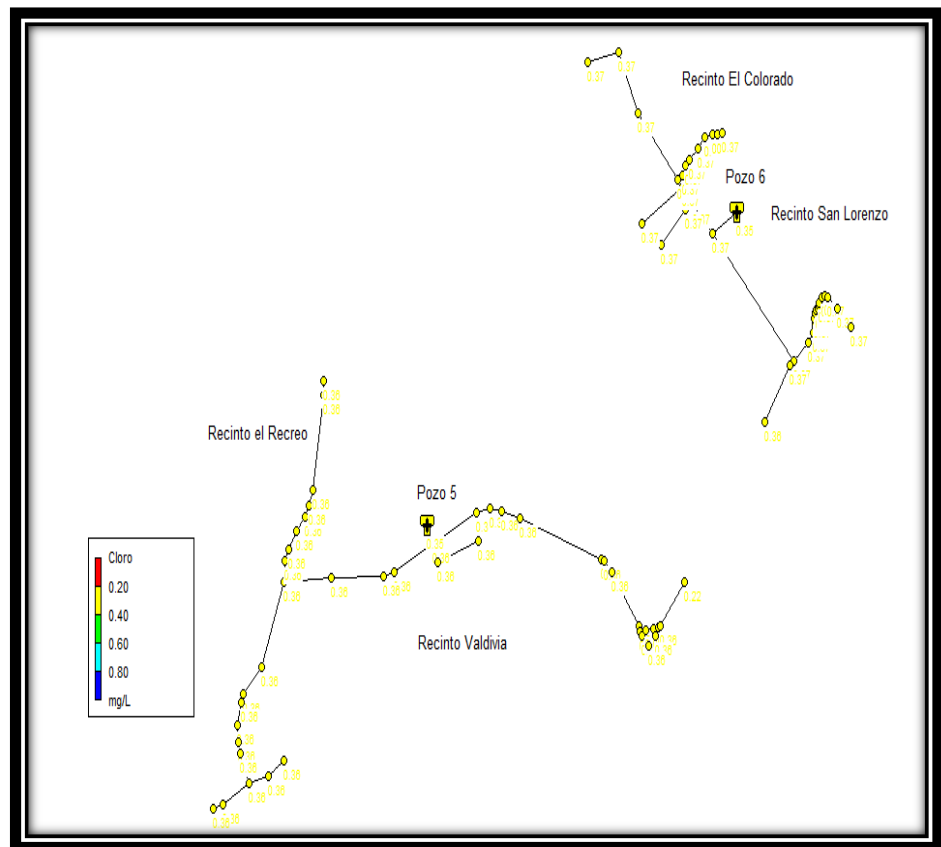


Figura 4.64 Simulación del Cloro residual después de 4 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro desde la fuente en el modelo geométrico 3

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Como se pudo observar en las imágenes elaboradas en EPANET, las concentraciones de cloro libre se mantienen por arriba de los 0.2 mg/l.

4.2.15 Presupuesto

Tabla XXVIII. Presupuesto Referencial de la alternativa 2

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (USD)
10.1	SISTEMA DE AGUA POTABLE				\$ 385,746.08
	TRAZADO Y REPLANTEO	ML	13534.95	0.83	\$ 11,234.01
	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ESTRUCTURA	M3	13534.95	13.05	\$ 176,631.10
	RELLENO CON ARENA	M3	6767.475	15.32	\$ 103,677.72
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	6767.475	13.92	\$ 94,203.25
10.2	COLECTORES				\$ 198,693.19
	PRUEBAS HIDROSTATICAS	ML	13534.95	2.46	\$ 33,295.98
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=90mm	ML	12767.56	12.22	\$ 156,019.58
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=110mm	ML	767.40	12.22	\$ 9,377.63
10.3	PLANTA DE TRATAMIENTO				\$ 66,487.00
	TRAZADO Y REPLANTEO	M2	1200	1.40	\$ 1,680.00
	EXCAVACIÓN A MÁQUINA (INCLUYE DESALOJO)	M3	2400	5.94	\$ 14,256.00
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	2400	14.14	\$ 33,936.00
	TANQUE PARA FILTRO DE CARBON ACTIVADO	UN.	1	5,000.00	\$ 5,000.00
	TANQUE PARA CLORADOR	UN.	1	5,000.00	\$ 5,000.00
	CARBÓN ACTIVADO PARA FILTRO	KG	1890	3.50	\$ 6,615.00
10.4	POZOS TUBULARES				\$ 112,162.08
	PERFORACIÓN DEL POZO	ML	180	271.19	\$ 48,814.20
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO D=6"	ML	180	206.89	\$ 37,240.20
	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE GRAVA FILTRANTE	M3	90	42.89	\$ 3,860.10
	PRUEBA DE BOMBEO	H	6	17.93	\$ 107.58
	BOMBA SUMERGIBLE	UN.	6	630.00	\$ 3,780.00
	PANELES SOLARES	UN.	48	300.00	\$ 14,400.00
	BATERIA PARA PANELES	UN.	12	330.00	\$ 3,960.00
10.5	TANQUE ELEVADO				\$ 155,777.85
	TANQUE DE PLASTICO PREFABRICADO DE 25M3	UN.	3	6,837.22	\$ 20,511.66
	TANQUE DE PLASTICO PREFABRICADO DE 15M3	UN.	3	4,102.33	\$ 12,306.99
	TORRE METALICA	KG	5720	2.43	\$ 13,899.60
	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (PARA LOSA)	KG	2400	2.13	\$ 5,112.00
	HORMIGÓN ESTRUCTURAL 280 Kg/cm ² (PARA LOSA)	M3	360	278.16	\$ 100,137.60
	BOMBA CENTRIFUGA	UN.	6	635.00	\$ 3,810.00
10.6	PRESUPUESTO AMBIENTAL				\$ 19,791.00
	PRESUPUESTO AMBIENTAL	GLB	1	19,791.00	\$ 19,791.00
	TOTAL				\$ 938,657.19

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.3 ALTERNATIVA 3: Dotación de agua potable mediante rehabilitación y mejoramiento de la planta de tratamiento actual ubicada en la parroquia Limonal.

4.3.1 Descripción general del proceso de potabilización

El objetivo final de la E.T.A.P. debe ser la eliminación total de materia orgánica, sólidos en suspensión, color, turbidez, y metales como hierro y manganeso, para finalmente llegar a la

desinfección final del agua a tratar. Para potabilizar el agua se utilizarán tratamientos físicos, químicos y bacteriológicos; es decir, que esta pasará por ciertas unidades de tratamiento.

Con los requerimientos, limitaciones y análisis químicos realizados se diseñan las partes y se selección de equipos que forman la planta, la cual realizará los siguientes procesos: Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración y Desinfección.

4.3.2 Dosificador de coagulante

De acuerdo con la dosificación encontrada en el test de jarras se parte para hallar el peso correcto de coagulante a dosificar este se halla según la ecuación:

$$Psa = Q * Dc$$

Donde:

Psa: peso del reactivo a dosificar

Q: caudal de diseño de la planta

Dc: dosis de coagulante

Mayor peso en la dosificadora a la dosis máxima:

$$Psa(\max) = Q * D_{\max}$$

$$Psa(\max) = 19.24 \left(\frac{L}{s} \right) * \frac{3600s}{1h} * \frac{80mg}{L} * \frac{1kg}{10^6 mg}$$

$$Psa(\max) = 5.54 \text{ Kg/hr}$$

Menor peso en la dosificadora a la dosis mínima:

$$Psa(\min) = Q * D_{\min}$$

$$Psa(\min) = 19.24 \left(\frac{L}{s} \right) * \frac{3600s}{1h} * \frac{50mg}{L} * \frac{1kg}{10^6 mg}$$

$$Psa(\min) = 3.46 \text{ Kg/hr}$$

Promedio de dosificación

$$Psa(\text{prom}) = \frac{Psa(\max) * Psa(\min)}{2}$$

$$Psa(\text{prom}) = \frac{5.54 \left(\frac{kg}{hr} \right) * 3.46 \left(\frac{kg}{hr} \right)}{2}$$

$$Psa(\text{prom}) = 4.50 \frac{kg}{hr} = 108.50 \frac{Kg}{\text{día}}$$

Se puede obtener el consumo diario promedio de coagulante utilizado siendo este de 108.50 Kg

4.3.3 Coagulación (Mezcla)

Cuando se añaden productos químicos al agua para su tratamiento, estos necesitan ser dispersados rápida y uniformemente, para lo cual se utiliza un proceso unitario conocido como mezcla rápida. (INEN 1992). Según la INEN, para plantas pequeñas (< 50l/s) se debe usar mezcladores mecánicos o canaletas con variación de pendiente, nosotros optaremos por el uso de una canaleta Parshall. La INEN (1992) nos dice que tengamos en cuenta las siguientes consideraciones:

Que cumplen la doble función de producir la mezcla y medir el caudal afluente a una planta de capacidad nominal media y grande. Valores típicos de parámetros de diseño son los siguientes:

- Gradiente de velocidad entre 800 s⁻¹ y 1 000 s⁻¹
- Tiempo de retención de 2 s,
- Velocidad de flujo en la garganta mayor y similar a 2 m/s, y pérdida de carga total superior a 0,25 m.
- Se recomiendan números de Froude entre 2 y 3.
- Se recomienda la utilización de agitadores tipo turbina de flujo axial o flujo radial, capaces de producir un gradiente de velocidad de 500 s⁻¹ a 2 000 s⁻¹.

- Ancho de la garganta**

Asumimos: $W = 3'' = 7.6 \text{ cm} = 0.076\text{m}$

Con el ancho (W) asumido, de las siguientes tablas se tendrán las demás medidas de la canaleta:

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
Pulgadas	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7
6"	15,2	61,0	61,0	39,4	40,3	61,0	30,5	61,0	7,6	11,4
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	76,3	30,5	45,7	7,6	11,4
1'	30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
1 1/2'	45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
2'	61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
3'	91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
4'	122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
5'	152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
6'	183,0	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
7'	213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
8'	244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3

Figura 4.65 Dimensiones de secciones para diseño de canaleta Parshall.

Fuente: Destéfano Javier, 2008

Ancho de la garganta del Parshall (w)		K	m
pulgadas	metros		
3"	0,075	3,704	0,646
6"	0,150	1,842	0,636
9"	0,229	1,486	0,633
1'	0,305	1,276	0,657
1 1/2'	0,460	0,966	0,650
2'	0,610	0,795	0,645
3'	0,915	0,608	0,639
4'	1,220	0,505	0,634
5'	1,525	0,436	0,630
6'	1,830	0,389	0,627
8'	2,440	0,324	0,623

Figura 4.66 Valores de constantes K y m para diseño de canaleta Parshall.

Fuente: Destéfano Javier, 2008

- **Altura de agua en la sección de medición**

$$H_o = K * Q_d^m$$

$$H_o = 3.704 * 0.019^{0.646}$$

$$H_o = 0.29\text{m}$$

- **Ancho de la sección de medición**

$$D' = \left(\frac{2}{3}\right) * (D - W) + W$$

$$D' = \left(\frac{2}{3}\right) * (0.259 - 0.076) + 0.076$$

$$D' = 0.20\text{m}$$

- **Velocidad en la sección de medición**

$$V_o = \frac{Q_d}{D' * H_o}$$

$$V_o = \frac{0.019}{0.20 * 0.29}$$

$$V_o = 0.34 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Caudal específico en la garganta de la canaleta**

$$q = \frac{Q_d}{W}$$

$$q = \frac{0.019}{0.076}$$

$$q = 0.25 \frac{\text{m}^3}{\text{m} * \text{s}}$$

- **Carga hidráulica correspondiente**

$$E_o = \frac{V_o^2}{2g} + H_o + N$$

$$E_o = \frac{0.34^2}{2 * (9.81)} + 0.29 + 0.114$$

$$E_o = 0.41\text{m}$$

- **Ángulo de inclinación**

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{q * g}{\left(\frac{2g * E_o}{3} \right)^{1.5}} * \frac{180}{\pi} \right)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{0.25 * 9.81}{\left(\frac{9.81 * 0.41}{3} \right)^{1.5}} * \frac{180}{\pi} \right)$$

$$\theta = 124.74^\circ$$

- **Velocidad antes del resalto**

$$V_1 = 2 * \left(\frac{2E_0 * g}{3} \right)^{1.5} * \cos\left(\theta * \frac{\pi}{540}\right)$$

$$V_1 = 2 * \left(\frac{2 * 0.41 * 9.81}{3} \right)^{1.5} * \cos\left(124.74 * \frac{\pi}{540}\right)$$

$$V_1 = 2.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Altura del agua del resalto**

$$h_1 = \frac{q}{V_1}$$

$$h_1 = \frac{0.25}{2.45}$$

$$h_1 = 0.10\text{m}$$

- **Número de Froude**

$$F_1 = \frac{V_1}{(g * h_1)^{0.5}}$$

$$F_1 = \frac{2.45}{(9.81 * 0.10)^{0.5}}$$

$$F_1 = 2.43$$

- **Altura del resalto**

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)$$

$$h_2 = \frac{0.10}{2} * (\sqrt{1 + (8 * 2.43)^2} - 1)$$

$$h_2 = 0.31\text{m}$$

- **Velocidad en el resalto**

$$V_2 = \frac{Q_d}{W * h_2}$$

$$V_2 = \frac{0.019}{0.076 * 0.31}$$

$$V_2 = 0.82 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Altura en la sección de salida de la canaleta**

$$h_3 = h_2 - (N - K')$$

$$h_3 = 0.31 - (0.114 - 0.025)$$

$$h_3 = 0.22\text{m}$$

- **Velocidad en la sección de salida**

$$V_3 = \frac{Q_d}{C * h_3}$$

$$V_3 = \frac{0.019}{0.178 * 0.22}$$

$$V_3 = 0.50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida de carga en el resalto**

$$h_p = H_o + K' - h_3$$

$$h_p = 0.29 + 0.025 - 0.22$$

$$h_p = 0.10\text{m}$$

- **Tiempo de mezcla en el resalto**

$$T = \frac{2G}{V_2 + V_3}$$

$$T = \frac{2 * 0.50}{0.82 + 0.50}$$

$$T = 1.00\text{s}$$

- **Viscosidad dinámica y densidad del agua**

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} = \sqrt{\frac{997.13}{0.0000891}}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} = 3345.32$$

- **Gradiente de velocidad**

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{h_p}{T}}$$

$$G = 3345.32 * \sqrt{\frac{0.10}{1}}$$

$$G = 1032.76 \text{ s}^{-1}$$

4.3.4 Cálculo de un floculador hidráulico de flujo vertical

Después que el coagulante ha sido dispersado en el agua, se facilita la formación del floculo por medio de una agitación lenta, la misma que puede ser obtenida por medios hidráulicos en plantas pequeñas y medianas con aguas de calidad más o menos constante, o mecánicos en todo tipo de plantas. (INEN 1992). La INEN (1992) nos dice que tengamos en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se proyectan para profundidades de 3 m a 4 m, por lo que ocupan un área menor que las de flujo horizontal.
- También se recomienda utilizar preferentemente tabiques de madera machihembrada de 2 cm a 4 cm de espesor, pero son aceptables otros materiales disponibles en el

medio y debidamente justificados. Con tabiques de madera se pueden adoptar profundidades de agua de 4 m a 5 m. El espaciamiento mínimo en los canales será de 0,6 m.

- La sección de cada paso se calculará para una velocidad igual a los dos tercios de la velocidad en los canales.
- El gradiente en el canal no deberá ser menor de 20 s-1. En plantas grandes se recomienda colocar en los orificios de paso, mallas de hilo nylon diseñadas con el mismo gradiente de velocidad del canal.
- Para evitar la acumulación de lodos en el fondo y facilitar el vaciado del tanque, se dejará en la base de cada tabique que llega hasta el fondo, una abertura equivalente al 5% del área horizontal de cada compartimiento.
- Al igual que en las unidades de flujo horizontal, debe tenerse especial cuidado en la adopción del ancho de la unidad, para que, en el diseño de los tramos con bajos gradientes, las pantallas se entrecrucen por lo menos en un tercio de su longitud, para evitar la formación de espacios muertos y cortocircuitos.

