



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Soluciones de ingeniería para el sistema de abastecimiento de agua potable y evacuación de las aguas residuales de la Comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche, Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Christian Stalin Loor Morán
Jinson Rolando Melendres Anchundia

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Miguel Ángel Chávez M.Sc Ph.D, director de este trabajo, por su dirección y colaboración en el desarrollo del proyecto integrador. Agradecimiento especial a los profesores de la carrera, que con sus enseñanzas no han permitido lograr esta importante meta. A nuestros familiares, pilares fundamentales y apoyo incondicional a lo largo de nuestras vidas.

Autores

DEDICATORIA

A Dios por llenarnos de Fe; a nuestros padres, por su paciencia, perseverancia, apoyo, y valores impartidos; a nuestros familiares y amigos que siempre han estado presentes para prestar su mano amiga, e impulsarnos en nuestro desarrollo personal y profesional.

Autores

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Miguel Chávez M.Sc Ph.D

Ing. Alby del Pilar Aguilar M.Sc

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Christian Stalin Loor Morán

Jinson Rolando Melendres Anchundia

RESUMEN

En este proyecto, se presentan alternativas para solucionar los problemas de abastecimiento de agua potable, evacuación y tratamiento de aguas residuales de la comuna Febres Cordero, ubicada en la parroquia Colonche, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena.

Los problemas presentes en la comuna se deben a la falta de presión del sistema de abastecimiento que impide una dotación continua de agua potable, además de la ausencia de una red de alcantarillado sanitario para la disposición de aguas residuales. Para lidiar con estos problemas, los habitantes de la comuna deben limitar su consumo de agua a determinadas horas del día, y construir pozos ciegos para la eliminación de aguas residuales.

Se presentan tres alternativas que buscan solucionar estos problemas. Las alternativas incluyen: La instalación de un sistema de bombeo para impulsar el agua hasta un tanque reservorio ubicado en una cota que garantice un abastecimiento adecuado, la rehabilitación de la red existente, el diseño de la red de evacuación de aguas residuales mediante métodos convencionales y no convencionales, y el tratamiento de las mismas mediante el uso de mecanismos efectivos y económicos para el área rural.

En el planteamiento de las alternativas se ha buscado desarrollar soluciones que sean acordes a las necesidades y realidad económica del área de estudio.

El presente estudio está conformado por los siguientes capítulos que se detallan a continuación:

Capítulo 1: En este capítulo se describe la problemática actual dentro del área de interés, se describe brevemente la situación actual de la zona, y se justifica la razón por la que se realiza el estudio.

Capítulo 2: En este capítulo se presenta toda la información recolectada que sirve como base para el planteamiento de soluciones a los problemas de abastecimiento y sanitarios de la comuna Febres Cordero.

Capítulo 3: En este capítulo se detallan las bases de diseño para el desarrollo de las soluciones planteadas para la comuna Febres Cordero.

Capítulo 4: En este capítulo se presentan las alternativas planteadas, y el desarrollo de las mismas como soluciones a los problemas de abastecimiento y saneamiento de la comuna Febres Cordero. Se presentan los diseños hidráulicos y estructurales de los componentes de cada alternativa.

Capítulo 5: En este capítulo se detalla el estudio y plan de manejo ambiental desarrollado para la comuna. Se evalúa el impacto ambiental que tendría el desarrollo de este proyecto a los recursos aire, suelo y agua de la comuna Febres Cordero. Se muestran planes de mitigación y contingencia para minimizar estos impactos y un aproximado del costo de su aplicación.

Capítulo 6: En este capítulo se muestran los presupuestos referenciales de cada una de las alternativas planteadas. Se realiza una evaluación bajo criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales; para seleccionar la alternativa que, bajo el criterio de los autores de este trabajo, tiene la relación costo/beneficio más favorable para la comuna Febres Cordero.

Capítulo 7: En este capítulo se presentan las especificaciones técnicas de los rubros requeridos para la ejecución de las alternativas planteadas.

Finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VII
ÍNDICE GENERAL	IX
SIMBOLOGÍAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXI
CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificación	7
CAPITULO 2.....	10
INFORMACIÓN BÁSICA GENERAL	10
2.1 Localización geográfica y división política	10
2.1.1 División barrial.....	13
2.2 Organización comunitaria	14
2.3 Aspectos naturales	14
2.3.1 Geología e hidrogeología	14
2.3.2 Relieve	16
2.3.3 Topografía.....	17
2.3.4 Hidrografía.....	18
2.3.5 Hidrología.....	19
2.3.6 Clima	20

2.4	Situación económica de la zona	23
2.5	Situación de abastecimiento de agua	24
2.6	Situación sanitaria.....	26
2.7	Índices poblacionales.....	28
2.7.1	Población actual	28
2.7.2	Actividad productiva	29
2.7.3	Educación.....	29
2.7.4	Escolaridad.....	30
2.7.5	Salud.....	30
2.7.6	Servicio de energía eléctrica	31
2.7.7	Recolección de basura.....	31
CAPITULO 3.....	32	
CONSIDERACIONES DE DISEÑO	32	
3.1	Bases del diseño.....	32
3.1.1	Periodo de diseño	32
3.1.2	Población de diseño	33
3.1.3	Nivel de servicio	34
3.1.4	Dotación	36
3.1.5	Variaciones de consumo	38
3.2	Sistema de agua potable	41
3.2.1	Condición actual.....	41
3.2.2	Disposiciones específicas	42
3.2.3	Fórmulas para el diseño de la red	45
3.2.4	Almacenamiento.....	47
3.2.5	Tipos de reservorios de agua potable	47
3.2.6	Capacidad del reservorio	50
3.2.7	Ubicación del reservorio.....	52
3.2.8	Forma del reservorio	54

3.2.9	Consideraciones de diseño del reservorio	55
3.3	Sistema de alcantarillado sanitario	63
3.3.1	Disposiciones generales	63
3.3.2	Sistemas convencionales.....	64
3.3.3	Sistemas no convencionales.....	80
3.4	Sistema de tratamiento de aguas residuales	85
3.4.1	Tanque Imhoff	86
3.5	Modelamiento hidráulico	98
CAPITULO 4.....	100	
DESARROLLO DE ALTERNATIVAS	100	
4.1	Alternativa 1	101
4.1.1	Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento.....	103
4.1.2	Diseño estructural del tanque reservorio.....	125
4.1.3	Tratamiento con biodigestores	187
4.2	Alternativa 2.....	191
4.2.1	Diseño del tanque reservorio.....	192
4.2.2	Diseño de la red de distribución	192
4.2.3	Sistema de alcantarillado sanitario convencional	199
4.2.4	Diseño del bombeo de aguas residuales	233
4.2.5	Diseño del sistema de tratamiento	245
4.3	Alternativa 3.....	258
4.3.1	Diseño del sistema de abastecimiento	258
4.3.2	Sistema de alcantarillad simplificado.....	258
4.3.3	Diseño del bombeo	273
4.3.4	Diseño del sistema de tratamiento	274
CAPITULO 5.....	275	
ESTUDIO Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	275	
5.1.	Antecedentes.....	275
5.2.	Objetivos.....	276

5.2.1.	Objetivo general	276
5.2.2	Objetivos específicos	277
5.3	Descripción general del área de estudio.....	277
5.4	Marco legal	278
5.5	Descripción de la línea base.....	283
5.6	Identificación de impactos ambientales	284
5.7	Evaluación de situación ambiental.....	287
5.7.1	Durante la fase de construcción	287
5.7.2	Durante la fase de operación	296
5.7.3	Durante fase de cierre y desalojo.....	305
5.8	Plan de manejo ambiental	314
5.8.1	Objetivos del pma.....	315
5.9	Estructura del plan de manejo ambiental.....	315
5.10	Presupuesto general.....	322
5.10.1	Alternativa 1	322
5.10.2	Alternativas 2 y 3.....	324
CAPITULO 6.....	326	
COSTO DE LAS ALTERNATIVAS	326	
6.1	Presupuesto referencial alternativa 1.....	326
6.2	Presupuesto referencial alternativa 2.....	328
6.3	Presupuesto referencial alternativa 3.....	333
6.4	Análisis de alternativas	336
CAPITULO 7.....	339	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	339	
7.1	Bombeo e impulsión de agua potable.....	339
7.2	Caseta de control del bombeo de agua potable	348
7.3	Cisterna de bombeo para el sistema de agua potable.....	356
7.4	Distribución de agua potable	356
7.5	Colectores y red terciaria.....	362

7.6 Bombeo e impulsión de aguas residuales 373
7.7 Sistema de tratamiento 374

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXOS

ABREVIATURAS

ACI	American Concrete Institute
AGUAPEN-EP	Agua de la Península Empresa Pública
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
FAE	Fuerza Aérea Ecuatoriana
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NF	Nivel Freático
OM-TZ	Denominación internacional para formación geológica de conglomerados, areniscas y esquistos.
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PCA	Portland Concrete Association
PVC	Policloruro de Vinilo
SS	Sólidos Suspendidos totales
TDH	Total Dynamic Head

SIMBOLOGÍAS

<i>a</i>	:	Altura de placa o muro. m
<i>As</i>	:	Área de acero. cm ²
<i>A_{sreq}</i>	:	Acero requerido. cm ²
<i>AP</i>	:	Agua Potable.
<i>bw</i>	:	Base del elemento, cm
<i>C</i>	:	Coefficiente de pérdida del material.
<i>Cd</i>	:	Coefficiente de deflexión dado en las tablas de la PCA.
<i>cm</i>	:	Centímetro.
<i>Cs</i>	:	Coefficiente de corte dados en las tablas de la PCA.
<i>d</i>	:	Peralte efectivo, cm
<i>f'c</i>	:	Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm ² .
<i>Fr</i>	:	Número de Froude.
<i>fcr</i>	:	Factor de capacidad relativa.
<i>g</i>	:	Gravedad m/s ²
<i>ha</i>	:	Hectárea.
<i>hp</i>	:	Horse Power (caballos de fuerza)
<i>k</i>	:	Coefficiente de presión activa o pasiva, según aplique. Para agua el coeficiente de presión activa $k_a=1$ y para suelo $k_a=(1-\text{sen}\phi)/(1+\text{sen}\phi)$, donde ϕ es el ángulo de fricción del suelo.
<i>km</i>	:	Kilómetro.

l_d	:	Longitud de desarrollo.
m	:	Metro.
mca	:	Metros columna de agua
mm	:	Milímetro.
msnm	:	Metros sobre el nivel del mar
M_x	:	Momento por unidad de ancho a través del eje X, estirando las fibras en la dirección Y cuando la placa o muro está en el plano X-Y
M_y	:	Momento por unidad de ancho alrededor del eje Y, estirando las fibras en la dirección X cuando la placa o muro está en el plano Y-Z.
M_{xy} , M_{yz}	:	Torsión o momentos de giro para la placa o muro en los planos X-Y y Y-Z.
N_u	:	Tensión en la pared larga debido a cortante en pared corta
ρ	:	Cuantía de acero
q	:	Presión en la base de la placa/muro por distribución de carga
s	:	Segundo.
S	:	Pendiente longitudinal de la tubería.
V	:	Cortante (estructuras), velocidad (hidráulica).
V_r	:	Volumen de regulación.
w	:	Peso unitario del suelo o agua.
α	:	Ángulo.
\forall	:	Volumen requerido m ³

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Alcantarilla en la carretera para drenaje de aguas lluvias	27
Figura 2: Canal de conducción de aguas lluvias hacia alcantarillado	28
Figura 3: Tanque elevado, Carmen de Bolívar, Colombia	48
Figura 4: Tanque apoyado circular, México	49
Figura 5: Tanque semienterrado, Córdoba, Argentina	50
Figura 6: Ubicación planteada para el tanque reservorio	53
Figura 7: Tanque rectangular alargado enterrado de forma parcial.....	54
Figura 8: Representación gráfica de condiciones de restricción de carga en un tanque	58
Figura 9: Esquema de tanque sometido a presión hidrostática	60
Figura 10: Esquema de tanque bajo condición de empuje vertical de relleno de suelo	61
Figura 11: Esquema de tanque sometido a empuje vertical de suelo y presión hidrostática	61
Figura 12: Esquema de pozo de inspección convencional de hormigón armado	79
Figura 13: Esquema de acometida domiciliaria de aguas residuales y descarga al colector publico.....	80
Figura 14: Partes de un tanque Imhoff	87
Figura 15: Vista en planta de un tanque Imhoff de una tolva.....	90
Figura 16: Esquema de lecho de secado de un tanque Imhoff.....	95
Figura 17: Esquemas del sistema de bombeo de agua potable	118
Figura 18: Esquema de condición de carga número 1	128
Figura 19: Esquema de condición de carga número 2	128
Figura 20: Esquema de condición de carga número 3	129
Figura 21: Esquema del tratamiento mediante biodigestores.....	187
Figura 22: Extracción de lodos y limpieza del biodigestor	190
Figura 23: Configuración del biodigestor domiciliaria a utilizar	191
Figura 24: Tipos de sifones hidráulicos	217
Figura 25: Esquema de los componentes de un sifón invertido	219
Figura 26: Características de la tubería a la entrada del sifón.....	221
Figura 27: Características de la tubería a la salida del sifón	221
Figura 28: Vista en planta de la longitud de transición a la entrada del sifón	222
Figura 29: Esquema de ahogamiento en la tubería de entrada al conducto del sifon	232
Figura 30: Esquema del sistema de bombeo de aguas residuales.....	245
Figura 31: Entibado metálico para excavaciones profundas	363

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Principales formaciones geológicas presentes en la Parroquia Colonche ..	16
Tabla II: Precipitación histórica total mensual (mm). Datos de la estación meteorológica Colonche.	19
Tabla III: Resumen de precipitaciones medias mensuales (mm) de la estación Colonche	20
Tabla IV: Tipos de clima en la provincia de Santa Elena según el Ministerio de	20
Tabla V: Temperatura media mensual (°C). Datos de la estación meteorológica Colonche	22
Tabla VI: Resumen de temperatura media mensual (°C) para los últimos 13 años ..	22
Tabla VII: Humedad relativa mensual (%). Datos de la estación meteorológica Colonche	22
Tabla VIII: Resumen de humedad relativa mensual (%) para los últimos 13 años ..	23
Tabla IX: Tasas de crecimiento población para la zona rural	34
Tabla X: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua,.....	35
Tabla XI: Consumo promedio diario de agua por individuo en el área rural	36
Tabla XII: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	37
Tabla XIII: Valores de infiltración en tuberías	70
Tabla XIV: Distancia máxima entre pozos de revisión.....	74
Tabla XV: Tiempo de digestión para variaciones de temperatura	92
Tabla XVI: Factor de capacidad relativa para variaciones de temperatura	93
Tabla XVII: Porcentaje de remoción recomendado	97
Tabla XVIII: Concentración de sólidos según tipo de sistema de alcantarillado	98
Tabla XIX: altura de succión total para los escenarios planteados.....	110
Tabla XX: Calculo del TDH para el sistema de bombeo de agua potable	111
Tabla XXI: Potencia requerida para los escenarios evaluados.....	112
Tabla XXII: Arranques por hora de bomba de acuerdo a su potencia	116
Tabla XXIII: Demandas de AAPP por barrios.....	120
Tabla XXIV: Demandas en puntos de abastecimiento de la red actual	120
Tabla XXV: Demandas de AAPP por nodo de abastecimiento para la red actual ..	121
Tabla XXVI: Resumen de presiones estáticas en los puntos de abastecimiento ...	124
Tabla XXVII: Coeficientes de cortante para diferentes	131
Tabla XXVIII: Coeficientes de momento alrededor del eje X en el lado largo.....	137
Tabla XXIX: Momentos flectores de diseño verticales Mux	137
Tabla XXX: Coeficientes de momentos alrededor del eje Y en la dimensión larga	142
Tabla XXXI: Momentos flectores horizontales de diseño Muy	142
Tabla XXXII: Coeficientes de momentos alrededor del eje X en la dimensión corta	150
Tabla XXXIII: Momentos flectores verticales de diseño Mux	150

Tabla XXXIV: Coeficientes de momentos alrededor del eje Y en la dimensión corta	154
Tabla XXXV: Momentos flectores horizontales de diseño Muy	155
Tabla XXXVI: Coef. $M_{tx} = \text{Coef.}M_x + \text{Coef.}M_{xy}$ para momento positivo a lo largo del palmo corto	166
Tabla XXXVII: Coef. $M_{ty} = \text{Coef.}M_y + \text{Coef.} M_{xy} $ para momento positivo a lo largo del palmo largo	166
Tabla XXXVIII: Coef. $M_{tx} = \text{Coef.}M_x - \text{Coef.} M_{xy} $ para momento negativo a lo largo del palmo corto	167
Tabla XXXIX: Coef. $M_{ty} = \text{Coef.}M_y + \text{Coef.} M_{xy} $ para momento negativo a lo largo del palmo largo	167
Tabla XL: Coef. $M_{tx} = \text{Coef.}M_x + \text{Coef.} M_{xy} $ para momento positivo a lo largo del palmo corto	176
Tabla XLI: Coef. $M_{ty} = \text{Coef.}M_y + \text{Coef.} M_{xy} $ para momento positivo a lo largo del palmo largo	177
Tabla XLII: Coef. $M_{tx} = \text{Coef.}M_x - \text{Coef.} M_{xy} $ para momento negativo a lo largo del palmo corto	177
Tabla XLIII: Coef. $M_{ty} = \text{Coef.}M_y + \text{Coef.} M_{xy} $ para momento negativo a lo largo del palmo largo	178
Tabla XLIV: Numero de persona por capacidad del biodigestor	188
Tabla XLV: Dimensiones del biodigestor en función de su capacidad	189
Tabla XLVI: Población abastecida por macrosectores	193
Tabla XLVII: Demandas de agua potable para la nueva red de abastecimiento....	195
Tabla XLVIII: Resultados obtenidos en los nodos de abastecimiento de la red nueva	197
Tabla XLIX: Resultados obtenidos en tuberías de distribución de la red nueva	198
Tabla L: Calculo de crecimiento poblacional anual, demandas de AAPP y descargas de AASS	200
Tabla LI: Distribución poblacional generada por barrios de la comuna Febres Cordero	201
Tabla LII: Distribución poblacional y caudal de aguas residuales por zona de drenaje	201
Tabla LIII: Caudales de diseño por pozo de descarga para alcantarillado convencional.....	205
Tabla LIV: Diseño de la red de colectores del sistema de alcantarillado convencional	208
Tabla LV: Iteración para el cálculo de tirante normal alcantarillado convencional .	209
Tabla LVI: Resultados con condiciones de población proyectada a 20 años en pozos de revisión, alcantarillado convencional.	212
Tabla LVII: Resultados con población proyectada a 20 años en colectores principales, alcantarillado convencional	213

Tabla LVIII: Caudales actuales por pozo de descarga de aguas residuales, alcantarillado convencional.....	215
Tabla LIX: Resultados en colectores principales para el periodo actual, alcantarillado convencional.....	216
Tabla LX: Calculo del TDH para los escenarios de línea de impulsión.....	240
Tabla LXI: Potencia de la bomba para los escenarios de la línea de impulsión.....	241
Tabla LXII: Distribución poblacional para cada tipo de tratamiento de aguas residuales	246
Tabla LXIII: Características de agua residual típica	251
Tabla LXIV: Caudales de diseño para el sistema simplificado	262
Tabla LXXV: Diseño de la red de colectores del sistema de alcantarillado simplificado	264
Tabla LXXVI: Iteraciones para el cálculo del tirante normal alcantarillado simplificado	265
Tabla LXXVII: Resultados con condiciones de población proyectada a 20 años en pozos de revisión, alcantarillado simplificado.....	268
Tabla LXXVIII: Resultados para condiciones de población proyectada a 20 años en colectores, alcantarillado simplificado	269
Tabla LXXIX: Caudales actuales por pozo de descarga, alcantarillado simplificado	271
Tabla LXX: Resultados para el periodo actual en colectores principales, alcantarillado simplificado	272
Tabla LXXI Plan de prevención y control de contaminación.....	316
Tabla LXXII Plan de mitigación de impactos	317
Tabla LXXIII Plan de manejo de desechos	318
Tabla LXXIV Plan de contingencia.....	319
Tabla LXXV Plan de capacitación	320
Tabla LXXVI Plan de seguridad y salud ocupacional	321
Tabla LXXVII Plan de manejo ambiental alternativa 1.....	322
Tabla LXXVIII Plan de manejo ambiental alternativas 2 y 3	324
Tabla LXXIX Presupuesto referencial alternativa 1	326
Tabla LXXX Presupuesto referencial alternativa 2	328
Tabla LXXXI Presupuesto referencial alternativa 3	333
Tabla LXXXII: Tolerancias para prueba de estanqueidad	343

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Vista Satelital de la Comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche, Santa Elena.	11
Grafico 2: División Política de la Parroquia Colonche, Santa Elena	12
Grafico 3: Limite de barrios que conforman la comuna Febres Cordero.....	13
Grafico 4: Formaciones geológicas presentes en la zona de estudio.....	15
Grafico 5: Relieve de la comuna Febres Cordero. Curvas de nivel cada 5m.....	17
Grafico 6: Tipos de clima en la provincia de Santa Elena	21
Grafico 7: Esquema de un sistema convencional de alcantarillado sanitario.....	65
Grafico 8: Red de agua potable existente	102
Grafico 9: Configuración propuesta para el sistema de conducción	105
Grafico 10: Red de distribución actual funcionando con el tanque reservorio	122
Grafico 11: Macrosectores de agua potable.....	193
Grafico 12: Zonas de drenaje de aguas residuales en la comuna Febres Cordero	202
Grafico 13: Trazado de la red de alcantarillado convencional	203
Grafico 14: Áreas de aportación a pozos de inspección del alcantarillado convencional.....	204
Grafico 15: Configuración del sifón invertido.....	226
Grafico 16: Esquema del trazado de línea de impulsión	238
Grafico 17: Trazado de la red de alcantarillado simplificado	260
Grafico 18: Áreas de aportación de aguas residuales por pozo	261

INTRODUCCIÓN

La comuna Febres Cordero se encuentra ubicada al norte de la provincia de Santa Elena, en la parroquia Colonche, a 12 km de la ciudad de Santa Elena, al pie de la Cordillera Chongón-Colonche. Fue fundada el 20 de diciembre de 1927 bajo el nombre de Ciénaga, y renombrada el 22 de febrero de 1938 bajo su nombre actual, según acuerdo ministerial N° 185. En las cercanías de la comuna se encuentra el río conocido como Río Seco, nombre atribuido a la ausencia de agua dentro de su cauce durante los meses de poca precipitación. En la temporada invernal el Río Seco abastece de agua para el riego y la producción agrícola de la comuna Febres Cordero. Otro río cercano es el denominado Febres Cordero, afluente al Río Seco.

La comuna Febres Cordero, cuya población actual es de 2100 habitantes, carece de un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de aguas residuales, debido a esto los propietarios de las viviendas construyen pozos ciegos dentro de sus domicilios. A pesar de que la comuna cuenta con red de agua potable, tiene graves problemas para su abastecimiento, ya que el sistema no cuenta con la presión suficiente para proveer de agua a la comuna de manera ininterrumpida, de hecho, el abastecimiento de agua potable solo es posible durante la madrugada. La línea de abastecimiento de agua potable fue instalada en el año de 2009 por la Empresa Pública

Municipal Mancomunada AGUAPEN-SA, Agua de la Península, por sus iniciales.

El presente trabajo pretende estudiar los problemas de índole social que sufre la comuna Febres Cordero debido al ineficiente sistema de agua potable y la ausencia de alcantarillado sanitario, discernir sus causales y determinar las soluciones de ingeniería, a nivel de prefactibilidad, para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas, a través del análisis exhaustivo de las diferentes alternativas y mecanismos que se puedan implementar para contrarrestarlos.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

Servicios básicos tales como red de agua potable y alcantarillado sanitario son necesidades de primer orden para cualquier comunidad organizada. Por definición, un servicio básico es aquel que provee a la población de recursos, infraestructura y herramientas necesarias para tener una vida saludable.

La Comuna Febres Cordero pertenece a la parroquia Colonche, misma que se constituye como la parroquia más extensa de la provincia de Santa Elena, con 1147.4 km² de superficie (30.45% de la extensión total de la provincia). Se conecta con la ciudad de Santa Elena a través del

desvío Palmar – Colonche - Febres Cordero, separada aproximadamente a 12 km. de la ciudad capital.

Sus límites son: al norte Cascarilla y Eloy Vallejo; al sur Rio Seco; al este Salanguillo; y al oeste Loma Alta.

Cuenta con ocho barrios bien definidos, hacia el Norte se encuentran los barrios 12 de Mayo, 1 de Mayo, 24 de Diciembre y 2 de Noviembre; hacia el Sur de la comuna encontramos los barrios Santa María, 12 de Octubre, 10 de Agosto y Dos Corazones.

La mayoría de las viviendas son construidas de cemento o madera. La comuna se ha desarrollado a ambos márgenes de la carretera principal, única asfaltada; las demás calles de la comuna son de tierra o lastre. Se cuenta con servicios de energía eléctrica y recolección de basura mediante camión recolector. La recolección se realiza dos veces a la semana.

La comuna Febres Cordero pertenece a una gran zona agrícola, en donde destacan los centros poblados de Colonche, que es la cabecera parroquial, Manantial de Colonche, Las Lomas, Las Palmitas, Bambil Desecho, Bambil Collao, Rio Seco y Febres Cordero. Estas comunas cuentan con una red de agua potable que fue instalada en el año de

2009 por la Empresa Pública Municipal Mancomunada AGUAPEN-EP. Otros poblados de la parroquia Colonche como Loma Alta, La ponga, La Unión, El Suspiro, Las Mercedes, Javita, San Marcos, El Paraíso, Manantial de Guangala, entre otras, no disponen de este servicio.

La comuna Febres Cordero no sufre de inundaciones debido a que se encuentran en una zona topográfica favorable, que conduce las aguas naturalmente hacia el Río Seco durante la estación invernal. La comuna no cuenta con un sistema de riego, por lo que solo se siembra en época de lluvia.

El abastecimiento de agua en la comuna Febres Cordero, antes de la instalación de la red de agua potable, era a través de pozos superficiales que se construían cerca de las riberas del Río Seco, a unos dos o tres metros de profundidad. Esta forma de abastecimiento de agua para el consumo no tuvo contratiempos hasta el año de 2005, cuando se empezó a tener problemas, era necesario hacer pozos más profundos para obtener agua, y la calidad de esta no era apropiada para el consumo por sus características: agua salobre y con partículas minerales visibles. Esto hizo imprescindible el contar con un sistema que provea a la población de agua apta para el consumo humano, es así como en el año 2009, finalmente se instaló la red de agua potable.

En la actualidad, la comuna Febres Cordero, cuenta con el sistema de abastecimiento de agua potable que proporciona AGUAPEN-EP, sin embargo, el sistema presenta un sin número de problemas, todos ellos giran en torno a la insuficiente presión del sistema, lo que hace que el agua no llegue hasta las casas de los habitantes de la comuna. Esto se ha convertido en un auténtico problema para la población, que no se puede abastecer del líquido vital utilizando la red durante el día, a pesar de que las cuentas son pagadas para tener un servicio de calidad.

Para sobrellevar la situación, los habitantes de la Comuna optan por utilizar tanques propios que son llenados durante la madrugada, único momento del día en el que hay suficiente presión en la red para abastecer a los pobladores.

En el año de 2014, AGUAPEN-EP, en conjunto con el Ministerio Coordinador de Desarrollo Social y la Secretaria de Gestión de Riesgos, entregó a la presidente de la comuna, Sra. María Caiche Tomalá, dos tanques de PVC (Policloruro de Vinilo) con una capacidad para almacenar aproximadamente 3000 litros de agua, esto para abastecer del recurso a los pobladores cuando el sistema no tiene un funcionamiento adecuado.

Los tanques fueron colocados, uno al Norte y otro al Sur de la comuna, asentados sobre el suelo y protegidos con una cubierta de zinc para impedir que sufran daños por efectos del sol. Los pobladores se abastecen de este tanque cuando escasea el agua, y también es utilizado en tareas que requieren el uso de grandes volúmenes de este recurso como construcción de viviendas, entre otras actividades. El uso y manejo de estos tanques es responsabilidad de la directiva encabezada por la/el presidenta/e en funciones.

No se cuenta con tanque elevado, que probablemente sea la solución más adecuada para resolver la problemática de la comuna con el abastecimiento del agua potable.

La comuna no cuenta con sistema de alcantarillado sanitario, la ausencia de este sistema representa un problema para los pobladores de la comuna quienes han pedido en numerosas ocasiones a las autoridades que se los provea de este servicio. Para la evacuación de las aguas residuales los moradores construyen pozos ciegos en sus domicilios. En general, los pozos son hechos de ladrillos de mampostería, y tienen una profundidad que oscila entre 5 y 6 metros. A la carencia de este sistema se suman otras comunas tales como Las Palmitas, Las Lomas, Bambil Desecho, Bambil Collao, Rio Seco y

Febres Cordero. En la cabecera parroquial Colonche si existe este sistema.

El desarrollo de esta tesis está orientado a presentar alternativas para solucionar los problemas encontrados en el abastecimiento de agua potable y la evacuación y tratamiento de las aguas residuales de la comuna Febres Cordero. Para ello se desarrolla propuestas a nivel de prefactibilidad, que buscan dotar a la población de un servicio de agua potable de calidad y un eficiente sistema para la evacuación de las aguas servidas, teniendo como beneficiarios directos de este trabajo a los moradores de la comuna.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar soluciones, a nivel de prefactibilidad, para los problemas de abastecimiento y saneamiento de la Comuna Febres Cordero.

1.2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar sistemas de abastecimiento de agua potable y evacuación de aguas residuales, que permitan mejorar las

condiciones de vida de los pobladores de la comuna, cumpliendo criterios de diseño normados que garanticen un correcto funcionamiento.

- Calcular y diseñar los elementos que forman parte de los sistemas de abastecimiento y saneamiento propuestos.
- Desarrollar planes de manejo ambiental y de mitigación de impactos a los recursos naturales de la comuna Febres Cordero.
- Presentar los presupuestos referenciales de las alternativas planteadas.
- Seleccionar la alternativa más adecuada bajo criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales.

1.3 Justificación

Es indudable que el agua es un elemento indispensable para la vida, considerado un servicio básico para el desarrollo de una población. Es común observar en comunas como Febres Cordero, y en general en poblaciones de bajos recursos económicos, inconvenientes relacionados con el abastecimiento de agua potable, ya sea por

frecuentes cortes en el servicio o su ausencia total. Otro problema recurrente en estos centros poblados es la evacuación de sus aguas residuales, y es que uno de los problemas más comunes en zonas rurales, es la mala disposición de las aguas residuales.

El progreso en infraestructura básica de la comuna Febres Cordero ha estado condicionado por la falta de planificación, visión técnica, impulso socioeconómico, lineamientos administrativos, planificación gubernamental y carente valor de fortaleza; limitantes para el proceso de desarrollo social.

La demanda de agua potable y la cantidad de desechos generados, son relación directa de la población en el área de estudio, es decir, mientras mayor sea la población, mayor será la demanda de agua y la cantidad de desechos generados y viceversa. La mala disposición de los desechos es uno de los principales causantes del aumento del índice de enfermedades causantes de morbilidad y mortalidad.

La comuna Febres Cordero cuenta con un sistema ineficiente para abastecerse de agua potable y no posee un sistema de evacuación de aguas residuales. A falta de alcantarillado, la eliminación de aguas residuales se realiza por medio de pozos ciegos, siendo este un mecanismo de disposición rudimentario, que se limita a pocos años de

vida útil. La disposición final mediante este sistema representa un alto riesgo ambiental y un peligro para la salud de la población.

En este trabajo se pretende dar soluciones técnicas para el abastecimiento de agua potable y la disposición, recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales, lo que representa un beneficio importante para los habitantes de la comuna, permite cuidar las corrientes superficiales de uso agrícola contra la contaminación y consecuentemente mejorar el nivel de vida. Además, contribuirá a la expansión del sistema hacia otros sectores, disminución del índice de enfermedades, drenaje urbano sostenible, y beneficios sociales a largo plazo.

El interés investigativo de “Soluciones de ingeniería para el sistema de abastecimiento de agua potable y evacuación de las aguas residuales de la Comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche, Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena” se basa en la importancia de plantear y elaborar alternativas ante la problemática actual; además, se convierte en una herramienta base para futuros estudios en la comuna Febres Cordero, y poblados cercanos con problemas similares.

CAPITULO 2

INFORMACIÓN BÁSICA GENERAL

2.1 Localización geográfica y división política

La Comuna Febres Cordero se encuentra ubicada en la parroquia Colonche, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, que se encuentra jurídicamente ubicada en la unidad reconocida como Litoral, y geográficamente se ubica al suroeste del Ecuador. No posee salida al mar, se ubica al pie de la Cordillera Chongón Colonche, y se encuentra hacia el final del eje de centros poblados conformados por

Colonche, Bambil Desecho, Bambil Collao, Rio Seco y Febres Cordero. La comuna limita al norte con Cascarilla y Eloy Alfaro, al sur Rio Seco, al este Salanguillo, y al oeste con Loma Alta.

La comuna Febres Cordero se encuentra ubicada en el centro norte de la parroquia Colonche, misma que limita al norte con la parroquia Manglaralto, al sur con las parroquias Santa Elena y Julio Moreno, al este con la Provincia del Guayas y al oeste con el Océano Pacifico.

La jurisdicción político administrativa de la parroquia Colonche comprende las comunas Jambelí, Monteverde, Palmar, Ayangué, Manantial de Colonche, Bambil Collao, Bambil Desecho, Rio Seco, Febres Cordero, Loma Alta, Bajadita de Colonche, San Marcos, Manantial de Guangala, Cerezal Bellavista, Salanguillo, Las Balsas, Aguadita y Alicanto.

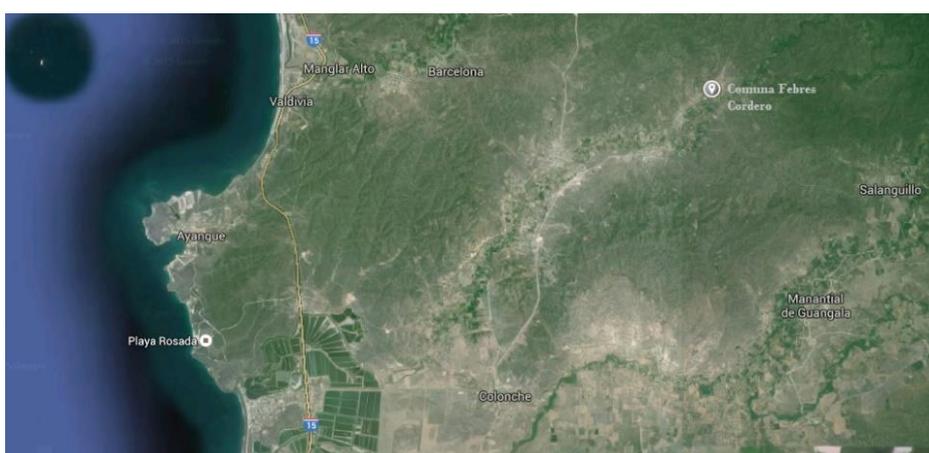


Grafico 1: Vista Satelital de la Comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche, Santa Elena.

Fuente: Google Earth.

La parroquia Colonche está localizada al centro y norte de la provincia de Santa Elena y se constituye como la parroquia más grande la provincia con una extensión territorial de 1'147,400 ha, que representan el 30.45 % de la provincia. (Rivera, 2014). La zona de estudio para este trabajo tiene un área de 38 ha. El área mencionada incluye zonas comunes como parques, canchas y calles. Las comunas más cercanas son Río Seco y Bambil Desecho (ESPOL, 2001)



Grafico 2: División Política de la Parroquia Colonche, Santa Elena

Fuente: Gobierno Parroquial de Colonche

2.1.1 División barrial

La Comuna Febres Cordero está conformada por ocho barrios, estos son: 1 de Mayo, 10 de Agosto, 12 de Mayo, 12 de Octubre, 2 Corazones, 2 de Noviembre, 24 de Diciembre y Santa María.

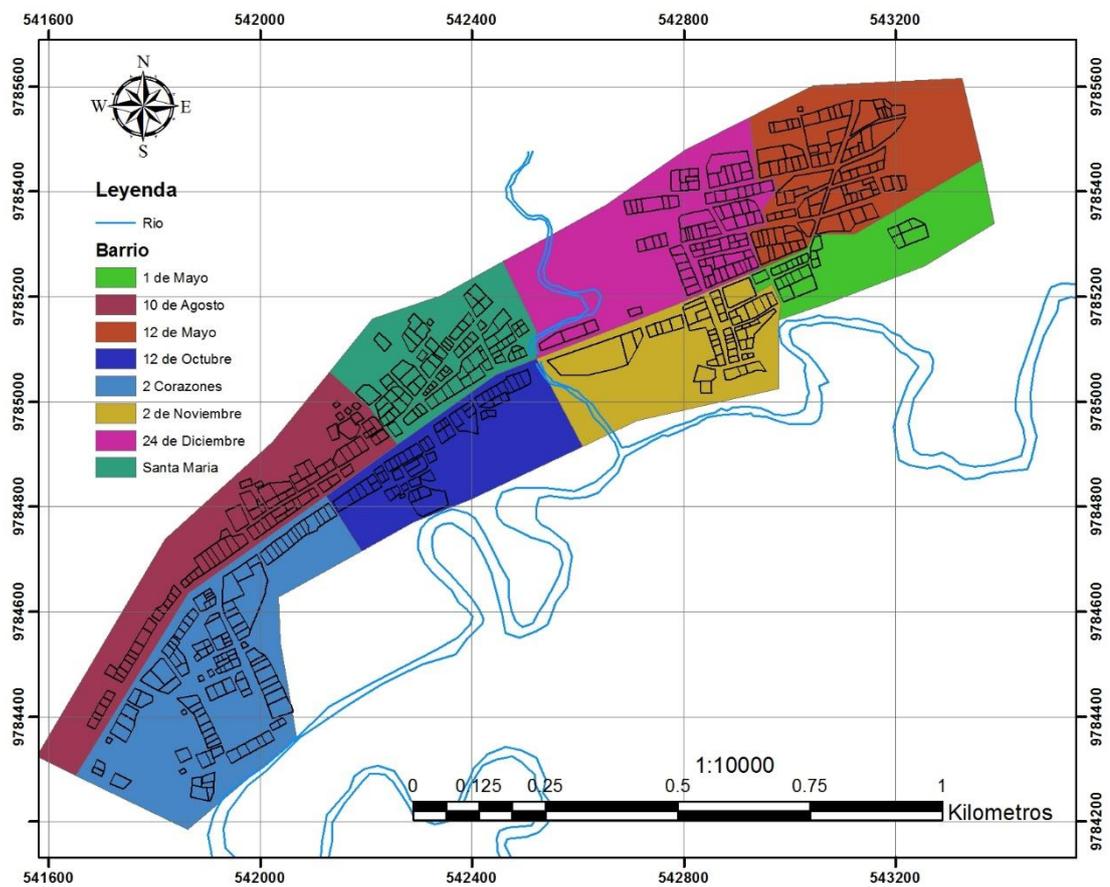


Gráfico 3: Limite de barrios que conforman la comuna Febres Cordero

Fuente: Autores

2.2 Organización comunitaria

La comuna Febres Cordero cuenta con su casa comunal y su junta directiva, que se posiciona cada año. Actualmente está conformada por:

Presidenta:	Sra. María Emelia Caiche Tomalá.
Vicepresidente:	Sr. Ignacio Bautista Tomalá Tomalá.
Tesorera:	Sra. Carmen Tomalá Ramírez.
Síndico:	Sr. Flavio German Tomalá Ramírez.
Secretario:	Lcdo. Johnny Javier Tomalá Pozo.

2.3 Aspectos naturales

2.3.1 Geología e hidrogeología

La parroquia Colonche se encuentra atravesada por diversas formaciones geológicas (Piñón, Cayo, Zapotal, Santa Elena, Angostura) y zonas con sedimentos marinos y arcillas de antiguos estuarios. La comuna Febres Cordero se encuentra atravesada completamente por la formación Zapotal (OM-TZ), misma que consiste en conglomerados, areniscas y esquistos de la edad geológica Oligoceno.

La comuna Febres Cordero cuenta geomorfológicamente con terrazas altas, terrazas bajas y vertientes regulares. La presencia de estas terrazas permiten zonificar la comuna en dos conos: cono norte (conformado por los barrios 1 de Mayo, 12 de Mayo, 24 de Diciembre y 2 de Noviembre), y cono sur (conformado por los barrios Santa María, 12 de Octubre, 10 de Agosto y 2 Corazones).

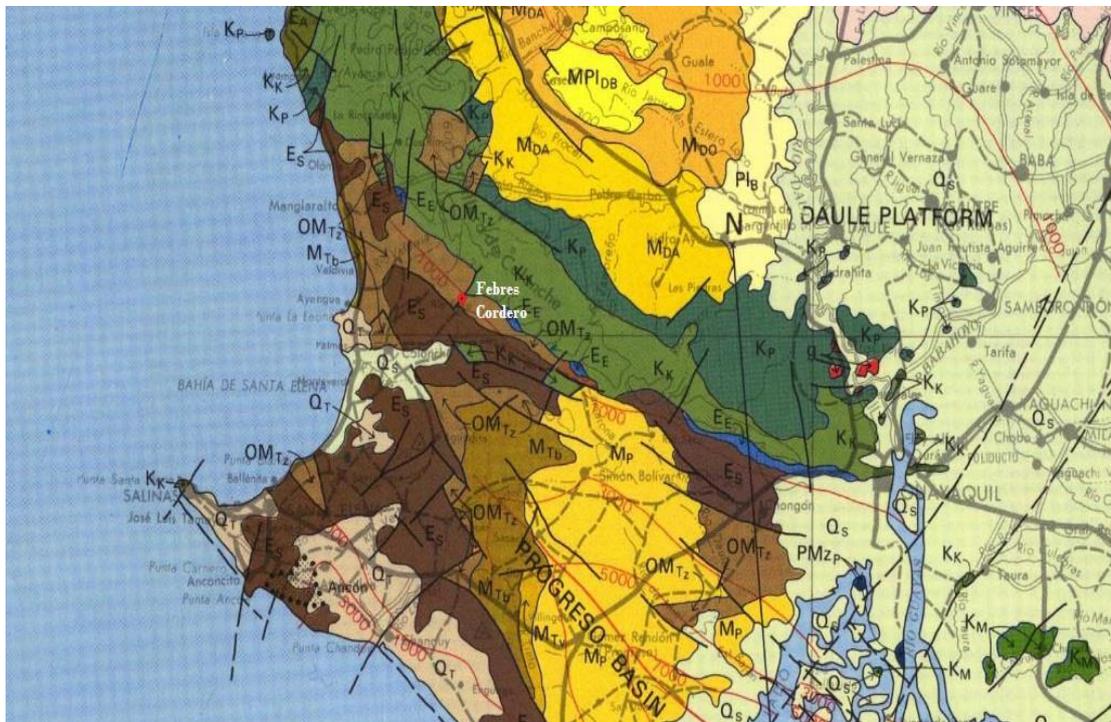


Grafico 4: Formaciones geológicas presentes en la zona de estudio.

Fuente: MAGAP

Tabla I: Principales formaciones geológicas presentes en la Parroquia Colonche

Identificación	Formación	Descripción
Q _S		Sedimentos cuaternarios (marinos, arcillas de estuarios). Periodo Cuaternario.
K _K	Cayo	Chert, argilitas, lutitas, pizarras de tobas, brechas y lavas. Periodo Cretáceo.
K _P	Piñón	Lavas basálticas, tobas y brechas. Periodo Cretáceo.
E _S	Santa Elena	Transición entre Cretáceo y eoceno.
OM-TZ	Zapotal	Conglomerados, areniscas y esquistos. Edad oligocena.
M _{DA}	Angostura	Conglomerados, areniscas y barros. Periodo Mioceno.

Fuente: MAGAP

2.3.2 Relieve

La comuna Febres Cordero corresponde a una zona rural, con cotas de terreno que fluctúan entre 55 m y 112 m sobre el nivel del mar. Las zonas de mayor elevación se encuentran hacia el cono norte, mientras que en el cono sur las elevaciones son menores. Por encontrarse entre estas cotas, la comuna no sufre de inundaciones; a pesar de que en las cercanías se encuentra el Río Seco y el Río Febres Cordero. Es importante recalcar que estos ríos permanecen la mayor parte del año sin flujo de agua, de ahí su nombre. El cauce de los ríos está bien definido y solo tienen caudal durante la época lluviosa (meses de enero,

febrero, marzo y abril). El río no ha sufrido desbordamientos ante eventos extraordinarios como el fenómeno del niño de 1997.

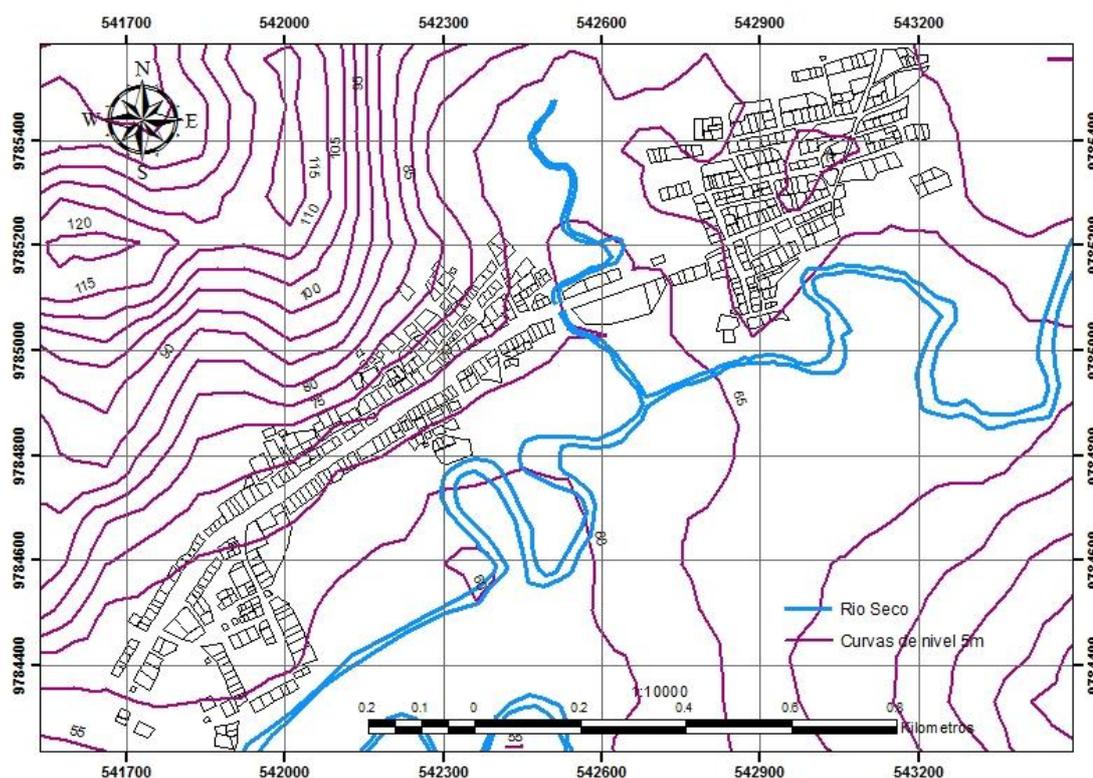


Grafico 5: Relieve de la comuna Febres Cordero. Curvas de nivel cada 5m.

Fuente: Autores

2.3.3 Topografía

El sistema montañoso del sector posee características de planicie en sitios aledaños al río denominado Río Seco, donde se ubican los barrios 12 de Octubre y 2 Corazones. La comuna Febres Cordero se encuentra al pie de la Cordillera Chongón Colonche. Se presentan elevaciones

máximas cercanas a los 115 m en la zona perimetral oeste, donde se encuentran los barrios Santa María y 10 de Agosto.

El terreno en general presenta pendientes que oscilan entre 14% y 3%. Pendientes más fuertes se presentan en las zonas cercanas al pie de la Cordillera Chongón Colonche (puede llegar a ser del 21%). La comuna ha crecido a ambos márgenes de la carretera que constituye el desvío Colonche – Febres Cordero. La carretera tiene una cota mayor que el de las viviendas cercanas (en promedio el desnivel es de 1.20 m).

2.3.4 Hidrografía

La comuna Febres Cordero se encuentra ubicada en las cercanías de los ríos Febres Cordero y Río Seco. Según información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), estos ríos forman parte de la cuenca Hidrográfica del Río Zapotal.

Los ríos Febres Cordero y Río Seco son ríos efímeros, es decir, que poseen agua dentro de su cauce solo en determinadas épocas del año (temporada invernal).

2.3.5 Hidrología

Se obtuvieron datos de precipitación históricos de precipitación total mensual desde el año de 1952 al 2015 de una estación ubicada en Colonche, cabecera comunal de la parroquia del mismo nombre. Esta información corresponde a la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio. Los datos fueron proporcionados por el INAMHI.

Tabla II: Precipitación histórica total mensual (mm). Datos de la estación meteorológica Colonche.

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1952	152.2	123.3	203.1	121.9	100.3	84.6	24.3					
1989	104.4	159.8	182.9	16	8.5	11.6						
1990	9.2	0	0	0	2.4	1	2	0	0			
1991	16.4	159.6	7.4	1.1	0.3	0.4	1	3	0	4.1	0	1.1
1992	2.5	30.5	233.5	271.1	12.1	4.1	0.5	1	0	1.5	3.1	0
1993	14.2	199.8	90.2	6.8	3.2							
1995	14.7	56.2	9.9	0	13.5	0	0	2.2	3.1	11.6	5.3	2
1996	14.5	43.2	27.5	4.7	12.7	7.2	9.2	2	0	3.5	6.4	5.2
1999	14.3	168.2	36	36.8	15	11.4	7.5	17.5	0	7.7	10.1	7.2
2002	0	0										
2003	38.1	95.8	34.3	44.6	27.4	0	4.8	0	0	0	0	0
2004	21.1	59.5	4.6	5.9	16	0	0	2.9	0.9	0	0	0.1
2005	0	33	9.5	19.1	0	0	0	0	0.8	0.8	0	0
2006	28.3	86.6	17.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	35.4	0	60.4	0	0	0	0	0	0	0	9.2	0
2008	156.5	185.9	37.8	6.7	0	0						
2009	0	0	0	5.5	0	0.8						
2010	42	63	9.1	95.6	106.1	0	7.5	1.5	0	19.3	9.3	20.8
2011	21.9	30.4	0	63.4	0	2.7	2.5	8.9	1.9	3.5	0	0.8
2012	217.5	124.5	101.3	48.5	7	0	0.5	0.9	5.1	2.3	5.9	4.2
2013	68	134.6	221.2	0	0	16.6	0	0	0	11.7	4.2	0
2014	71.5	34.8	4	3.6	5.7	0.2	4.1	3.4	10	7.9	0.5	2.5
2015	14	7.8	41.7	100.6								

Fuente: INAMHI

Tabla III: Resumen de precipitaciones medias mensuales (mm) de la estación Colonche

SUM	895.3	1673	1128	733.7	227.5	206.4	160.9	249	145	182	139	69
MED	47.1	88	59.3	36.6	11.9	10.8	8.9	13.8	8	10	7.2	3.6
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAX	217.5	199.8	233.5	271.1	106.1	152.2	123.3	203	122	100	84.6	24.3

Fuente: INAMHI

2.3.6 Clima

El clima en la comuna Febres Cordero es preponderantemente caluroso, con humedad un tanto elevada y lluvias poco frecuentes. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca ha catalogado al clima de la comuna Febres Cordero como tropical megatérmico seco.