- **Caudal de diseño de la planta de tratamiento**

$$Q_d = 19.24 \frac{L}{s} = 0.01924 \frac{m^3}{s}$$

- **Tiempo total de floculación**

El tiempo de retención total se determinará en el laboratorio y puede variar entre 10 a 30 minutos.

$$T = 20 \text{ min}$$

- **Volumen total de la unidad**

$$V = Qd * T * 60$$

$$V = 0.01924 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 20 \text{ min} * 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}$$

$$V = 23.09 \text{ m}^3$$

- **Longitud de la unidad**

$$\text{Asumiremos } L = 6 \text{ m}$$

- **Profundidad del floculador**

Según INEN, la profundidad varía de 3 a 4 m,

$$\text{asumiremos } H = 3 \text{ m}$$

- **Ancho total de la unidad**

$$B = \frac{V}{L * H}$$

$$B = \frac{23.09}{6 * 3}$$

$$B = 1.28\text{m}$$

Ancho del canal para:

- Tramo 1: $b_1=0.40\text{m}$
- Tramo 2: $b_2=0.43\text{m}$
- Tramo 3: $b_3=0.45\text{m}$

- **Tiempo de retención**

- Tramo 1:

$$t_1 = \frac{H * b_1 * L}{Q_d * 60} = \frac{3 * 0.40 * 6}{0.01924 * 60}$$

$$t_1 = 6.24 \text{ min}$$

- Tramo 2:

$$t_2 = \frac{H * b_2 * L}{Q_d * 60} = \frac{3 * 0.43 * 6}{0.01924 * 60}$$

$$t_2 = 6.71 \text{ min}$$

- Tramo 3:

$$t_3 = \frac{H * b_3 * L}{Q_d * 60} = \frac{3 * 0.45 * 6}{0.01924 * 60}$$

$$t_3 = 7.06 \text{ min}$$

- **Gradiente de velocidad**

➤ Tramo 1:

$$G1 = 50s^{-1} \text{ (Asumimos)}$$

➤ Tramo 2:

$$G3 = 35s^{-1} \text{ (Asumimos)}$$

➤ Tramo 3:

$$G3 = 25s^{-1} \text{ (Asumimos)}$$

- **Número de compartimientos**

➤ Tramo 1:

$$m1 = \left(0.045 * \left(\frac{b1 * L * G1}{Qd} \right)^2 * t1 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$m1 = \left(0.045 * \left(\frac{0.40 * 6 * 50}{0.01924} \right)^2 * 6.24 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$m1 = 28$$

➤ Tramo 2:

$$m2 = \left(0.045 * \left(\frac{b2 * L * G2}{Qd} \right)^2 * t2 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$m2 = \left(0.045 * \left(\frac{0.43 * 6 * 35}{0.01924} \right)^2 * 6.71 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$m2 = 23$$

➤ Tramo 3:

$$m3 = \left(0.045 * \left(\frac{b3 * L * G3}{Qd} \right)^2 * t3 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$m3 = \left(0.045 * \left(\frac{0.45 * 6 * 25}{0.01924} \right)^2 * 7.06 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$m3 = 19$$

- **Espesor de las pantallas**

$$e = 0.04\text{m} \left(1\frac{1}{2}'' \right) \text{ (Asumimos)}$$

- **Espaciamiento entre pantallas**

➤ Tramo 1:

$$a1 = \frac{L - (m1 - 1) * e}{m1} = \frac{6 - (28 - 1) * 0.04}{28}$$

$$a1 = 0.18\text{m}$$

➤ Tramo 2:

$$a2 = \frac{L - (m2 - 1) * e}{m2} = \frac{6 - (23 - 1) * 0.04}{23}$$

$$a_2 = 0.23\text{m}$$

➤ Tramo 3:

$$a_3 = \frac{L - (m_3 - 1) * e}{m_3} = \frac{6 - (19 - 1) * 0.04}{19}$$

$$a_3 = 0.27\text{m}$$

- **Velocidad de los canales**

➤ Tramo 1:

$$V_{1-1} = \frac{Qd}{a_1 * b_1} = \frac{0.01924}{0.18 * 0.40}$$

$$V_{1-1} = 0.27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

➤ Tramo 2:

$$V_{1-2} = \frac{Qd}{a_2 * b_2} = \frac{0.01924}{0.23 * 0.43}$$

$$V_{1-2} = 0.19 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

➤ Tramo 3:

$$V_{1-3} = \frac{Qd}{a_3 * b_3} = \frac{0.01924}{0.27 * 0.45}$$

$$V_{1-3} = 0.15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Velocidad en los pasajes**

➤ Tramo 1:

$$V_{2-1} = \frac{2}{3} * V_{1-1} = \frac{2}{3} * 0.27$$

$$V_{2-1} = 0.18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

➤ Tramo 2:

$$V_{2-2} = \frac{2}{3} * V_{1-2} = \frac{2}{3} * 0.19$$

$$V_{2-2} = 0.13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

➤ Tramo 3:

$$V_{2-3} = \frac{2}{3} * V_{1-3} = \frac{2}{3} * 0.15$$

$$V_{2-3} = 0.10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Altura de agua en los pasajes**

➤ Tramo 1:

$$e1 = \frac{Qd}{V_{2-1} * b1} = \frac{0.01924}{0.18 * 0.40}$$

$$e1 = 0.26\text{m}$$

➤ Tramo 2:

$$e2 = \frac{Qd}{V_{2-2} * b2} = \frac{0.01924}{0.13 * 0.43}$$

$$e2 = 0.35\text{m}$$

➤ Tramo 3:

$$e3 = \frac{Qd}{V_{2-3} * b3} = \frac{0.01924}{0.10 * 0.45}$$

$$e3 = 0.41\text{m}$$

- **Altura de agua en los cambios de tramo**

➤ Tramo 1-2:

$$e_{1-2} = \frac{Qd}{V_{2-1} * a1} = \frac{0.01924}{0.18 * 0.18}$$

$$e_{1-2} = 0.60\text{m}$$

➤ Tramo 2-3:

$$e_{2-3} = \frac{Qd}{V_{2-2} * a2} = \frac{0.01924}{0.13 * 0.23}$$

$$e_{2-3} = 0.65\text{m}$$

- **Extensión total del canal**

➤ Tramo 1:

$$l1 = 60 * V_{1-1} * t1 = 60 * 0.27 * 6.24$$

$$l_1 = 102.74\text{m}$$

➤ Tramo 2:

$$l_2 = 60 * V_{1-2} * t_2 = 60 * 0.19 * 6.71$$

$$l_2 = 78.26\text{m}$$

➤ Tramo 3:

$$l_3 = 60 * V_{1-3} * t_3 = 60 * 0.15 * 7.06$$

$$l_3 = 65.55\text{m}$$

- **Radio hidráulico del compartimiento entre pantallas**

➤ Tramo 1:

$$R_{h1} = \frac{a_1 * b_1}{2 * (a_1 + b_1)} = \frac{0.18 * 0.40}{2 * (0.18 + 0.40)}$$

$$R_{h1} = 0.06\text{m}$$

➤ Tramo 2:

$$R_{h2} = \frac{a_2 * b_2}{2 * (a_2 + b_2)} = \frac{0.23 * 0.43}{2 * (0.23 + 0.43)}$$

$$R_{h2} = 0.07\text{m}$$

➤ Tramo 3:

$$R_{h3} = \frac{a_3 * b_3}{2 * (a_3 + b_3)} = \frac{0.27 * 0.45}{2 * (0.27 + 0.45)}$$

$$R_{h3} = 0.09\text{m}$$

- **Coefficiente de la fórmula de Manning**

$n = 0.013$ (concreto)

- **Pérdida de carga en los canales**

➤ Tramo 1:

$$h_{1-1} = \left(\frac{n * V_{1-1}}{(R_{h1})^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{0.013 * 0.27}{(0.06)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h_{1-1} = 0.05\text{m}$$

➤ Tramo 2:

$$h_{1-2} = \left(\frac{n * V_{1-2}}{(R_{h2})^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{0.013 * 0.19}{(0.07)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h_{1-2} = 0.02\text{m}$$

➤ Tramo 3:

$$h_{1-3} = \left(\frac{n * V_{1-3}}{(R_{h3})^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{0.013 * 0.15}{(0.09)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h_{1-3} = 0.01\text{m}$$

- **Pérdida de carga en las vueltas**

➤ Tramo 1:

$$h_{2-1} = \frac{(m_1 + 1) * V_{1-1}^2 + V_{2-1}^2}{19.6} = \frac{(28 + 1) * 0.27^2 + 0.18^2}{19.6}$$

$$h_{2-3} = 0.11\text{m}$$

➤ Tramo 2:

$$h_{2-3} = \frac{(m_2 + 1) * V_{1-2}^2 + V_{2-2}^2}{19.6} = \frac{(23 + 1) * 0.19^2 + 0.13^2}{19.6}$$

$$h_{2-3} = 0.05\text{m}$$

➤ Tramo 3:

$$h_{2-3} = \frac{(m_3 + 1) * V_{1-3}^2 + V_{2-3}^2}{19.6} = \frac{(19 + 1) * 0.15^2 + 0.10^2}{19.6}$$

$$h_{2-3} = 0.03\text{m}$$

- **Perdida de carga total**

➤ Tramo 1:

$$hf_1 = h_{1-1} + h_{2-1} = 0.05 + 0.11$$

$$hf_1 = 0.16\text{m}$$

➤ Tramo 2:

$$hf_2 = h_{1-2} + h_{2-2} = 0.02 + 0.05$$

$$hf_2 = 0.07\text{m}$$

➤ Tramo 3:

$$hf_3 = h_{1-3} + h_{2-3} = 0.01 + 0.03$$

$$hf_3 = 0.04\text{m}$$

• **Volumen de cada tramo**

➤ Tramo 1:

$$\begin{aligned} V_1 &= H * b_1 * L - e * (m_1 - 1) * b_1 * (H - e_1) \\ &= 3 * 0.40 * 6 - 0.040 * (28 - 1) * 0.40 \\ &\quad * (3 - 0.26) \end{aligned}$$

$$V_1 = 6.01\text{m}^3$$

➤ Tramo 2:

$$\begin{aligned} V_2 &= H * b_2 * L - e * (m_2 - 1) * b_2 * (H - e_2) \\ &= 3 * 0.43 * 6 - 0.040 * (23 - 1) * 0.43 \\ &\quad * (3 - 0.35) \end{aligned}$$

$$V_2 = 6.73\text{m}^3$$

➤ Tramo 3:

$$\begin{aligned}
 V_3 &= H * b_3 * L - e * (m_3 - 1) * b_3 * (H - e_3) \\
 &= 3 * 0.45 * 6 - 0.040 * (19 - 1) * 0.45 \\
 &\quad * (3 - 0.41) \\
 V_3 &= 7.29\text{m}^3
 \end{aligned}$$

- **Viscosidad dinámica y densidad del agua**

$$\gamma = 997.13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 0.0000891 \text{ N} * \frac{\text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} = 3345.32$$

- **Comprobación del gradiente de velocidad total**

➤ Tramo 1:

$$G_{1-1} = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hf_1 * Q_d}{V_1}} = 3345.32 \sqrt{\frac{0.16 * 0.019}{6.01}}$$

$$G_{1-1} = 77.57 \text{ s}^{-1}$$

➤ Tramo 2:

$$G_{1-2} = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hf_2 * Q_d}{V_2}} = 3345.32 \sqrt{\frac{0.07 * 0.019}{6.73}}$$

$$G_{1-2} = 45.08 \text{ s}^{-1}$$

➤ Tramo 3:

$$G_{1-3} = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hf_3 * Q_d}{V_3}} = 3345.32 \sqrt{\frac{0.04 * 0.019}{7.29}}$$

$$G_{1-3} = 30.87 \text{ s}^{-1}$$

4.3.5 Cálculo de sedimentador lamelar

Se entiende por sedimentación al proceso de remoción de partículas en suspensión de un fluido por efecto de gravedad en un determinado intervalo de tiempo. Promover las condiciones de reposo para remoción o caída gravitacional de las partículas es el objetivo del diseño de sedimentadores o decantadores. (INEN 1992).

La INEN (1992) nos dice que tengamos en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las placas o tubos pueden ser de madera, plástico reforzado con fibra de vidrio, PVC o cualquier otro material que no emita sustancias peligrosas para la salud.
- La separación entre placas o entre las paredes de los tubos, será alrededor de 5 cm o 6 cm.

- En el caso de placas o tubos muy inclinados, su ángulo de inclinación no excederá de 60 grados y su longitud paralela a la dirección del flujo será alrededor de 1,2 m.
- El número de Reynolds a mantenerse entre las placas será menor o igual que 500.)
- La superficie de las placas o de los tubos deberá estar entre 0,3 m y 0,9 m bajo la superficie del líquido y su extremo inferior, por lo menos a 1,2 m sobre la superficie de los lodos acumulados en el fondo de tanques rectangulares, y en todo caso a la profundidad requerida para evitar que el agua decantada presente una velocidad superior a 1 m/min.
- La carga hidráulica superficial en la zona cubierta por placas o tubos estará entre 100 m³/m²/d y 180 m³/m²/d para tanques de flujo horizontal. Esta carga se calculará dividiendo el caudal de diseño para la superficie total del sedimentador.
- La zona cubierta por placas o tubos en tanques rectangulares o circulares de flujo horizontal cubrirá entre la mitad y las tres cuartas partes de la superficie del tanque más cercana a su salida, evitando cubrir zonas en las que haya inestabilidad de flujo.

- Se recomienda utilizar como estructura de entrada a los sedimentadores, conductos longitudinales con orificios ubicados debajo de las placas. La velocidad de flujo en los conductos debe ser alrededor de 0,15 m/s y el gradiente de velocidad en los orificios de distribución debe estar entre 20 s⁻¹ y 15 s⁻¹.
- Para la recolección de los lodos sedimentados, se recomienda diseñar tolvas troncocónicas con pendientes de paredes entre 45 y 60 grados, que pueden ser continuas o separadas. Estas tolvas estarán conectadas a un sistema de drenes para recolección de los lodos, en los cuales se debe mantener una velocidad de 0,3 m/s para lodos sin arena ni poli electrolitos, y de 1 m/s para el caso contrario.
- La descarga de lodos se puede hacer de forma mecánica automática, mecánica manual, o hidráulica. La descarga mecánica manual se recomienda solamente para plantas medianas y pequeñas. La descarga hidráulica puede ser utilizada en todo tipo de plantas, y consiste en el uso de sifones intermitentes.

4.3.5.1 Cálculo del canal de entrada a decantadores

- **Número de decantadores**

$$N = 2$$

- **Caudal que ingresa a cada decantador**

$$Q = \frac{Q_d}{N}$$

$$Q = \frac{0.019}{2}$$

$$Q = 0.00962 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Altura final del canal**

$$H_f = 0.20\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Ancho del canal**

$$B = 0.30\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Área final del canal**

$$A_f = H_f * B$$

$$A_f = 0.20 * 0.30$$

$$A_f = 0.06 \text{ m}^2$$

- **Velocidad en la sección final del canal**

$$V_c = \frac{Q}{A_f}$$

$$V_c = \frac{0.00962}{0.06}$$

$$V_c = 0.16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Área inicial del canal**

$$A_i = \frac{Q_d}{V_c}$$

$$A_i = \frac{0.019}{0.16}$$

$$A_i = 0.12 \text{ m}^2$$

- **Altura inicial del canal**

$$H_i = \frac{A_i}{B}$$

$$H_i = \frac{0.12}{0.30}$$

$$H_i = 0.40\text{m}$$

- **Velocidad en las compuertas de entrada a los decantadores**

$$V_L = 0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \text{ asumimos}$$

- **Área sección útil de las compuertas**

$$A_L = \frac{Q}{V_L}$$

$$A_L = \frac{0.00962}{0.20}$$

$$A_L = 0.048 \text{ m}^2$$

- **Dimensiones de la compuerta**

$$b = 0.20\text{m}; \text{ asumimos}$$

$$h = \frac{A_L}{b}$$

$$h = \frac{0.048}{0.20}$$

$$h = 0.24\text{m}$$

- **Radio hidráulico de compuertas laterales**

$$R_h = \frac{b * h}{2(b + h)}$$

$$R_h = \frac{0.20 * 0.24}{2 * (0.20 + 0.24)}$$

$$R_h = 0.055\text{m}$$

4.3.5.2 Cálculo del canal central de doble fondo de distribución de agua floculada a los decantadores

- **Número de decantadores**

$$N = 2$$

- **Caudal que ingresa a cada decantador**

$$Q = \frac{Q_d}{N}$$

$$Q = \frac{0.019}{2}$$

$$Q = 0.00962 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Velocidad en los orificios de entrada a los decantadores**

$$V_L = 0.16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Área total de orificios**

$$A_T = \frac{Q}{V_L}$$

$$A_T = \frac{0.00962}{0.16}$$

$$A_T = 0.06 \text{ m}^2$$

- **Separación centro a centro entre orificios**

$$a = 0.50\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Longitud del canal**

$$L = 5\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Número total de orificios**

$$N = \frac{2L}{a} - 2$$

$$N = \frac{2 * 5}{0.5} - 2$$

$$N = 18$$

- **Número de orificios a cada lado del canal**

$$N_L = \frac{N}{2}$$

$$N_L = \frac{18}{2}$$

$$N_L = 9$$

- **Área de cada orificio**

$$A_L = \frac{A_T}{N}$$

$$A_L = \frac{0.06}{18}$$

$$A_L = 0.0033 \text{ m}^2$$

- **Diámetro de cada orificio**

$$d = \sqrt{\frac{4A_L}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0.0033}{\pi}}$$

$$d = 0.0652\text{m}$$

$$d = 3" , \text{ adoptando}$$

- **Ancho del canal**

$$B_c = 0.80\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Altura mínima del canal**

$$h_c = 0.60\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Sección en el extremo final del canal**

$$A_F = B_c * h_c$$

$$A_F = 0.80 * 0.60$$

$$A_F = 0.48\text{m}^2$$

- **Caudal por orificio**

$$q_o = \frac{Q}{N}$$

$$q_o = \frac{0.0096}{18}$$

$$q_o = 0.0005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Caudal que llega al extremo final del canal**

$$Q_f = q_o * 2$$

$$Q_f = 0.0005 * 2$$

$$Q_f = 0.0011 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Velocidad en el extremo final del canal**

$$V_f = \frac{Q_f}{A_f}$$

$$V_f = \frac{0.0011}{0.48}$$

$$V_f = 0.0022 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Altura máxima del canal**

$$H_c = 2.00\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Sección inicial del canal**

$$A_c = H_c * B_c$$

$$A_c = 2.00 * 0.80$$

$$A_c = 1.60 \text{ m}^2$$

- **Velocidad en el extremo inicial**

$$V_c = \frac{Q}{A_c}$$

$$V_c = \frac{0.0096}{1.60}$$

$$V_c = 0.006 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Viscosidad dinámica y densidad del agua**

$$\gamma = 997.13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 0.0000891 \text{ N} * \frac{\text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} = 3345.32$$

- **Coefficiente de Manning**

$$n = 0.013$$

- **Gradiente de velocidad en los orificios**

$$G = n * \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \left(d * \frac{0.0254}{4} \right)^{-0.7} * V_L^{1,5}$$

$$G = 0.013 * 3345.32 * \left(0.0652 * \frac{0.0254}{4} \right)^{-0.7} * 0.16^{1,5}$$

$$G = 49.65 \text{ s}^{-1}$$

4.3.5.3 Cálculo de decantador de placas paralelas

- **Caudal de diseño del decantador**

$$Q_d = 0.019 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Número de decantadores**

$$N = 2$$

- **Caudal que ingresa a cada decantador**

$$Q = \frac{Q_d}{N}$$

$$Q = \frac{0.019}{2}$$

$$Q = 0.0096 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Separación de placas en el plano horizontal**

$$e' = 0.15\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Espesor de las placas**

$$e = 0.57\text{cm}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Ángulo de inclinación de las placas**

$$\theta = 60^\circ; \text{ (Asumimos)}$$

- **Espaciamiento entre las placas**

$$d = e' * \sin \theta - e$$

$$d = 0.15 * \sin(60) - 0.57$$

$$d = 12.42 \text{ cm}$$

- **Longitud del módulo de placas**

$$l = 1.20\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Longitud útil dentro de las placas**

$$l_u = \frac{l * 100 - e' * \cos\left(\theta * \frac{\pi}{180}\right)}{100}$$

$$l_u = \frac{1.20 * 100 - 0.15 * \cos\left(60^\circ * \frac{\pi}{180}\right)}{100}$$

$$l_u = 1.12\text{m}$$

- **Longitud relativa del módulo de placas**

$$L = \frac{l_u * 100}{d}$$

$$L = \frac{1.12 * 100}{12.42}$$

$$L = 9.06 \text{ cm}$$

- **Velocidad de sedimentación de las partículas**

$$V_s = 0.00033 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; \text{ (Asumimos)}$$