Tabla IV: Tipos de clima en la provincia de Santa Elena según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca

Descripción de tipos de clima	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Tropical megatérmico seco	215,774	57.0
Tropical megatérmico árido	149,428	39.5
Tropical megatérmico semihumedo	13,051	3.5
Total	378,253	100.0

Fuente: INAMHI

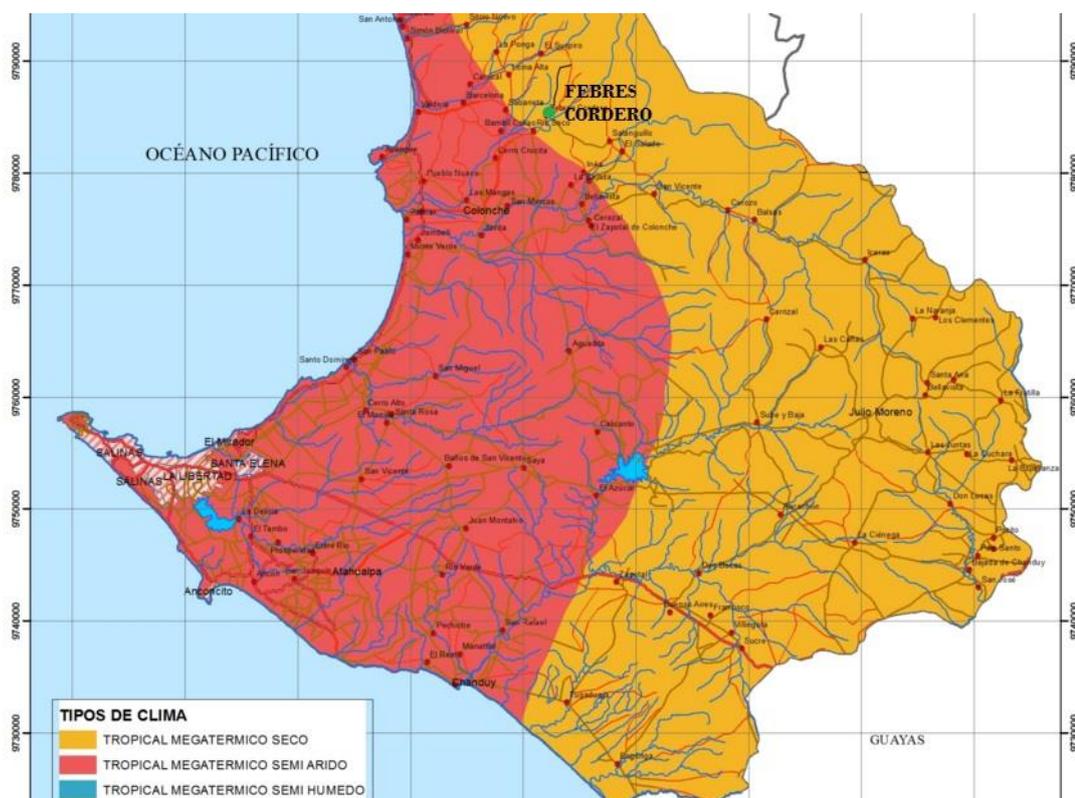


Grafico 6: Tipos de clima en la provincia de Santa Elena
Fuente: INAMHI

Para los últimos 13 años, la temperatura media anual es de 23.7°C (entre 20.4 °C y 27.3 °C), y la humedad relativa es de 82% (entre 74% y 91%), según información proporcionada por el INAMHI.

La distribución de precipitación a lo largo del año tiene valores mayores en los meses de enero a abril, y las precipitaciones medias máximas mensuales ocurren en los meses de febrero y marzo. La precipitación media mensual histórica máxima tiene un valor de 88 mm en el mes de febrero.

Tabla V: Temperatura media mensual (°C). Datos de la estación meteorológica Colonche

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2002	25.4	26.4	21.8									
2003	25.7	26.3	26.6	25.8	25	22.3	21.2	21.9	20.4	22.4	22.4	24.6
2004	25.1	26.5	26.8	25.8	24.6	21.5	20.9	20.7	21.9	22.4	22.2	23.4
2005	25.5	26.1	26.1	27.3	23.6	21.7	21.6	20.8	21	20.9	22.5	23.4
2006	25.5	26.5	26.6	25.2	24	22.6	21.6	22.6				
2008	24.8	25.6	26.1	25.9	23.6	22.9	22.9	22.5	22.2	21.5	22	23.7
2009	25.3	25.8	26.1	25.7								
2010	25.8	26.5	26.8	26.9	25.2	23.1	22.2	20.9	21.6	21.2	21.5	23.9
2011	26.2	26.4	26.9	27.2	25.7	24.8	23.4	21.6	21.6	20.9	21.9	23.6
2012	25.7	26	27	26.9	26	24.8	22.8	21.7	21.8	21.8	22.4	24.1
2013	26.1	26.2	26.5	25.7	22.2	21.1	21.1	21.6	21.4	21.9	23.1	
2014	25.2	25.6	25.7	26	25.4	24.6	23.1	22.2	21.8	22.5	23	24.3
2015	25.4	26.3	26.3	26.9	26.8							

Fuente: INAMHI

Tabla VI: Resumen de temperatura media mensual (°C) para los últimos 13 años

MED	25.5	26.1	26.4	26.2	24.9	23	22	21.4	21.5	21.7	22.2	23.7
MIN	24.8	25.6	25.7	25.2	23.6	21.5	20.9	20.7	20.4	20.9	21.5	23.1
MAX	26.2	26.5	27	27.3	26.8	24.8	23.4	22.5	22.2	22.6	23	24.6

Fuente: INAMHI

Tabla VII: Humedad relativa mensual (%). Datos de la estación meteorológica Colonche

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2002	76	88	84									
2003	78	80	78	76	78	81	84	85	86	84	84	79
2004	77	77	75	77	78	82	87	84	84	83	82	78
2005	78	77	78	74	81	84	83	85	84	85	82	79
2006	79	82	81	76	81	84	86	81				
2007	85	81	78									
2008	81	83	83	78	82	82	82	84	83	84	81	78
2009	81	83	80	76								
2010	80	84	83	81	83	89	87	89	88	90	89	87
2011	83	80	76	78	82	82	81	85	83	84	80	76
2012	77	84	79	80	78	80	80	83	83	83	81	78
2013	78	79	84	79	85	88	84	85	86	87	84	
2014	84	81	81	81	83	85	86	86	84	87	83	83
2015	81	81	84	82	82							

Fuente: INAMHI

Tabla VIII: Resumen de humedad relativa mensual (%) para los últimos 13 años

MED	79	80	80	78	80	83	84	85	84	84	83	80
MIN	76	77	75	74	78	80	80	83	83	81	80	76
MAX	84	84	88	82	83	89	88	89	88	90	89	87

Fuente: INAMHI

2.4 Situación económica de la zona

La principal actividad productiva es la agricultura. La mayor parte de la población se dedica a esta actividad, consiste principalmente en cultivos de melón, sandía, tomate y pimiento. Otros que se realizan en menor proporción son cultivos de mango, limones, toquilla y naranja (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Colonche, 2007).

La actividad agrícola tiene un porcentaje del 80% dentro de la comuna. Un 10% de los habitantes se dedica a la actividad comercial que principalmente se fundamenta en el intercambio de los productos cultivados a otras partes de la península. Mayoritariamente estos productos son para el consumo interno.

Un 40% de las mujeres se dedican a trabajar la tagua, también conocida como nuez de marfil, este producto es comercializado y utilizado principalmente para hacer botones y figuras artísticas.

La cría de ganado bovino y vacuno es para el consumo familiar. La migración ha aumentado en la última década debido a la falta de trabajo, siendo los jóvenes los que más interés muestran en migrar hacia ciudades en busca de mejores oportunidades laborales.

2.5 Situación de abastecimiento de agua

La comuna Febres Cordero, desde el año 2009, cuenta con red de abastecimiento de agua potable que fue instalada por la empresa pública AGUAPEN S.A. La red abastece a toda la población consolidada de la comuna, sin embargo esta presenta problemas en su funcionamiento, principalmente debido a la falta de continuidad y múltiples interrupciones en la dotación del líquido vital a los hogares, lo que hace que la mayor parte del tiempo no se disponga de este servicio básico.

Las horas habituales de disponibilidad de agua se dan en la madrugada, desde las 00h00 hasta cerca de las 05h00 y 06h00 de la mañana (6 horas de servicio en promedio por día), aunque estos horarios son variables. Este tiempo es aprovechado por los habitantes de la comuna para llenar recipientes y tanques con agua, para usarla en el transcurso del día. El problema radica en la falta de presión del sistema.

La comuna Febres Cordero se ubica hacia el final del eje central de poblados alrededor del desvío Palmar - Colonche - Febres Cordero, todos los poblados en este tramo de carretera cuentan con su sistema de abastecimiento de agua potable, misma que es llevada desde la ciudad de Santa Elena hasta estos poblados. El consumo más importante de agua es realizado durante el día y, en el trayecto hasta llegar a la comuna Febres Cordero el acueducto se queda sin presión, imposibilitando un adecuado abastecimiento del líquido vital a la comuna. Durante la madrugada el consumo de agua por parte de los poblados anteriores a Febres Cordero desciende drásticamente lo que hace que el agua llegue con la presión suficiente para permitir el abastecimiento.

Para suplir de alguna manera este déficit en el sistema, en el año 2014, el Ministerio Coordinador de Desarrollo Social y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos entregaron a la presidenta de la comuna dos tanques de PVC con capacidad de almacenamiento de 3000 litros. Estos tanques son usados como reserva de emergencia para todas las personas de la comuna, y también para actividades que requieran uso de grandes volúmenes de agua como la construcción de viviendas.

2.6 Situación sanitaria

La comuna Febres Cordero no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de excretas y residuos líquidos. Cerca del 42% de los habitantes poseen cámaras sépticas para el tratamiento de aguas servidas y el 58 % posee letrinas con arrastre de agua que descargan hasta pozos ciegos (Perero, 2013). Cada predio cuenta con un pozo. Las personas que habitan el predio son responsables de la construcción de los mismos, tienen en promedio una profundidad de 6 metros y están hechos de mampostería en su gran mayoría.

Desde el año 2009, luego de que se instaló la red de agua potable, los habitantes han solicitado al gobierno parroquial de Colonche la instalación de un sistema de alcantarillado sanitario. En 2013, hubo conversaciones con la junta directiva de para tratar este problema, sin embargo no se llegó a un acuerdo.

En cuanto al sistema para evacuación de aguas provenientes de la lluvia, si bien la comuna no cuenta con alcantarillado pluvial, esta no ha sido azotada por problemas relacionados a inundaciones, gracias a la topografía de la zona que favorece el drenaje natural de las aguas hacia los ríos Febres Cordero y Río Seco mediante vertientes y quebradas. La

comuna se ubica al pie de la Cordillera Chongón Colonche, con una topografía que drena naturalmente hacia los ríos mencionados.

La carretera del desvío Colonche – Febres Cordero, línea de comunicación vehicular principal de la comuna, se ubica a una cota superior que la del terreno natural. Para evitar afectaciones en la vía debido a las lluvias en los meses de mayores precipitaciones, se han colocado canales pequeños que transportan el agua pluvial hasta alcantarillas que conducen el agua a través de la carretera en su sentido transversal, para finalmente disponerlas en el cauce del Río Seco.



Figura 1: Alcantarilla en la carretera para drenaje de aguas lluvias

Fuente: Autores



Figura 2: Canal de conducción de aguas lluvias hacia alcantarillado

Fuente: Autores.

2.7 Índices poblacionales

2.7.1 Población actual

De acuerdo a información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), la población consolidada de la comuna Febres Cordero asciende a los 2100 habitantes, misma que será objeto de nuestro estudio.

La comuna Febres Cordero forma parte de la parroquia Colonche. La parroquia Colonche tiene 31,257 habitantes, distribuidos en 7,259 hogares, con un promedio de 4.15 habitantes por hogar (INEC, 2010).

2.7.2 Actividad productiva

La comuna tiene una vocación productiva sesgada hacia la actividad agrícola, más del 34% de su población se dedica a esta actividad en la que se encierra a más de 50 familias dedicadas al cultivo y procesamiento artesanal de la paja toquilla, sin embargo esta actividad carece de asesoría técnica.

Un 51% de las habitantes no posee un trabajo estable y cerca del 7% no trabaja, además 6 de cada 10 mujeres en edad productiva no tienen oportunidades laborales, a esto se suma el hecho de que más del 50% de familias que perciben ingresos económicos viven con menos de \$200 mensuales (Perero, 2013).

2.7.3 Educación

En la comuna existe únicamente un establecimiento educativo, la escuela fiscal Miguel de Letamendi. Este establecimiento cuenta con 6 profesores, las clases inician a las 07h30 y culminan a las 12h30.

La escuela funciona desde el año de 1945 y provee de instrucción primaria y secundaria a los pobladores de la comuna Febres Cordero.

El establecimiento cuenta con tres pabellones de aulas, cerramiento de mampostería y un patio de recreación.

2.7.4 Escolaridad

La mayor parte de la población de la comuna cuenta con instrucción primaria. Cuando los niños terminan la primaria, continúan con la instrucción secundaria, sin embargo pocos logran terminarla, la gran mayoría llega hasta segundo año.

Se estima que la población mayor a 15 años es de un 45%, de los cuales cerca del 20% son analfabetos. El mayor número de analfabetos corresponde a personas de género femenino. (ESPOL, 2001).

Del total de la población, solo el 75% ha culminado la instrucción primaria y el 12% no posee ningún grado de formación educativa (Perero, 2013).

2.7.5 Salud

La comuna Febres Cordero cuenta con un subcentro de Salud, además de un botiquín comunitario y tres enfermeras auxiliares que lo manejan. Los hospitales más cercanos son el de Bambil Desecho que es

apoyado por la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) y el de Bambil Collao que brinda los servicios del seguro Campesino.

Las enfermedades de la piel son las que mayor afectación causa a los pobladores de la comuna. En caso de emergencias importantes los habitantes de la comuna acuden al centro de salud de Santa Elena. Los muertos son enterrados en el cementerio de la Comuna.

2.7.6 Servicio de energía eléctrica

Este servicio existe desde el año de 1967 (ESPOL, 2001), y actualmente abastece a todos los habitantes de la comuna dentro del área de estudio.

2.7.7 Recolección de basura

La comuna cuenta con un sistema de recolección de basura proporcionado por el Municipio de Santa Elena. La recolección se la realiza dos veces por semana. La población está conforme con este servicio.

CAPITULO 3

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

3.1 Bases del diseño

3.1.1 Periodo de diseño

El periodo de diseño se define como el intervalo de tiempo en el que la obra cumple satisfactoriamente su función sin necesidad de ampliaciones. Las obras civiles tales como sistemas de abastecimiento de agua potable, sistemas de regulación y sistemas de alcantarillado sanitario, de acuerdo al Código de práctica del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), serán diseñadas para un periodo de diseño de 20 años.

3.1.2 Población de diseño

La población de diseño es la cantidad de habitantes que se espera tener al final del periodo de diseño de la obra. Para el cálculo de la población futura se va a tomar en consideración el método geométrico, definido de la siguiente manera:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n \quad \text{Ec. 1}$$

En donde:

P_f = Población futura

P_a = Población actual

r = Tasa de crecimiento poblacional

n = Periodo de diseño

La población actual en la Comuna Febres Cordero es de 2100 habitantes. El periodo de diseño de la obra es de 20 años.

No se obtuvieron datos reales de la tasa de crecimiento poblacional de la Comuna Febres Cordero, por lo tanto, para el cálculo de la población de diseño se tomará en consideración los índices de crecimiento geométrico recomendados por el Código de Práctica del MIDUVI, mismos que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla IX: Tasas de crecimiento población para la zona rural

Tasa de Crecimiento Poblacional	
Región Geográfica	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: MIDUVI

La Comuna Febres Cordero está ubicada en la región Costa, por lo tanto la tasa de crecimiento población a adoptar es de 1.5%. Con esta información se calcula la población para el periodo de diseño:

$$P_f = 2100 * (1 + 0.015)^{20}$$

$$P_f = 2828 \text{ habitantes}$$

3.1.3 Nivel de servicio

Se define como nivel de servicio al grado de comodidad y facilidad de acceso que tienen los usuarios a los servicios brindados por el sistema de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos (alcantarillado sanitario). Se establecen los siguientes niveles de servicio en función del tipo de sistema a implementar en el poblado beneficiado:

Tabla X: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, Disposición de excretas y residuos líquidos.

Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos		
Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previsto del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
	EE	
Ia	AP	Grifos Públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología Utilizada: AP: Agua Potable EE: Eliminación de Excretas ERL: Eliminación de Residuos Líquidos		

Fuente: CEC, 2001

La comuna Febres Cordero actualmente cuenta con un sistema de letrinas para la eliminación de excretas. En este trabajo se plantea el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de excretas y residuos líquidos. La población cuenta con una red de abastecimiento de agua potable provista por AGUAPEN S.A., por lo

tanto el nivel de servicio en la comuna Febres Cordero corresponde a IIb.

3.1.4 Dotación

Se trata de determinar la cantidad de agua potable, en promedio, consumida diariamente por cada habitante.

La dotación, se define como la cantidad de agua potable consumida diariamente, en promedio, por cada habitante. La dotación puede ser determinada al inicio y al final del periodo de diseño.

El consumo de agua por habitante en un día en el área rural se puede desglosar como sigue (CEPIS, 2005):

Tabla XI: Consumo promedio diario de agua por individuo en el área rural

Naturaleza	Consumo (L/hab*día)
Bebida	2
Preparación de alimentos	6
Lavado de utensilios	2 – 9
Lavado de manos y cara	5
Baño	10 – 30
Lavado de ropa	11 – 15
Limpieza de recipientes sanitarios	9 – 10
Pérdidas eventuales	6 – 13
Total	50 - 90

Fuente: CEPIS, 2005

De acuerdo a la información recopilada en la visita realizada a la comuna Febres Cordero se pudo determinar una dotación aproximada de 80 L/hab*día.

El código de práctica del MIDUVI (CEC, 2001) recomienda la siguiente tabla para los diferentes niveles de servicio:

Tabla XII: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

Nivel de Servicio	Clima Frio (L/hab*día)	Clima Cálido (L/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: MIDUVI

La comuna Febres Cordero se encuentra en la Provincia de Santa Elena, en la Costa ecuatoriana, donde el clima es cálido durante la mayor parte del año. Analizando la tabla se tiene que, para un nivel de servicio IIb y clima cálido, la dotación recomendada es de 100 L/hab*día.

Para el diseño de los sistemas se adoptará como dotación el valor de 100 L/hab*día por ser un valor más crítico para el diseño.

3.1.5 Variaciones de consumo

En el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, las variaciones en el consumo de agua son un factor importante a tomar en consideración. Son coeficientes que toman en cuenta consumos máximos de agua durante el periodo de diseño.

3.1.5.1 Caudal medio

Es el caudal de agua consumido en promedio diariamente, por cada habitante, al final del periodo de diseño. En el cálculo del caudal medio debe de considerarse pérdidas por fugas. Para sistemas con nivel de servicio IIb, el porcentaje de fugas considerado es del 20%. En el diseño se va a considerar que la dotación adoptada de 100 L/hab*día ya considera fugas. El caudal medio se define por:

$$Q_m = f * (P_f * D) / 86400 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

Q_m = Caudal medio en L/s

f = Factor de fugas

P_f = Población al final del periodo de diseño

D = Dotación en L/hab*día

Con las asunciones hechas anteriormente se procede a calcular el caudal medio.

$$Q_m = 2828hab * 100 \frac{L}{hab} * dia / 86400$$

$$Q_m = 3.27 L/s$$

3.1.5.2 Caudal máximo diario

Se define como el caudal medio consumido por la comunidad en el día de máximo consumo. Se calcula usando la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = k_{md} * Q_m \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal máximo diario en L/s

k_{md} = Factor de mayoración máximo diario o factor pico diario

Q_m = Caudal medio en L/s.

Para todos los niveles de servicio, se considera un factor pico diario de 1.25, entonces:

$$Q_{md} = 1.25 * 3.27 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 4.10 \text{ L/s}$$

3.1.5.3 Caudal máximo horario

Se define como caudal máximo horario como el caudal medio consumido por la comunidad en la hora de máximo consumo. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{mh} = k_{mh} * Q_m \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

Q_{mh} = Caudal máximo horario en L/s

k_{mh} = Factor de mayoración máximo horario o factor pico horario

Q_m = Caudal medio en L/s

Se recomienda el uso de 3.0 como factor pico horario para todos los niveles de servicio en zonas rurales. El caudal máximo horario para la comuna Febres Cordero es:

$$Q_{mh} = 3.0 * 3.27 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 9.82 \text{ L/s}$$

3.2 Sistema de agua potable

3.2.1 Condición actual

La comuna Febres Cordero cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, sin embargo este presenta problemas, el abastecimiento no es continuo y se limita a determinadas horas del día, debido principalmente a la falta de presión del sistema. Durante las horas en que el sistema cuenta con la presión suficiente funciona de forma adecuada.

La solución planteada para resolver el problema de presiones en el sistema contempla la implementación de un tanque de almacenamiento colocado a una cota conveniente que garantice un servicio continuo a los habitantes de la comuna Febres Cordero.

Una disposición fundamental para sistemas de agua potable es que su abastecimiento sea continuo y permanente, además de que el agua debe de cumplir ciertos requisitos de calidad.

3.2.2 Disposiciones específicas

Algunas de las disposiciones específicas para sistemas de abastecimiento de agua potable se listan a continuación:

- La fuente de abastecimiento deberá asegurar un caudal mínimo de 2 veces el caudal máximo diario calculado para el final del periodo de diseño.
- La estructura de captación deberá tener la capacidad de derivar un caudal mínimo equivalente a 1.2 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño.
- Cuando la conducción:
 - No requiere de bombeo, el caudal de diseño será de 1.1 veces el caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño.
 - Requiere bombeo, el caudal de diseño se establecerá en función del número de horas de bombeo y el consumo máximo diario, de acuerdo a lo siguiente:

$$Q_b = 1.05 * Q_{md} * \frac{24 \text{ horas}}{\# \text{ horas de bombeo}}$$

Ec. 5

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo

Q_{md} = Caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño

- Bajo ninguna circunstancia el caudal de diseño de la conducción corresponderá al caudal máximo horario.
- Se tienen dos tipos principales de conducción:
 - Conducción a flujo libre: se usa flujo en tuberías parcialmente llenas durante el 100% del tiempo, evitando velocidades bajas que puedan provocar sedimentación de sólidos o velocidades altas que pueden ocasionar abrasión en la tubería.
 - Conducción forzada: este tipo de conducción se la puede realizar por gravedad o por bombeo. Se debe garantizar que la presión dinámica mínima en la línea de conducción sea de 5 m. Se tomará como diámetro mínimo para la tubería de conducción 1 pulgada (25 mm).

- La planta de potabilización deberá tener una capacidad de 1.10 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del periodo de diseño. Se deberá considerar a la desinfección como tratamiento mínimo de potabilización.
- La capacidad de almacenamiento será el 50% del volumen medio diario futuro. Bajo ningún concepto, el volumen de almacenamiento será inferior a 10 m³.
- La red de distribución de agua potable será diseñada considerando el caudal máximo horario, cualquiera sea el nivel de servicio. Se debe cumplir que:
 - La presión estática máxima será de 40 metros columna de agua (mca)
 - La presión dinámica máxima será de 30 mca
 - La presión dinámica mínima será de 7 mca
 - El diámetro nominal mínimo de las tuberías de la red será de 19 mm (3/4 pulgada)

- La red deberá contar con válvulas que permitan sectorizar zonas para su operación o mantenimiento sin necesidad de tener que suspender el servicio en toda la comunidad.
- La velocidad en los conductos de la tubería debe estar en el intervalo de 0.45 m/s y 3.00 m/s en todos los casos.

3.2.3 Fórmulas para el diseño de la red

Para el diseño de la red de abastecimiento de agua potable se usa el método de Hardi Cross, que es un método iterativo para determinar las condiciones reales en las que está trabajando un conducto del sistema antes una demanda dada.

Mediante este método, una vez conocida la demanda, se distribuyen los caudales en los puntos de demanda. Estos caudales, asumidos en primera instancia, difieren un valor Δ de los caudales reales. Se debe iterar hasta que el valor Δ sea muy cercano a cero. Las formulaciones usadas para la aplicación de este método se detallan a continuación:

Ec. 6

$$S_f = 10.643 * Q^{1.85} * C^{-1.85} * \emptyset^{-4.87}$$

$$V = 0.85 * C * S_f^{0.54} * \left(\frac{D}{4}\right)^{0.63} \quad \text{Ec. 7}$$

$$h_f = S_f * L \quad \text{Ec. 8}$$

$$\Delta = \frac{\sum h_i}{\sum h_i / Q_i} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

S_f = Pérdida de carga unitaria en m/m

Q = Caudal en el conducto en m³/s

C = Coeficiente que depende del material, para PVC es 140

\emptyset = Diámetro del conducto en m

V = Velocidad media en m/s

h_f = Pérdida de energía en el elemento

Δ = Diferencia entre caudal asumido y caudal real

L = Longitud del conducto en m

En cada iteración se debe revisar que se cumplan los criterios antes mencionados de presión estática y velocidad máxima y mínima. En esta sección se presenta el fundamento teórico para el diseño de redes de distribución, sin embargo, para el desarrollo del sistema de abastecimiento y verificación del funcionamiento hidráulico de la red de la comuna Febres Cordero se usará el software WaterCad V8i, cuyo funcionamiento se menciona en la sección 3.5 de este documento.

3.2.4 Almacenamiento

De acuerdo a lo revisado anteriormente, se debe destinar como capacidad de almacenamiento del sistema de abastecimiento de agua potable el 50% del volumen medio futuro diario (CEC, 2001). La solución planteada contempla la instalación de un tanque reservorio de agua potable que sirva como almacenamiento del sistema y que permita proveer del servicio a la comuna Febres Cordero durante las horas en que la presión del sistema no es suficiente.

3.2.5 Tipos de reservorios de agua potable

Los reservorios de agua potable pueden ser; enterrados, apoyados y elevados.

Los **tanques elevados**, como su nombre lo indica, son aquellos que se apoyan sobre una gran estructura construidos como torres, columnas o pilotes, y cuyo uso es esencialmente cuando el abastecimiento se lo realiza por gravedad. Los reservorios pueden tomar forma esférica, cilíndrica y paralelepípedo. (Agüero, 2004)



Figura 3: Tanque elevado, Carmen de Bolívar, Colombia

Fuente: El Universal

Los **tanques apoyados**, cuya forma puede ser rectangular y circular, son aquellos que se colocan y se construyen sobre la superficie del suelo, y cuyo uso específico es para abastecer de agua potable a poblaciones rurales, con capacidades medianas y pequeñas, resultando ser económico y tradicional. (Agüero, 2004)



Figura 4: Tanque apoyado circular, México
Fuente: Rotoplas

Los **tanques enterrados**, también llamados cisternas, son aquellos que se encuentran debajo de la tierra para la conservación del líquido vital frente a los cambios bruscos de temperatura. Por lo general se ubican donde el terreno es favorable y adecuado para el funcionamiento hidráulico de la distribución.

Otro tipo de tanque es **semienterrado**, en el cual una pequeña parte de la estructura se encuentra enterrada y la otra en la superficie, estos tanques se construyen debido a razones topográficas o condiciones de evitar desplazamientos.



Figura 5: Tanque semienterrado, Córdoba, Argentina

Fuente: Atermic

3.2.6 Capacidad del reservorio

3.2.6.1 Determinación del volumen de regulación

De acuerdo a lo establecido por la NEC, el volumen de regulación para una población rural corresponde al 50% del volumen medio diario al final del periodo de diseño y, en ningún caso, corresponderá a un volumen inferior a 10 m^3 (INEN, 1997). Tomando en consideración esta disposición se determina el volumen de regulación de la siguiente manera:

$$V_r = 0.50 * V_{md}$$

Ec. 10

Donde:

V_r = Volumen de regulación en m^3

V_{md} = Volumen medio diario al final del periodo de diseño en m^3

El volumen medio diario se determina considerando el caudal medio determinado en la sección 3.1.5.1:

$$V_{md} = Q_{md} * \frac{86400}{1000} = 3.27 * \frac{86400}{1000} = 282.53 m^3$$

Se determina el volumen de regulación:

$$V_r = 0.50 * 282.53m^3 = 141.27m^3$$

El tanque reservorio debe ser dimensionado de tal manera que sea capaz de almacenar esta cantidad de agua.

3.2.6.2 Reserva para emergencias por incendios

Este volumen se adiciona al volumen de regulación calculado y toma en consideración la eventual ocurrencia de un incendio en la zona de interés. Para poblaciones de menos de 10,000 habitantes no es

necesario y resulta antieconómico proyectar demanda contra incendios (OPS, 2005).

La comuna Febres Cordero cuenta actualmente con 2100 habitantes, y para el final del periodo de diseño se espera una población de 2828 habitantes. No existe actividad industrial importante, por lo tanto no se considerará volumen de reserva contra incendios para el volumen de regulación.

3.2.7 Ubicación del reservorio

El sitio de emplazamiento del reservorio está determinado por la necesidad que tenga la comuna, el criterio de llegar con una presión adecuada a todos los hogares, y la eventual ocurrencia de eventos naturales adversos (Agüero, 2004).

Según su ubicación, los reservorios pueden ser flotantes o de cabecera. Los flotantes son casi siempre elevados, típicos reguladores de presión y su principal característica es que la entrada y salida se realiza por el mismo tubo.

Los reservorios de cabecera son aquellos que se alimentan directamente de la captación y son muy comunes en zonas rurales,

siendo estos por gravedad o bombeo, elevados o apoyados. (OPS y CEPIS, 2004)

Para la ubicación del reservorio se debe considerar la topografía del sector de la comuna, para el caso del reservorio de agua de Febres Cordero, este estará ubicado en la cota 97.00 sobre el nivel del mar, para favorecer la distribución del agua hacia los hogares por gravedad. El punto de ubicación del tanque es céntrico en correspondencia a todo el sector de estudio, como lo muestra la siguiente imagen.



Figura 6: Ubicación planteada para el tanque reservorio

Fuente: Google Earth

3.2.8 Forma del reservorio

El reservorio más usado para zonas rurales es el rectangular apoyado sobre la superficie. Debido a que Santa Elena está ubicada en un sitio de alto riesgo sísmico, el tanque estará empotrado al suelo con una pequeña capa granular para evitar desplazamientos laterales.

El tanque a diseñar es rectangular, de concreto reforzado para resistir las cargas, presiones y esfuerzos generados por el líquido contenido, cuya finalidad será para el abastecimiento de agua potable a la comuna.

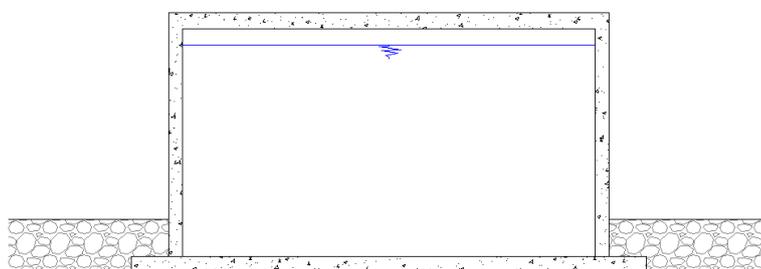


Figura 7: Tanque rectangular alargado enterrado de forma parcial

Fuente: Autores

Las dimensiones del tanque para satisfacer el volumen de regulación requerido para las necesidades de abastecimiento de la comuna Febres Cordero serán: 8 metros de largo, 6 metros de ancho y 4 metros de

altura. Además de se debe considerar un borde libre adicional a la altura seleccionada del reservorio.

3.2.9 Consideraciones de diseño del reservorio

3.2.9.1 Norma ACI 318-11

American Concrete Institute (ACI), es el Instituto Americano del Concreto (significado en español), organización de Estados Unidos que publica normas y requisitos técnicos como requerimientos de diseño para el concreto reforzado.

Se ha elegido esta norma, debido a que proporciona requisitos para diseño sísmico y no sísmico, construcción, mantenimiento de estructuras de Hormigón Armado, métodos de diseño, capacidades y cuantías mínimas para el armado de secciones, combinaciones de carga y formas en que debe estar configurado un elemento, coeficientes para el cumplimiento de resistencia, entre otros, etc.

Para el diseño del tanque se usarán las diferentes fórmulas de cortante, flexión y cuantía para la configuración de la estructura, siendo usados los capítulos 10, 11 y 12 de la norma antes mencionada.

3.2.9.2 Norma ACI 350-06

Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary, es una norma complementaria del ACI enfocada al diseño de elementos contenedores de líquidos hechos de concreto reforzado, mostrando ecuaciones y coeficientes medioambientales y sanitarios usados en la evaluación de cortantes y momentos de diseño. Además, presenta los distintos métodos de diseño y los modelos dinámicos inducidos por cargas sísmicas en tanques rectangulares y circulares.

Las formas y la configuración del reforzamiento de elementos o sus secciones serán analizadas y diseñadas con la norma ACI 318-11, siendo ambas un complemento de la otra.

3.2.9.3 Metodología de diseño de la PCA

El método del PCA (Portland Cement Association) está seccionada en dos partes: Tanques rectangulares de Concreto (Rectangular Concrete Tanks) y Tanques Circulares de Concreto (Circular Concrete Tanks). Este método se basa en tablas y coeficientes cuyo propósito es obtener deflexiones (Cd), cortantes (Cs) y momentos

(M_x, M_y, M_{xy}) para las distintas condiciones de carga, borde, dimensiones y el medio en que se desee diseñar la estructura.

Los coeficientes que posee el PCA están basados en un análisis de elementos finitos de placas bidimensionales sometidas a cargas.

Las tablas que se muestran en el PCA proporcionan información para tanques con paredes continuas cuyas dimensiones son iguales, y también para tanques rectangulares. Para tanques rectangulares es necesario tomar en cuenta las relaciones lado mayor-altura y lado menor-altura para la redistribución de momentos, coeficientes de cortante y deflexión respectiva, teniendo en cuenta la rigideces de los muros. (Arévaio Pulla & Barahona Barahona, 2013)

Para la selección de las tablas se debe tomar en consideración lo siguiente:

- Las condiciones de apoyo. Determinar si la base es apoyada o empotrada, o libre en sus extremos.
- Las relaciones lado mayor-altura (b/a) y lado menor-altura (c/a).

Para la utilización de las tablas correspondientes se debe tener en cuenta la restricción que va a poseer el contenedor, las dimensiones, y las cargas a las que va a estar sometida. Existen tablas para la forma de distribución de carga, siendo uniforme o triangular debido a las presiones que existan en el contenedor. Se muestra a continuación un reservorio con sus lados y base restringida con carga triangular uniforme a uno de sus lados.

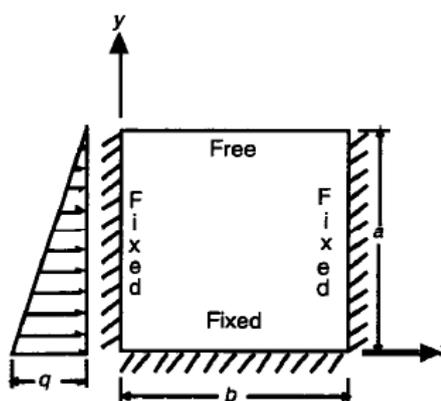


Figura 8: Representación gráfica de condiciones de restricción de carga en un tanque
Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA.

Los coeficientes de deflexión (C_d), cortante (C_s) y momentos (M_{xcoef} , M_{ycoef} , M_{xycoef}) son utilizados para definir los parámetros de diseño a través de las siguientes ecuaciones:

Deflexión:

$$\Delta = \frac{C_d * q * a^2}{1000}$$

Ec. 11

Cortante:

$$Vc = C_s * q * a \quad \text{Ec. 12}$$

Momentos flectores:

$$Mx = \frac{M_x \text{ coef} * q * a^2}{1000} \quad \text{Ec. 13}$$

$$My = \frac{M_y \text{ coef} * q * a^2}{1000} \quad \text{Ec. 14}$$

Momentos torsor

$$Mxy = \frac{M_{xy} \text{ coef} * q * a^2}{1000} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

Δ = Deflexión.

Cd = Coeficiente de deflexión.

Cs = Coeficiente de cortante.

Vc = Cortante en el concreto.

q = Presión en la base de la placa/muro por distribución de carga.

a = Altura de tanque o pared.

Mxcoef, Mycoef, Mxycoef= Coeficientes de momento dadas en la PCA.

Los momentos de torsión y los momentos flectores serán sumados en el caso de análisis de cubierta para el tanque. Para el diseño de las secciones y elementos se debe utilizar los requerimientos de diseño del ACI 318 y los coeficientes sanitarios de ACI 350.

El tanque se diseña para resistir las cargas a las que se encontrará sometido a lo largo de su vida útil. Las condiciones dependen del diseño, los factores medioambientales, la forma de construcción y mantenimiento a la que se encuentre la estructura durante su uso. Un ejemplo de condición de carga un tanque es el siguiente:

Condición de carga 1: análisis sin considerar relleno.



Figura 9: Esquema de tanque sometido a presión hidrostática

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Condición de carga 2: análisis considerando el relleno.



Figura 10: Esquema de tanque bajo condición de empuje vertical de relleno de suelo

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Condición de carga 3: considerando fuerzas de empuje vertical

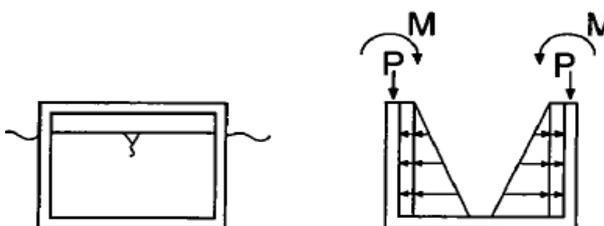


Figura 11: Esquema de tanque sometido a empuje vertical de suelo y presión hidrostática

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Existe una condición o recomendación adicional que expresa que el tanque debe soportar el empuje que le suministra el suelo por debajo de la losa de la base, debido a su peso propio, esto se demuestra a través del factor de seguridad.

El dimensionamiento del tanque debe ser diseñado para la cantidad de agua que se debe almacenar más un borde libre para efectos de no rebose de la capacidad que se desee.

Para el diseño y utilización de las tablas se debe tener definido las relaciones b/a y c/a que corresponden a lado mayor-altura y lado menor-altura respectivamente, así como también las condiciones de restricción a las cuales va a estar sometido el elemento estructural. Una vez definidas las relaciones, se procede a seleccionar el caso en que se encuentra sometido el elemento para proceder a elegir la tabla y los coeficientes respectivos para las relaciones descritas. Ahora para calcular el espesor de las paredes del muro, se utiliza la fórmula de cortante dado por el método, tomando en cuenta los requerimientos de diseño y coeficientes sanitarios de ACI 318 y ACI 350 respectivamente.

Los momentos de diseño se los obtiene en el plano bidimensional, es decir en X y en Y, en la cara exterior e interior del muro, y en base a estos momentos se procede al cálculo debido a la flexión. Se debe verificar que las deflexiones calculadas sean menores que las permitidas en la norma.

Los cortantes y las cuantías deben ser verificadas de tal forma que la que resistencia sea mayor a la carga, obteniendo mayor ductilidad y durabilidad del elemento, teniendo en cuenta los materiales a usarse.

Para el diseño de losa de cubierta y losa de base se deben sumar los coeficientes de PCA para obtener el refuerzo debido a flexión. Tener en cuenta que los elementos deben cumplir los requerimientos de ACI 318 en lo que respecta a cortante, y cuantía mínima para los elementos sometidos a flexión.

3.3 Sistema de alcantarillado sanitario

3.3.1 Disposiciones generales

El sistema de alcantarillado sanitario debe evitar la contaminación del medio ambiente, principalmente la contaminación del suelo y de cualquier fuente de abastecimiento de agua sea esta superficial o subterránea.

Los sistemas diseñados deben garantizar un servicio continuo y permanente que satisfaga adecuadamente las necesidades de la población beneficiada (CEC, 2001).

3.3.2 Sistemas convencionales

Un sistema convencional de alcantarillado sanitario es un sistema de disposición de aguas servidas, conformado normalmente por una red de colectores (tuberías) que recolectan los residuos líquidos de las viviendas y las conducen hasta un sistema de depuración, tratamiento o hacia un cuerpo receptor (INEN, 1997).

La red de colectores generalmente se ubica en el eje central de las calles y avenidas, instaladas con una pendiente adecuada que permita un flujo de agua por gravedad hasta la planta de tratamiento. Las aguas son llevadas desde las viviendas hasta la red de colectores mediante redes condominiales o terciarias, que son tuberías de menor diámetro que las tuberías colectoras.

Los sistemas convencionales de alcantarillado sanitario deben satisfacer una serie de requerimientos relacionados con las características de las redes de recolección y las condiciones hidráulicas (CEC, 2001).

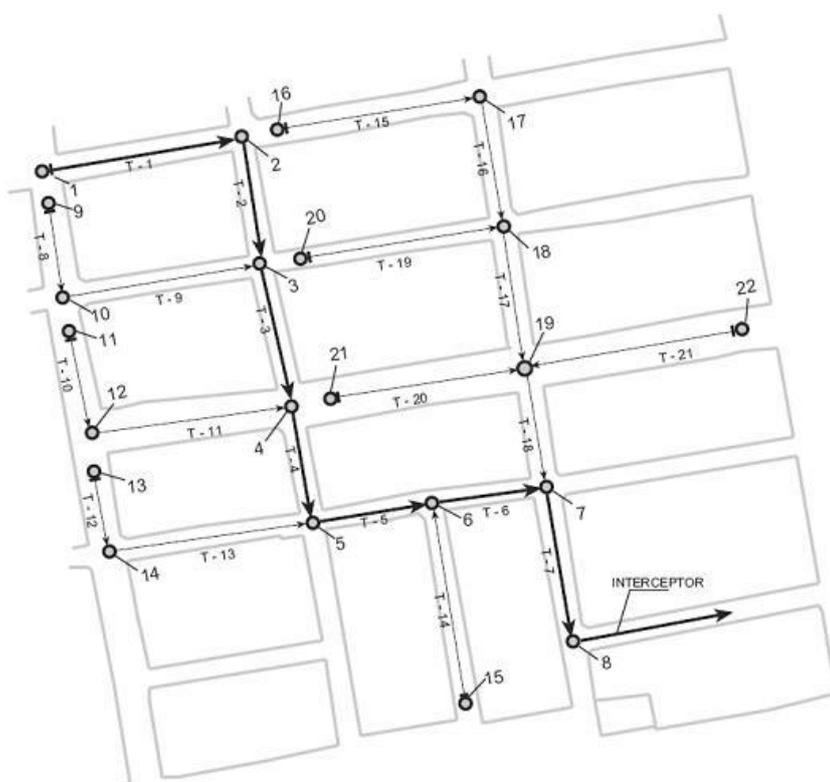


Grafico 7: Esquema de un sistema convencional de alcantarillado sanitario
Fuente: Organización Panamericana de la Salud, OPS

3.3.2.1 Caudales de diseño

La red de recolección de aguas residuales será diseñada tramo por tramo, considerando para cada uno de ellos el caudal de diseño acumulado.

Para el cálculo del caudal de diseño se toma en cuenta el caudal máximo horario de aguas residuales, caudales de infiltración al sistema, caudales concentrados y un aporte de aguas ilícitas o de conexiones erradas (CEC, 2001).

En el cálculo de los caudales de diseño se da énfasis a la estimación de caudales de aguas ilícitas y al cálculo del caudal debido a aguas de infiltración, tomando como referencia las características pluviométricas de la zona, material de la tubería, nivel freático, etc. (CEC, 2001). En definitiva, el caudal de diseño de aguas residuales se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{aass,dis} = Q_{aass,mh} + Q_i + Q_e + Q_c \quad Ec. 16$$

$$Q_{aass,dis} = Q_{aass,mh} + Q_{inf} \quad Ec. 17$$

Donde:

$Q_{aass,dis}$ = Caudal de aguas servidas de diseño.

$Q_{aass,mh}$ = Caudal de aguas servidas máximo horario.

Q_i = Caudal de infiltración.

Q_e = Caudal por conexiones erradas o aguas ilícitas.

Q_c = Caudal concentrado en la red.

Q_{inf} = Caudal de infiltración total ($Q_i + Q_e + Q_c$)

3.3.2.1.1 Caudal máximo horario

Es el máximo caudal de aguas servidas que puede circular por la red, se define como:

$$Q_{aass,mh} = k * \frac{C * P * D}{86400} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

k = Coeficiente de flujo máximo.

C = Coeficiente de retorno.

P = Población al final del periodo de diseño.

D = Dotación de agua en l/hab/día.

3.1.1.1.1.1 Coeficiente de flujo máximo

El coeficiente de flujo máximo es la relación que existe entre el caudal medio y el caudal máximo horario de aguas servidas.

Este coeficiente varía en función de los hábitos de vida, el clima, nivel social de la población beneficiada (CEPIS, 2005).

Se lo puede obtener a partir de la siguiente ecuación dada por

Tchobanoglous:

$$k = \frac{3.70}{Q_{aass}^{0.073325}} \leq 4.00$$

Ec. 19

Donde $Q_{aass} = C * P * D / 86400$.

Resulta importante marcar que el valor del coeficiente de flujo máximo depende del caudal de aguas servidas que se esté recogiendo en cada tramo. Los valores de dotación y población de diseño ya fueron calculados anteriormente.

3.1.1.1.2 Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno es un valor adimensional que considera el hecho de que la cantidad de aguas residuales generadas por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que le es suministrada. Esta diferencia es debida a que existen pérdidas de agua a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas, y otros usos externos. Un factor de retorno apropiado para la zona rural es aquel que esta entre 0.80 y 0.85 (CEPIS, 2005). La comuna Febres Cordero pertenece al área rural de la provincia de Santa Elena, se adopta un coeficiente de retorno de 0.80.

3.3.2.1.2 Caudal de infiltración

Este caudal hace referencia al agua del subsuelo que ingresa al sistema de alcantarillado sanitario a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones o conexiones, pozos de revisión, cajas domiciliarias, terminales destinados a limpieza, etc. (CEPIS, 2005). El caudal de infiltración se determina considerando los siguientes aspectos:

- Altura del nivel freático con respecto al fondo del colector.
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas.
- Acabado en la construcción de las cámaras de revisión.
- Material de la tubería y tipo de unión.
- Permeabilidad del suelo y precipitación anual en la zona.

Algunos valores de infiltración dados por la bibliografía son los siguientes (CEPIS, 2005):

Tabla XIII: Valores de infiltración en tuberías

Caudales de Infiltración (L/s/Km)								
	Tubo de Cemento		Tubo de Arcilla		Tubo de arcilla vitrificada		Tubo de PVC	
Unión	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
NF bajo	0.50	0.20	0.50	0.10	0.20	0.10	0.10	0.05
NF alto	0.80	0.20	0.70	0.10	0.30	0.10	0.15	0.50

Fuente: CEPIS, 2005

En la comuna Febres Cordero se plantea el diseño de un sistema de alcantarillado usando tuberías de PVC. Las uniones entre tuberías (traslapes) se harán usando cemento. Se va a considerar el escenario más probable para el cálculo del caudal de infiltración, nivel freático alto, dada la cercanía de la comuna con los ríos Febres Cordero y Rio Seco. Bajo estas consideraciones, se estima que el caudal de infiltración corresponde a 0.15 L/s/km.

Realizando un trazado preliminar de la red de aguas residuales, se determina que la longitud más probable para todo el trazado es de 12.20 km, incluyendo colectores principales y redes terciarias, el caudal de infiltración corresponde a:

$$Q_i = \frac{0.15L}{km} * 12.20 km$$

$$Q_i = 1.83 L/s$$

3.3.2.1.3 Caudal de aguas ilícitas

También llamado caudal de conexiones erradas o malas conexiones, incluye las conexiones clandestinas en los patios de las viviendas, que incluyen las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario.

El caudal de aguas ilícitas se estima de buena manera considerándolo como un porcentaje del caudal máximo horario de aguas residuales. En el área rural, este porcentaje está en el orden del 5% al 10% (OPS, 2005).

Para efectos del diseño del sistema de alcantarillado de Febres Cordero se tomara como caudal de aguas ilícitas el 5% del caudal máximo horario de aguas residuales.

$$Q_{aass,mh} = K * Q_{aass} \quad \text{Ec. 20}$$

$$Q_{aass} = \frac{\left(0.80 * \frac{100L}{hab * dia} * 2828 hab\right)}{86400} = 2.62 L/s$$

$$K = \frac{3.70}{(2.62)^{0.073325}} = 3.45 \leq 4 \Rightarrow k = 3.45$$

$$Q_{aass,mh} = 3.45 * \frac{2.62L}{s} = 9.03 L/s$$

$$\Rightarrow Q_e = 0.05 * 9.03 L/s$$

$$Q_e = 0.45 L/s$$

3.3.2.1.4 Caudales concentrados

Este caudal es debido a contribuciones de instalaciones no habitacionales que representan un consumo muy superior al doméstico. Normalmente se lo considera cuando hay presencia de industrias pequeñas o establecimientos comerciales (CEPIS, 2005). En la comuna Febres Cordero no hay establecimientos o zonas industriales de tal índole, así que resulta incoherente considerar un caudal de aportación para este tipo de instalaciones. Se considera para el diseño un valor de 0.00 l/s.

3.3.2.2 Infiltración total

La infiltración total es la suma de los caudales de infiltración local, caudal de aguas ilícitas o de conexiones erradas, y el caudal concentrado.

$$Q_{inf} = Q_i + Q_e + Q_c = 1.83 + 0.45 + 0.00 = 2.28 L/s$$

Es posible expresar este caudal de infiltración como una dotación de infiltración, para ello se divide para el número de habitantes esperado al final del periodo de diseño del sistema.

$$D_{inf} = \frac{2.28L}{2828 \text{ hab}} * 86400 = 69.66 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}}$$

$$D_{inf} = 70.00 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}}$$

Este valor será usado para el cálculo del caudal de diseño de los colectores de aguas residuales.

3.3.2.3 Ubicación y configuración de la red

Los colectores de aguas residuales, en lo posible, se colocan en el lado opuesto de las calles donde se encuentran las tuberías de la red de agua potable.

Las tuberías que conforman la red de alcantarillado sanitario deberán estar enterradas a una cota más baja que las de agua potable, a una profundidad que garantice su seguridad ante las cargas exteriores y que permita las conexiones con las redes terciarias.

Los tramos de colector deben tener una pendiente uniforme a lo largo de su longitud, y tener una alineación recta. En todo cambio de dirección horizontal o cambio de pendiente se debe colocar un pozo de inspección, y también en los puntos donde converjan dos o más colectores. En sistemas convencionales de alcantarillado, el diámetro mínimo de colectores debe ser de 200 mm.

La máxima separación entre pozos de revisión dependerá del diámetro de la tubería del colector que los conecta. Los valores se presentan en la siguiente tabla (CEC, 2001).

Tabla XIV: Distancia máxima entre pozos de revisión

Diámetro de la tubería (mm)	Distancia máxima entre pozos (m)
Menor a 350	100
400 - 800	150

Fuente: CEC, 2001

3.3.2.4 Condiciones hidráulicas

El escurrimiento hidráulico dentro de la red no debe permitir la sedimentación de materia orgánica en el interior de los colectores ni tampoco su erosión (CEC, 2001). Se debe satisfacer la condición de autolimpieza en los colectores (CEPIS, 2005).