- **Módulo de eficiencia de las placas**

$$S = 1 ; \text{ (Asumimos)}$$

- **Factor f**

$$f = \sin \theta * \sin \theta + \frac{L}{S} * \cos \theta$$

$$f = \sin(60^\circ) * \sin(60^\circ) + \frac{5}{1} * \cos(60^\circ)$$

$$f = 4.68$$

- **Área superficial de la unidad**

$$A_S = \frac{Q}{f * V_S}$$

$$A_S = \frac{0.0096}{4.68 * 0.00033}$$

$$A_S = 6.24 \text{ m}^2$$

- **Ancho total neto de la zona de decantación**

$$B = 2.50\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Número de canales formados por las placas**

$$N = A_S * \sin \theta * \frac{100}{B * d}$$

$$N = 6.24 * \sin 60^\circ * \frac{100}{2.50 * 12.42}$$

$$N = 18$$

- **Longitud total del decantador**

$$L_t = 5.00\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Velocidad media del flujo**

$$V_o = \frac{100Q}{A_s * \sin \theta}$$

$$V_o = \frac{100 * 0.0096}{6.24 * \sin(60^\circ)}$$

$$V_o = 0.18 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Ancho del módulo de placas**

$$b = 1.25\text{m}; \text{ (Asumimos)}$$

- **Radio hidráulico del módulo de placas**

$$R_h = \frac{b * d}{2 * \left(b + \frac{d}{100}\right)}$$

$$R_h = \frac{1.25 * 12.42}{2 * \left(1.25 + \frac{12.42}{100}\right)}$$

$$R_h = 5.65\text{cm}$$

- **Viscosidad a 25° C**

$$\mu = 0.0000891 \text{ N} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2}$$

- **Número de Reynolds**

$$N_R = \frac{4 * R_h * V_o}{\mu}$$

$$N_R = \frac{4 * 5.65 * 0.18}{0.0000891}$$

$$N_R = 452$$

- **Velocidad longitudinal máxima**

$$V_o' = \left(\frac{N_R}{8}\right)^{0.5} * V_S * 100$$

$$V_o' = \left(\frac{452}{8}\right)^{0.5} * 0.00033 * 100$$

$$V_o' = 0.25 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Se debe cumplir que $V_o < V_o'$

4.3.5.4 Cálculo de tuberías de recolección

- **Caudal que ingresa a cada decantador**

$$Q = \frac{Q_d}{N}$$

$$Q = \frac{0.019}{2}$$

$$Q = 0.0096 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Tasa de recolección**

$$q = 1.3 \frac{\text{lps}}{\text{m}} ; \text{ (Recomendación 1.3 – 3.0 lps/m)}$$

- **Longitud total de tubería requerida**

$$L = \frac{Q}{q} * 1000$$

$$L = \frac{0.0096}{1.30} * 1000$$

$$L = 7.40\text{m}$$

- **Longitud de cada tubería**

La longitud de cada tubería es igual al ancho “b” de cada decantador

$$l = 1.25\text{m}$$

- **Número de tuberías por cada decantador**

$$N_t = \frac{L}{l}$$

$$N_t = \frac{7.40}{1.25}$$

$$N_t = 6$$

- **Caudal recolectado por tubería**

$$q_t = q * l$$

$$q_t = 1.30 * 1.25$$

$$q_t = 1.63 \text{ lps}$$

- **Diámetro de cada tubería**

$$D = \left(\frac{q_t}{1000}\right)^{0.4}$$

$$D = \left(\frac{1.63}{1000}\right)^{0.4}$$

$$D = 0.08\text{m} = 3.02''$$

$$D = 4''; \text{ adoptando}$$

- **Tasa de recolección real**

$$q' = (D * 0.0254)^{2.5} * \frac{1000}{l}$$

$$q' = (4 * 0.0254)^{2.5} * \frac{1000}{1.25}$$

$$q' = 2.63 \frac{\text{lps}}{\text{m}}$$

- **Separación entre tuberías**

$$e = \frac{L_t}{N_t + 1}$$

$$e = \frac{5}{6 + 1}$$

$$e = 0.72\text{m}$$

- **Diámetro de los orificios de recolección de cada tubería**

$$d = \frac{1}{2}'' = 0.5 \text{ pulg; adoptando}$$

- **Número de orificios por cada tubería**

$$N_o = \frac{0.15 * D^2}{d^2}$$

$$N_o = \frac{0.15 * 4^2}{0.5^2}$$

$$N_o = 10$$

- **Separación entre orificios**

$$e' = \frac{l}{N_o + 1}$$

$$e' = \frac{1.25}{10 + 1}$$

$$e' = 0.12\text{m}$$

4.3.5.5 Cálculo de colector múltiple con tolvas separadas

- **Longitud del decantador**

$L_t = 5\text{m}$; calculado en zona de decantación

- **Número de tolvas por módulo de decantación**

$N = 2$; adoptando

- **Longitud de la base mayor de cada tolva**

$$l = \frac{L_t}{N}$$

$$l = \frac{5}{2}$$

$$l = 2.50 \text{ m}$$

- **Ancho de cada módulo de decantación**

$b = 1.25\text{m}$; ancho de la zona de decantación

- **Sección máxima de la tolva**

$$A = b * l$$

$$A = 1.25 * 2.50$$

$$A = 3.13 \text{ m}^2$$

- **Profundidad de las tolvas**

$$h = 1.50\text{m} ; \text{ asumimos}$$

- **Capacidad total de almacenamiento de lodos**

$$V_t = \frac{2}{3} * A * h * N$$

$$V_t = \frac{2}{3} * 3.13 * 1.50 * 2$$

$$V_t = 6.25 \text{ m}^3$$

- **Caudal de lodos producidos**

$$Q_L = 0.50 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- **Frecuencia de descarga**

$$F = \frac{V_t}{86.40 * Q_L}$$

$$F = \frac{6.25}{86.40 * 0.50}$$

$$F = 0.15 \text{ días}$$

- **Velocidad de arrastre**

$$V_a = 1 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- **Carga Hidráulica**

$$H = 4.80\text{m}$$

- **Separación de orificios descarga**

$$X = 2.50\text{m}$$

- **Diámetro de los orificios de descarga**

$$d = \frac{X}{1.162 * \left(\frac{100 * H^{0.6}}{V_a} \right)^{0.5}}$$

$$d = \frac{2.50}{1.162 * \left(\frac{100 * 4.80^{0.6}}{1} \right)^{0.5}}$$

$$d = 0.13\text{m}$$

$d = 6''$; adoptando diámetro comercial

- **Relación de velocidades**

$$R = 0.42$$

- **Diámetro del colector**

$$D = 0.0254 * d * \left(\frac{R}{N}\right)^{-0.5}$$

$$D = 0.0254 * 6 * \left(\frac{0.42}{4}\right)^{-0.5}$$

$$D = 0.33\text{m}$$

$D = 14''$; adoptando diámetro comercial

- **Sección del colector**

$$A = \frac{(0.0254 * D)^2 * \pi}{4}$$

$$A = \frac{(0.0254 * 14)^2 * \pi}{4}$$

$$A = 0.10 \text{ m}^2$$

- **Coeficiente de descarga**

$$C_d = 0.65$$

- **Caudal de descarga de lodos**

$$Q_{L,} = C_d * A * (19.60 * H)^{0.5}$$

$$Q_{L,} = 0.65 * 0.10 * (19.60 * 4.80)^{0.5}$$

$$Q_L = 0.63 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Volumen que descarga cada colector**

$$V = 25 \text{ m}^3$$

4.3.6 Cálculo de filtro rápido de tasa declinante y lavado mutuo

- **Caudal de diseño del filtro**

$$Q = \frac{Q_d}{4}$$

$$Q = \frac{0.019}{4}$$

$$Q = 0.005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Velocidad ascensional de lavado**

$$V_a = 1.1 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

- **Área de cada filtro**

$$A_F = \frac{Q * 60 * 8}{V_a}$$

$$A_F = \frac{0.005 * 60 * 8}{1.1}$$

$$A_F = 2.10 \text{ m}^2$$

- **Ancho de cada filtro**

$$c = 1.50\text{m}; \text{ asumimos}$$

- **Largo de cada filtro**

$$l = \frac{A_F}{c}$$

$$l = \frac{2.10}{1.50}$$

$$l = 1.40\text{m}$$

- **Velocidad de filtración promedio**

La tasa de filtración recomendable para filtros de tasa constante de arena sola es de 120 m³/m²/d a 240 m³/m²/d; para filtros de arena y antracita y de medios múltiples, la tasa irá de 180 m³/m²/d a 360 m³/m²/d. (INEN 1992)

$$V_F = 240 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}}$$

- **Área total de filtros**

$$A_T = \frac{86400 * Q * 4}{V_F}$$

$$A_T = \frac{86400 * 0.005 * 4}{240}$$

$$A_T = 6.93 \text{ m}^2$$

- **Número de filtros**

$$N = \frac{A_T}{A_F}$$

$$N = \frac{6.93}{2.10}$$

$$N = 3$$

El número mínimo de unidades de filtración que se debe considerar en plantas medianas y grandes es cuatro, y en plantas pequeñas dos unidades, cuando el lavado se hace con agua proveniente de una reserva exterior. Estos números son mayores, mínimo cuatro en todos los casos, si los filtros son de lavado mutuo. (INEN 1992)

$$N = 4$$

- **Tamaño efectivo de la arena**

Se recomienda utilizar arena con tamaño efectivo de 0,45 mm a 0,6 mm y coeficiente de uniformidad similar a 1,5. (INEN 1992)

$$d_{10} = 0.60 \text{ mm}$$

- **Tamaño de la antracita correspondiente al 90%**

El d90 de la antracita debe ser igual a tres veces del d10 de la arena. (INEN 1992)

$$d'_{90} = 3 * d_{10}$$

$$d'_{90} = 3 * 0.60$$

$$d'_{90} = 1.80 \text{ mm}$$

- **Tamaño efectivo de la antracita**

El d10 de la antracita debe ser la mitad del d90 del mismo material. Se recomienda una capa de antracita de 0,8 mm a 1,1 mm de tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad alrededor de 1,5. (INEN 1992).

$$d'_{10} = \frac{d'_{90}}{2}$$

$$d'_{10} = \frac{1.80}{2}$$

$$d'_{10} = 0.90 \text{ mm}$$

- **Coeficiente de uniformidad de la arena y la antracita**

$C_u = 1.50$; según lo recomendado en la INEN.

- **Tamaño correspondiente al 60% de la arena**

$$d_{60} = 1.50 * d_{10}$$

$$d_{60} = 1.50 * 0.60$$

$$d_{60} = 0.90 \text{ mm}$$

- **Tamaño correspondiente al 60% de la antracita**

$$d'_{60} = 1.50 * d'_{10}$$

$$d'_{60} = 1.50 * 0.90$$

$$d'_{60} = 1.35 \text{ mm}$$

- **Porosidad expandida promedio de la capa de arena**

$$\varepsilon_e = 1 - \frac{1}{\sum \frac{X_i}{1 - \varepsilon_i}}$$

$$\varepsilon_e = 1 - \frac{1}{2.151}$$

$$\varepsilon_e = 0.535$$

- **Porosidad expandida promedio de la capa de antracita**

$$\varepsilon'_e = 1 - \frac{1}{\sum \frac{X'_i}{1 - \varepsilon'_i}}$$

$$\varepsilon_e = 1 - \frac{1}{2.298}$$

$$\varepsilon_e = 0.565$$

- **Porosidad de la arena limpia**

$$\varepsilon_o = 0.42$$

- **Porosidad de la antracita limpia**

$$\varepsilon'_o = 0.45$$

- **Porcentaje de expansión promedio de la arena**

La expansión promedio de la arena debe estar alrededor del 20 y 30 %, de lo contrario cambiar la velocidad de lavado o la conformación del lecho de antracita. (INEN 1992).

$$E = \frac{\varepsilon_e - \varepsilon_o}{1 - \varepsilon_e}$$

$$E = \frac{0.535 - 0.42}{1 - 0.535}$$

$$E = 24.73 \%$$

- **Porcentaje de expansión promedio de la antracita**

La expansión promedio de la arena debe estar alrededor del 20 y 30 %, de lo contrario cambiar la velocidad de lavado o la conformación del lecho de antracita. (INEN 1992).

$$E' = \frac{\varepsilon'_e - \varepsilon'_o}{1 - \varepsilon'_e}$$

$$E' = \frac{0.565 - 0.45}{1 - 0.565}$$

$$E' = 26.44 \%$$

- **Altura del lecho estático de arena**

Se recomienda el espesor de la capa de arena será de 0,15 m a 0,3 m. (INEN 1992).

$$L = 0.25 \text{ m}$$

- **Altura del lecho estático de antracita**

Se recomienda el espesor de la capa de antracita será de 0,4 m a 0,6 m. (INEN 1992).

$$L' = 0.50 \text{ m}$$

- **Altura del lecho filtrante expandido**

$$L_e = L * \left(1 + \frac{E}{100}\right) + L' * \left(1 + \frac{E'}{100}\right)$$

$$L_e = 0.25 * \left(1 + \frac{24.73}{100}\right) + 0.50 * \left(1 + \frac{26.44}{100}\right)$$

$$L_e = 0.94 \text{ m}$$

- **Número de canaletas de recolección de agua de lavado**

$$N = 1$$

- **Caudal que recolecta cada canaleta**

$$Q_C = 1.30 * \frac{60 * Q}{N}$$

$$Q_C = 1.30 * \frac{60 * 0.005}{1}$$

$$Q_C = 0.38 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

- **Altura útil de las canaletas de lavado**

$$h_o = 0.40 \text{ m}$$

- **Ancho de las canaletas de lavado**

$$W = 0.50 \text{ m}$$

- **Altura de la losa de la canaleta**

$$h_{\text{llosa}} = 0.10 \text{ m}$$

- **Altura total de canaletas de lavado más losa de fondo**

$$H = 1.5 * h_o + h_{\text{llosa}}$$

$$H = 1.5 * 0.4 + 0.10$$

$$H = 0.70\text{m}$$

- **Distancia del borde de la canaleta de lavado a la superficie del medio filtrante estático**

$$H_4 = 0.75 * (L + L' + H)$$

$$H_4 = 0.75 * (0.25 + 0.50 + 0.70)$$

$$H_4 = 1.10 \text{ m}$$

- **Altura del falso fondo**

$$H_1 = 0.50 \text{ m}$$

- **Altura drenaje más la grava**

$$H_2 = 0.52 \text{ m}$$

- **Altura del lecho filtrante**

$$H_3 = L' + L$$

$$H_3 = 0.50 + 0.25$$

$$H_3 = 0.75 \text{ m}$$

- **Altura del borde de la canaleta relativa al fondo del filtro**

$$H_C = H_4 + H_1 + H_2 + H_3$$

$$H_C = 1.10 + 0.50 + 0.52 + 0.75$$

$$H_C = 2.86 \text{ m}$$

- **Pérdida de carga en la arena durante el retrolavado**

$$h_f = (1 - \varepsilon_o) * \frac{2650 - 1000}{1000}$$

$$h_f = (1 - 0.42) * \frac{2650 - 1000}{1000}$$

$$h_f = 0.24 \text{ m}$$

- **Pérdida de carga en la antracita durante el retrolavado**

$$h'_f = (1 - \varepsilon'_o) * \frac{1700 - 1000}{1000}$$

$$h'_f = (1 - 0.45) * \frac{1700 - 1000}{1000}$$

$$h'_f = 0.19 \text{ m}$$

- **Pérdida de carga total en el lecho filtrante durante el retrolavado**

$$h_{f1} = h_f + h'_f$$

$$h_{f1} = 0.24 + 0.19$$

$$h_{f1} = 0.43 \text{ m}$$

- **Ancho de cada vigueta de drenaje**

$$b = 0.30 \text{ m}$$

- **Número de viguetas del drenaje**

$$N_1 = \frac{l}{b}$$

$$N_1 = \frac{1.40}{0.30}$$

$$N_1 = 5$$

- **Espaciamiento entre orificios**

$$X = 0.10 \text{ m}$$

- **Longitud de cada vigueta**

La longitud de cada vigueta será la misma que el ancho de cada filtro:

$$c = 1.50 \text{ m}$$

- **Número de orificios en cada vigueta**

$$N_2 = \frac{2 * c}{X}$$

$$N_2 = \frac{2 * 1.50}{0.10}$$

$$N_2 = 30$$

- **Número total de orificios en el drenaje**

$$N_t = N_1 * N_2$$

$$N_t = 5 * 30$$

$$N_t = 150$$

- **Caudal de lavado por orificio**

$$q_o = \frac{Q}{N_t}$$

$$q_o = \frac{0.005}{150}$$

$$q_o = 0.00034 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Diámetro de los orificios del drenaje**

$$d_o = 0.5" = 0.0127\text{m}; \text{ asumimos}$$

- **Área de los orificios del drenaje**

$$A_o = \frac{\pi * d_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi * 0.0127^2}{4}$$

$$A_o = 0.01 \text{ m}^2$$

- **Coefficiente de descarga de los orificios**

$$C_d = 0.65$$

- **Pérdida de carga en los orificios del drenaje durante el retrolavado**

$$h_{f2} = \frac{q_o^2}{2g * (C_d * A_o)^2}$$

$$h_{f2} = \frac{0.000034^2}{19.60 * (0.65 * 0.01)^2}$$

$$h_{f2} = 1.44 \times 10^{-6} \text{ m}$$

- **Sección transversal del falso fondo**

$$A_f = H_1 * c$$

$$A_f = 0.50 * 1.50$$

$$A_f = 0.75 \text{ m}^2$$

- **Velocidad en el falso fondo durante el retrolavado**

$$V_f = \frac{Q}{A_f}$$

$$V_f = \frac{0.005}{0.75}$$

$$V_f = 6.67 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Coefficiente de pérdida de carga en el falso fondo**

$$K = 1$$

- **Pérdida de carga en falso fondo durante el retrolavado**

$$h_{f3} = \frac{K * V_f^2}{2g}$$

$$h_{f3} = \frac{1 * (6.67 \times 10^{-3})^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{f3} = 2.26 \times 10^{-6} \text{ m}$$

- **Velocidad en la compuerta de salida**

$$V_{c2} = 0.40 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \text{ asumimos}$$

- **Pérdida de carga en la compuerta de salida durante el retrolavado**

$$h_{f4} = \frac{K * V_{c2}^2}{2g}$$

$$h_{f4} = \frac{1 * 0.4^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{f4} = 8.15 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- **Altura de agua sobre las canaletas de recolección**

$$h_{f5} = \left(\frac{1.3Q}{1.84 * 2 * N_3 * c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$h_{f5} = \left(\frac{1.3 * 0.005}{1.84 * 2 * 1 * 1.50} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$h_{f5} = 1.11 \times 10^{-2} \text{ m}$$