Para satisfacer este requerimiento, la velocidad mínima de diseño se debe tomar como 0.45 m/s dentro de los colectores. La velocidad máxima para impedir abrasión o daños en la tubería depende del material con que está hecha, se recomienda no superar 5 m/s, en todo caso se debe cumplir las especificaciones dadas por el fabricante (CEC, 2001).

En el caso de tener determinados tramos de colectores con velocidades inferiores a la mínima recomendada, (algo común en tramos iniciales dado el pequeño caudal que se recoge), el diseño debe incluir recomendaciones para la operación, mantenimiento y limpieza periódica de estos tramos de la red con la finalidad de solucionar problemas de sedimentación o taponamiento en las tuberías.

El tirante máximo de agua en las tuberías deberá estar entre el 75% y 80% del diámetro (CEC, 2001). Se ha podido comprobar que el tirante óptimo corresponde al 80% del diámetro del colector (CEPIS, 2005).

En todo pozo de revisión, el diámetro del colector de salida deberá tener un diámetro mayor o igual al diámetro de los colectores de entrada, nunca inferior (CEC, 2001).

La tensión tractiva o fuerza de arrastre, es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material que transporta. Se recomienda un valor de tensión tractiva mínimo de 1 Pa, sin embargo se acepta 0.60 Pa (CEPIS, 2005).

La pendiente mínima es aquella que garantice la velocidad de 0.45 m/s, se recomienda que esta no sea menor a 2 por mil.

3.3.2.5 Fórmulas para el diseño del alcantarillado

Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se toma en consideración que las tuberías son circulares hechas de PVC. Las formulaciones consideradas para el diseño son:

$$\theta = 2\arccos\left(1 - \frac{2y}{D}\right) \quad \text{Ec. 25}$$

$$A = \frac{D^2}{8} * (\theta - \text{sen}\theta) \quad \text{Ec. 24}$$

$$P_m = 0.5 * \theta * D \quad \text{Ec. 23}$$

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad \text{Ec. 22}$$

$$Q = \frac{D^2}{8n}(\theta - \text{sen}\theta) \left[\frac{D}{4\theta}(\theta - \text{sen}\theta) \right]^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \quad \text{Ec. 21}$$

$$T = D * \text{sen} \frac{\theta}{2} \quad \text{Ec. 29}$$

$$Fr = \frac{\frac{Q}{A}}{\sqrt{g * \frac{A}{T}}} \quad \text{Ec. 28}$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 27}$$

$$\tau = \rho * g * R_h * S \quad \text{Ec. 26}$$

Donde:

θ = Ángulo central

y = Tirante de agua

D = Diámetro de tubería

A = Área mojada de la tubería

P_m = Perímetro mojado

R_h = Radio hidráulico

Q = Caudal

n = Número de Manning. Para el PVC es 0.009

S = Pendiente de la tubería

T = Ancho superior libre

Fr = Numero de Froude

g = Aceleración de la gravedad 9.80 m/s²

V = Velocidad del flujo

τ = Tensión tractiva

ρ = Densidad del agua 1000 Kg/m³

3.3.2.6 Pozos de revisión

También llamados cámaras de inspección, se ubican en la línea de alcantarillado y sirven para facilitar los trabajos de mantenimiento y limpieza en el sistema y así evitar que se obstruyan debido a una excesiva acumulación de sedimentos (CEPIS, 2005).

En la comuna Febres Cordero se considera para el diseño pozos de revisión de hormigón armado y de prefabricados de PVC para las alternativas que serán planteadas en el capítulo 4. La separación máxima adoptada es de 100 metros entre pozos consecutivos.

Se colocan cámaras de revisión en el inicio de todo colector, en los lugares donde haya cambio de pendiente, en los cambios de dirección de la red principal de alcantarillado, en los puntos donde haya cambio en el material de la tubería, en los lugares donde sea necesario cambiar de diámetro en el sistema, en lugares donde sea necesario por motivos de inspección y limpieza. En cada pozo de

revisión solo se admite una salida de aguas residuales. La profundidad mínima de los pozos de revisión es de 1 m.

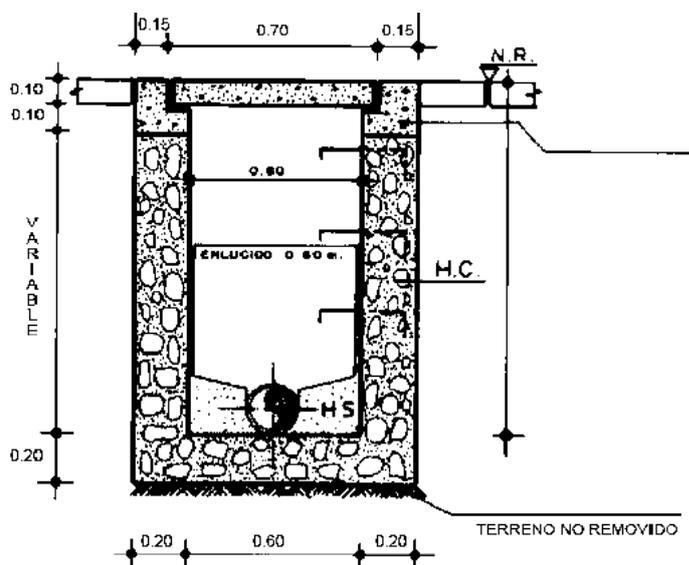


Figura 12: Esquema de pozo de inspección convencional de hormigón armado
Fuente: Organización Panamericana de la Salud, OPS.

3.3.2.7 Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias se realizan usando diámetro de 100 mm y considerando una pendiente mínima del 1% en la acometida (conexión entre la pieza sanitaria de la vivienda y la caja de registro domiciliaria) (CEC, 2001).

La pendiente mínima de la red terciaria que conduce el agua residual desde la caja de registro hasta el pozo de inspección es de 4 por mil

para garantizar un adecuado funcionamiento hidráulico (CEPIS, 2005).

La caja de registro domiciliar se debe colocar a una distancia no menor a 1.20m de la línea de propiedad y a una profundidad de al menos 70 cm (CEPIS, 2005).

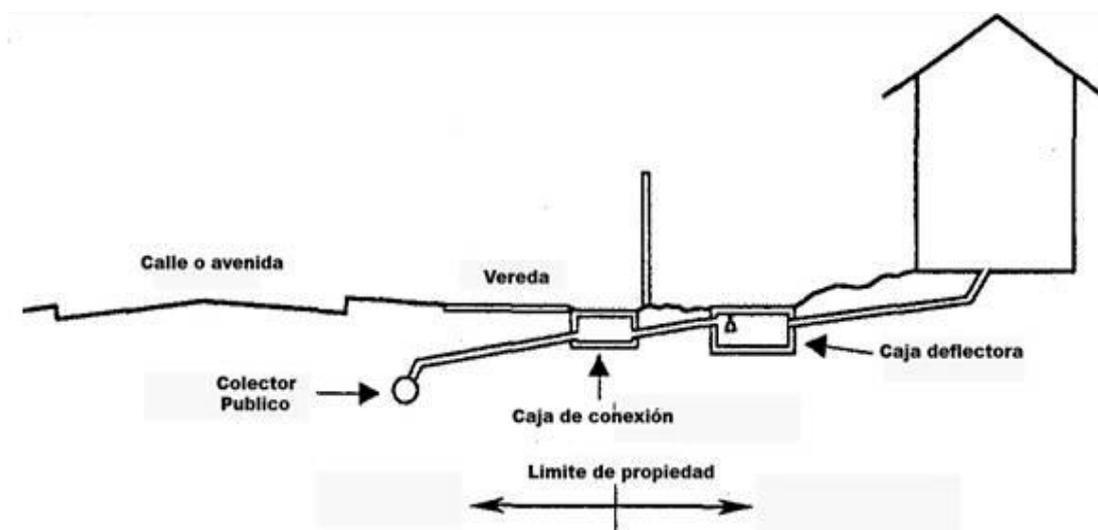


Figura 13: Esquema de acometida domiciliar de aguas residuales y descarga al colector público

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, OPS

3.3.3 Sistemas no convencionales

Según la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, documento anexo a la norma ecuatoriana de la construcción, podrán diseñarse sistemas especiales de alcantarillado siempre y cuando estos

sean justificados plenamente por el proyectista y se demuestre que las condiciones prevalecientes en la localidad son apropiadas para implementarlo (CEC, 2001).

3.3.3.1 Alcantarillado simplificado

Sistema utilizado por primera vez en Brasil en los años 70, como una alternativa frente al sistema de alcantarillado convencional. Surge como una alternativa para dotar de un servicio de alcantarillado sanitario a poblaciones pequeñas y de bajos ingresos económicos, como es el caso de la comuna Febres Cordero. Las normas de diseño para sistemas de alcantarillado sanitario convencional son muy exigentes, lo que hace que los costos de construcción se encarezcan y resulte, muchas veces, antieconómico aplicarlas en comunidades rurales.

Las redes de un alcantarillado simplificado se diseñan bajo los mismos criterios hidráulicos que un sistema convencional, pero diferenciado de este en la simplificación y reducción del uso de materiales y los criterios constructivos (OPS, 2005). La finalidad del desarrollo de un sistema de alcantarillado simplificado es la de colectar y transportar las aguas residuales bajo condiciones técnicas

y sanitarias adecuadas, a un costo accesible para poblaciones de bajos ingresos. (OPS, 2005).

Entre las ventajas más significativas del uso de este sistema de alcantarillado se tiene:

- Minimización en las excavaciones para instalación de la red, lo que se traduce en reducción de costo de construcción
- Se puede utilizar dispositivos de inspección más simples.
- Diámetros mínimos y cobertura mínima de los colectores se reduce con respecto a un sistema convencional, conlleva a menor uso de material y por lo tanto menor costo de construcción.
- El criterio de fuerza de arrastre mínima puede gobernar el diseño sobre criterio de velocidad mínima, para minimizar costos de excavaciones.

La aplicación de este tipo de sistema se recomienda para comunidades rurales con una densidad poblacional de al menos 150 hab/ha, y una dotación de agua de por lo menos 60 L/hab*día (OPS,

2005). Para la comuna Febres Cordero, en su zona de población consolidada, la densidad poblacional esperada al final del periodo de diseño asciende a 80 hab/ha, y la dotación adoptada para el diseño es de 100 L/hab*día. Se plantea el uso de este sistema de evacuación de aguas residuales como una alternativa para el diseño de la red de alcantarillado.

Los costos de construcción del alcantarillado de redes simplificadas son del orden del 20% al 30% menores que el costo con alcantarillado convencional (OPS, 2005). Esto muestra claramente una ventaja económica importante.

3.3.3.1.1 Caudales de diseño

Los caudales de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario no cambian con respecto a los determinados para la red de alcantarillado convencional. Referirse a las secciones 3.3.2.1 y 3.3.2.2 de este documento para revisar la determinación del caudal máximo horario e infiltración total correspondiente, mismos que sirven para determinar el caudal de diseño del sistema.

3.3.3.1.2 Condiciones hidráulicas

El sistema de alcantarillado simplificado busca diseñar un sistema con un funcionamiento técnico y sanitario adecuado, que sea factible económicamente para poblaciones rurales.

Se debe evitar la acumulación de sólidos dentro de la tubería, para ello se establecen dos criterios. El primero se refiere a la fuerza de arrastre, que se recomienda sea como mínimo de 0.60 Pa para garantizar autolimpieza del colector. El segundo se refiere a velocidad mínima permisible, valor recomendado de 0.45 m/s (mismo que en sistemas convencionales). La velocidad máxima no debe exceder de 5 m/s para evitar abrasión y problemas relacionados.

El diámetro mínimo especificado bajo este sistema de alcantarillado es de 150 mm, excepcionalmente se podrá utilizar 100 mm de diámetro, sobre todo en colectores iniciales. La cobertura mínima aceptable para colectores es de 0.65 m siempre y cuando este no se encuentre sobre zonas de alto tráfico como veredas o jardines.

En resumen, en un sistema de alcantarillado simplificado se debe respetar todos los criterios que exige un sistema de alcantarillado convencional, la diferencia esta principalmente en los diámetros mínimos, criterios de funcionamiento hidráulico con arrastre o velocidad mínima, y cobertura mínima de colectores.

3.3.3.1.3 Fórmulas para el diseño

Los cálculos hidráulicos no cambian con respecto a los realizados para el sistema de alcantarillado simplificado. Las ecuaciones utilizadas para el diseño corresponden a las establecidas en la sección 3.3.2.5 de este documento.

3.4 Sistema de tratamiento de aguas residuales

Un sistema de tratamiento de aguas residuales es aquel que permite depurar las aguas servidas para luego poder descargarlas cumpliendo determinados requerimientos relacionados a su grado de contaminación.

El escaso tratamiento de aguas residuales es un problema en todo el mundo, más aun en poblaciones rurales, debido a que la tecnología para tratar el agua es costosa; sin embargo, es posible realizar un buen

tratamiento en localidades de escasos recursos empleando alternativas de tratamiento más económicas (OPS y CEPIS, 2005).

Siguiendo esta filosofía, para la comuna Febres Cordero se plantea un sistema de tratamiento con tanque Imhoff.

3.4.1 Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es un elemento de tratamiento anaerobio de dos pisos y primario de aguas residuales cuyo objetivo es remover los sólidos sedimentables.

Los sólidos sedimentables pasan a través de la abertura del compartimiento superior hacia la zona de digestión, la espuma se acumula en la zona de sedimentación y en las zonas de ventilación adyacentes a las cámaras de sedimentación. El gas que se produce en el proceso de digestión, en la cámara de lodos escapa a través de la zona de ventilación. (Rojas, 1999)

Los tanques Imhoff son una alternativa a tomar en consideración en comunidades donde la población es de 5000 habitantes o menos. Debido a que poseen cámara de sedimentación y digestión de lodos, son llamados tanques de doble cámara. (OPS y CEPIS, 2005).

Los tanques son de forma rectangular y se dividen en 3 compartimientos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

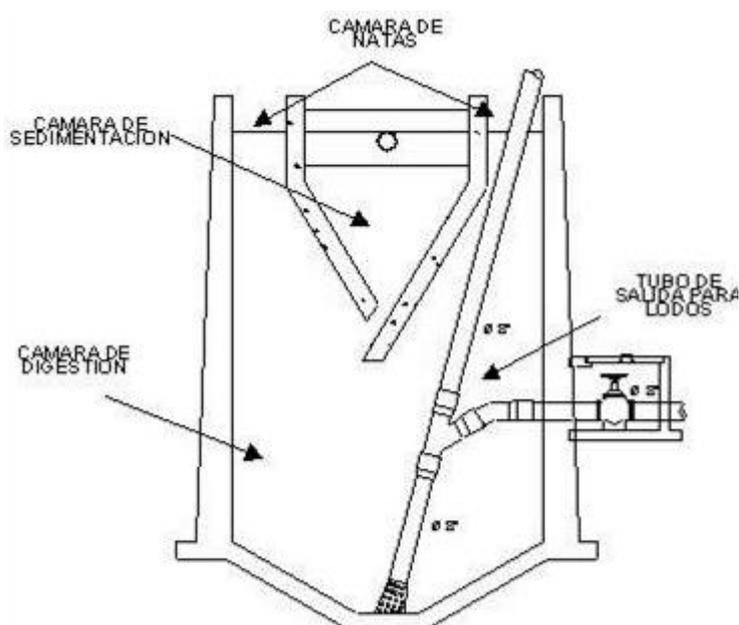


Figura 14: Partes de un tanque Imhoff
Fuente: OPS, 2005

En el transcurso de la operación, las aguas residuales recorren a través de la cámara de sedimentación, donde se remueve la mayoría de los sólidos sedimentables, estos caen por las paredes inclinadas del fondo

de la cámara de sedimentación hasta la cámara de digestión, a través de una ranura con traslape que existe en el fondo del sedimentador. La función del traslape es la de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, derivados de la digestión interfieran en el proceso de sedimentación. Las partículas ascendentes y los gases que se producen en el proceso de digestión son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación.

Los lodos que se acumulan en el digestor se extraen de forma periódica y se conducen a un lecho de secado, en donde el contenido de humedad se reduce debido a la infiltración, después del cual son retirados y pueden ser utilizados como productos para mejoramiento del suelo o enterrados.

Ventajas

- Adecuados para ciudades pequeñas, esencialmente para comunidades donde no se requiera una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga los requerimientos para su posterior descarga hacia un cuerpo de agua.
- El lodo se seca y se evacúa con mayor facilidad que en los tanques sépticos, debido a su contenido de humedad entre el 90% y 95%.

- Son bajos en construcción y operación.
- No necesitan tratamiento preliminar, salvo para el paso de arenillas del cual se necesita una criba gruesa.
- Se necesita poco terreno para su construcción en comparación a las lagunas de estabilización.

Desventajas

- Son estructuras muy profundas, con alturas mayores a 6 metros.
- Tomar precauciones cuando el nivel freático sea alto, debido a que el tanque puede flotar o ser desplazado.
- Se convierte en todo un reto cuando su construcción se da en arena fluida o en roca.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica.
- Puede ocasionar olores aun cuando esté en correcto funcionamiento.

El tanque Imhoff debe ser construido alejado de la población debido a los malos olores que se pueden producir. Elimina del 40% al 50% de sólidos suspendidos

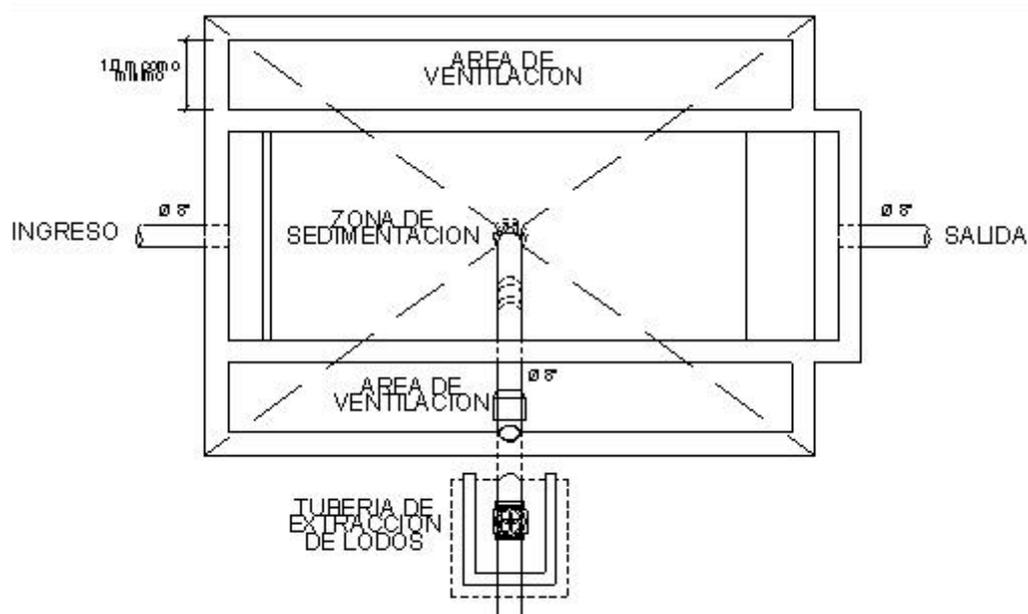


Figura 15: Vista en planta de un tanque Imhoff de una tolva

Fuente: OPS, 2005

3.4.1.1 Consideraciones de diseño de tanque Imhoff según norma OS090

Esta norma corresponde a consideraciones de planta de tratamiento de aguas residuales del reglamento nacional de construcción peruana.

Los tanques Imhoff son tanques de sedimentación primaria los cuales poseen la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior. Para el diseño de la parte de sedimentación se deben seguir los siguientes criterios:

- El área que se requiere para el proceso será con una carga superficial de $1 \text{ m}^3 / \text{m}^2/\text{h}$, calculado en base al caudal medio.
- El período de retención debe ser considerado entre 1.50h - 2.50 h, y la profundidad será el producto de la carga superficial y el período de retención.
- El fondo del tanque deberá ser de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados con respecto a la horizontal debe ser entre 50° y 60° .
- La arista central debe poseer una abertura entre 15 a 20 cm para el paso de los sólidos. Uno de los lados deberá prolongarse de tal forma que impida el paso de los gases hacia el sedimentador, cuya prolongación debe tener una proyección entre 15-20 cm.
- Se debe considerar un borde libre de mínimo 30 cm.

- La estructura de entrada y salida, con los otros parámetros de diseño son los mismos para un sedimentador rectangular.

Para el diseño del almacenamiento y zona de digestión se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- El volumen se determinará considerando la reducción de 50% de SV (Sólidos Volátiles), con densidad de 1.05 kg/L y un contenido promedio de sólidos de 12.5%. El compartimiento debe poseer las dimensiones para almacenar los lodos que se generen durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura dada en la siguiente tabla:

Tabla XV: Tiempo de digestión para variaciones de temperatura

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DÍAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
≥ 25	30

Fuente: Norma OS090

- Se determina el volumen del compartimiento de lodos teniendo en cuenta el volumen de 70 litros por habitante para la temperatura de 15 °C. Para otras temperaturas el volumen

unitario se debe multiplicar por el factor de capacidad relativa correspondiente a la siguiente tabla:

Tabla XVI: Factor de capacidad relativa para variaciones de temperatura

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
≥ 25	0.5

Fuente: Norma OS090

- La altura máxima de lodos debe estar por lo menos 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador.
- El fondo del compartimiento tendrá forma de un tronco de pirámide, cuyas paredes deberán tener una inclinación de entre 15 ° a 30° con respecto a la horizontal.

Para la superficie libre entre paredes del digestor y la del sedimentador (zona de espumas) se debe seguir las siguientes consideraciones:

- El espaciamiento libre será como mínimo 1 m.

- La superficie libre total será como mínimo 30% de la superficie total del tanque.

Para la remoción de los lodos, estos deben ser diseñados en forma similar a los sedimentadores primarios, considerando que los lodos serán retirados para secado de forma periódica y del cual se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El diámetro mínimo de tubería para remoción de lodos será de 20cm.
- La tubería de remoción de lodos de estar a 15cm por encima del fondo del tanque.
- Para remoción hidráulica de los lodos se requiere como mínimo 1.80m de carga hidráulica.
- El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 metros, pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10m.

- Alternativamente se puede aplicar la siguiente expresión para obtener las dimensiones unitarias de un lecho de secado. Se puede considerar $0.1 \text{ m}^2/\text{hab}$

$$\frac{\text{Rendimiento Volumétrico del digestor } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hab}}\right)}{\text{Numero de aplicaciones (año)} * \text{profundidad de inundación (m)}} = \text{m}^2 \text{ de lecho/hab} \quad \text{Ec. 30}$$

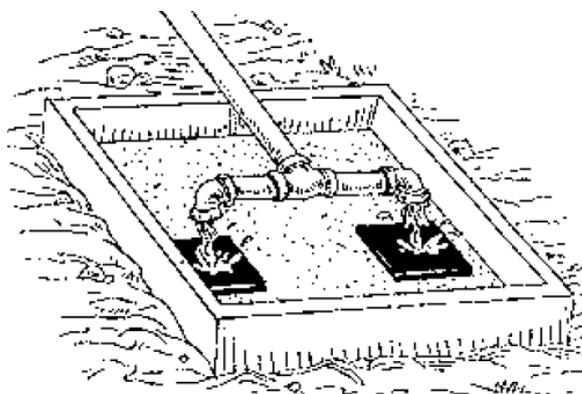


Figura 16: Esquema de lecho de secado de un tanque Imhoff

Fuente: OPS, 2005

Tanque de sedimentación

El tanque de sedimentación puede tomar forma rectangular, circular o cuadrada; los rectangulares pueden tener varias tolvas y los cuadrados o circulares una tolva central. La inclinación de las

paredes de las tolvas será por lo menos 60° con respecto a la horizontal.

El diseño de un sedimentador primario se lo debe realizar de forma experimental con ensayos, en caso de no poseer datos experimentales se procede a utilizar los siguientes criterios de diseño:

- Los canales de repartición y entrada a los tanques deben ser diseñados para el caudal máximo horario.
- El período de retención nominal será de 1.50 - 2 horas siendo recomendable < 2 horas, basado en el caudal máximo diario de diseño.
- La profundidad es el producto de la carga superficial y el período de retención, del cual debe estar entre 2.00 - 3.50 m, siendo recomendable 3m.
- La relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10, siendo recomendable 4 y la relación largo/profundidad entre 5 y 30.

- La carga hidráulica en los vertederos será entre 125 a 500 metros cúbico por día por metro lineal, siendo recomendable 250, basado en el caudal máximo diario de diseño.
- La eficiencia de remoción del proceso de sedimentación puede estimarse de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla XVII: Porcentaje de remoción recomendado

Período de remoción nominal (horas)	DBO 100 mg/L a 200 mg/L		DBO 200 mg/L a 300 mg/L	
	DBO	SS*	DBO	SS*
1,5	30	50	32	56
2,0	33	53	36	60
3,0	37	58	40	64
4,0	40	60	42	66

SS*= sólidos en suspensión totales

DBO*=demanda bioquímica de oxígeno

Fuente: Norma OS090

- El volumen de lodos primarios debe ser calculado para el final del período de diseño (caudal medio) y evaluarse para cada 5 años de operación. La remoción de sólidos del proceso se obtendrá de la siguiente tabla:

Tabla XVIII: Concentración de sólidos según tipo de sistema de alcantarillado

Tipo de lodo primario	Gravedad Especifica	Concentración de sólidos	
		Rango	%Recomendado
Con alcantarillado Sanitario	1.03	4-12	6.0
Con alcantarillado Combinado	1.05	4-12	6.5
Con lodo activado de exceso	1.03	3-10	4.0

Fuente: Norma OS090

- El retiro de los lodos del sedimentador se debe efectuar en forma cíclica e idealmente por gravedad. Donde no se posea de carga hidráulica se debe retirar a través de bombeo. Para la extracción del lodo primario se recomienda bombas rotativas, bombas de diafragma, bombas de pistón y bombas centrifugas.
- La velocidad en la tubería de salida del lodo deber ser por lo menos 0.9 m/s, y el mecanismo de barrido de lodos en tanques rectangulares será entre 0.6-1.2 m/min

3.5 Modelamiento hidráulico

Para el diseño y verificación del funcionamiento de la red de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado sanitario, se va a usar como herramienta digital los programas WaterCad V8i y

SewerGems Sanitary V8i respectivamente, debido a la optimización del tiempo y la precisión en los resultados que ofrecen.