- **Pérdidas de carga total durante el retrolavado**

$$h_{f_{\text{lavado}}} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{f4} + h_{f5}$$

$$h_{f_{\text{lavado}}}$$

$$= 0.43 + 1.44 \times 10^{-6} + 2.26 \times 10^{-6} + 8.15 \times 10^{-3}$$

$$+ 1.11 \times 10^{-2}$$

$$h_{f_{\text{lavado}}} = 0.45 \text{ m}$$

- **Altura del vertedero que controla la hidráulica de lavado**

$$H_V = H_C + h_{f_{\text{lavado}}}$$

$$H_V = 2.86 + 0.45$$

$$H_V = 3.31 \text{ m}$$

4.3.7 Cálculo de clorador

4.3.7.1 Cálculo del almacenamiento de cloro

- **Dosis máxima de cloro**

$$DM = 3 \text{ mg/L}$$

- **Dosis mínima de cloro**

$$Dm = 1 \text{ mg/L}$$

- **Dosis promedio de cloro**

$$D = \frac{DM + Dm}{2}$$

$$D = \frac{3 + 1}{2}$$

$$D = 2 \text{ mg/L}$$

- **Tiempo de almacenamiento**

$$T = 90 \text{ días; asumimos}$$

- **Caudal de diseño**

$$Q_d = 19.24 \text{ L/s}$$

$$Q_d = 1662.34 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- **Peso de cloro requerido en el período de almacenamiento**

$$W = \frac{Q_d * T * D}{1000}$$

$$W = \frac{1662.34 * 90 * 2}{1000}$$

$$W = 299.22 \text{ Kg}$$

- **Peso de un cilindro**

$$p = 68 \text{ Kg}$$

- **Número de cilindros que se almacenarán**

$$N = \frac{W}{p}$$

$$N = \frac{299.22}{68}$$

$$N = 4.40$$

$$N \therefore 5$$

- **Área que ocupa cada cilindro**

$$A_c = 0.07 \text{ m}^2$$

- **Área ocupada por los cilindros**

$$A_T = 1.25N * A_c$$

$$A_T = 1.25 * 5 * 0.07$$

$$A_T = 0.44 \text{ m}^2$$

4.3.7.2 Cálculo de una estación de cloración

- **Concentración de la solución**

$$C = 3500 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

- **Caudal mínimo de agua requerido para la operación del eyector**

$$q = \frac{Q_d * DM}{C}$$

$$q = \frac{19.62 * 3}{3500}$$

$$q = 1.68 \times 10^{-2} \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- **Capacidad requerida del equipo**

$$W = Q_d * DM$$

$$W = 19.62 * 3$$

$$W = 58.86 \text{ mg/s}$$

$$W = \frac{58.86 * 3600}{1.000}$$

$$W = 211.90 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

- **Capacidad del clorador**

La capacidad del clorador debe ser mayor que la capacidad requerida

$$W_{\text{max}} = 225 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

- **Capacidad mínima del clorador**

$$W_{\text{min}} = \frac{W_{\text{max}}}{20}$$

$$W_{\text{min}} = \frac{225}{20}$$

$$W_{\text{min}} = 11.25 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

- **Velocidad en la tubería de alimentación de agua**

$$V = 0.60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Área de la tubería**

$$A = \frac{q}{1000V}$$

$$A = \frac{1.68 \times 10^{-2}}{1000 * 0.60}$$

$$A = 2.80 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

- **Diámetro de la tubería de alimentación de agua**

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$D = \left(\frac{4 * (2.80 \times 10^{-5})}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$D = 5.97 \times 10^{-3} \text{ m} = 5.97 \text{ mm}$$

$$D = 0.50 \text{ pulg; adoptamos}$$

- **Tiempo de contacto**

El tiempo de contacto recomendable es de 20 a 30 minutos. (INEN 1992).

$$T = 25 \text{ min}$$

- **Volumen del tanque de contacto de cloro**

$$V_{TC} = \frac{Q_d * T * 60}{1000}$$

$$V_{TC} = \frac{19.62 * 25 * 60}{1000}$$

$$V_{TC} = 29.43 \text{ m}^3$$

- **Dimensiones del tanque de contacto**

$$H_{TC} = 3 \text{ m; asumiendo}$$

$$A_{TC} = \frac{V_{TC}}{H_{TC}} = \frac{29.43}{3} = 9.81 \text{ m}^2$$

$$D = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{0.5} = \left(\frac{4 * 9.81}{\pi}\right)^{0.5} = 3.50 \text{ m}$$

- **Coefficiente de fricción**

$$f = 0.03$$

- **Pérdidas de carga por fricción**

$$H_o = \frac{f * L * V^2}{0.0254 * D * 2g}$$

$$H_o = \frac{0.03 * 3 * 0.6^2}{0.0254 * 0.50 * 19.62}$$

$$H_o = 0.13 \text{ m}$$

- **Carga dinámica total**

$$H = H_o + H_{TC}$$

$$H = 0.13 + 3$$

$$H = 3.13 \text{ m}$$

- **Peso específico del agua**

$$\delta = 997.13 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

- **Eficiencia**

$$e = 0.60; \text{asumiendo}$$

- **Potencia de la bomba**

$$P = \frac{\delta * q * H}{1000 * 75 * e}$$

$$P = \frac{997.13 * (1.68 \times 10^{-2}) * 3.13}{1000 * 75 * 0.60}$$

$$P = 1.16 \times 10^{-3} \text{HP}$$

$$P = \frac{1}{4} \text{HP}; \text{adoptando}$$

4.3.8 Almacenamiento

Para el almacenamiento el reservorio deberá cumplir con lo establecido en las normas de Senagua. Es decir, una capacidad de almacenamiento mayor a 10 m³. Se recomienda utilizar un tanque metálico con las siguientes dimensiones:

Tabla XXIX. Dimensiones recomendadas para el tanque de almacenamiento para la planta.

Diámetro (m)	4.5
Altura (m)	4.5
Capacidad (m³)	71

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

4.3.9 Red de Distribución

- **Descripción del sistema a utilizar**

La parroquia Limonal, como se ha mencionado no cuenta con un servicio de agua eficiente, por lo que en algunos recintos se requiere del abastecimiento de agua potable por medio de tanqueros.

El sistema que se propone diseñar es una red que logre abastecer del líquido vital a toda la parroquia. El sistema dispone de válvulas que permiten dar una independencia en

caso de un cierre del suministro por averías, para mantenimiento y operación.

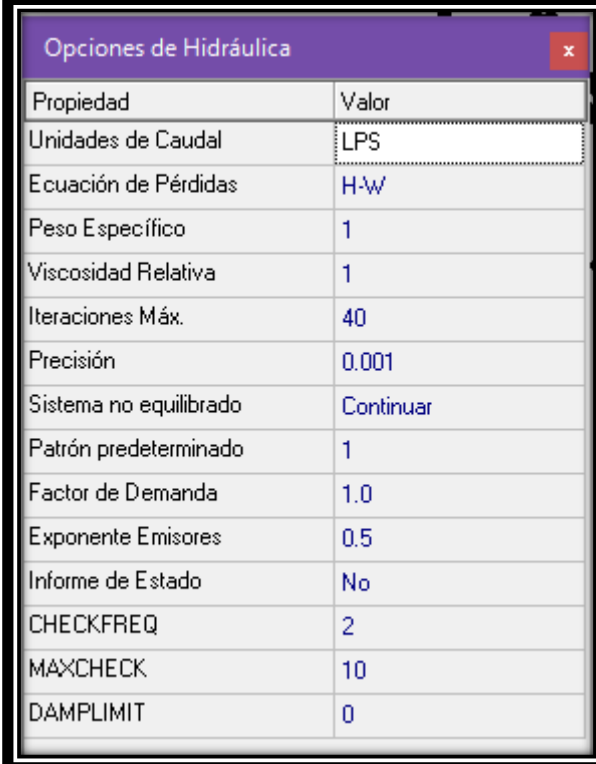
- **Consideraciones en el diseño de la red implementada**
 - El periodo de vida útil será de 20 años.
 - La red de distribución se diseñará para el caudal máximo horario.
 - El análisis hidráulico de la red se utilizará el software EPANET.
 - La fórmula que se empleará para el cálculo de pérdidas por fricción será la de Hazen Williams con un coeficiente de:
 - PVC=150
 - Para las pérdidas menores se adoptaron los siguientes coeficientes de pérdidas:

Válvula de Globo, totalmente abierta	10.0
Válvula de Ángulo, totalmente abierta	5.0
Válvula de Retención de Clapeta, totalmente abierta	2.5
Válvula de Compuerta, totalmente abierta	0.2
Codo de radio pequeño	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de radio grande	0.6
Codo a 45°	0.4
Codo cerrado con inversión del flujo	2.2
Te estándar - dirección de paso	0.6
Te estándar - dirección desvío	1.8
Entrada Recta	0.5
Salida brusca	1.0

Figura 4.67 Coeficientes de pérdidas menores adoptados en el programa.

Fuente: EPANET

- El tipo de conducción será por gravedad.
- Para el diseño se considerará el golpe de ariete.
- Los parámetros asumidos para la simulación fueron los siguientes:



Propiedad	Valor
Unidades de Caudal	LPS
Ecuación de Pérdidas	H·W
Peso Específico	1
Viscosidad Relativa	1
Iteraciones Máx.	40
Precisión	0.001
Sistema no equilibrado	Continuar
Patrón predeterminado	1
Factor de Demanda	1.0
Exponente Emisores	0.5
Informe de Estado	No
CHECKFREQ	2
MAXCHECK	10
DAMPLIMIT	0

Figura 4.68 Opciones Hidráulicas para el cálculo de la red de abastecimiento
Fuente: EPANET

- **Desarrollo del Modelo Geométrico**

El modelo cuenta con 181 conexiones, y 24 válvulas.

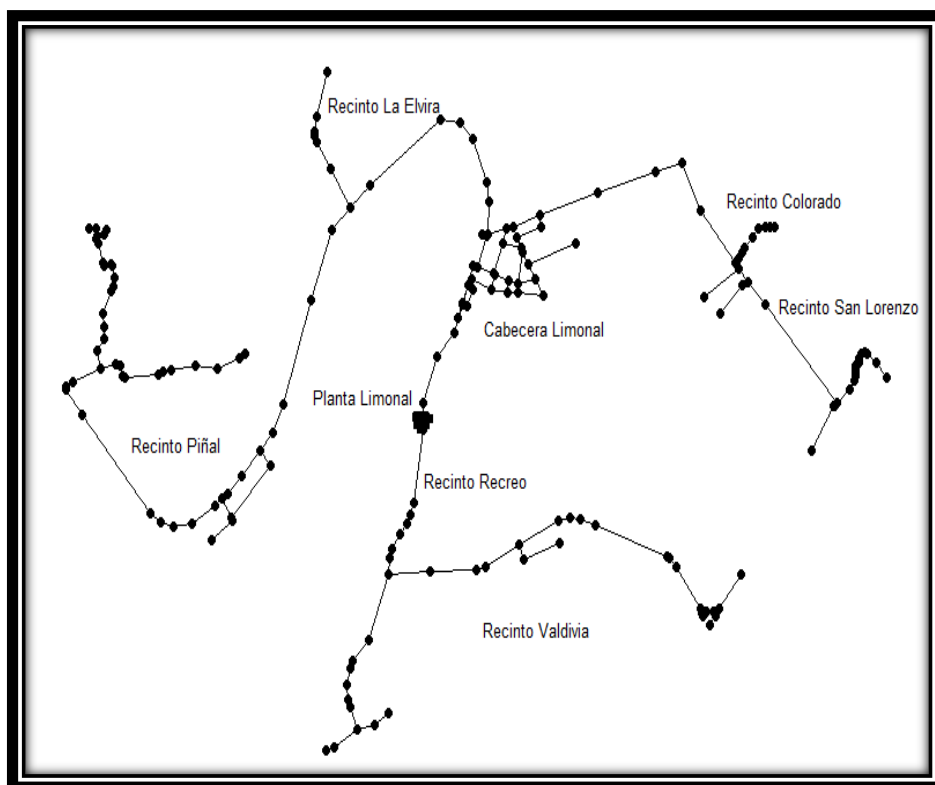


Figura 4.69 Modelo geométrico EPANET Alternativa 3.
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Demandas Base**

En la fase de diseño, una vez definida la configuración geométrica de la Red de Distribución de Agua se procede, a partir de la información del estudio de dotaciones y en base a la distribución de las parcelas del Urbanismo o sector a atender, a realizar la repartición de las demandas medias que abastece cada tramo de la Red de Distribución de Agua en estudio.

Las demandas base se establecieron en base a un área de influencia para cada nodo.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n1	10.956	0.13	0.13	35.09
Conexión n2	10.8	0.16	0.16	35.11
Conexión n3	9.66	0.19	0.19	35.79
Conexión n4	10.345	0.35	0.35	34.78
Conexión n5	10.087	0.32	0.32	34.76
Conexión n6	10.133	0.16	0.16	34.69
Conexión n7	10.045	0.13	0.13	34.70
Conexión n8	10.049	0.16	0.16	34.65
Conexión n9	10.07	0.22	0.22	33.48
Conexión n10	10.062	0.44	0.44	31.25
Conexión n11	10.124	0.25	0.25	29.90
Conexión n12	10.064	0.06	0.06	28.66
Conexión n13	10.055	0.13	0.13	28.66
Conexión n14	10.076	0.22	0.22	28.64
Conexión n15	10.196	0.16	0.16	28.52
Conexión n16	9.726	0.35	0.35	28.55
Conexión n17	10.497	0.25	0.25	27.69
Conexión n18	10.61	0.57	0.57	23.77
Conexión n19	10.141	0.19	0.19	29.75
Conexión n20	10.064	0.13	0.13	29.10
Conexión n21	10.098	0.38	0.38	28.45
Conexión n22	10.03	0.38	0.38	28.01

Figura 4.70 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n23	10.303	0.25	0.25	26.84
Conexión n24	10.544	0.19	0.19	26.42
Conexión n25	10.323	0.44	0.44	26.90
Conexión n26	10.29	0.41	0.41	28.44
Conexión n27	10.123	0.35	0.35	29.72
Conexión n28	10.387	0.44	0.44	28.09
Conexión n29	9.861	0.57	0.57	29.00
Conexión n31	9.796	0.13	0.13	28.50
Conexión n32	9.929	0.7	0.70	28.30
Conexión n33	9.942	0.25	0.25	28.09
Conexión n34	10.658	0.44	0.44	25.60
Conexión n35	10.329	0.51	0.51	26.78
Conexión n36	10.115	0.16	0.16	27.11
Conexión n37	10.141	0.38	0.38	30.25
Conexión n38	10.029	0.35	0.35	29.23
Conexión n40	10.767	0.1	0.10	23.67
Conexión n41	10.85	0.16	0.16	24.06
Conexión n42	10.743	0.19	0.19	25.11
Conexión n43	10.824	0.48	0.48	23.11
Conexión n44	10.984	0.41	0.41	20.87
Conexión n45	10.945	0.16	0.16	20.21
Conexión n46	10.783	0.73	0.73	20.12

Figura 4.71 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n47	10.628	0.29	0.29	20.05
Conexión n48	10.584	0.1	0.10	20.07
Conexión n49	10.569	0.13	0.13	20.07
Conexión n50	10.571	0.32	0.32	19.80
Conexión n51	10.571	0.29	0.29	19.61
Conexión n53	10.771	0.63	0.63	14.37
Conexión n54	11	0.16	0.16	14.86
Conexión n55	11.031	0.16	0.16	15.73
Conexión n56	11.059	0.03	0.03	17.22
Conexión n57	11.105	0.38	0.38	17.50
Conexión n58	11.039	0.29	0.29	18.82
Conexión n59	10.421	0.29	0.29	13.72
Conexión n60	10.331	0.32	0.32	13.10
Conexión n61	10.379	0.29	0.29	12.59
Conexión n62	10.489	1.11	1.11	12.14
Conexión n63	8.499	1.93	1.93	11.94
Conexión n64	6.649	1.02	1.02	13.54
Conexión n65	7.011	0.67	0.67	13.16
Conexión n66	6.7	0.29	0.29	13.45
Conexión n67	7.245	0.13	0.13	12.83
Conexión n68	7.227	0	0.00	12.55
Conexión n69	7.414	0	0.00	12.10

Figura 4.72 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n70	7.445	0	0.00	11.87
Conexión n71	7.448	0	0.00	11.62
Conexión n72	7.681	0	0.00	10.97
Conexión n73	7.75	0	0.00	10.81
Conexión n74	7.777	0	0.00	10.63
Conexión n75	7.755	0	0.00	10.45
Conexión n76	7.727	0	0.00	10.43
Conexión n77	7.583	0	0.00	10.43
Conexión n78	7.555	0	0.00	10.40
Conexión n79	7.507	0.06	0.06	10.10
Conexión n80	7.466	0.03	0.03	10.06
Conexión n81	7.494	0.06	0.06	9.96
Conexión n82	7.477	0.19	0.19	9.39
Conexión n83	7.477	0.13	0.13	8.95
Conexión n84	7.655	0.03	0.03	9.15
Conexión n85	7.682	0.13	0.13	8.94
Conexión n86	10.91	0.06	0.06	14.64
Conexión n87	10.562	0.82	0.82	14.86
Conexión n88	10.175	0.6	0.60	15.18
Conexión n89	11.069	0.38	0.38	16.95
Conexión n90	11.123	0.41	0.41	16.18
Conexión n91	10.606	0.92	0.92	14.86

Figura 4.73 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n92	10.968	1.36	1.36	19.74
Conexión n93	7.607	0	0.00	12.36
Conexión n94	7.71	0.38	0.38	12.00
Conexión n95	7.736	0	0.00	11.81
Conexión n96	7.768	0	0.00	11.71
Conexión n97	8.574	0	0.00	10.23
Conexión n98	8.679	0	0.00	10.03
Conexión n99	8.856	0	0.00	9.70
Conexión n100	8.431	0.03	0.03	9.61
Conexión n101	9.926	0.03	0.03	7.71
Conexión n102	10.248	0.35	0.35	7.00
Conexión n103	10.321	0.19	0.19	6.91
Conexión n141	10.04	0	0.00	14.39
Conexión n145	9.39	0.35	0.35	23.03
Conexión n146	9.936	0.35	0.35	18.44
Conexión n147	9.833	0.03	0.03	17.80
Conexión n148	9.758	0	0.00	17.23
Conexión n149	9.789	0.41	0.41	16.20
Conexión n150	9.929	0.41	0.41	12.09
Conexión n151	9.934	0.1	0.10	12.03
Conexión n152	9.949	0.16	0.16	11.88
Conexión n153	9.963	0.19	0.19	11.57

Figura 4.74 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)
Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n154	9.937	0.06	0.06	11.60
Conexión n155	9.926	0.03	0.03	11.61
Conexión n156	9.982	0	0.00	11.55
Conexión n157	10.030	0	0.00	11.50
Conexión n158	10.038	0	0.00	11.49
Conexión n159	10.041	0	0.00	11.49
Conexión n160	10.005	0	0.00	11.52
Conexión n161	9.914	0.03	0.03	11.61
Conexión n162	10.068	0.03	0.03	11.32
Conexión n163	9.39	0.22	0.22	22.82
Conexión n164	9.473	0.35	0.35	22.45
Conexión n165	9.788	0.06	0.06	23.69
Conexión n166	9.831	0.22	0.22	23.94
Conexión n167	10.55	0.32	0.32	24.77
Conexión n168	11.309	0.57	0.57	25.75
Conexión n169	9.538	0.32	0.32	19.45
Conexión n170	9.135	0.29	0.29	17.34
Conexión n171	9.135	0	0.00	16.85
Conexión n172	8.555	0.1	0.10	16.27
Conexión n173	8.074	0	0.00	15.96
Conexión n174	7.753	0.19	0.19	15.78
Conexión n175	6.889	0.41	0.41	15.53

Figura 4.75 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n176	7.047	0.41	0.41	15.15
Conexión n177	7.192	0.06	0.06	14.92
Conexión n178	6.884	0.35	0.35	15.14
Conexión n179	6.881	0.16	0.16	14.87
Conexión n180	11.651	0.16	0.16	26.22
Conexión n181	11.61	0.06	0.06	26.83
Conexión n182	11.549	0.06	0.06	27.81
Conexión n183	11.485	0.13	0.13	28.70
Conexión n184	11.442	0.06	0.06	29.34
Conexión n185	11.399	0.06	0.06	30.10
Conexión n186	11.126	0.06	0.06	34.80
Conexión n188	10.621	1.36	1.36	17.05
Conexión n189	10.308	1.08	1.08	14.13
Conexión n190	10.308	0.13	0.13	13.88
Conexión n191	10.308	0.13	0.13	13.78
Conexión n192	10.308	0.1	0.10	13.49
Conexión n193	10.308	0.13	0.13	13.36
Conexión n194	10.308	0.13	0.13	13.20
Conexión n195	10.308	0.03	0.03	13.09
Conexión n196	10.308	0.06	0.06	13.00
Conexión n197	10.309	0.13	0.13	12.93
Conexión n198	10.308	0.06	0.06	12.90

Figura 4.76 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Conexión n199	10.308	0.13	0.13	12.86
Conexión n200	10.308	0.1	0.10	12.81
Conexión n201	10.308	0.06	0.06	12.79
Conexión n202	10.308	0	0.00	12.78
Conexión n203	10.308	0.13	0.13	12.72
Conexión n204	10.308	0.16	0.16	12.69
Conexión n205	9.849	0.13	0.13	14.58
Conexión n206	9.317	0.1	0.10	14.58
Conexión n207	10.613	0.63	0.63	17.34
Conexión n208	10.591	0.06	0.06	17.35
Conexión n209	10.486	0.1	0.10	17.43
Conexión n210	10.608	0.32	0.32	17.59
Conexión n211	10.473	0.13	0.13	17.67
Conexión n212	10.591	0.1	0.10	17.73
Conexión n213	10.591	0.1	0.10	17.50
Conexión n214	10.591	0.13	0.13	17.30
Conexión n215	10.591	0.1	0.10	17.20
Conexión n216	10.591	0.06	0.06	17.02
Conexión n217	10.591	0.22	0.22	16.90
Conexión n218	10.591	0.1	0.10	16.87
Conexión n219	10.591	0.13	0.13	16.86
Conexión n220	10.591	0.03	0.03	16.86

Figura 4.77 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Conexión n221	10.346	0.82	0.82	19.38
Conexión n222	10.26	0.38	0.38	20.79
Conexión n223	10.369	0.13	0.13	21.79
Conexión n224	10.064	0.48	0.48	28.53
Conexión 2	0	0	0.00	46.15
Embalse 1	10	No Disponible	-24.90	0.00
Depósito 3	42.184	No Disponible	-18.16	4.30

Figura 4.78 Cota, Demandas Base, Demanda y Presión en los nodos alternativa 3. (Continuación)

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Presiones en nodos**

La red de distribución fue diseñada para el caudal máximo horario, está conformada por un conjunto de ramales abiertos y mallas, es decir es un sistema mixto. Se comprobó que La presión estática máxima fuera menor 4Kg/cm² siendo, también se verificó que las presiones dinámicas a lo largo de la red estuvieran entre 0.7Kg/cm² y 3 kg/cm². Como se podrá observar las cargas son mayores a 7m y menores a 30m aproximadamente, por lo tanto, se cumplen con los parámetros exigidos por la norma. En las zonas que superan los 30 m, la máxima presión es de 36m, lo cual es aceptable para el diseño ya que las tuberías pueden soportar hasta 60 m.

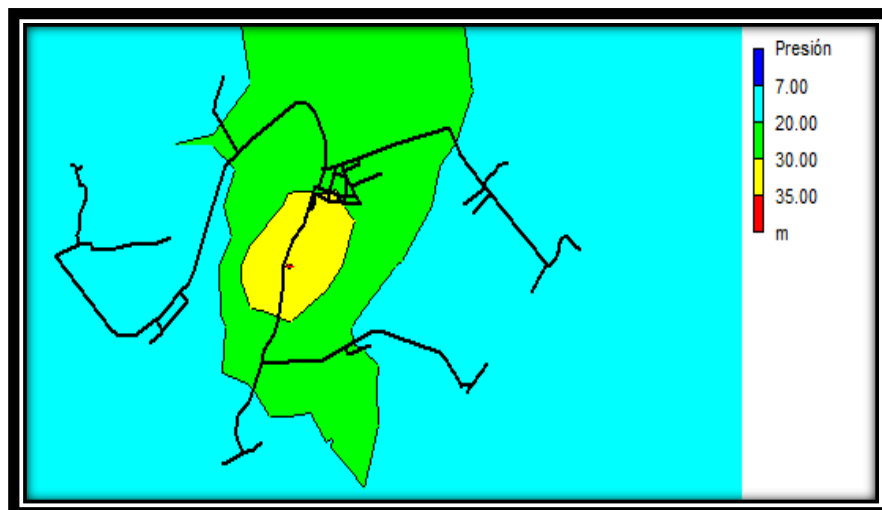


Figura 4.79 Gráfico de contorno de presiones EPANET Alternativa 3.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Velocidades en tuberías**

De acuerdo con las normas de Senagua se recomienda que las velocidades se mantengan en un rango de 0.6 - 3 m/s.

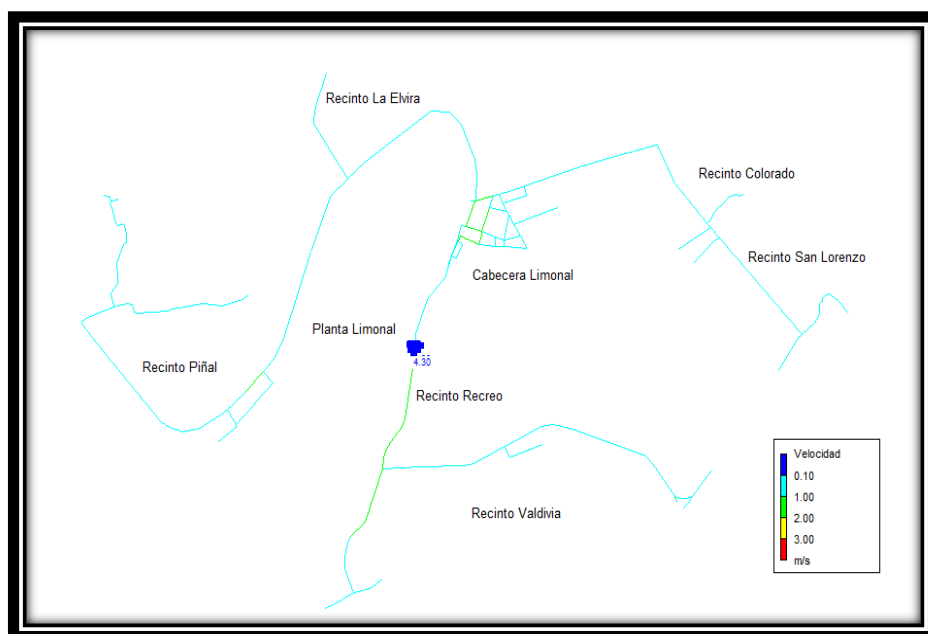


Figura 4.80 Gráfico de velocidades en las tuberías Alternativa 3.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Diámetros empleados**

Los diámetros nominales por utilizar son:

- 250 mm
- 160 mm
- 110 mm
- 90 mm
- 75 mm
- 50 mm

4.3.10 Bomba Centrifuga

El caudal requerido para la bomba de acuerdo (Secretaría del Agua, 2012) es:

$$Q_b = 1.05 * Q_{MD}$$

$$Q_b = 1.05 * 17.75$$

$$Q_b = 18.64 \text{ L/s}$$

Para determinar el diámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$D = 0.5873 * N^{0.23} * \sqrt{Q_b} ; \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

D = Diámetro de tubería, en m

N = Número de horas de bombeo al día

Qb = Caudal de bombeo, en m³/s

Obteniendo lo siguiente:

Tabla XXX. Dimensiones recomendadas para el tanque de almacenamiento para la planta.

N (horas)	24
QMD (m ³ /s)	0,0178
Qb (m ³ /s)	0,0186
D (m)	0,17
D(mm)	166,53
D comercial (mm)	200,00
V (m/s)	0,6

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Las siguientes ecuaciones corresponden al cálculo de la presión, las pérdidas por fricción y las pérdidas por columna de agua.

$$P = \frac{g \cdot H \cdot Q}{e} ; \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

P = Potencia de bomba, en KW

g = Gravedad (9.81 m/s²)

H = Altura de bombeo, en m

Q = Caudal a extraerse, en m³/s

e = Eficiencia de la bomba (0.40 – 0.60)

$$S = \left(\frac{Q_b}{0.2785 * C * D^{2.63}} \right)^{1.85}; \quad \text{Ecuación 19}$$

$$H_f = S * L; \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo, en m³/s

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams (en nuestro caso, $C = 150$)

D = Diámetro interior de la tubería, en m

S = Pendiente de la línea, en m/m

H_f = Pérdida de carga por fricción, en m

L = Longitud total de la tubería, en m

$$h_{cd} = 2.33\% L_{cd} ;$$

Ecuación 21

Donde:

Hcd = Pérdidas en la columna, en m

Lcd = Longitud de la tubería, en m

$$H = H_f + h_{cd} + h_{impulsión}$$

$$H = 0.05 + 0.70 + 30$$

$$H = 30.75 \text{ m}$$

$$P = \frac{9.81 * 30.75 * 0.0186}{0.6} = 9.37\text{KW} * 1.34 = 12.60\text{Hp}$$

La potencia requerida por la bomba fue de 13 HP. Se recomienda utilizar una bomba de 18L/s con una Altura manométrica de 30.75m

4.3.11 Golpe de Ariete

De acuerdo con las normas de Senagua, la sobrepresión ejercida por el golpe de ariete puede determinarse en cualquiera de sus fórmulas aceptadas y conocidas como la siguiente:

$$P = \frac{1846}{D^2 * Q * \left(1 + \frac{KD}{Et}\right)^{0.5}} ; \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

P = sobrepresión por golpe de ariete, en m

Q = Caudal en l/s

D = Diámetro interior de la tubería, en cm

K = Módulo de elasticidad del agua, en kg/cm²

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería, en kg/cm²

t = Espesor de las tuberías, en cm

$$P = \frac{1846}{20^2 * 18.6 * \left(1 + 22433,7 * \frac{23.94}{30000 * 0.53}\right)^{0.5}} = 0.05\text{m}$$

4.3.12 Desinfección – Concentración Residual de cloro

El valor admisible de cloro residual libre, en cualquier punto de la red de distribución del agua, deberá estar en lo posible de acuerdo con la siguiente tabla. De acuerdo con la norma urbana de la Secretaría del Agua y la INEN 1108:

PH DEL AGUA	CLORO LIBRE RESIDUAL, mg/l TIEMPO MINIMO DE CONTACTO, 10 minutos	CLORO RESIDUAL COMBINADO, mg/l TIEMPO MINIMO DE CONTACTO, 60 minutos
6 – 7	0,2	1
7 – 8	0,2	1,5
8 – 9	0,4	1,8
9 – 10	0,8	No se recomienda
más de 10	0,8 (con mayor período de contacto)	No se recomienda

Figura 4.81 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua

Fuente: (Secretaría del Agua, 2012)

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas		
PARAMETRO	UNIDAD	Limite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁷
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

¹⁷ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos
* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁵I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

Figura 4.82 Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.

Fuente: INEN 1108 – Requisitos para agua potable

Con un pH entre 7-8, la concentración residual mínima de cloro requerida para una desinfección eficaz del agua será de 0.2 mg/l.

Simulación del Cloro residual después de varias horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro de cloro desde la fuente en los diferentes modelos geométricos.

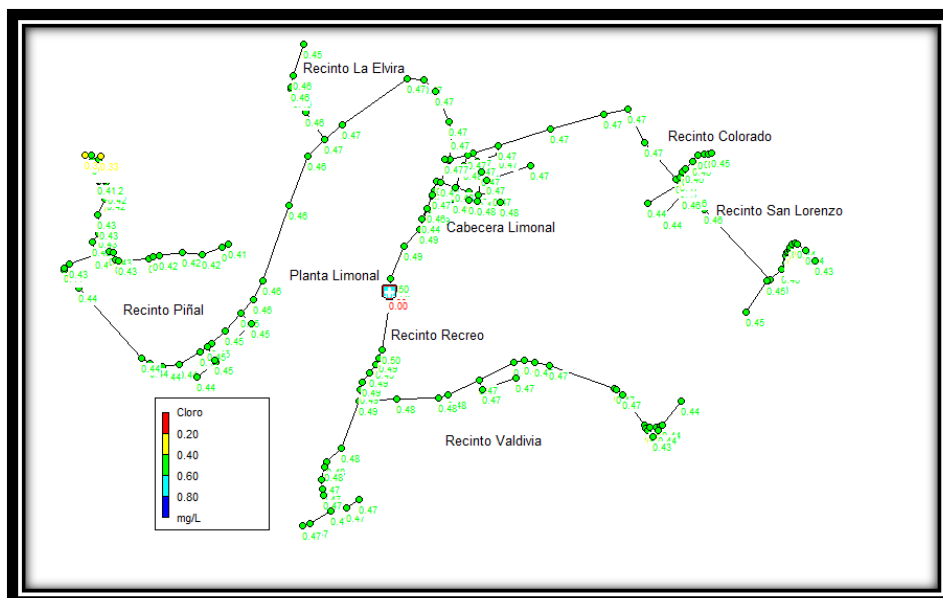


Figura 4.83 Simulación del Cloro residual después de 5 horas de una concentración constante de 0.5 mg/litro desde la fuente en Alternativa 3.

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Como se pudo observar en la imagen elaborada en EPANET, las concentraciones de cloro libre se mantienen por arriba de los 0.2 mg/l.

4.3.13 PRESUPUESTO

Tabla XXXI. Presupuesto Referencial Alternativa 3

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
10.1	SISTEMA DE AGUA POTABLE				\$ 393.822.41
	TRAZADO Y REPLANTEO	ML	13818.33	0.83	\$ 11,469.21
	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ESTRUCTURA	M3	13818.33	13.05	\$ 180,329.21
	RELLENO CON ARENA	M3	6909.165	15.32	\$ 105,848.41
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	6909.165	13.92	\$ 96,175.58
10.2	COLECTORES				\$ 223.134.96
	PRUEBAS HIDROSTATICAS	ML	13818.33	2.46	\$ 33,993.09
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=50mm	ML	5796.09	7.50	\$ 96,388.98
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=75mm	ML	2394.90	7.50	\$ 17,961.75
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=90mm	ML	704.37	12.22	\$ 8,607.40
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=110mm	ML	3211.53	12.22	\$ 39,244.90
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=160mm	ML	1157.55	14.74	\$ 17,062.29
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=250mm	ML	593.90	16.63	\$ 9,876.56
10.3	PLANTA DE TRATAMIENTO				\$ 150.055.44
	TRAZADO Y REPLANTEO	M2	500	1.40	\$ 700.00
	EXCAVACIÓN A MÁQUINA (INCLUYE DESALOJO)	M3	1000	5.94	\$ 5,940.00
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	1000	14.14	\$ 14,140.00
	CANALETA PARSHALL	UN.	1	552.26	\$ 552.26
	FLOCULADOR HIDRÁULICO	UN.	1	24606.07	\$ 24,606.07
	DECANTADOR LAMINAR (CON PLACAS DE FIBRA DE VIDRIO)	UN.	1	23926.64	\$ 23,926.64
	FILTROS RÁPIDOS (SISTEMA DE AUTOLAVADO)	UN.	1	44091.80	\$ 44,091.80
	CLORADOR	UN.	1	11098.67	\$ 11,098.67
	ARENA PARA FILTRO	M3	20.00	500.00	\$ 10,000.00
	ANTRACITA PARA FILTRO	M3	20.00	750.00	\$ 15,000.00
10.5	TANQUE ELEVADO				\$ 104.216.30
	TANQUE DE METALICO PREFABRICADO	UN	1	50,000.00	\$ 50,000.00
	TORRE METALICA (ACERO)	KG	2860	2.43	\$ 6,949.80
	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (PARA LOSA)	KG	1250	2.13	\$ 2,662.50
	HORMIGÓN ESTRUCTURAL 280 Kg/cm2 (PARA LOSA)	M3	150	278.16	\$ 41,724.00
	BOMBA DE IMPULSION	UN.	4	720.00	\$ 2,880.00
10.6	PRESUPUESTO AMBIENTAL				\$ 19,791.00
	PRESUPUESTO AMBIENTAL	GLB	1	19791.00	\$ 19,791.00
	TOTAL				\$ 891,020.10

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

CAPÍTULO 5

ELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE DISEÑO

5.1. Criterios de selección

➤ Impacto ambiental

Existirán varias actividades que producirán impactos ambientales. Se deberá tener una máxima restricción en el equipo personal de trabajo, para evitar problemas en la salud. El impacto ambiental hacia algunos recursos será muy alto.

➤ Aceptación Social

La comunidad debe aceptar la obra por el beneficio que representa. La situación actual es crítica, existe grandes problemas para el abastecimiento.

➤ Presupuesto

Se realizarán expropiaciones de terrenos para realizar la planta de tratamiento. El costo de instalación de tubería, movimiento de tierra y perforación-encamisado son rubros importantes que considerar.

➤ Autonomía de Servicio

Al ser un servicio básico que se está intentando satisfacer, este debe ser continuo; es decir, ininterrumpido. Al ser uno de los

principales servicios básicos, se debería tratar de obtener el abastecimiento en la misma parroquia.

➤ **Tiempo de Construcción**

Es importante conocer en cuanto tiempo se pueda contar con la solución implementada.

5.2. Restricción de alternativas

Se tienen las siguientes restricciones:

- Distancia de la conducción, en el caso de la toma, en la planta de Daule.
- Posible contaminación de ciertos niveles de los acuíferos debido al uso de pesticidas en la agricultura.
- En el área de distribución, las viviendas están dispersas para efectos de conferir el servicio.
- Tanto en el uso de la planta de Daule o en otra que se quisiera implementar hay que considerar que existe una alta turbiedad en los caudales del río, en un alto porcentaje del año.
- Para implementar los sistemas de bombeo se tiene el inconveniente de la distancia de las interconexiones.