Ambos software forman parte de la gama de productos ofrecidos por Bentley.

WaterCad V8i, es una herramienta que permite analizar, modelar y gestionar redes de abastecimiento de agua potable (a presión) mediante la metodología de cálculo denominada gradiente conjugado. Esta metodología utiliza matrices acopladas y la factorización incompleta de Cholezky. Permite la simulación hidráulica de tramos de tuberías, puntos de demanda, reservorios, válvulas de regulación, bombas, etc. (Bentley, 2015)

SewerGems Sanitary V8i, es un software que permite la simulación de sistemas de alcantarillado (flujo a presión atmosférica) incluyendo sus componentes como pozos de inspección, descargas, red de colectores, entre otros. El programa utiliza las ecuaciones de Saint Venant para flujo unidimensional no permanente en tuberías o canales abiertos. El algoritmo es el modelo de tránsito de avenidas FLDWAV, el cual está basado en la solución implícita por diferencias finitas de las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant de flujo no permanente y que permite modelar redes de canales (Sarmiento, 2012).

CAPITULO 4

DESARROLLO DE ALTERNATIVAS

El desarrollo de alternativas corresponde a las soluciones planteadas para solucionar los problemas de abastecimiento de agua potable y evacuación de aguas residuales de la comuna Febres Cordero. Las alternativas son las siguientes:

- Alternativa 1: Rehabilitación de la red de agua potable existente con el uso de tanque reservorio + tratamiento domiciliario de aguas residuales mediante el uso de biodigestores prefabricados.

- Alternativa 2: Nueva red de abastecimiento de agua potable con el uso de tanque reservorio + sistema de alcantarillado sanitario convencional + tratamiento con tanque Imhoff y lecho de secado de lodos.
- Alternativa 3: Nueva red de abastecimiento de agua potable con el uso de tanque reservorio + sistema de alcantarillado simplificado + tratamiento con tanque Imhoff y lecho de secado de lodos.

4.1 Alternativa 1

La alternativa 1 contempla el uso de un tanque reservorio para rehabilitar la red de agua potable existente y así solucionar el problema de abastecimiento de la misma, y el mejoramiento del sistema de tratamiento existente en la comuna Febres Cordero, mediante el uso de biodigestores prefabricados.

Se plantea el uso de un tanque reservorio ubicado conforme la sección 3.2.7 de este documento, a la cota 97.00 m.

Actualmente la comuna Febres Cordero cuenta con una red de abastecimiento de agua potable provista por AGUAPEN-EP, misma que cubre la mayor parte de la zona de estudio. Esta red fue instalada en la comuna en el año de 2009, motivo por el que existen determinadas

zonas donde la red no llega, aunque son pequeñas. El trazado de la red actual se presenta a continuación:

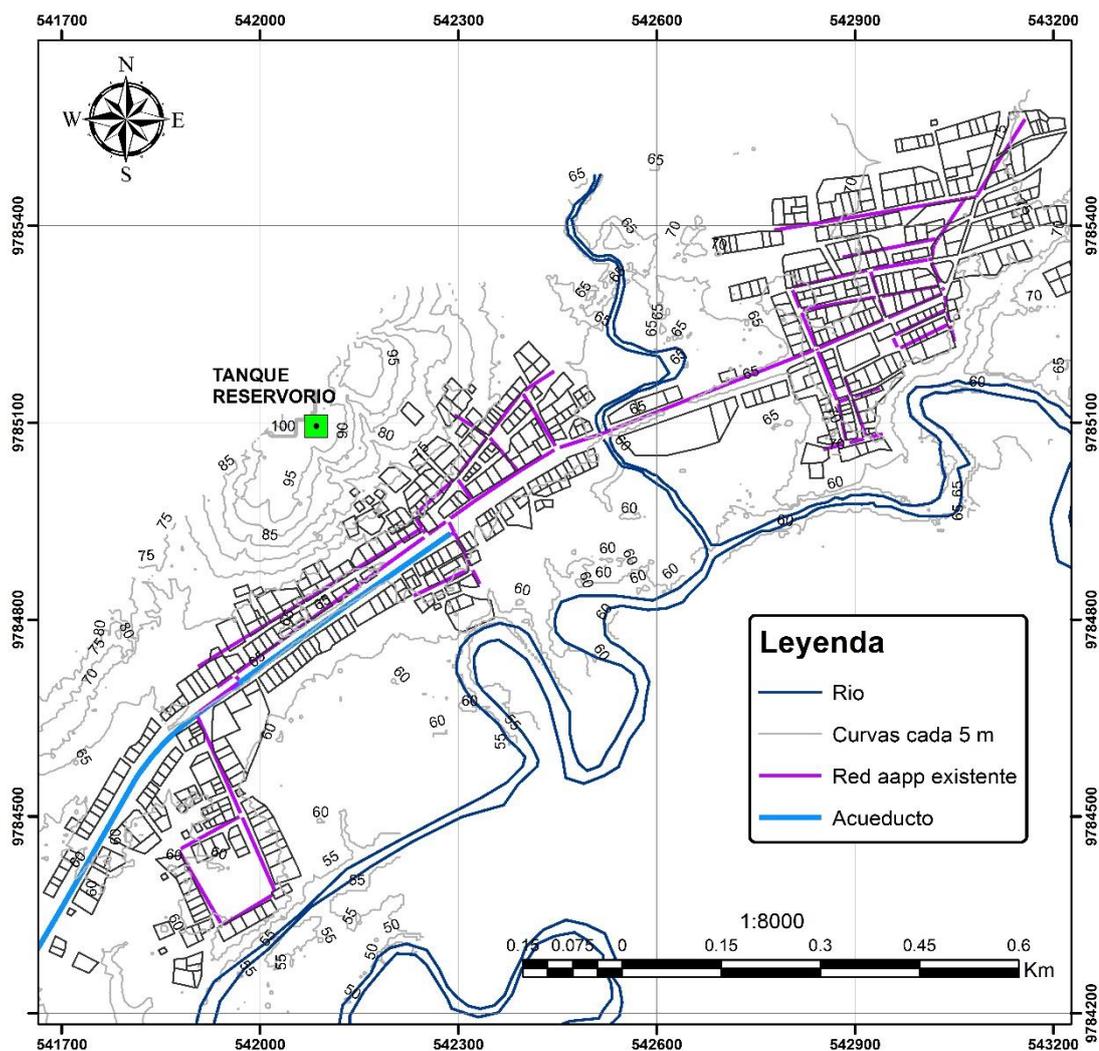


Grafico 8: Red de agua potable existente

Fuente: Autores.

En el Grafico 8 se puede observar la ubicación propuesta para el tanque reservorio, con cota 97.00 m (marcado con verde). El acueducto

principal se pudo medir en campo que su diámetro corresponde a una tubería de PVC de 160 mm o 4 pulgadas.

Algunas de las recomendaciones más importantes en la red de distribución se refieren a que el diámetro mínimo debe ser 3/4 de pulgada (CEC, 2001). Para determinar el correcto funcionamiento hidráulico del tanque reservorio se va a verificar que la presión en los puntos de abastecimiento de la red cumpla lo siguiente (INEN, 1997):

- Presión estática máxima es de 40 mca
- Presión estática mínima es de 7 mca
- Presión dinámica máxima es de 30 mca

4.1.1 Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento

Para elevar el agua hasta el tanque reservorio es necesario hacer un nuevo trazado de la línea de conducción o acueducto principal, de manera que llegue hasta el tanque y luego se dé la distribución. De acuerdo a la información recolectada en campo, durante las horas de funcionamiento del sistema, el agua llega a todos los puntos de demanda con una presión adecuada. Revisando la topografía del

terreno, la vivienda localizada en la zona hidráulicamente más desfavorable se encuentra en la cota 73.88 m. Tomaremos el valor de 80.00 m como máxima cota de abastecimiento con presión adecuada en el sistema, debido a que el acueducto principal se encuentra más cercano al punto de ubicación del tanque reservorio que la vivienda más desfavorable, por lo tanto las pérdidas por fricción y accesorios son menores. Se asumirá que hasta esta cota el acueducto posee la presión requerida en la conducción. De aquí en adelante, la conducción se hará mediante bombeo hasta el tanque reservorio.

A continuación se muestra la configuración del nuevo trazado de la línea de conducción de agua potable.

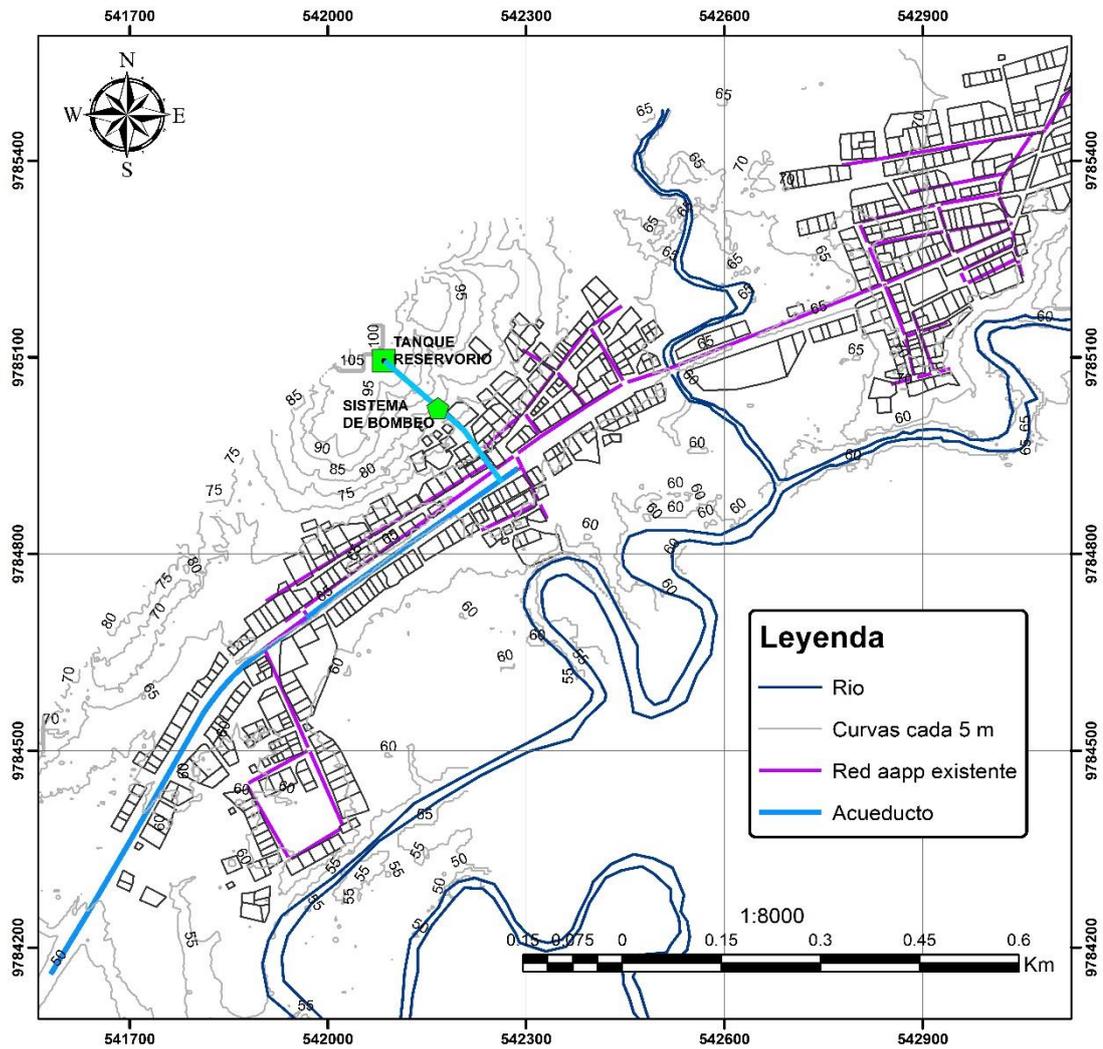


Grafico 9: Configuración propuesta para el sistema de conducción

Fuente: Autores

En esta alternativa la red de distribución de agua potable será reutilizada. El acueducto principal descenderá por gravedad desde el tanque reservorio y se unirá a la red de distribución existente para abastecer a los habitantes de la comuna Febres Cordero.

4.1.1.1 Diseño del bombeo de agua potable

4.1.1.1.1 Línea de impulsión y bomba

Caudal de bombeo:

El caudal de la línea de impulsión será el correspondiente al consumo máximo diario al final del periodo de diseño (OPS y CEPIS, 2004). Tomando en cuenta las falencias del sistema de abastecimiento de la comuna Febres Cordero, se considerará 6 horas de bombeo, que es el tiempo promedio en que los habitantes de la comuna tienen agua. Se determina el caudal de bombeo como sigue:

$$Q_b = 1.05 * Q_{md} * \frac{24}{N} = 1.05 * 4.20 * \frac{24}{6}$$

$$Q_b = 17.22 \text{ L/s}$$

En ningún caso el caudal de diseño de la conducción corresponderá al caudal máximo horario (CEC, 2001). El caudal máximo horario al final del periodo de diseño es de 9.80 L/s según la sección 3.1.5.3. El valor de Q_b obtenido es adecuado.

Diámetro óptimo:

Un procedimiento usado para la determinación del diámetro es mediante la fórmula de Bresse:

$$D = K * X^{1/4} * Q_b^{1/2} \quad \text{Ec. 31}$$

Donde:

D = Diámetro de impulsión en m

X = Número de horas de bombeo / 24 = 6 / 24 = 0.25

K = 1.3 para sistemas de bombeo de agua potable

Q_b = Caudal de bombeo en m³/s.

Reemplazando se tiene que:

$$D = 1.3 * (0.25)^{0.25} * \left(\frac{17.22}{1000}\right)^{0.5} = 0.121 \text{ m}$$

Se toman los diámetros comerciales de PVC en torno al diámetro obtenido mediante la ecuación de Bresse, con velocidades comprendidas entre 0.6 a 2.0 m/s (OPS y CEPIS, 2004).

Se va a plantear dos escenarios, tubería de PVC U/Z de 125 mm y de 140 mm. Los datos a tomar en consideración son:

$$Q_{dis} = 17.22 \frac{L}{s}; V_{max} = 2.0 \frac{m}{s}$$

Escenario 1: Tubería de PVC U/Z de Dn = 125 mm (Dint = 117.2 mm)

$$V = \frac{\frac{17.22}{1000}}{\frac{\pi}{4} * \left(\frac{117.2}{1000}\right)^2} = 1.60 \frac{m}{s} < V_{max} ; ok$$

Escenario 2: Tubería de PVC U/Z Dn = 140 mm (Dint = 131.4 mm)

$$V = \frac{\frac{17.22}{1000}}{\frac{\pi}{4} * \left(\frac{131.4}{1000}\right)^2} = 1.27 \frac{m}{s} < V_{max} ; ok$$

Ambos diámetros cumplen este requerimiento.

Selección de la bomba:

Para determinar la potencia requerida para la bomba, primero debemos determinar la altura dinámica total, o TDH. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$TDH = H_{st} + h_e + h_f + h_m \quad \text{Ec. 32}$$

Donde:

H_{st} = Altura total de succión. A su vez es igual a $H_s + H_d$, donde H_s es la altura de succión y H_d es la pérdida por accesorios de succión, estimada como un 10% de H_s .

h_e = Altura estática definida como la diferencia de nivel entre la cota del tanque reservorio y el eje de la bomba en el bombeo.

h_f = Pérdida de carga por fricción

h_m = Pérdidas menores, estimadas como un 15% de la pérdida por fricción.

La altura de succión se determina considerando lo siguiente:

Para H_s , la sumergencia mínima de la tubería de succión es:

$$H_s \geq \frac{V^2}{2g} + 0.20 \quad \text{o} \quad H_s \geq 2.5D_{int} + 0.10 \quad \text{Ec. 33}$$

Bajo esta premisa, y evaluando ambos escenarios, se tiene lo siguiente:

Tabla XIX: altura de succión total para los escenarios planteados

	Escenario 1	Escenario 2
Dn (mm)	125.00	140.00
Dint (mm)	117.20	131.40
Velocidad (m/s)	1.60	1.27
H1 (m)	0.33	0.28
H2 (m)	0.39	0.43
Hs (m)	0.39	0.43
Hd	0.04	0.04
Hst (m)	0.43	0.47

Fuente: Autores

Se establecen las siguientes ecuaciones para hallar los demás componentes de la altura dinámica total TDH:

$$h_e = \text{cota llegada} - \text{cota bombeo}$$

Ec. 34

$$h_f = 10.674 * L * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D_{int}^{4.871}}$$

Donde;

L = Longitud de la línea de impulsión, igual a 120.75 m

Q = Caudal de Bombeo

C = Coeficiente de Hazen – Williams, igual a 140 para PVC

D_{int} = Diámetro interior de la tubería de impulsión

Con esta información se procede a determinar el valor de la carga dinámica total (TDH) requerida para la selección de la bomba. El llenado del tanque debe hacerse por encima de la cota de rebose del tanque (CEC, 2001). Se estableció que la cota máxima del tanque es de 4.00 m, por lo que la cota del tanque reservorio es la suma del nivel del terreno apoyado 97.00 m y la cota de máximo llenado del tanque 4.00 m, es decir 101.00 m

Tabla XX: Calculo del TDH para el sistema de bombeo de agua potable

PVC				
Dn (mm)	Dint (mm)	hf (m)	velocidad (m/s)	e pared (mm)
125.00	117.20	2.53	1.60	3.90
140.00	131.40	1.45	1.27	4.30

	125mm	140mm
Diametro Nominal	125mm	140mm
Hst (m)	0.43	0.47
Cota bombeo	80.00	80.00
Cota Top Tanque Reservorio	101.00	101.00
Altura estática (he)	21.00	21.00
Pérdidas impulsión (hf)	2.53	1.45
Pérdidas menores 15% (hm)	0.38	0.22
TDH (m)	24.35	23.14

Fuente: Autores

La potencia requerida en la bomba para los escenarios evaluados se determina mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q_b * TDH}{75 * \eta}$$

Ec. 35

Donde:

P = Potencia de la bomba en hp

Q_b = Caudal de bombeo al final del periodo de diseño en L/s

TDH = Altura dinámica total en m

η = Eficiencia de la bomba. Se toma como valor típico 70%.

Tabla XXI: Potencia requerida para los escenarios evaluados

A 20 años	17.22 L/s	125mm	140mm
POTENCIA:		$Q_b \cdot TDH / 75 / \eta$	$Q_b \cdot TDH / 75 / \eta$
CALCULADA:		7.99	7.59
REDONDEADA:		8.00	8.00
COMERCIAL		10.00	10.00

Fuente: Autores

En función de los resultados obtenidos se determina que el diámetro óptimo de la línea de impulsión corresponde a tubería de PVC U/Z de 140 mm de diámetro nominal. El sistema de bombeo consistirá de una bomba con capacidad nominal de 10 hp en servicio, y otra bomba de la misma capacidad para caso de averías.

4.1.1.1.2 GOLPE DE ARIETE

Es necesario revisar el efecto del golpe de ariete en el caso de un paro repentino en el funcionamiento de las bombas o fallo del

suministro eléctrico, para determinar la presión nominal necesaria en la tubería de la línea de impulsión. Para su cálculo, se debe estimar el tiempo empleado por la onda de presión en desplazarse por la tubería y volver al punto de partida, también llamado tiempo crítico (Comisión Nacional del Agua, 2007) que viene dado por la siguiente expresión:

$$T = \frac{2L}{a} \quad \text{Ec. 36}$$

Donde:

T = Tiempo crítico en s

L = Longitud de la tubería de impulsión en m

a = Velocidad de la onda de presión en m/s

Luego se determina la sobrepresión debida al golpe de ariete mediante la siguiente expresión desarrollada por Michaud:

$$\Delta H = \frac{2LV}{gT}, \text{ cuando } L < \frac{aT}{2} \quad \text{Ec. 37}$$

O mediante la fórmula de Allievi:

$$\Delta H = \frac{aV}{g}, \text{ cuando } L > \frac{aT}{2} \quad \text{Ec. 38}$$

a Se determinar mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{1440}{\sqrt{1 + C * \left(\frac{K * \phi}{E * e}\right)}} \quad \text{Ec. 39}$$

Donde:

ΔH = Sobrepresión debida al golpe de ariete en m

V = Velocidad inicial del agua en m/s

$C = 1$ en tuberías con junta de expansión.

K = Módulo de masa del agua, 2070 MN/m²

ϕ = Diámetro de la tubería en mm

E = Módulo de elasticidad de la tubería, para el PVC es 2800 MN/m²

e = Espesor de la pared de la tubería en mm

g = Aceleración de la gravedad en m/s²

Calculando se tiene lo siguiente:

$$a = \frac{1440}{\sqrt{1 + 1 * \left(\frac{2070 * 131.40}{2800 * 4.30}\right)}} = 296.47 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{2 * 120.75}{296.47} = 0.81 \text{ s}$$

Se determina la razón $aT/2$:

$$\frac{aT}{2} = \frac{296.47 * 0.81}{2} = 121.75 \text{ m} > L$$

Se usa la ecuación de Michaud:

$$\Delta H = \frac{2 * 120.75 \text{ m} * 1.27 \text{ m/s}}{9.8 \text{ m/s}^2 * 0.81 \text{ s}} = 38.96 \text{ m} \cong 40.00 \text{ m}$$

Para determina la presión total que debe soportar la tubería se suma la sobrepresión con la carga o presión estática h_e

$$\text{Presión en tubería} = \Delta H + h_e = 21.00 + 40.00 = 61.00 \text{ m}$$

Esta presión representa 0.61 MPa. Se requiere una tubería con presión nominal de 0.80 MPa.

Finalmente del análisis anterior se determina que la línea de impulsión óptima requiere una tubería de PVC U/Z de 140 mm, con presión de trabajo de 0.80 MPa. El sistema de bombeo se compone de dos bombas con capacidad de 10 hp, una de trabajo y otra de reserva.

4.1.1.2 Cisterna de bombeo

Para determinar el volumen de la cisterna de bombeo, se toma en consideración la siguiente tabla:

Tabla XXII: Arranques por hora de bomba de acuerdo a su potencia

Arranques / hora	
Potencia (KW)	Arranques / hora
< 11	12 – 20
11 a 37	10 – 17
37 a 110	8 – 14
110 a 160	7 – 12
> 160	5 – 10

Fuente: Metcalf y Eddy

Del análisis anterior se determinó que la bomba requerida debe tener una potencia de 10 hp (7.47 KW) para el periodo de diseño de 20 años, por lo que el número de arranques por hora debe estar en el orden de 12 a 20. Se escoge 12 arranques por hora.

Para determinar el volumen útil de la cámara húmeda o cisterna de bombeo se usa:

$$V_u = \frac{0.9 * Q_b}{z} \quad \text{Ec. 40}$$

Donde:

V_u = Volumen útil de la cisterna de bombeo en m^3

Q_b = Caudal de bombeo en L/s

z = Numero de arranques por hora

Reemplazando los valores se tiene que el volumen útil es:

$$V_u = \frac{0.9 * 17.22 \text{ L/s}}{12} = 1.29 \text{ m}^3$$

Se va a considerar una sección rectangular, de 1 m^2 de superficie, por lo tanto la profundidad del cárcamo es de 1.29 m. Se toma 1.30 m. La profundidad será medida desde la cota invert de la tubería de descarga al bombeo.

La geometría de la cisterna de bombeo es de 1 m de largo, 1 m de ancho, y 1.30 m de profundidad, lo que da como resultado un volumen de almacenamiento de 1.30 m^3 .

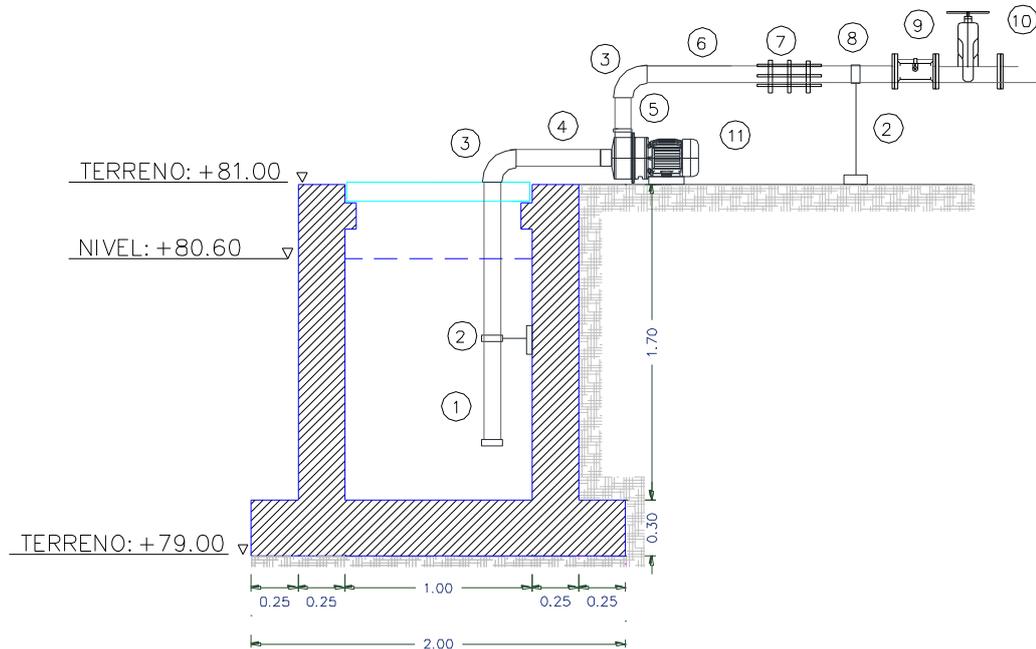


Figura 17: Esquemas del sistema de bombeo de agua potable

Fuente: Autores

4.1.1.3 Funcionamiento del sistema con tanque reservorio

Una vez diseñado el tanque reservorio y determinado el volumen de regulación requerido, se procede a verificar el funcionamiento de la red con la solución planteada. Se busca que con el tanque reservorio colocado en la cota 97.00 m, se llegue a los puntos de demanda de la red con la presión suficiente para garantizar el adecuado abastecimiento de agua.

Se concluye que la solución del tanque es adecuada si la presión en los puntos de abastecimiento de la red cumple lo siguiente (INEN, 1997):

- Presión estática máxima es de 40 mca
- Presión estática mínima es de 7 mca
- Presión dinámica máxima es de 30 mca

Para la comprobación de la red, y la determinación de las demandas en cada uno de los puntos de abastecimiento se considera el caudal máximo horario (CEC, 2001). El caudal máximo horario fue determinado en la sección 3.1.5.3 de este documento, es igual a 9.82 L/s.

De acuerdo a la distribución poblacional generada para los barrios de la comuna Febres Cordero, se tienen las siguientes demandas por barrios:

Tabla XXIII: Demandas de AAPP por barrios

Barrio	Población Actual	Población Futura	Demanda L/s
12 de Mayo	320	431	1.50
1 de Mayo	77	104	0.36
2 de Noviembre	162	218	0.76
24 de Diciembre	314	423	1.47
Santa María	313	422	1.46
10 de Agosto	292	393	1.37
2 Corazones	427	575	2.00
12 de Octubre	195	263	0.91

Fuente: Autores

Para distribuir estas demandas en cada uno de los puntos de abastecimiento de la red actual, como una simplificación se considera que cada nodo de un mismo barrio demanda el mismo caudal. Bajo esta asunción se tiene lo siguiente:

Tabla XXIV: Demandas en puntos de abastecimiento de la red actual

Barrio	Demanda L/s	Numero de nodos	Demanda por nodo L/s
12 de Mayo	1.50	7	0.21
1 de Mayo	0.36	4	0.09
2 de Noviembre	0.76	5	0.15
24 de Diciembre	1.47	9	0.16
Santa María	1.46	9	0.16
10 de Agosto	1.37	5	0.27
2 Corazones	2.00	6	0.33
12 de Octubre	0.91	1	0.91

Fuente: Autores

La distribución de las demandas de agua potable en los puntos de abastecimiento de la red (denominados como J-1, J-2, etc.), se presenta en la tabla a continuación:

Tabla XXV: Demandas de AAPP por nodo de abastecimiento para la red actual

Nodo	Barrio	Demanda L/s
J-1	10 de Agosto	0.27
J-2	10 de Agosto	0.27
J-3	Santa Maria	0.16
J-4	12 de Octubre	0.91
J-5	Santa Maria	0.16
J-6	10 de Agosto	0.27
J-7	Santa Maria	0.16
J-8	Santa Maria	0.16
J-9	Santa Maria	0.16
J-10	Santa Maria	0.16
J-11	Santa Maria	0.16
J-12	Santa Maria	0.16
J-13	Santa Maria	0.16
J-14	24 de Diciembre	0.16
J-15	24 de Diciembre	0.16
J-16	24 de Diciembre	0.16
J-17	24 de Diciembre	0.16
J-18	12 de Mayo	0.21
J-19	12 de Mayo	0.21
J-20	12 de Mayo	0.21
J-21	24 de Diciembre	0.16
J-22	24 de Diciembre	0.16
J-23	1 de Mayo	0.09
J-24	1 de Mayo	0.09
J-25	1 de Mayo	0.09
J-26	1 de Mayo	0.09
J-27	12 de Mayo	0.21
J-28	12 de Mayo	0.21
J-29	24 de Diciembre	0.16
J-30	12 de Mayo	0.21
J-31	12 de Mayo	0.21
J-32	10 de Agosto	0.27
J-33	2 Corazones	0.33
J-34	2 Corazones	0.33
J-35	2 Corazones	0.33
J-36	2 Corazones	0.33
J-37	2 Corazones	0.33
J-38	2 Corazones	0.33
J-39	10 de Agosto	0.27
J-40	24 de Diciembre	0.16
J-41	2 de Noviembre	0.15
J-42	2 de Noviembre	0.15
J-43	2 de Noviembre	0.15
J-44	2 de Noviembre	0.15
J-45	2 de Noviembre	0.15
J-46	24 de Diciembre	0.16
Total General		9.82

Fuente: Autores

Para la determinación de las presiones en los puntos o nodos de abastecimiento se usará WaterCad V8i, que es un software de análisis hidráulico que permite modelar redes de distribución de agua potable. En el modelo se dibuja la configuración de la red actual y se coloca el tanque reservorio en la ubicación definida. El material de la red instalada de abastecimiento consiste en tuberías de PVC. El diámetro seleccionado para la red es de 90 mm.

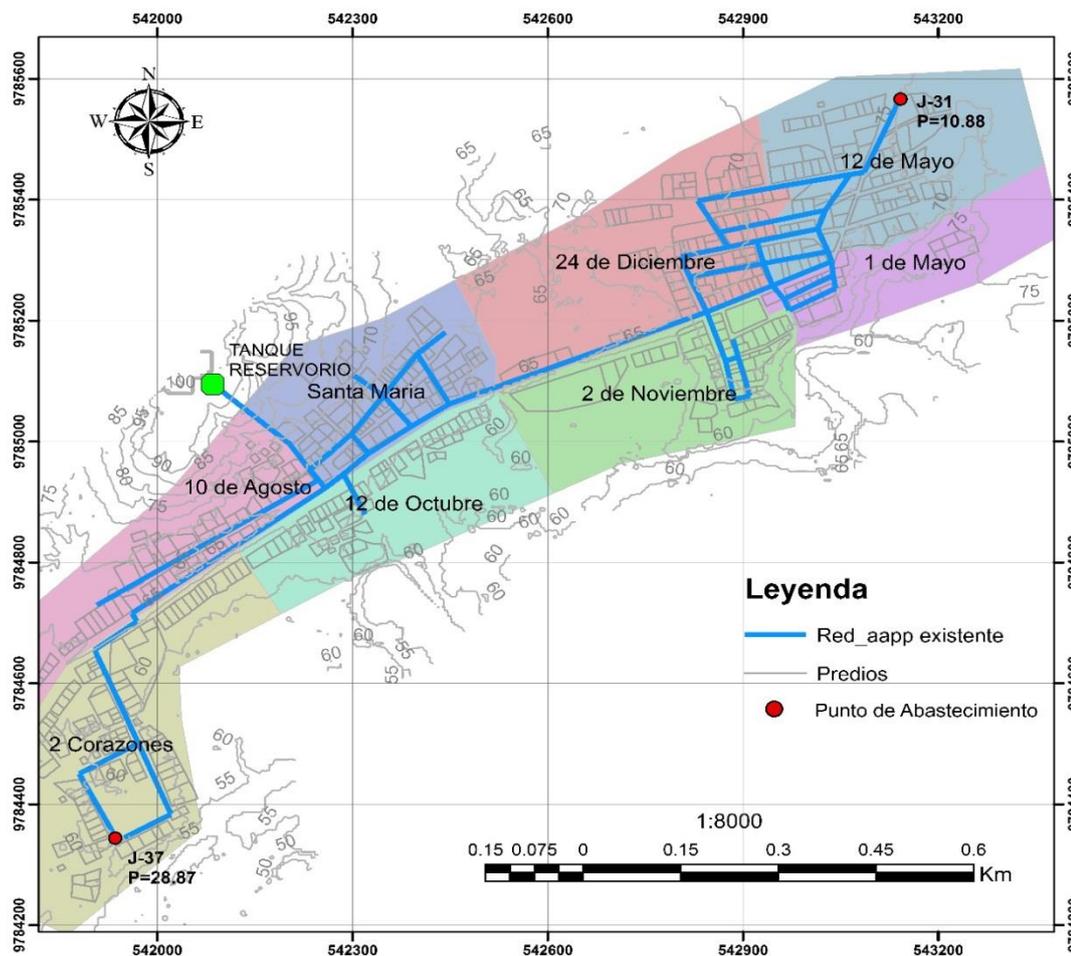


Grafico 10: Red de distribución actual funcionando con el tanque reservorio

Fuente: Autores

En el Grafico 10 se presenta la red instalado funcionando con el tanque reservorio. Se ha colocado la presión de servicio en los puntos considerados con mayor desventaja hidráulica por encontrarse en zonas alejadas y/o elevadas con respecto al tanque reservorio. La presión de servicio obtenida para J-37 y J-31 es de 28.87 mca y 10.88 mca respectivamente, ambas mayores a 7 mca que es la presión estática mínima, y por debajo de 40 mca que es la presión estática máxima permitida.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable, en funcionamiento con el tanque reservorio, obtenidos mediante el software WaterCad V8i:

Tabla XXVI: Resumen de presiones estáticas en los puntos de abastecimiento

Nodo	Barrio	Elevacion (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (mca)
J-1	10 de Agosto	68.36	0.27	90.13	21.73
J-2	10 de Agosto	68.22	0.27	89.98	21.71
J-3	Santa Maria	68.00	0.16	89.88	21.84
J-4	12 de Octubre	64.28	0.91	89.85	25.52
J-5	Santa Maria	67.30	0.16	89.84	22.49
J-6	10 de Agosto	69.66	0.27	90.38	20.67
J-7	Santa Maria	68.69	0.16	89.86	21.13
J-8	Santa Maria	68.53	0.16	89.65	21.07
J-9	Santa Maria	73.48	0.16	89.65	16.13
J-10	Santa Maria	67.58	0.16	89.53	21.90
J-11	Santa Maria	66.62	0.16	89.43	22.77
J-12	Santa Maria	66.83	0.16	89.64	22.77
J-13	Santa Maria	66.02	0.16	89.52	23.46
J-14	24 de Diciembre	71.00	0.16	86.78	15.75
J-15	24 de Diciembre	70.00	0.16	86.70	16.66
J-16	24 de Diciembre	70.00	0.16	86.68	16.65
J-17	24 de Diciembre	70.35	0.16	86.67	16.28
J-18	12 de Mayo	71.85	0.21	86.66	14.78
J-19	12 de Mayo	71.02	0.21	86.67	15.62
J-20	12 de Mayo	71.44	0.21	86.67	15.20
J-21	24 de Diciembre	71.70	0.16	86.67	14.94
J-22	24 de Diciembre	70.94	0.16	86.67	15.70
J-23	1 de Mayo	71.47	0.09	86.67	15.17
J-24	1 de Mayo	70.89	0.09	86.67	15.75
J-25	1 de Mayo	70.46	0.09	86.67	16.17
J-26	1 de Mayo	71.22	0.09	86.67	15.41
J-27	12 de Mayo	73.34	0.21	86.66	13.29
J-28	12 de Mayo	74.23	0.21	86.65	12.40
J-29	24 de Diciembre	69.00	0.16	86.66	17.62
J-30	12 de Mayo	74.11	0.21	86.65	12.51
J-31	12 de Mayo	75.75	0.21	86.64	10.88
J-32	10 de Agosto	66.00	0.27	89.20	23.16
J-33	2 Corazones	65.45	0.33	89.18	23.67
J-34	2 Corazones	64.96	0.33	89.08	24.07
J-35	2 Corazones	61.00	0.33	88.95	27.89
J-36	2 Corazones	59.44	0.33	88.93	29.43
J-37	2 Corazones	60.00	0.33	88.93	28.87
J-38	2 Corazones	60.44	0.33	88.93	28.43
J-39	10 de Agosto	67.12	0.27	90.12	22.95
J-40	24 de Diciembre	68.42	0.16	86.66	18.20
J-41	2 de Noviembre	69.00	0.15	86.75	17.72
J-42	2 de Noviembre	70.53	0.15	86.75	16.19
J-43	2 de Noviembre	70.70	0.15	86.75	16.02
J-44	2 de Noviembre	71.00	0.15	86.75	15.72
J-45	2 de Noviembre	69.91	0.15	86.75	16.80
J-46	24 de Diciembre	70.22	0.16	86.67	16.41

Fuente: Autores

Todos los puntos de abastecimiento tienen una presión estática que esta entre 7 mca y 40 mca. Por lo tanto el funcionamiento de la red con el tanque reservorio es satisfactorio y garantiza el adecuado abastecimiento de agua para la población de la comuna Febres Cordero en el periodo de diseño de 20 años.

4.1.2 Diseño estructural del tanque reservorio

Para el diseño de reservorios de pequeña y mediana capacidad, se recomienda el método de la PCA para poblaciones mayores de 1000 habitantes. El método proporciona la capacidad de obtener coeficientes de momentos, cortantes y deflexiones a través de tablas realizadas por la PCA.

De acuerdo a las condiciones de borde que se fijen, existen tres condiciones de selección, que son:

- Tapa articulada y fondo articulado.
- Tapa libre y fondo articulado.
- Tapa libre y fondo empotrado.

En los reservorios apoyados o semienterrados, típicos en zonas rurales, se utiliza de forma preferencial la condición que considera la tapa libre y el fondo empotrado. En este caso, cuando actúa sólo el empuje del agua, la presión en el borde es cero, mientras que en el fondo es máxima.

Para el diseño de la losa de cubierta se debe considerar el peso propio y la carga viva estimada; mientras que para la losa de fondo se debe considerar el empuje debido al agua, el peso de muros y de losa, ambos deben ser considerados como elementos macizos.

Debido a las condiciones favorables del terreno que posee la comuna, el tanque será diseñado de tal forma que se encuentre en la superficie, empotrado al suelo a través de una altura mínima de material granular, de espesor suficiente de manera que impida el desplazamiento lateral del reservorio.

Los lados del reservorio serán considerados como muros para resistir los empujes que se produzcan debido al agua, y ambas losas, tanto superior e inferior, serán diseñadas para resistir los momentos generados en su unión con los muros.

Se tiene que las dimensiones del tanque de sección rectangular son:

<i>A (altura)</i>	=	4.0 m
<i>B (lado mayor)</i>	=	8.0 m
<i>C (lado menor)</i>	=	6.0 m

Se considerará las siguientes condiciones y materiales para el diseño:

Resistencia del concreto a los 28 días $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Fluencia del acero para refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Peso específico del hormigón $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Densidad de suelo seco $\gamma_s = 1900 \text{ kg/m}^3$

Densidad del agua $\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3$

Ángulo de fricción $\phi = 30^\circ$

4.1.2.1 Condiciones de carga para el diseño

Condición de carga N° 1

El tanque se encuentra lleno de agua y no existe presión lateral debido al suelo.

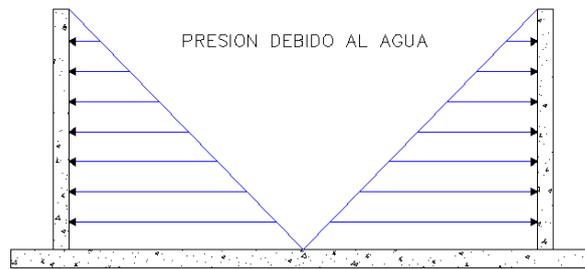


Figura 18: Esquema de condición de carga número 1
Fuente: Autores

Condición de carga N°2

Se considerará que el suelo ejercerá un empuje hasta la tapa del reservorio, esta condición se la toma para analizar qué momentos son los que gobernará el diseño de los muros en comparación con la condición de carga 1.

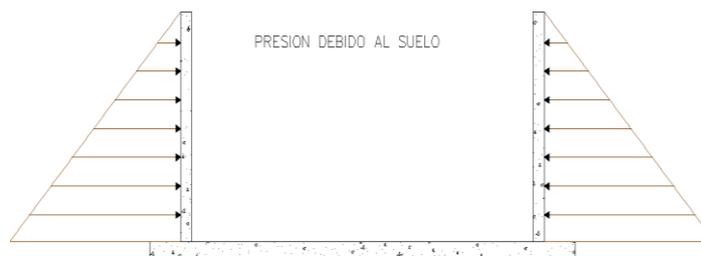


Figura 19: Esquema de condición de carga número 2
Fuente: Autores

Condición de carga N°3

Existe fuerza de empuje debido al suelo en la base del reservorio.

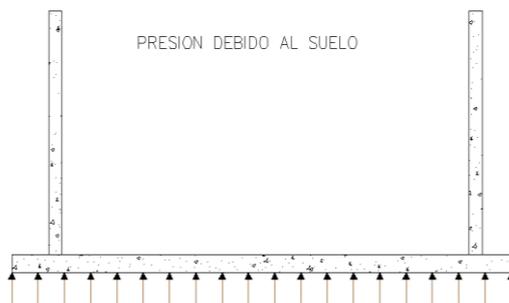


Figura 20: Esquema de condición de carga número 3

Fuente: Autores

4.1.2.2 Diseño de muros para la condición de carga n° 1

Esta condición de carga representa la situación donde el tanque está lleno de agua y la resistencia externa del suelo es ignorada.

De acuerdo a las condiciones de construcción e integridad estructural, los muros deben analizarse para las condiciones de frontera de restricciones fijas en sus tres bordes y una libre en su parte superior; siendo el Caso #3 de las tablas de la PCA.

Esta condición representa la situación cuando el tanque está lleno y la resistencia externa del suelo es ignorada. De acuerdo a ACI 350, la resistencia proporcionada por el suelo no se debe tomar en cuenta. Esta condición también ocurre cuando el tanque es probado antes del relleno en caso de fugas.

La presión del agua en la pared del tanque se forma como una distribución triangular.

$$q = k_a * w * a ; k_a = 1, a = 4m, w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$q = 1 * 1000 * 4$$

$$q = 4000 \text{ kg/m}^2$$

Para muro largo la relación lado largo/altura = $b/a = 2.0$

Para muro corto la relación lado corto/altura = $c/a = 1.5$

(a) Diseño para fuerzas cortantes

Las fuerzas cortantes deben ser consideradas en varios lugares a lo largo de los ejes de las paredes del tanque.

Los coeficientes de cortante son obtenidos a partir de la Tabla XXVII para el Caso #3 – PCA con las respectivas relaciones como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXVII: Coeficientes de cortante para diferentes
Relaciones entre dimensiones

Cortante-C _s	b/a	c/a
Borde inferior-punto medio	0.45	0.4
Borde lateral-máximo	0.27	0.26
Borde lateral-punto medio	0.26	0.26

Fuente: Autores

Comprobar Cortante en la parte inferior de la pared

La fuerza cortante máxima actuará en el muro largo, en el punto medio, como lo indica el coeficiente de corte, del cual se hace la verificación de cortante para obtener el espesor que soportará dicha fuerza.

Basado en la tabla anterior, la pared larga debe ser diseñada para un coeficiente de corte de 0.45, mientras que la pared corta con un coeficiente de corte de 0.40, para efectos de cálculo y resistencia se elige el mayor coeficiente, siendo 0.45.

$$V = C_s * q * a \quad \text{Ec. 41}$$

$$V = 0.45 * 4000 * 4$$

$$V = 7200 \text{ kg}$$

De acuerdo a ACI 350 el factor de durabilidad medioambiental S, para esfuerzos de corte es igual a 1.3, y modifica al factor de

resistencia a carga lateral debido a fluido (F), cuyo factor es 1.7, pero por efectos de mayor resistencia y mejor capacidad para resistir los empujes debido al líquido se tomará como factor 1.7, entonces el cortante de diseño V_u será igual a:

$$V_u = 1.7 * V$$

$$V_u = 1.7 * 7200$$

$$V_u = 12240 \text{ kg}$$

Para obtener el espesor que va a poseer la pared se debe utilizar la fórmula de cortante de la sección 11.11.3.1 de ACI 318-11, y con la condición que $\phi V_c \geq V_u$, se obtiene:

$$V_u \leq \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d \quad \text{Ec. 42}$$

Para corte el coeficiente será 0.75 y el diseño se lo realizará para una franja de 100cm.

$$d \geq \frac{V_u}{\phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d}$$

$$d \geq \frac{12240}{0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100}$$

$$d \geq 18.40 \text{ cm}$$

Se tomará como recubrimiento mínimo 5 cm y se asumirá una varilla de 18 mm. Llamaremos t al espesor del muro.

$$t = d + \text{recubrimiento} + db/2$$

$$t = 18.40 + 5 + 1.8/2$$

$$t = 24.30 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

$$d = 19.1 \text{ cm}$$

Como la fuerza de tracción de la pared adyacente es pequeña se le da un cortante admisible

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 19.1$$

$$\phi V_c = 12704.26 \text{ kg} > V_u \quad \therefore \text{ok}$$

Comprobar Cortante en el borde lateral de pared larga

El espesor del muro será 25 cm, del cual debe ser mayor al espesor que debe soportar el borde lateral debido al cortante que se desarrollará en ese punto, se comprueba cortante en el borde lateral máximo de la pared larga con $C_s=0.27$.

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0.27 * 4000 * 4$$

$$V = 4320 \text{ kg}$$

$$V_u = 1.7 * V$$

$$V_u = 1.7 * 4320$$

$$V_u = 7344 \text{ kg}$$

Ya que la pared larga está sujeta a fuerzas de tensión simultáneas frente a cortante en el lado corto de la pared, se le da un cortante admisible, sección 11.8 ACI 318-11.

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d \left(1 + \frac{Nu}{35 * Ag} \right) \quad \text{Ec. 43}$$

Donde Nu es la tensión en la pared larga debido al cortante de la pared corta. Entonces el cortante a lo largo de la pared corta será:

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0.26 * 4000 * 4$$

$$V = 4256 \text{ kg}$$

$$Nu = -1.7 * 4160 = -7072 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 19.1 \left(1 + \frac{-7072}{35 * 25 * 100} \right)$$

$$\phi V_c = 11677.47 \text{ kg} > 7344 \text{ kg} \quad \therefore \text{ok}$$

Con esto se comprueba que el espesor del muro de 25 cm resistirá las fuerzas de corte.

(b) Diseño para momentos verticales de flexión.

El refuerzo vertical debido a los momentos generados en el muro servirá para determinar la cantidad de refuerzo requerido de manera vertical y estará dado de la siguiente forma:

$$M_x = M_x Coef * q * a^2 / 1000$$

Aplicando los criterios de ACI 350.3R-01, muestra que la ecuación de momento debe ser multiplicada por un factor medioambiental para esfuerzos de flexión, S, que será igual a 1.3 y el factor de resistencia de 1.7. Entonces los momentos de diseño M_{ux} será igual a:

$$M_{ux} = 1.7 * S * M_x Coef * q * a^2 / 1000$$

$$M_{ux} = 1.7 * 1.3 * M_x Coef * q * a^2 / 1000$$

$$q * a^2 / 1000 = 4000 * 4^2 / 1000 = 64 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{ux} = 141.44 * M_x Coef \text{ kg} - \text{m}$$

Para el cálculo y evaluación de los momentos últimos verticales se utilizará la tabla 3-31 de la PCA. Los coeficientes serán tomados del Caso #3 "Tanks Analysis Results".

Tabla XXVIII: Coeficientes de momento alrededor del eje X en el lado largo

Lado largo	esquina	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	-6	0	0	0	0	0
0.9a	-11	-3	1	3	4	5
0.8a	-11	-3	3	7	9	10
0.7a	-10	-2	5	10	13	13
0.6a	-10	0	7	12	15	16
0.5a	-9	1	8	12	14	15
0.4a	-8	1	6	9	9	9
0.3a	-6	0	2	0	-1	-2
0.2a	-4	-3	6	-15	-20	-21
0.1a	-1	-10	-25	-38	-47	-50
BOT	0	-22	-52	-73	-86	-90

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

En la siguiente tabla se muestra los valores de Mux, de los cuales se tomará el mayor momento en magnitud, el valor será negativo debido a que la fuerza del agua es contraria a la convención de signos que usa el método

Tabla XXIX: Momentos flectores de diseño verticales Mux

Lado largo	esquina	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)
TOP	-848.64	0	0	0	0	0
0.9a	-1555.84	-424.32	141.44	424.32	565.76	707.2
0.8a	-1555.84	-424.32	424.32	990.08	1272.96	1414.4
0.7a	-1414.4	-282.88	707.2	1414.4	1838.72	1838.72
0.6a	-1414.4	0	990.08	1697.28	2121.6	2263.04
0.5a	-1272.96	141.44	1131.52	1697.28	1980.16	2121.6
0.4a	-1131.52	141.44	848.64	1272.96	1272.96	1272.96
0.3a	-848.64	0	282.88	0	-141.44	-282.88
0.2a	-565.76	-424.32	848.64	-2121.6	-2828.8	-2970.24
0.1a	-141.44	-1414.4	-3536	-5374.72	-6647.68	-7072
BOT	0	-3111.68	-7354.88	-10325.12	-12163.84	-12729.6

Fuente: Autores

El requisito de refuerzo para la cara interior de la pared con M_{ux} (-) 12729 kg-m es determinado de la siguiente manera:

$$\phi M_x = \phi A_s * f_y * \left(d + \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ec. 44}$$

$$jd = \left(d + \frac{a}{2} \right)$$

Reemplazando se tiene:

$$\phi M_x = \phi A_s * f_y * j * d$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{\phi * f_y * j * d}$$

El coeficiente de flexión equivale a $\phi = 0.90$, $j=0.9$ y $f_y = 4.2 \text{ T/cm}^2$, entonces la ecuación para el refuerzo requerido servirá para todos los cálculos siguientes, tomando en cuenta que el momento último debe ser ingresado en T-m.

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{\phi * f_y * j * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{12.729}{3.402 * 0.191}$$

$$A_{sreq} = 19.589 \text{ cm}^2$$

Se usará varillas $\emptyset 18$ para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{19.589}{2.5447} = 7.69 \approx 8 \text{ varillas}$$

$$A_s = 8 * 2.5447 = 20.357 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre varillas según sección 14.3.6 de ACI 318-11 no debe ser mayor a 3 veces el espesor de muro o 450 mm

El acero vertical para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con $8\emptyset 18 \text{ c}/140$, cumpliendo con la separación que indica la norma.