- Si la distribución de agua potable depende únicamente de la planta de Daule se tendrán dificultades para lograr un normal provisionamiento de agua potable, ya que, es una planta que distribuye el líquido elemento a una extensa área.

5.3. Matriz de decisión

- **Ponderación de parámetros**

Tabla XXXII. Ponderación de parámetros.

PARÁMETROS	VALORACIÓN (puntos)
Impacto Ambiental	20
Aceptación Social	15
Presupuesto	20
Autonomía del servicio	30
Tiempo de construcción	15

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

- **Matriz de decisión**

Tabla XXXIII. Matriz decisión

	Impacto Ambiental	Aceptación Social	Presupuesto	Autonomía del servicio	Tiempo de construcción	Total (puntos)
Alternativa 1	12	15	10	15	15	67
Alternativa 2	15	10	15	25	15	80
Alternativa 3	15	12	20	25	15	87

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

5.4. Determinación de la alternativa

Con respecto a la matriz de decisión, se escogieron cinco parámetros, los cuales, son impacto ambiental, aceptación social, presupuesto, autonomía del servicio y tiempo de construcción. Según los porcentajes totales obtenidos en las alternativas por cada parámetro, nos indica que la más favorable es la alternativa 3, ya que obtiene un puntaje de 9 sobre 10, el cual es mayor que las otras dos alternativas, que tuvieron puntaje de 6.5 sobre 10 la alternativa 1 y 8.5 sobre 10 la alternativa 2.

EL aspecto económico es un parámetro primordial para aprobar la alternativa, se realizó la evaluación del presupuesto de las tres alternativas con el respectivo análisis de precios unitarios lo que nos indica los siguientes resultados:

Tabla XXXIV. Presupuesto Referencial de Alternativas

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 1	\$	1,155,881.72
PRESUPUESTO ALTERNATIVA 2	\$	938,657.19
PRESUPUESTO ALTERNATIVA 3	\$	891,020.10

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Al realizar la comparación de los presupuestos de cada alternativa observamos una diferencia de \$ 47 637.09 dólares entre las alternativas tres y la alternativa dos, y \$264 861.62 dólares entre la alternativa tres y la alternativa uno, lo que nos indica que la

alternativa tres es más adecuadas en comparación en la optimización de recursos.

La alternativa 3 es la elegida, ya que presenta menor presupuesto, su aceptación social es satisfactoria, debido a que actualmente cuentan con dicho servicio, pero solo satisface a la cabecera, presenta poco impacto ambiental y su tiempo de construcción es uno de los de menor tiempo.

CAPÍTULO 6

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Introducción

En el proyecto que se realizara en la Parroquia rural Limonal se presenta el siguiente análisis sobre el impacto ambiental. En los cuales se estudiará y analizará los recursos que serán afectados por las diferentes actividades que se realizarán en las diferentes fases construcción, operación y demolición.

Con este estudio se pretenderá minimizar la afectación a los recursos naturales y sociales de la comunidad el cual será provocado por el proyecto.

Con este estudio se establecerá un plan del manejo ambiental el cual permitirá la remediación de los recursos afectados.

6.2 Objetivos

- **Objetivo General**

Estimar, en las diferentes fases construcción, operación y demolición, el impacto ambiental a la Parroquia rural de El Limonal.

- **Objetivos Específicos**

Decretar las diferentes actividades en las diferentes fases del proyecto.

Determinar qué factores ambientales son afectados por las actividades del proyecto.

6.3 Marco Legal

El Marco Legal Ambiental en el cual se sustenta el presente proyecto es el siguiente:

Tabla XXXV. Marco Legal del Estudio de Impacto Ambiental.

INSTRUMENTO	DOCUMENTO CITADO
Constitución de la República del Ecuador	R.O. No. 449 - Octubre 20 2008
Código Orgánico Integral Penal	Registro Oficial No. 180 - Lunes 10 de febrero de 2014
Ley de Gestión Ambiental (Codificación 19)	R.O. Suplemento No. 418 - 10 septiembre 2004
Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	R.O. Suplemento No. 418 - 10 septiembre 2004
Ley Orgánica de la Salud	Ley 67, R.O. Suplemento No. 423 - 22 de diciembre 2006
Ley de Aguas Codificación 2004-016	R.O. No.339 - 20 de mayo 2004
Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Visa Silvestre	Suplemento Viernes 10 de septiembre de 2014 - R.O. No. 418
Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad	
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)	R.O. Edición Especial No. 2 Marzo 31 2003
Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental.	TULSMA Libro VI Título V
Norma de Calidad del aire ambiental	TULSMA Libro VI Anexo 4
Límites máximos Permisibles de niveles de ruido ambiente	TULSMA Libro VI Anexo 5
Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de Desechos Sólidos no peligrosos	TULSMA Libro VI Anexo 6
Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y obras públicas	R.O. No. 249 - Jueves 10 de enero 2008

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

6.4 Descripción del lugar

La Parroquia Rural Limonal, se encuentra ubicado a 8 km al norte de la cabecera cantonal de Daule en la vía hacia Balzar, a un lado de la mencionada carretera a orillas del río Daule. Se encuentra ubicado en un área de topografía regular plana con pequeñas variaciones a 50 km de Guayaquil en la carretera Guayaquil – Balzar. La Parroquia Rural tiene un área de 10.50 Km² aproximadamente, y se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Daule.

Los límites políticos de la parroquia son los siguientes:

- Norte: Cantón Santa Lucía.
- Sur: Cabecera Cantonal Daule
- Este: Parroquia Rural Laurel- Daule
- Oeste: Cabecera Cantonal Daule, Cantón Nobol, Lomas de Sargentillo

Su ubicación y coordenadas del lugar del proyecto se encuentran ubicadas en el capítulo 2.

6.5 Línea Base Ambiental

La línea base ambiental cumple la función de registro del estado de los componentes ambientales previa a la realización de actividades que

pueden tener impactos en el medio ambiente durante la vida del proyecto.

Tomando en cuenta los impactos que puede causar el proyecto denominado “Estudio y Diseño del sistema de potabilización del agua de la parroquia del Limonal, Cantón Daule, Provincia del Guayas”, se procederá a hacer un recuento de los componentes ambientales más relevantes en este sentido, para proseguir con la evaluación de los impactos ambientales propiamente dicha y la proposición de medidas para la mitigación de estos, si fuesen negativos o la potenciación de los que fuesen positivos.

En el medio físico se abordan temas tales como: Geología, geomorfología, hidrología, climatología, usos de suelos, calidad del agua, aire y paisaje natural; en este caso los factores físicos del área de estudio se encuentran inmersos al crecimiento urbano industrial, lo relevante en este sector fue el Río Daule. (Ver capítulo 2)

Respecto al medio biótico la vegetación primaria ha sido retirada dando paso al crecimiento y mejora de la parroquia, a través de la edificación de viviendas y obras públicas, como las actividades agrícolas en las afueras del centro poblado, en su mayoría cultivos de arroz.

Durante el recorrido en el área de influencia donde se ubicará el proyecto, no se identificó especies de fauna y flora única, raras o en peligro.

En cuanto al medio socioeconómico en el área referencial del proyecto de la parroquia Limonal, se evidenció que la población presenta diversas maneras de generación económica como: Tiendas (víveres), así también en el área de influencia se evidencio lo enunciados a continuación:

- Sub Centro de Salud Limonal- dirigido por el Dr. Mauricio Vázquez.
- Instalaciones del Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial de Limonal –
- Presidente Sr. Xavier Solano Cabrera.
- Escuela de Educación N° 1 Rosa Olga Villacres Lozano.
- UPC Limonal.
- Iglesia Católica.

6.6 Actividades en las diferentes fases y recursos afectados

6.6.1 Actividades en las diferentes fases

En la fase de construcción, operación y demolición en un proyecto existen diferentes actividades las cuales afectan diferentes factores ambientales.

- **Fase de construcción**

- Limpieza y desbroce
- Excavación y movimiento de tierra
- Relleno
- Compactación
- Transporte de material
- Armado de hierro
- Construcción de encofrados
- Hormigonado de encofrado
- Colocación de tuberías de PVC
- Instalaciones de tuberías

- **Fase de operación**
 - Mantenimiento de vías de acceso
 - Mantenimiento y reparación de tuberías
 - Mantenimiento de sistema de tratamiento
 - Limpieza de bombas
 - Mantenimiento de infraestructura
 - Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema

- **Fase de demolición**
 - Construcción de botadero de desechos
 - Desinstalación y retirada de tuberías
 - Desinstalación de planta de tratamiento

- Desinstalación de equipos de controles
- Demolición de infraestructura
- Transporte de materiales de desechos

6.6.2 Recursos afectados

- **Medio Físico**

- Agua
- Suelo
- Aire

- **Medio Biológico**

- Flora
- Fauna

- **Socio Económico**

- Económico
- Social

6.7 Matriz de Impacto Ambiental

Para poder analizar los impactos ambientales de una manera más ordenada se pondrá en práctica el uso de una matriz de Leopold. La ventaja del uso de una matriz de causa - efecto, es que se pueden

visualizar las interacciones entre las acciones comprendidas en el proyecto y los diferentes factores ambientales que pueden ser alterados por estas acciones de una manera más clara.

- **Matriz Intensidad (I)**

Esta matriz es utilizada para medir la afectación que produce las diferentes actividades de la obra en los diferentes factores ambientales.

Presenta los siguientes rangos:

- Para impactos bajos se usará los rangos del 1 al 9.
- Para impactos de alta intensidad se usa el valor 10.

- **Matriz Extensión (E)**

Esta matriz es utilizada para valorar la superficie afectada por el proyecto, se determina su extensión utilizando los siguientes valores:

- Regional = 10
- Local = 5
- Puntuales = 1

- **Matriz Duración (D)**

Esta matriz es utilizada para valorar el tiempo de las actividades realizadas en la obra afectan a los diferentes factores ambientales:

- Cuando no produce afectación se utilizará el valor 0.

- Cuando produce impactos menores a 5 años se usará el valor de 1.
- Cuando produce impactos entre 5 a 10 años producirá el valor de 5.
- Cuando produce impactos mayores a 10 se usará el valor de 10

- **Matriz Bondad de Impacto**

Se usa esta matriz para valorar si las diferentes actividades de la obra producen impactos negativos.

Se usan los siguientes valores:

- Cuando no se produce afectación en algún factor ambiental se utiliza el valor (0).
- Si la afectación a los factores ambientales es negativa se colocará un (-1).
- Si la afectación a los factores ambientales es positiva se colocará un (+1).

- **Matriz Magnitud de Impacto (M)**

Mediante la siguiente ecuación se calculará la magnitud de impacto de las actividades a los diferentes factores ambientales.

$$M = \pm(I \times F_I + E \times F_E + D \times F_D)$$

$$F_I + F_E + F_D = 1$$

En esta ecuación intervienen las cuatro matrices:

- Intensidad
- Extensión
- Duración
- Bondad de impacto

Se deberá ponderar tres factores los cuales dependerán de la importancia que se le dé a cada una de las matrices de impacto, extensión y duración.

- **Matriz Reversibilidad (R)**

La matriz reversibilidad nos dará una estimación de acuerdo con la recuperación de los factores, las cuales utilizaremos los siguientes valores:

- Si el impacto no es reversible se usará el valor (10).
- Si el impacto es reversible a largo plazo se usará el valor (8)
- Si el impacto es parcialmente reversible se usará el valor (5)
- Si el impacto es muy reversible se usará el valor (1)
- Si el factor ambiental no es afectado por las actividades se colocará el valor (0).

- **Matriz Riesgo (Rg)**

Permitirá calcular el riesgo que causará cada actividad sobre los factores ambientales.

Se utilizarán los siguientes valores:

- Si la actividad realizada presenta un riesgo muy alto para el factor ambiental se colocará el valor de (10).
- Si la actividad realizada presenta un riesgo intermedio para el factor ambiental se colocará el valor de (5).
- Si la actividad realizada presenta un riesgo bajo para el factor ambiental se colocará el valor de (1)

- **Matriz Valoración de Impacto Ambiental (VIA)**

Mediante la siguiente ecuación se podrá calcular el impacto total provocado por cada actividad sobre cada factor ambiental.

En la que se mide utilizando las matrices de:

- Matriz Magnitud de Impacto
- Matriz Reversibilidad
- Matriz Riesgo

A cada matriz se le asignara un factor los cuales se ponderan dependiendo del proyecto que se realice.

$$VIA = (R_V)^{F_{RV}} \times (R)^{F_{Rg}} \times |M|^{F_M}$$

$$F_M + F_{RV} + F_{Rg} = 1$$

- **Matriz de Rango de Significancia**

Con esta matriz se podrá tener una significancia de los valores obtenidos en la matriz de valoración de impacto ambiental, en el cual se utilizan los siguientes rangos:

- Impacto neutro= 0
- Impacto Bajo= 1-4
- Impacto medio= 5-7
- Impacto alto= 8-10

6.7.1 Fase de construcción

Tabla XXXVI. Fase de construcción matriz de intensidad

MATRIZ INTENSIDAD																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES / RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCION	Limpieza y Desbroce	5	0	6	6	4	5	5	0	5	0	9	0	7	9	6	9
	Excavación y Movimiento de tierra	5	5	5	6	4	5	5	0	5	0	7	0	0	5	6	8
	Relleno	5	5	5	4	4	5	5	0	5	0	0	0	0	5	6	0
	Compactación	5	0	4	6	6	5	0	0	5	0	0	0	0	5	6	0
	Transporte de Material	0	0	0	0	0	5	5	0	5	0	0	0	0	5	6	0
	Armado de hierro	0	0	0	0	0	5	0	5	5	0	0	0	0	4	6	0
	Construcción de encofrados	0	0	0	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0	6	6	0
	Hormigonado de encofrado	5	0	0	5	5	5	5	0	5	0	0	0	0	5	6	0
	Colocación de tubería PVC	0	0	4	5	5	1	0	0	5	0	0	0	0	8	0	0
Instalación de tuberías	0	0	4	5	5	1	0	0	5	0	0	0	0	8	0	0	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XXXVII. Fase de construcción matriz extensión

MATRIZ EXTENSION																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCION	Limpieza y Desbroce	5	0	5	5	5	5	5	0	5	0	5	5	5	5	5	5
	Excavación y Movimiento de tierra	5	5	1	5	5	5	5	0	1	0	5	0	0	5	5	5
	Relleno	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	5	0	0
	Compactación	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0
	Transporte de Material	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	Armado de hierro	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
	Construcción de encofrados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0
	Hormigonado de encofrado	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	5	0	0
	Colocación de tubería PVC	0	5	1	5	5	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0
Instalación de tuberías	0	5	1	5	5	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XXXVIII. Fase de construcción matriz duración

MATRIZ DURACION																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCION	Limpieza y Desbroce	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
	Excavación y Movimiento de tierra	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
	Relleno	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Compactación	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	Transporte de Material	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Armado de hierro	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	Construcción de encofrados	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	Hormigonado de encofrado	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	Colocación de tubería PVC	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Instalación de tuberías	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XXXIX. Fase de construcción matriz bondad de impacto

MATRIZ BONDAD DE IMPACTO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCION	Limpieza y Desbroce	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	1	-1	-1
	Excavación y Movimiento de tierra	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	1	-1	-1
	Relleno	-1	0	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
	Compactación	-1	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	-1	0
	Transporte de Material	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0
	Armado de hierro	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	1	-1	0
	Construcción de encofrados	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0
	Hormigonado de encofrado	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	1	-1	0
	Colocación de tubería PVC	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Instalación de tuberías	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XL. Fase de construcción matriz magnitud de impacto

MATRIZ MAGNITUD DE IMPACTO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCIÓN	Limpieza y Desbroce	-3.4	0	0	-3.7	-3.1	-3.4	-3.4	0	-3.4	0	-4.6	0	-4	4.6	-3.7	-4.6
	Excavación y Movimiento de tierra	-3.4	-3.4	-2.2	-3.7	-3.1	-3.4	-3.4	0	-2.2	0	-4	0	0	3.4	-3.7	-4.3
	Relleno	-2.2	0	-2.2	0	0	-1.8	-2.2	0	0	0	0	0	0	3.4	-1.8	0
	Compactación	-2.2	0	-1.6	0	0	-1.9	0	0	-2.2	0	0	0	0	3.4	-1.8	0
	Transporte de Material	0	0	0	0	0	-1.8	0	0	-1.8	0	0	0	0	2.2	0	0
	Armado de hierro	0	0	0	0	0	-1.9	0	-1.8	0	0	0	0	0	1.9	-2.5	0
	Construcción de encofrados	0	0	0	0	0	-0.4	0	0	-2.2	0	0	0	0	3.7	0	0
	Hormigonado de encofrado	-2.2	0	0	-1.8	-1.8	-2.2	-2.2	-0.4	-2.2	0	0	0	0	3.4	-1.8	0
	Colocación de tubería PVC	0	-1.9	-1.5	-3.4	-3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3	0	0
Instalación de tuberías	0	-1.9	-1.5	-3.4	-3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3	0	0	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XLI.
Factores
Impacto

FACTORES	
F. INTENSIDAD	0.3
F. EXTENSION	0.3
F. DURACIÓN	0.4

Fuente: Briones
J., Macías E.,
2017

Tabla XLII. Fase de construcción matriz reversibilidad

MATRIZ DE REVERSIBILIDAD																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCIÓN	Limpieza y Desbroce	1	0	1	5	5	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	Excavación y Movimiento de tierra	1	1	5	5	5	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	Relleno	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Compactación	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Transporte de Material	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Armado de hierro	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Construcción de encofrados	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Hormigonado de encofrado	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Colocación de tubería PVC	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Instalación de tuberías	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XLIII. Fase de construcción matriz riesgo

MATRIZ DE RIESGO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCION	Limpieza y Desbroce	5	0	10	10	10	5	5	0	5	0	10	0	10	10	1	10
	Excavación y Movimiento de tierra	5	5	10	10	10	5	5	0	5	0	10	0	10	10	0	10
	Relleno	5	0	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	10	0	0
	Compactación	5	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	10	0	0
	Transporte de Material	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0
	Armado de hierro	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	5	0	0
	Construcción de encofrados	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	10	0	0
	Hormigonado de encofrado	5	0	0	5	5	5	5	0	5	0	0	0	0	10	0	0
	Colocación de tubería PVC	0	10	0	10	10	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0
	Instalación de tuberías	0	10	0	10	10	5	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XLIV. Fase de construcción matriz de valoración de impacto ambiental (VIA)

MATRIZ VALORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (VIA)																		
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO			
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO		SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE	
CONSTRUCCIÓN	Limpieza y Desbroce	2.54	0.00	0.00	4.94	4.52	2.54	2.54	0.00	2.54	0.00	3.40	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00	26.21
	Excavación y Movimiento de tierra	2.54	2.54	3.81	4.94	4.52	2.54	2.54	0.00	2.05	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.67
	Relleno	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90
	Compactación	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.99
	Transporte de Material	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85
	Armado de hierro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75
	Construcción de encofrados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87
	Hormigonado de encofrado	2.05	0.00	0.00	1.85	1.85	2.05	2.05	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.83
	Colocación de tubería PVC	0.00	2.18	0.00	2.92	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.03
Instalación de tuberías	0.00	2.18	0.00	2.92	2.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.03	
		11.23	6.91	3.81	17.58	16.74	13.66	7.13	1.85	10.53	0.00	6.57	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XLV.
Factores VIA

FACTORES	
F. MAGNITUD	0.5
F. REVERSIBILIDAD	0.3
F. RIESGO	0.2

Fuente: Briones
J., Macías E.,
2017

Tabla XLVI. Fase de construcción matriz de rangos de significancia

MATRIZ RANGO DE SIGNIFICANCIA																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
CONSTRUCCION	Limpieza y Desbroce	B	N	B	M	B	B	B	N	B	N	B	N	B	N	N	N
	Excavación y Movimiento de tierra	B	B	B	M	B	B	B	N	B	N	B	N	N	N	N	N
	Relleno	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Compactación	B	N	N	N	N	B	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N
	Transporte de Material	N	N	N	N	N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N
	Armado de hierro	N	N	N	N	N	B	N	B	B	N	N	N	N	N	N	N
	Construcción de encofrados	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Hormigonado de encofrado	B	N	N	B	B	B	B	N	B	N	N	N	N	N	N	N
	Colocación de tubería PVC	N	B	N	B	B	B	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N
Instalación de tuberías	N	B	N	B	B	B	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

6.7.2 Fase de operación

Tabla XLVII. Fase de operación matriz intensidad

MATRIZ INTENSIDAD																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
OPERACIÓN	Mantenimiento de vías de acceso	9	0	0	8	8	6	0	0	8	0	0	0	0	7	8	0
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	6	9	5	6	6	0	5	0	5	0	0	0	0	8	9	0
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	8	8	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	0
	Limpieza de bombas	7	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0
	Mantenimiento de infraestructura	5	0	0	0	0	8	0	8	0	0	0	0	0	8	6	0
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	8	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XLVIII. Fase de operación matriz extensión

MATRIZ EXTENSION																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
OPERACION	Mantenimiento de vías de acceso	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Limpieza de bombas	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Mantenimiento de infraestructura	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla XLIX. Fase de operación matriz duración

MATRIZ DURACION																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
OPERACION	Mantenimiento de vías de acceso	10	0	0	10	10	10	0	0	10	0	0	0	0	10	10	0
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	10	10	10	10	10	0	10	0	10	0	0	0	0	10	10	0
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	10	10	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0
	Limpieza de bombas	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0
	Mantenimiento de infraestructura	10	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	10	10	0
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla L. Fase de operación matriz impacto

MATRIZ BONDAD DE IMPACTO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
OPERACIÓN	Mantenimiento de vías de acceso	-1	0	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	-1	0
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	1	-1	0
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
	Limpieza de bombas	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
	Mantenimiento de infraestructura	-1	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	1	-1	0
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LI. Fase de operación matriz magnitud de impacto

MATRIZ MAGNITUD DE IMPACTO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO								BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO			
		AGUA		SUELO		AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL		
		S U P E R F I C I A L	S U B T E R R A N E A	G E O M O R F O L O G I A	C A L I D A D	C A P A C I D A D	C A L I D A D	P O L Y O	G A S	V I B R A C I O N E S / R U I D O	A C U A T I C A	T E R R E S T R E	A C U A T I C A	T E R R E S T R E	E M P L E O	S A L U D	P A I S A J E
O P E R A C I O N	Mantenimiento de vías de acceso	-7.00	0.00	0.00	-6.70	-6.70	-6.10	0.00	0.00	-6.70	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40	-6.70	0.00
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	-6.10	-7.00	-5.80	-6.10	-6.10	0.00	-5.80	0.00	-5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	6.70	-7.00	0.00
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	-6.70	-6.70	0.00	-6.10	-6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40	-7.00	0.00
	Limpieza de bombas	-6.40	0.00	0.00	-6.10	-6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.70	-6.70	0.00
	Mantenimiento de infraestructura	-5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.70	0.00	-6.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.70	-6.10	0.00
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	-6.70	0.00	0.00	-6.10	-4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10	-6.10	0.00

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LII.
Matriz
magnitud de
impacto

FACTORES	
F. INTENSIDAD	0.3
F. EXTENSION	0.3
F. DURACION	0.4

Fuente:
Briones J.,
Macías E.,
2017

Tabla LIII. Fase de operación matriz reversibilidad

MATRIZ DE REVERSIBILIDAD																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
OPERACIÓN	Mantenimiento de vías de acceso	5	0	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	5	5	5	5	5	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	5	5	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Limpieza de bombas	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento de infraestructura	5	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LIV. Fase de operación matriz riesgo.

MATRIZ DE RIESGO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
OPERACIÓN	Mantenimiento de vías de acceso	5	0	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	10	0	0
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	5	5	5	5	5	0	5	0	5	0	0	0	0	10	0	0
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	5	5	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
	Limpieza de bombas	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
	Mantenimiento de infraestructura	5	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	10	0	0
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LV. Fase de operación matriz de valoración de impacto ambiental (VIA)

MATRIZ VALORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (VIA)																		
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO			
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL		
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE	
OPERACION	Mantenimiento de vías de acceso	5.92	0.00	0.00	5.79	5.79	5.52	0.00	0.00	5.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.80
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	5.52	5.92	5.39	5.52	5.52	0.00	5.39	0.00	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.64
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	5.79	5.79	0.00	5.52	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.62
	Limpieza de bombas	5.66	0.00	0.00	5.52	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.70
	Mantenimiento de infraestructura	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	5.79	0.00	5.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.83
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	5.79	0.00	0.00	5.52	4.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.95
		34.06	11.70	5.39	27.88	26.99	11.31	5.39	5.66	11.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

**Tabla LVI.
Factores VIA**

FACTORES	
F. MAGNITUD	0.5
F. REVERSIBILIDAD	0.3
F. RIESGO	0.2

Fuente:
Briones J.,
Macías E.,
2017

Tabla LVII. Fase de operación matriz de rangos de significancia.

MATRIZ RANGO DE SIGNIFICANCIA																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
OPERACIÓN	Mantenimiento de vías de acceso	M	M	N	M	M	M	N	N	N	M	N	N	N	N	N	N
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	M	M	B	M	M	N	B	N	N	B	N	N	N	N	N	N
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	M	M	N	M	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Limpieza de bombas	M	N	N	M	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Mantenimiento de infraestructura	B	N	N	N	N	M	N	N	M	N	N	N	N	N	N	N
	Mantenimiento de mecanismo controlador del sistema	M	N	N	M	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

7.1. Fase de demolición

Tabla LVIII. Fase de demolición matriz intensidad

MATRIZ INTENSIDAD																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES / RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	9	8	0
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0	5	5	5	5	5	0	5	5	0	0	0	0	9	5	0
	Desinstalación de planta de tratamiento	5	10	5	5	5	5	0	5	5	0	0	0	0	9	6	0
	Desinstalación de equipo de controles	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
	Demolición de la infraestructura	8	0	0	5	5	8	8	8	10	0	0	0	0	9	4	0
	Transporte de materiales de desecho	7	0	0	0	0	5	5	0	5	0	0	0	0	5	0	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LIX. Fase de demolición matriz extensión

MATRIZ EXTENSION																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	5	5	5	10	10	5	5	5	0	0	0	0	0	1	5	0
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Desinstalación de planta de tratamiento	5	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Desinstalación de equipo de controles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Demolición de la infraestructura	5	5	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Transporte de materiales de desecho	5	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LX. Fase de demolición matriz duración

MATRIZ DURACION																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRESTRE	ACUATICA	TERRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	5	0
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Desinstalación de planta de tratamiento	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Desinstalación de equipo de controles	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Demolición de la infraestructura	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	Transporte de materiales de desecho	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LXI. Fase de demolición matriz impacto.

MATRIZ BONDAD DE IMPACTO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	1	-1	0
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	1	-1	0
	Desinstalación de planta de tratamiento	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	0	1	-1	0
	Desinstalación de equipo de controles	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Demolición de la infraestructura	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	1	-1	0
	Transporte de materiales de desecho	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	1	0	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LXII. Fase de demolición matriz magnitud de impacto.

MATRIZ MAGNITUD DE IMPACTO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO								BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO			
		AGUA		SUELO			AIRE			FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL		
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	-4.90	-4.90	-4.90	-6.40	-6.40	-4.90	-4.90	-4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	-5.90	0.00
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0.00	-2.20	-2.20	-2.20	-2.20	-2.20	0.00	-2.20	-2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	-2.20	0.00
	Desinstalación de planta de tratamiento	-3.40	-3.70	-2.20	-2.20	-2.20	-2.20	0.00	-2.20	-2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	-2.50	0.00
	Desinstalación de equipo de controles	0.00	-1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00
	Demolición de la infraestructura	-4.30	0.00	0.00	-2.20	-2.20	-3.10	-3.10	-3.10	-3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	-1.90	0.00
	Transporte de materiales de desecho	-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.20	-2.20	0.00	-2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

**Tabla LXIII.
Factores
Magnitud**

FACTORES	
F. INTENSIDAD	0.3
F. EXTENSION	0.3
F. DURACION	0.4

Fuente:
Briones J.,
Macías E.,
2017

Tabla LXIV. Fase de demolición matriz reversibilidad

MATRIZ DE REVERSIBILIDAD																
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO	
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	Desinstalación de planta de tratamiento	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	Desinstalación de equipo de controles	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Demolición de la infraestructura	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
	Transporte de materiales de desecho	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LXV. Fase de demolición matriz riesgo

MATRIZ DE RIESGO																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	10	10	5	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0	5	1	5	5	5	0	5	1	0	0	0	0	0	1	0
	Desinstalación de planta de tratamiento	5	5	0	5	5	5	0	5	1	0	0	0	0	0	5	0
	Desinstalación de equipo de controles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Demolición de la infraestructura	1	0	0	0	0	5	10	1	10	0	0	0	0	0	1	0
	Transporte de materiales de desecho	0	0	0	0	0	5	5	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LXVI. Fase de demolición matriz de valoración de impacto ambiental.

MATRIZ VALORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (VIA)																		
FASE	ACTIVIDADES	FISICO								BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO				
		AGUA		SUELO			AIRE			FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL			
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GASES	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD		PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	3.51	3.51	3.05	4.01	4.01	3.51	3.51	3.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85	0.00	32.46
	Desinstalación y Retirada de tuberías	0.00	2.05	1.48	2.05	2.05	2.05	0.00	2.05	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	0.00	14.68
	Desinstalación de planta de tratamiento	2.54	2.65	0.00	2.05	2.05	2.05	0.00	2.05	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	17.05
	Desinstalación de equipo de controles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Demolición de la infraestructura	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	2.43	2.79	1.76	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	13.48
	Transporte de materiales de desecho	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	2.05	0.00	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.58
		8.13	8.21	4.54	8.10	8.10	12.08	8.35	9.36	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.89	0.00	

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

Tabla LXVII.
Factores VIA

FACTORES	
F. MAGNITUD	0.5
F. REVERSIBILIDAD	0.3
F. RIESGO	0.2

Fuente:
Briones J.,
Macías E.,
2017

Tabla LXVIII. Fase de demolición matriz de rangos de significancia

MATRIZ RANGO DE SIGNIFICANCIA																	
FASE	ACTIVIDADES	FISICO									BIOLOGICO				SOCIO-ECONOMICO		
		AGUA		SUELO			AIRE				FLORA		FAUNA		ECONOMICO	SOCIAL	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	GEOMORFOLOGIA	CALIDAD	CAPACIDAD	CALIDAD	POLVO	GAS	VIBRACIONES/RUIDO	ACUATICA	TERRRESTRE	ACUATICA	TERRRESTRE	EMPLEO	SALUD	PAISAJE
DEMOLICIÓN	Construcción de botaderos de desecho	B	B	B	B	B	B	B	B	N	N	N	N	N	N	B	N
	Desinstalación y Retirada de tuberías	N	B	B	N	N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	B	N
	Desinstalación de planta de tratamiento	B	B	N	B	B	B	N	B	B	N	N	N	N	N	B	N
	Desinstalación de equipo de controles	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Demolición de la infraestructura	B	N	N	N	N	B	B	B	B	N	N	N	N	N	B	N
	Transporte de materiales de desecho	N	N	N	N	N	B	B	N	B	N	N	N	N	N	B	N

Fuente: Briones J., Macías E., 2017

6.8 Plan de manejo ambiental

Luego de desarrollar las matrices de impacto ambientales, se realizará el siguiente plan de manejo ambiental, en las que se analizará las actividades que provocan mayor impacto, según nuestra matriz de rango de significancia.

6.8.1 Objetivos

- **Objetivos Generales**

Prevenir los daños causados en los factores ambientales, en las diferentes fases de la obra de ingeniería civil.

- **Objetivos específicos**

- Reducir los efectos causado por las obras de ingeniería civil en los factores ambientales.
- Controlar los impactos ambientales negativos en las diferentes fases de la obra.
- Verificar el cumplimiento del plan de manejo ambiental.

6.8.2 Diseño de plan de manejo ambiental

Para el diseño del plan de manejo se deben tomar en cuenta las siguientes medidas:

- Plan de control y prevención de impactos
- Plan de mitigación de daños
- Plan de contingencia
- Plan de capacitación
- Plan de salud ocupacional y seguridad industrial
- Plan de desechos sólidos

6.8.2.1 Plan de control y prevención de impactos.

- **Fase de construcción**

Actividad: Limpieza y desbroce

Grado de daño ambiental: 26.21 impacto alto

Descripción de la medida:

- Al realizar el desbroce se puede producir daños en el suelo debido al sol y las lluvias, por la cual al terminar la obra se deberá restaurar el lugar con la colocación de plantas.

- Se deberá tener el debido cuidado al momento del desbroce evitando la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Se protegerá a los animales cuyo hábitat se vea afectado por esta actividad transportándolo a un lugar que garantice su supervivencia.

Actividad: Excavación y movimiento de tierra

Grado de daño ambiental: 28.67 impacto alto

Descripción de la medida:

- Se deberá señalar el lugar donde se realice la excavación con cintas y señales respectivas.
- Cada personal deberá contar con su respectivo equipo de seguridad, así como el equipo necesario para evitar la contaminación por material particulado.
- Se deberá de tener el equipo necesario como tablestacado para evitar el deslizamiento del terreno debido a suelos con poca estabilidad, principalmente cuando se realicen excavaciones profundas.

Actividad: Hormigonado de encofrado

Grado de daño ambiental: 11,89 impacto alto

Descripción de medidas

- Se deberá tener un lugar específico para el lavado de los materiales que se usen en el hormigonado.
- Los encofrados deberán tener la mínima filtración para evitar la contaminación al suelo y a las aguas subterráneas.

- **Fase de operación**

Actividad: Mantenimiento de vías de acceso

Grado de daño ambiental: 28.80 impacto alto

Descripción de medidas

- Se deberá tener las señales necesarias para realizar el correcto mantenimiento sin que ocurra ningún accidente al personal de la obra.
- Se deberá contar con el equipo de protección personal adecuado como mascarillas y guantes, protección auditiva, chalecos reflectivos.
- Las maquinas utilizadas deberán tener el mantenimiento adecuado para evitar la

contaminación del suelo y la filtración de aceites y derivados del petróleo en aguas subterráneas.

Actividad: Mantenimiento y reparación de tuberías

Grado de daño ambiental: 38.64 impacto alto

Descripción de proyecto

- Tener el mayor cuidado para evitar la filtración de aguas residuales, hacia aguas subterráneas.
- Los desechos deberán ser llevados a un lugar especial para el tratamiento de estos materiales.
- Se deberá ser constante al momento de realizar la limpieza de las tuberías para evitar un taponamiento en las redes del alcantarillado.

Actividad: Mantenimiento de sistemas de tratamiento

Grado de daño ambiental: 22.62 impacto alto

Descripción de proyecto

- Se deberá realizar limpiezas a los equipos de controles y mantenimiento adecuado.
- Se deberá realizar limpiezas a las rejillas del sistema para evitar obstrucciones.

Actividad: Mantenimiento de infraestructura

Grado de daño ambiental: 16.83 impacto alto

Descripción de medida

- No se deberá dejar que los residuos de limpieza lleguen al suelo o cuerpos hídricos.
- El personal deberá tener su protección personal adecuada, para evitar los incidentes.

- **Fase de demolición**

Actividad: Construcción de botaderos de desechos.

Grado de daño ambiental: 32.46 impacto alto

Descripción de medidas

- El botadero se realizará en un lugar autorizado por el municipio y se hará en un lugar apartado de la ciudad.
- Los materiales serán reciclados así se podrán reutilizar y sacarles el máximo provecho a los materiales.

Actividad: Desinstalación y retirada de tuberías

Grado de daño ambiental: 14,68 impacto alto

Descripción de medidas

- Se deberá tener la mínima filtración de residuos en el momento de la desinstalación.
- El personal técnico deberá tener su equipo de protección personal especialmente protectores auditivos, mascarillas etc.
- Se colocará las señales de peligro necesarias en el momento de la desinstalación.

Actividad: Desinstalación de planta de tratamiento

Grado de daño ambiental: 17,05 impacto alto

Descripción de las medidas

- Se deberá de limpiar el área antes de realizar la desinstalación de la planta.
- Se deberá tener la mínima filtración y el máximo de los cuidados con los residuos que puedan quedar en el sistema, los cuales afectan el agua y el suelo.

- El personal deberá contar con el equipo de protección adecuada y verificar que los equipos utilizados para la desinstalación se encuentren en buen estado.

Actividad: Demolición de infraestructura.

Grado de daño ambiental: 13,48 impacto alto

Descripción de medidas

- El personal encargado deberá tener todo su equipo de protección personal, en especial el caso, protección auditiva, mascarillas.
- Se realizará reuniones con la comunidad en el sector para prevenir de lo que sea hará cierta fecha determinada.
- Se colocará la señalización adecuada un día antes u horas de la demolición.
- Se deberá realizar una demolición controlada, tomando las medidas del caso según la norma.

6.8.2.2 Plan de mitigación de daños

Medidas para mitigar los daños causados en la primera fase de la obra.

- **Fase de construcción**

- Todo el personal tendrá el equipo de protección personal adecuado para cada una de las actividades que desempeñe.
- Todas las máquinas y equipos de trabajo serán revisados cada cierto tiempo para garantizar su uso, reduciendo el impacto que estos provocan.
- Cada material químico o desecho peligroso tendrá un lugar específico donde será depositado
- Se colocarán las señales respectivas en toda la obra como señales de peligro, hombres trabajando, entrada, salida etc.

- **Fase de operación**

- Verificar cierta fecha determinada el sistema de alcantarillado para impedir daños en las redes de alcantarillado.
- Limpiar periódicamente el sistema de alcantarillado para impedir que se obstaculicen las redes.
- El personal deberá contar con el equipo de protección personal adecuado para cada actividad que realizara.

- **Fase de demolición**

- El botadero de desechos deberá ser un lugar apartado de la ciudad el cual deberá contar con todas las ordenanzas municipales.
- La demolición de la estructura se realizará de forma controlada la cual disminuirá el impacto sobre el ambiente.

6.8.2.3 Plan de contingencia

- **Fase de construcción**
 - Se realizarán caminos por donde el personal podrá salir del lugar de la obra en caso de emergencia.
 - Se deberá por parte del personal encargado dar a conocer un plan en caso de emergencia.
- **Fase de operación**
 - Todo el personal debe de estar en ciertas horas determinadas para tomar asistencia en caso de emergencias.
 - El personal de seguridad deberá de definir las actividades que pueden ser perjudiciales en el momento del mantenimiento de la planta de tratamiento.

- Mantener la programación de simulacros, de acuerdo con las necesidades del proyecto.
 - Se deberá colocar extintores en las áreas más propensas a incendios. Estos extintores deberán encontrarse en perfecto estado. Se verificará que ninguno esté con la fecha de uso caducada ni se encuentre obstaculizado.
- **Fase de demolición**
 - Definir qué tipo de demolición será la más adecuada para el lugar en donde se ha ejecutado la obra.
 - Definir caminos por donde se podrá evacuar en caso de emergencia.

6.8.2.4 Plan de capacitación

- **Fase de construcción**
 - Capacitar al personal sobre el uso de equipo de protección, así como el uso de cada herramienta de trabajo.
 - Se capacitará el personal en caso de una emergencia.

- Se capacitará al personal para prevenir accidentes dentro de la obra.

- **Fase de operación**

- Se capacitará al personal como realizar un correcto mantenimiento al sistema y a la planta de tratamiento.
- Se capacitará al personal en donde se deberá color los materiales y residuos en el momento del mantenimiento de tuberías, cajas de registro y planta de tratamiento.

- **Fase de demolición**

- Se capacitará al personal sobre cómo se debe realizar la democión de la obra y que sistema se usará.
- Se capacitará al personal sobre el equipo que deberá utilizar en la obra tanto de seguridad personal, como las máquinas de demolición.

6.8.2.5 Plan de salud ocupacional y seguridad industrial

- **Fase de construcción**

- Se realizará el respectivo análisis médico semanal a todo el personal de la obra.
 - Se realizará los fines de semana actividades de recreación a todos los empleados.
 - Se deberá tener una correcta señalización.
 - Se deberá establecer zonas de seguridad y señalización vial para el tránsito peatonal, vehicular y de maquinaria pesada. En todos los casos se respetarán las zonas asignadas.
-
- **Fase de operación**
 - El personal deberá tener un correcto uso del equipo de protección personal.
 - Se deberá realizar análisis médico semanalmente.
 - Delimitar y señalar las áreas de trabajo de tal forma de generar todas las condiciones de seguridad a los obreros: Prohibición, acción obligatoria, precaución, condición segura y equipo contra incendio
 - Se deberá suministrar a cada trabajador y visitante dentro de la obra, un equipo completo de protección personal, que conste de: casco, guantes, tapones auditivos, botas, mascarillas, lentes de protección,

pantalones largos, impermeables, arnés y cualquier otro implemento considerado necesario por el constructor.

- **Fase de demolición**

- Se recibirán charlas de los lugares donde deben colocarse en el momento de la demolición.
- Se deberá usar equipo de protección en especial mascarillas y gafas.

6.8.2.6 Plan de desechos sólidos

- **Fase de construcción**

- Se tendrá botaderos de basuras los cuales estarán apartados de comedores, oficinas y lugar de trabajos.
- Los desechos sólidos no peligrosos no deberán almacenarse o disponerse al aire libre o en recipientes improvisados, especialmente los orgánicos.
- Se reciclará los materiales para luego ser reusado.
- Realizar la entrega del material reciclable a empresas recicladoras y llevar registro de las mismas.

- Se colocarán letrinas sanitarias para el personal de la obra.
- Para evitar la generación de aceites usados y filtros (desechos peligrosos) en el campamento de trabajo, el mantenimiento mecánico de las maquinarias, equipos pesados y vehículos livianos, vinculados con las obras de construcción del proyecto, se deberá realizar en autoservicios o talleres mecánicos autorizados por los organismos respectivos.
- **Fase de operación**
 - Los desechos residuales tendrán un lugar específico para su colocación.
 - Los residuos de limpieza deberán ser colocados en recipientes y llevados a un lugar determinado para dichos materiales.
 - El fiscalizador de las obras de construcción deberá hacer cumplir las medidas recomendadas.
 - Todo el personal que realiza el tratamiento deberá usar trajes especiales de protección para el transporte de estos materiales.

- **Fase de demolición**

- Habilitar un área que sirva de acopio temporal de los escombros generados durante las labores de demolición del proyecto.
- Los desechos químicos y sanitarios serán trasladados a un lugar especial donde puedan tener un tratamiento diferente.
- Evitar acumulaciones innecesarias de los desechos mediante el desalojo oportuno.
- La entrega se realizará únicamente a transportistas y gestores de desechos peligrosos que tengan Licencia Ambiental vigente, bajo la modalidad del "Manifiesto único de entrega, transporte y recepción de desechos peligrosos".

CAPÍTULO 7

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

7.1 Especificaciones técnicas

7.1.1 Replanteo y trazado

- **Descripción de rubro**

Replanteo es la ubicación de un proyecto en el terreno, en base a las indicaciones de los planos respectivos, como paso previo a la construcción.

- **Procedimiento**

Todos los trabajos de replanteo deben ser realizados con aparatos de precisión, tales como teodolitos, niveles, cintas métricas, etc., y por personal técnico capacitado y experimentado. Se deberá colocar mojones de hormigón perfectamente identificados con la cota y abscisa correspondiente y su número estará de acuerdo con la magnitud de la obra y necesidad de trabajo

- **Forma de pago**

El replanteo tendrá un valor de acuerdo con el desglose del precio unitario en metros cuadrados y kilómetros.

7.1.2 Desbroce y Limpieza

- **Descripción de rubro**

Este trabajo consiste en efectuar alguna, algunas o todas las operaciones siguientes: cortar, desenraizar, quemar y retirar de los sitios de construcción, los árboles, arbustos, hierbas o cualquier vegetación comprendida dentro del derecho de vía, las áreas de construcción y los bancos de préstamos indicados en los planos o que orden desbrozar el ingeniero Fiscalizador de la obra.

- **Procedimiento**

Estas operaciones pueden ser efectuadas indistintamente a mano o mediante el empleo de equipos mecánicos.

Toda la materia vegetal proveniente del desbroce deberá colocarse fuera de las zonas destinadas a la construcción en los sitios donde señale el ingeniero Fiscalizador.

- **Forma de pago**

El desbroce se medirá tomando como unidad el metro cuadrado con aproximación de dos decimales.

No se estimará para fines de pago el desbroce que efectúe el Constructor fuera de las áreas de desbroce que se indique en el proyecto, salvo las que por escrito ordene el ingeniero Fiscalizador de la obra.

7.1.3 Excavación de zanja para tubería (incluye desalojo)

- **Descripción de rubro**

Se entiende por excavaciones en general, el remover y quitar la tierra u otros materiales con el fin de conformar espacios para alojar mamposterías, hormigones y otras obras.

- **Procedimiento**

Las excavaciones se realizarán de acuerdo con los datos del proyecto, excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos que tiene que ser superados de conformidad con el criterio del ingeniero Fiscalizador.

- **Forma de pago**

Las excavaciones se medirán en m³., con aproximación de un decimal, determinándose los volúmenes en obra según el proyecto. No se considerarán las excavaciones hechas fuera

del proyecto, ni la remoción de derrumbes originados por causas imputables al Constructor.

7.1.4 Relleno con cama de arena

- **Descripción del rubro**

Se entenderá por "relleno" la ejecución del conjunto de operaciones necesarias para llenar, hasta completar las secciones que fije el proyecto, los vicios existentes entre las estructuras y las secciones de las excavaciones hechas para alojarlas, o bien entre las estructuras y el terreno natural.

- **Procedimiento**

Previamente a la construcción del relleno, el terreno deberá estar libre de escombros y de todo material que no sea adecuado para el relleno.

El material utilizado para la formación de rellenos deberá estar libre de troncos, ramas, etc., y en general de toda materia orgánica. Al efecto el ingeniero Fiscalizador de la obra aprobará previamente el material que se empleará en el relleno, ya sea que provenga de las excavaciones o de explotación de bancos de préstamos.

- **Forma de pago.**

La formación de rellenos se medirá tomando como unidad el metro cúbico con aproximación de un decimal. Al efecto se determinará directamente en la estructura el volumen de los diversos materiales colocados de acuerdo con las especificaciones respectivas y las secciones del proyecto.

7.1.5 Encofrado

- **Descripción del rubro**

Se entenderá por encofrados las formas volumétricas que se confeccionan con piezas de madera, metálicas o de otro material resistente para que soporten el vaciado del hormigón con el fin de amoldarlo a la forma prevista.

- **Procedimiento**

Los encofrados, generalmente contruidos de madera, deberán ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión, resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente en su posición correcta y lo suficientemente impermeable para evitar la pérdida de la lechada.

- **Forma de pago**

Los encofrados se medirán en m², con aproximación de un decimal. Al efecto, se medirán directamente en su estructura las superficies de hormigón que fueran cubiertas por las formas al tiempo que estuvieran en contacto con los encofrados empleados.

7.1.6 **Bombeo**

- **Descripción del proyecto**

Mediante el bombeo se permite mantener controlado el nivel freático, en la cota necesaria para poder realizar el proyecto

- **Procedimiento**

Mediante las características del suelo, el grado de filtración que está presente, el caudal de ingreso los límites de frontera se implementara el sistema de bombeo la cual mantendrá seco el lugar donde se esté realizando la obra.

- **Forma de pago**

Se realizará el pago de este rubro mediante los días que este trabajo, el control de días trabajado será mediante el libro de obra.

7.1.7 Colocación de acero de refuerzo

- **Descripción del rubro**

Se entenderá por colocación de acero de refuerzo el conjunto de operaciones necesarias para cortar, formar, doblar, formar ganchos y colocar las varillas de acero de refuerzo utilizadas para la formación de hormigón armado.

- **Procedimiento**

El Constructor suministrará dentro de los precios unitarios consignados en su propuesta, todo el acero en varillas necesario y de calidad estipulada en los planos, estos materiales deberán ser nuevos y de calidad conveniente a sus respectivas clases y manufactura y aprobados por el ingeniero Fiscalizador de la obra.

El acero usado o instalado por el Constructor sin la respectiva aprobación será rechazado.

El acero de refuerzo deberá ser enderezado en forma adecuada, previamente a su empleo en las estructuras.

Las distancias a que deben colocarse las varillas de acero de refuerzo que se indique en los planos, serán consideradas de centro a centro, salvo que específicamente se indique otra

cosa, la posición exacta, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas deberán ser las que se consignen en los planos.

- **Forma de pago**

La colocación de acero de refuerzo se medirá en kilogramos con aproximación de un decimal.

Para determinar el número de kilogramos de acero de refuerzo colocados por el Constructor, se verificará, el acero colocado en obra con la respectiva planilla de corte del plano estructural.

7.1.8 Pruebas hidrostáticas

- **Descripción del rubro**

Son pruebas de presión que se les realiza a cada tramo de tubería, el fluido que se utiliza para la prueba es el agua.

- **Procedimiento**

Antes de realizar la prueba se observa que no exista obstrucción en las tuberías, este proceso sirve para verificar la funcionalidad del sistema mediante ensayos de presión utilizando agua.

- **Forma de pago**

Este rubro se realizará su pago mediante metros lineales de las tuberías donde es aplicado.

7.1.9 Suministros e instalación de tuberías

- **Descripción del rubro.**

Se entenderá por instalación de tuberías para agua potable el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el Constructor para colocar en los lugares que señale el proyecto y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador de la obra, las tuberías que se requieran en la construcción de sistemas de agua potable, ya se trate de tuberías de asbesto-cemento, hierro fundido, hierro dúctil, hierro negro o galvanizado, plástico y acero.

- **Procedimiento**

El Constructor proporcionará las tuberías de las clases que sean necesarias y que señale el proyecto, incluyendo las uniones que se requieran para su instalación.

El ingeniero Fiscalizador de la obra, previa, la instalación deberá inspeccionar las tuberías y uniones para cerciorarse de que el material está en buenas condiciones, en caso contrario

deberá rechazar todas aquellas piezas que encuentre defectuosas.

El Constructor deberá tomar las precauciones necesarias para que la tubería no sufra daño ni durante el transporte, ni en el sitio de los trabajos, ni en el lugar de almacenamiento. Para manejar la tubería en la carga y en la colocación en la zanja debe emplear equipos y herramientas adecuados que no dañen la tubería ni la golpeen, ni la dejen caer.

- **Forma de pago**

Los trabajos que ejecute el Constructor para el suministro, colocación e instalación de tubería para redes de distribución y líneas de conducción de agua potable serán medidos para fines de pago en metros lineales, con aproximación de un decimal; al efecto se medirá directamente en las obras las longitudes de tubería colocadas de cada diámetro y tipo, de acuerdo con lo señalado en el proyecto y/o las órdenes por escrito del ingeniero Fiscalizador.

No se medirá para fines de pago las tuberías que hayan sido colocadas fuera de las líneas y niveles señalados por el proyecto y/o las señaladas por el ingeniero Fiscalizador de la obra, ni la reposición, colocación e instalación de tuberías que

deba hacer el Constructor por haber sido colocadas e instaladas en forma defectuosa o por no haber resistido las pruebas de presión hidrostáticas.

7.1.10 Instalación de válvulas y accesorios

- **Descripción del rubro.**

Se entenderá por instalación de válvulas y accesorios para tubería de agua potable, el conjunto de operaciones que deberá realizar el Constructor para colocar según el proyecto, las válvulas y accesorios que forman parte de los diferentes elementos que constituyen la obra.

- **Procedimiento**

El Constructor proporcionará las válvulas, piezas especiales y accesorios para las tuberías de agua potable que se requieran según el proyecto y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador.

El Constructor deberá suministrar los empaques necesarios que se requieran para la instalación de las válvulas y accesorios.

Las uniones, válvulas, tramos cortos y demás accesorios serán manejados cuidadosamente por el Constructor a fin de que no se deterioren. Previamente a su instalación el ingeniero

Fiscalizador inspeccionará cada unidad para eliminar las que presenten algún defecto en su fabricación. Las piezas defectuosas serán retiradas de la obra y no podrán emplearse en ningún lugar de la misma, debiendo ser repuestas de la calidad exigida por el Constructor.

- **Forma de pago**

La colocación de válvulas y cajas se medirá en piezas y al efecto se contará directamente en la obra, el número de válvulas de cada diámetro y cajas válvulas completas instaladas por el Constructor, según lo indicado en el proyecto.

No se estimará para fines de pago la instalación de las uniones ya que éstas están comprendidas en la instalación de las tuberías de conformidad a lo indicado en la especificación pertinente.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La construcción de sistemas de tratamiento de agua potable en la parroquia Limonal tendrá efectos positivos en varios aspectos, que incluyen la mejora de calidad de vida de los pobladores.

Se ha aplicado una metodología para el diseño de los elementos principales de los sistemas de abastecimiento de agua potable, empleándose una tecnología apropiada para las condiciones climatológicas locales, de mantenimiento sencillo y con el medio ambiente.

Se logró plantear y analizar tres alternativas de diseño, se seleccionó la alternativa que contempla la construcción de una planta de tratamiento para toda la parroquia Limonal.

Se elaboró las especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada.

Se determinó el Presupuesto de obras a ejecutar.

RECOMENDACIONES

El proceso constructivo debe ser realizarlo en la temporada sin lluvias, con ello se evita retrasos en obra, ya que las excavaciones serán dificultadas por la presencia del nivel freático.

Debido a que existe un proceso de contaminación de los cauces superficiales por las labores agrícolas, es conveniente tener como una alternativa viable la extracción de agua de acuíferos de pozos profundos.

Es importante un constante monitoreo de la calidad del agua, para adopten las medidas técnicas que garanticen la buena calidad del agua tratada.

Se recomienda un constante mantenimiento de los elementos operacionales de la planta.

Se debe realizar una labor de concientización en las comunidades que habitan en las orillas del río, para que eviten derramar desechos contaminantes al cauce.

Además, se deben realizar campañas para ahorro del agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

Ambiente, M. (2003). *Texto Unificado Legislación Secundaria*. Ecuador.

American Institute of Steel Construction. (1993). *Specification for Structural Steel Buildings*.

Andrés, O. D. (2013). *Diseño de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales de la cabecera parroquial de Mindo, cantón San Miguel de los Bancos, Provincia de Pichincha*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Ávila, P. (2014). *Diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento del cantón Bolívar (Tesis de Pregrado)*. Quito: Universidad Central.

CEC. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.

CEC. (2001). *Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos. Norma CO 10.7-602*. Ecuador.

Cevallos, O. E. (2014). *“Diseños del plan integral de agua potable y aguas servidas en el Recinto las Margaritas del cantón Samborondón en la Provincia del Guayas”*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

CONELC. (2008). *Atlas Solar del Ecuador*. Ecuador: Corporación para la Investigación Eléctrica.

CPE INEN 5 Parte 9-1. (1992). *Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales*. Quito-Ecuador.

CPE INEN 5 Parte 9-2. (1992). *Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales*. . Quito-Ecuador.

Eddy, M. &. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill.

Huerga Pérez, E. (2005). *Desarrollo de alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales mediante el uso de tecnologías limpias dirigidas al reciclaje y/o valoración de contaminantes*. Veracruz.

INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.

Ministerio del Ambiente, República de Colombia. (s.f.). *Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), Definición del nivel de Complejidad y evaluación de la población, la dotación y la Demanda de Agua*.

Molero, J. A. (2008). *“Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac”*. Piura-Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Molina, B. G. (2016). *“Diseño del sistema de alcatarillado de recolección de aguas servidas y planta de tratamiento para beneficio de los habitantes del Recinto el Prado”*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Murillo, T. (s.f.). *Estudio de Impacto Ambiental Ex-Post y Plan de Manejo Ambiental del proyecto: Construcción Operación y mantenimiento del sistema de alcatarillado*. Salitre.

Norma Ecuatoriana de la Construcción . (2014). Cargas (No sísmicas) . En M. d. NEC, *Seguridad Estructural de las Edificaciones*.

Norma Técnica Ecuatoriana. (2010). *Tubos perfilados de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa y accesorios para alcantarillado*. Quito.

Secretaría del Agua. (2012). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos del área rural*.

Secretaría del Agua. (2012). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.

Tchobanoglous, G., & Crites, R. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Bogotá: McGraw-Hill.