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo, aunque si el acero requerido es mayor por un tercio al mínimo (sección 10.5.3 ACI310-11) la comprobación de acero mínimo no posee tanta importancia, de igual forma ocurre con la cuantía.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

Ec. 45

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 19.1 \geq \frac{14}{4200} 100 * 19.1$$

$$6.087 \geq 6.36 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 6.36 \text{ cm}^2$$

La cuantía debido al refuerzo vertical estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{20.357}{100 * 19.1} = 0.011$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore \text{ok}$$

(c) Diseño para momentos horizontales de flexión.

El refuerzo horizontal debido a los momentos generados en el muro servirá para determinar la cantidad de refuerzo requerido de manera vertical y estará dado de la siguiente forma:

$$M_y = M_y Coef * q * a^2 / 1000$$

Aplicando los criterios de ACI 350.3R-01, muestra que la ecuación de momento debe ser multiplicada por un factor medioambiental para esfuerzos de flexión, S, que será igual a 1.3 y el factor de resistencia de 1.7. Entonces los momentos de diseño M_{ux} será igual a:

$$M_{uy} = 1.7 * S * M_y Coef * q * a^2 / 1000$$

$$M_{uy} = 1.7 * 1.3 * M_y Coef * q * a^2 / 1000$$

$$q * a^2 / 1000 = 4000 * 4^2 / 1000 = 64 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{uy} = 141.44 * M_y Coef \text{ kg} - \text{m}$$

Para el cálculo y evaluación de los momentos últimos horizontales se utilizará la tabla 3-31 de la PCA. Los coeficientes serán tomados del Caso #3 of "Tanks Analysis Results".

Tabla XXX: Coeficientes de momentos alrededor del eje Y en la dimensión larga

Lado largo	esquina	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	-30	-21	4	18	26	28
0.9a	-54	-19	4	18	24	26
0.8a	-53	-17	5	17	23	25
0.7a	-51	-15	5	16	21	23
0.6a	-49	-13	6	15	19	20
0.5a	-46	-10	6	13	16	26
0.4a	-40	-7	6	10	11	12
0.3a	-31	-4	4	6	6	6
0.2a	-19	-3	0	0	-1	-1
0.1a	-6	-3	-4	-7	-8	-9
BOT	0	-4	-10	-15	-17	-18

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

En la siguiente tabla se muestra los valores de M_{uy} , de los cuales se tomará el mayor momento en magnitud, el valor será negativo debido a que la fuerza del agua es contraria a la convención de signos que usa el método.

Tabla XXXI: Momentos flectores horizontales de diseño M_{uy}

Lado largo	esquina	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
	coeficiente	$M_{uy}(kg-m)$	$M_{uy}(kg-m)$	$M_{uy}(kg-m)$	$M_{uy}(kg-m)$	$M_{uy}(kg-m)$
TOP	-4243.2	-2970.24	565.76	2545.92	3677.44	3960.32
0.9a	-7637.76	-2687.36	565.76	2545.92	3394.56	3677.44
0.8a	-7496.32	-2404.48	707.2	2404.48	3253.12	3536
0.7a	-7213.44	-2121.6	707.2	2263.04	2970.24	3253.12
0.6a	-6930.56	-1838.72	848.64	2121.6	2687.36	2828.8
0.5a	-6506.24	-1414.4	848.64	1838.72	2263.04	3677.44
0.4a	-5657.6	-990.08	848.64	1414.4	1555.84	1697.28
0.3a	-4384.64	-565.76	565.76	848.64	848.64	848.64
0.2a	-2687.36	-424.32	0	0	-141.44	-141.44
0.1a	-848.64	-424.32	-565.76	-990.08	-1131.52	-1272.96
BOT	0	-565.76	-1414.4	-2121.6	-2404.48	-2545.92

Fuente: Autores

El requisito de refuerzo para la cara interior de la pared con M_{uy} (-)
 $= 7637.76 \text{ kg-m}$ es determinado de la siguiente manera:

$$\phi M_y = \phi A_s * f_y * \left(d + \frac{a}{2} \right)$$

$$j d = \left(d + \frac{a}{2} \right)$$

Reemplazando se tiene:

$$\phi M_y = \phi A_s * f_y * j * d$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{\phi * f_y * j * d}$$

El coeficiente de flexión equivale a $\phi = 0.90$, $j=0.9$ y $f_y = 4.2 \text{ T/cm}^2$,
entonces la ecuación para el refuerzo requerido servirá para todos
los cálculos siguientes, tomando en cuenta que el momento último
debe ser ingresado en T-m.

$$A_{sreq} = \frac{M_{uy}}{\phi * f_y * j * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{uy}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{7637.76}{3.402 * 0.191}$$

$$A_{sreq} = 11.75 \text{ cm}^2$$

Se usará varillas $\emptyset 18$ para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{11.75}{2.5447} = 4.61 \approx 5 \text{ varillas}$$

$$A_s = 5 * 2.5447 = 12.723 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre varillas según sección 14.3.6 de ACI 318-11 no debe ser mayor a 3 veces el espesor de muro o 450 mm

El acero horizontal para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con $5\emptyset 18 \text{ c}/250$, cumpliendo con la separación que indica la norma.

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo, aunque si el acero requerido es mayor por un tercio al mínimo (sección 10.5.3 ACI310-11) la comprobación de acero mínimo no posee tanta importancia, de igual forma ocurre con la cuantía.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 19.1 \geq \frac{14}{4200} 100 * 19.1$$

$$6.087 \geq 6.36 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 6.36 \text{ cm}^2$$

La cuantía debido al refuerzo horizontal estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{12.723}{100 * 19.1} = 0.0066$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore \text{ok}$$

Un procedimiento similar se sigue para el pared corta, cuyo $C_s=0.40$ ubicado en el punto medio del borde.

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0.40 * 4000 * 4$$

$$V = 6400 \text{ kg}$$

De acuerdo a ACI 350 el factor de durabilidad medioambiental S , para esfuerzos de corte es igual a 1.7, entonces el cortante de diseño V_u será igual a:

$$V_u = 1.7 * V$$

$$V_u = 1.7 * 6400$$

$$V_u = 10880 \text{ kg}$$

Para obtener el espesor que va a poseer la pared se debe utilizar la fórmula de cortante de la sección 11.11.3.1 de ACI 318-11, y con la condición que $\phi V_c \geq V_u$, se obtiene:

$$V_u \leq \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

Para corte el coeficiente será 0.75 y el diseño se lo realizará para una franja de 100cm.

$$d \geq \frac{V_u}{\phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d}$$

$$d \geq \frac{10880}{0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100}$$

$$d \geq 16.35 \text{ cm}$$

Se tomará como recubrimiento mínimo 5 cm y se asumirá una varilla de 18 mm. Llamaremos t al espesor del muro.

$$t = d + \text{recubrimiento} + db/2$$

$$t = 16.35 + 5 + 1.8/2$$

$$t = 22.25 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

$$d = 19.1 \text{ cm}$$

Como la fuerza de tracción de la pared adyacente es pequeña se le da un cortante admisible

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 19.1$$

$$\phi V_c = 12704.26 \text{ kg} > V_u \quad \therefore \text{ok}$$

Comprobar Cortante en el borde lateral de pared corta

El espesor del muro será 25 cm, del cual debe ser mayor al espesor que debe soportar el borde lateral debido al cortante que se desarrollará en ese punto, se comprueba cortante en el borde lateral máximo de la pared corta con $C_s = 0.26$.

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0.26 * 4000 * 4$$

$$V = 4160 \text{ kg}$$

$$V_u = 1.7 * V$$

$$V_u = 1.7 * 4160$$

$$V_u = 7072 \text{ kg}$$

Ya que la pared corta está sujeta a fuerzas de tensión simultáneas frente a cortante en el lado largo de la pared, se le da un cortante admisible, sección 11.8 ACI 318-11.

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d \left(1 + \frac{Nu}{35 * Ag} \right)$$

Donde Nu es la tensión en la pared larga debido al cortante de la pared corta. Entonces el cortante a lo largo de la pared corta será:

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0.27 * 4000 * 4$$

$$V = 4320 \text{ kg}$$

$$Nu = -1.7 * 4320 = -7344 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 19.1 \left(1 + \frac{-7344}{35 * 25 * 100} \right)$$

$$\phi V_c = 11637.47 \text{ kg} > 7072 \text{ kg} \quad \therefore \text{ok}$$

Con esto se comprueba que el espesor del muro de 25 cm resistirá las fuerzas de corte.

(d) Diseño para momentos verticales de flexión.

Se aplica el mismo procedimiento para el cálculo de momentos flectores con respecto al diseño de la pared larga.

$$M_{ux} = 1.7 * S * M_x Coef * q * a^2 / 1000$$

$$M_{ux} = 1.7 * 1.3 * M_x Coef * q * a^2 / 1000$$

$$q * a^2 / 1000 = 4000 * 4^2 / 1000 = 64 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{ux} = 141.44 * M_x Coef \text{ kg} - \text{m}$$

Para el cálculo y evaluación de los momentos últimos verticales se utilizará la tabla 3-31 de la PCA. Los coeficientes serán tomados del Caso #3 of "Tanks Analysis Results".

Tabla XXXII: Coeficientes de momentos alrededor del eje X en la dimensión corta

Lado corto	Esquina	0.1c-0.9c	0.2c-0.8c	0.3c-0.7c	0.4c-0.6c	0.5c
	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	-6	0	0	0	0	0
0.9a	-11	-4	-1	1	2	3
0.8a	-11	-5	0	4	6	6
0.7a	-10	-4	2	7	9	10
0.6a	-10	-2	5	10	13	14
0.5a	-9	-1	7	12	15	16
0.4a	-8	1	7	12	14	15
0.3a	-6	1	6	8	9	10
0.2a	-4	1	-1	0	-2	-2
0.1a	-1	-3	-9	-16	-21	-23
BOT	0	-10	-29	-43	-53	-56

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

En la siguiente tabla se muestra los valores de Mux, de los cuales se tomará el mayor momento en magnitud, el valor será negativo debido a que la fuerza del agua es contraria a la convención de signos que usa el método.

Tabla XXXIII: Momentos flectores verticales de diseño Mux

Lado corto	Esquina	0.1c-0.9c	0.2c-0.8c	0.3c-0.7c	0.4c-0.6c	0.5c
	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)	Mux(kg-m)
TOP	-848.64	0	0	0	0	0
0.9a	-1555.84	-565.76	-141.44	141.44	282.88	424.32
0.8a	-1555.84	-707.2	0	565.76	848.64	848.64
0.7a	-1414.4	-565.76	282.88	990.08	1272.96	1414.4
0.6a	-1414.4	-282.88	707.2	1414.4	1838.72	1980.16
0.5a	-1272.96	-141.44	990.08	1697.28	2121.6	2263.04
0.4a	-1131.52	141.44	990.08	1697.28	1980.16	2121.6
0.3a	-848.64	141.44	848.64	1131.52	1272.96	1414.4
0.2a	-565.76	141.44	-141.44	0	-282.88	-282.88
0.1a	-141.44	-424.32	-1272.96	-2263.04	-2970.24	-3253.12
BOT	0	-1414.4	-4101.76	-6081.92	-7496.32	-7920.64

Fuente: Autores

El requisito de refuerzo para la cara interior de la pared con M_{ux} (-)
 = 7920.64 kg-m es determinado de la siguiente manera:

$$\phi M_x = \phi A_s * f_y * \left(d + \frac{a}{2} \right)$$

$$jd = \left(d + \frac{a}{2} \right)$$

Reemplazando se tiene:

$$\phi M_x = \phi A_s * f_y * j * d$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{\phi * f_y * j * d}$$

El coeficiente de flexión equivale a $\phi = 0.90$, $j=0.9$ y $f_y = 4.2 \text{ T/cm}^2$,
 entonces la ecuación para el refuerzo requerido servirá para todos
 los cálculos siguientes, tomando en cuenta que el momento último
 debe ser ingresado en T-m.

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{\phi * f_y * j * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{7.92064}{3.402 * 0.191}$$

$$A_{sreq} = 12.189 \text{ cm}^2$$

Se usará $\emptyset 18$ para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{12.189}{2.5447} = 4.789 \approx 5 \text{ varillas}$$

$$A_s = 5 * 2.5447 = 12.724 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre varillas según sección 14.3.6 de ACI 318-11 no debe ser mayor a 3 veces el espesor de muro o 450 mm

El acero vertical para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con $5\emptyset 18 \text{ c}/250$, cumpliendo con la separación que indica la norma.

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo, aunque si el acero requerido es mayor por un tercio al mínimo (sección 10.5.3 ACI310-11) la comprobación de acero mínimo no posee tanta importancia, de igual forma ocurre con la cuantía.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 19.1 \geq \frac{14}{4200} 100 * 19.1$$

$$6.087 \geq 6.36 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 6.36 \text{ cm}^2$$

La cuantía debido al refuerzo vertical estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{12.724}{100 * 19.1} = 0.006$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore \text{ok}$$

(e) Diseño para momentos horizontales de flexión.

Aplicando los criterios de ACI 350.3R-01, muestra que la ecuación de momento debe ser multiplicada por un factor medioambiental para

esfuerzos de flexión, S , que será igual a 1.3 y el factor de resistencia de 1.7. Entonces los momentos de diseño M_{ux} será igual a:

$$M_{uy} = 1.7 * S * M_y Coef * q * a^2 / 1000$$

$$M_{uy} = 1.7 * 1.3 * M_y Coef * q * a^2 / 1000$$

$$q * a^2 / 1000 = 4000 * 4^2 / 1000 = 64 \text{ kg} - m$$

$$M_{uy} = 141.44 * M_y Coef \text{ kg} - m$$

Para el cálculo y evaluación de los momentos últimos horizontales se utilizará la tabla 3-31 de la PCA. Los coeficientes serán tomados del Caso #3 of "Tanks Analysis Results".

Tabla XXXIV: Coeficientes de momentos alrededor del eje Y en la dimensión corta

Lado corto	Esquina	0.1c-0.9c	0.2c-0.8c	0.3c-0.7c	0.4c-0.6c	0.5c
	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	-30	-28	-7	8	16	19
0.9a	-54	-26	-6	8	16	19
0.8a	-53	-24	-4	9	16	19
0.7a	-51	-22	-2	10	16	18
0.6a	-49	-19	-1	10	16	18
0.5a	-46	-16	1	10	15	16
0.4a	-40	-12	2	9	12	13
0.3a	-31	-8	2	7	8	9
0.2a	-19	-4	1	3	3	3
0.1a	-6	-2	-1	-2	-3	-3
BOT	0	-2	-6	-9	-11	-11

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

En la siguiente tabla se muestra los valores de M_{uy} , de los cuales se tomará el mayor momento en magnitud, el valor será negativo debido a que la fuerza del agua es contraria a la convención de signos que usa el método

Tabla XXXV: Momentos flectores horizontales de diseño M_{uy}

Lado largo	esquina	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
	coeficiente	$M_{uy}(\text{kg-m})$	$M_{uy}(\text{kg-m})$	$M_{uy}(\text{kg-m})$	$M_{uy}(\text{kg-m})$	$M_{uy}(\text{kg-m})$
TOP	-4243.2	-2970.24	565.76	2545.92	3677.44	3960.32
0.9a	-7637.76	-2687.36	565.76	2545.92	3394.56	3677.44
0.8a	-7496.32	-2404.48	707.2	2404.48	3253.12	3536
0.7a	-7213.44	-2121.6	707.2	2263.04	2970.24	3253.12
0.6a	-6930.56	-1838.72	848.64	2121.6	2687.36	2828.8
0.5a	-6506.24	-1414.4	848.64	1838.72	2263.04	3677.44
0.4a	-5657.6	-990.08	848.64	1414.4	1555.84	1697.28
0.3a	-4384.64	-565.76	565.76	848.64	848.64	848.64
0.2a	-2687.36	-424.32	0	0	-141.44	-141.44
0.1a	-848.64	-424.32	-565.76	-990.08	-1131.52	-1272.96
BOT	0	-565.76	-1414.4	-2121.6	-2404.48	-2545.92

Fuente: Autores

El requisito de refuerzo para la cara interior de la pared con M_{uy} (-)
= 7637.76 kg-m es determinado de la siguiente manera:

$$\phi M_y = \phi A_s * f_y * \left(d + \frac{a}{2} \right)$$

$$jd = \left(d + \frac{a}{2} \right)$$

Reemplazando se tiene:

$$\phi M_y = \phi A_s * f_y * j * d$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ux}}{\phi * f_y * j * d}$$

El coeficiente de flexión equivale a $\phi = 0.90$, $j=0.9$ y $f_y = 4.2 T/cm^2$, entonces la ecuación para el refuerzo requerido servirá para todos los cálculos siguientes, tomando en cuenta que el momento último debe ser ingresado en T-m.

$$A_{sreq} = \frac{M_{uy}}{\phi * f_y * j * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{uy}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{7637.76}{3.402 * 0.191}$$

$$A_{sreq} = 11.75 \text{ cm}^2$$

Se usará varillas $\phi 18$ para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{11.75}{2.5447} = 4.61 \approx 5 \text{ varillas}$$

$$A_s = 5 * 2.5447 = 12.723 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento entre varillas según sección 14.3.6 de ACI 318-11 no debe ser mayor a 3 veces el espesor de muro o 450 mm

El acero horizontal para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con 5Ø18 c/250, cumpliendo con la separación que indica la norma.

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo, aunque si el acero requerido es mayor por un tercio al mínimo (sección 10.5.3 ACI310-11) la comprobación de acero mínimo no posee tanta importancia, de igual forma ocurre con la cuantía.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 19.1 \geq \frac{14}{4200} 100 * 19.1$$

$$6.087 \geq 6.36 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 6.36 \text{ cm}^2$$

La cuantía debido al refuerzo horizontal estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{12.723}{100 * 19.1} = 0.0066$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore \text{ok}$$

(f) Refuerzo por contracción y temperatura

El refuerzo por contracción y temperatura será el mismo para ambas paredes, debido a que poseen el mismo espesor y el mismo peralte por tracción.

$$A_{st} = \rho * b * d$$

$$A_{st} = 0.0018 * 100 * 19.1$$

$$A_{st} = 3.438 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{3.438}{0.7854} = 4.37 \approx 5 \text{ varillas}$$

$$A_s = 5 * 0.7854 = 3.927 \text{ cm}^2$$

El acero de refuerzo para contracción y temperatura será 5Ø10 c/250.

(g) Determinar longitud de desarrollo

La longitud de base de desarrollo, l_d para una barra de 18 mm, será calculado según sección 12.1 ACI 318-11, para una barra clase b.

$$l_d = \frac{f_y}{3.5\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi\psi_t\psi_s}{\left(\frac{C_b+K_t}{d_b}\right)} d_b$$

Donde $\psi, \psi_t, \psi_s, \lambda$ son iguales a 1 y la relación $\frac{C_b+K_t}{d_b}$ como lo indica la norma para efectos de cálculo es 2.5, quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$l_d = \frac{f_y}{8.75\sqrt{f'_c}} d_b$$

$$l_d = \frac{4200}{8.75\sqrt{280}} (1.8) = 51.63 \text{ cm}$$

Por ser clase b la longitud de desarrollo debe ser multiplicada por 1.3

$$1.3l_d = 67.12 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

4.1.2.3 Diseño de paredes para condición de carga n°2

Esta condición de carga representa la condición donde el tanque está vacío y se presenta la presión externa del suelo. Durante la construcción, la compactación y el relleno pueden generar fuerzas sobre la estructura en un considerable exceso de la carga de servicio. Durante el diseño se deben tener estas consideraciones debido a los problemas que se presenten en la construcción. El ángulo de fricción del suelo es de 30° y la presión ejercida por el suelo cambia debido al coeficiente de presión activa o pasiva k_a .

$$q = k_a w a \quad \text{Ec. 46}$$

$$k_a = \frac{(1 - \sin 30)}{(1 + \sin 30)} = 0.33$$

$$q = 0.33 * 1000 * 4 = 1320 \frac{kg}{m^2}$$

Las relaciones lado mayor y lado menor con altura serán iguales debido a que se genera una presión triangular a lo largo de la pared.

Diseño por cortante

$$V = C_s * q * a \quad \text{Ec. 47}$$

$$V = 0.45 * 1320 * 4$$

$$V = 2376 \text{ kg}$$

$$V_u = 1.7 * V$$

$$V_u = 1.7 * 9504$$

$$V_u = 4039.2 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 19.1$$

$$\phi V_c = 12704.26 > 4039.2 \text{ kg}$$

Comprobar cortante en el eje del tanque

$$V = 0.27 * 1320 * 4$$

$$V = 1425.6 \text{ kg}$$

$$V_u = 1.7 * V$$

$$V_u = 2423.52 \text{ kg}$$

Donde N_u es la tensión en la pared larga debido al cortante de la pared corta. Entonces el cortante a lo largo de la pared corta será:

$$V = C_s * q * a$$

$$V = 0.26 * 1320 * 4$$

$$V = 1372.8 \text{ kg}$$

$$N_u = -1.7 * 1372.8 = -2333.76 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 19.1 \left(1 + \frac{-2333.76}{35 * 25 * 100} \right)$$

$$\phi V_c = 12365.42 \text{ kg} > 2423.52 \text{ kg} \quad \therefore \text{ok}$$

Diseño para momentos flectores horizontales y verticales

Los coeficientes a utilizarse serán iguales a la condición de carga de Caso 3 para una carga distribuida triangular, y básicamente utilizándose los mismos coeficientes, indicando que si la ecuación que a continuación se mostrará es menor que los analizados en las paredes larga y corta no se debe reforzar el elemento con la condición de carga N°2.

Ecuación para pared larga y corta debido a la presión ejercida por el agua.

$$M_{uy} = M_{ux} = 141.44 * M_y Coef \text{ kg} - m$$

Ecuación para pared larga y corta debido a la presión ejercida por el suelo.

$$M_{uy} = M_{ux} = 105.02 * M_y Coef \text{ kg} - m$$

Con esto se concluye que el empuje del suelo no será quién gobierne el diseño de los elementos pared del tanque.

4.1.2.4 Diseño por empuje bajo condición de carga n°3

Dependiendo de la altura de la capa de suelo a la cual estará el tanque, se tiene que realizar la respectiva verificación debido a las fuerzas que pueden desarrollarse debajo del tanque que pueden ser lo suficientemente grande como para levantar la estructura cuando está vacío.

Se calcula el peso total del tanque, el área de piso y de tanque para obtener la carga total que soportará el suelo y confirmar que existe un factor de seguridad.

$$\text{Muros largo: } W_{wall} = 2400 * 8 * 4.30 * 0.25 * 2 = 41280 \text{ kg}$$

$$\text{Muros cortos: } W_{wall} = 2400 * 6 * 4.30 * 0.25 * 2 = 30960 \text{ kg}$$

$$\text{Losas de cubierta: } W_{roof} = 2400 * 0.30 * 8 * 6 = 34560 \text{ kg}$$

$$\text{Losas inferiores: } W_{floor} = 2400 * 0.30 * 8.825 * 6.825 = 43366.05 \text{ kg}$$

Sumando todos los pesos muertos de la estructura se tiene que el peso total que soportará el suelo es de $W_T=150166.05 \text{ kg}$

$$\text{Área de piso: } A_{floor} = (8.125+0.70)*(6.125+0.70)=60.23 \text{ m}^2$$

$$\text{Área tanque: } A_{tank} = (8.125*6.125)= 49.77 \text{ m}^2$$

Se debe calcular el peso del suelo en los voladizos de la losa de fondo. Se ha considerado los voladizos de 0.70 m y una altura de entierro o de empotramiento del tanque de 0.70 m. El peso específico del suelo será tomado como $1900 \text{ kg}/\text{m}^3$

$$W_s = 1900 * (60.23 - 49.77) * 0.7 = 13917.61 \text{ kg}$$

La fuerza de empuje ejercida por suelo para la correspondiente cálculo del factor de seguridad será el volumen de suelo que ocupe el tanque sin considerar los voladizos de la losa de fondo.

$$P_s = 1900 * (0.70 + 0.30) = 1900 \text{ kg}$$

$$F_E = 1900 * 49.77 = 94563 \text{ kg}$$

El factor de seguridad vendrá dado por la relación entre las fuerzas que ejercen el suelo y el tanque con respecto a la fuerza de empuje. El empuje tiene que ser mayor a 1.10.

$$F_S = \frac{W_s + W_T}{F_E} \quad \text{Ec. 48}$$

$$F_S = \frac{13917.61 + 150166.05}{94563} = 1.74 \quad \therefore Ok$$

4.1.2.5 Diseño de losa de cubierta

Se asume que el tanque estará soportado simplemente por una losa de cubierta. El espesor de la losa de acuerdo a la sección 9.5.2.1 de ACI 318-11 será $l/20$ correspondiente a una losa maciza en una dirección sin extremos continuos.

$$e = \frac{l}{20} = \frac{600}{20} = 30 \text{ cm}$$

Diseño para momentos flectores

Para las condiciones, la losa del techo del tanque se asume que está simplemente apoyado, por lo tanto los coeficientes de momento corresponden al caso 10 de PCA con la relación $b/a=1.5$, debido a la relación entre el lado largo y el lado corto de la dimensión de la losa. Es necesario incluir los momentos de torsión que se suman a los de flexión.

- Momentos positivos producen tensión (base de la losa)

$$Coef. M_{tx} = Coef. M_x + Coef. |M_{xy}| > 0$$

$$Coef. M_{ty} = Coef. M_y + Coef. |M_{xy}| > 0$$

- Momentos negativos producen tensión (cerca de las esquinas)

$$Coef. M_{tx} = Coef. M_x - Coef. |M_{xy}| < 0$$

$$Coef. M_{ty} = Coef. M_y - Coef. |M_{xy}| < 0$$

Tabla XXXVI: $Coef. M_{tx} = Coef. M_x + Coef. M_{xy}$ para momento positivo a lo largo del palmo corto

Coef Mtx	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	21	22	16	8	0
0.9a	0	23	33	33	26	22
0.8a	0	18	35	41	35	35
0.7a	0	12	31	42	39	42
0.6a	0	5	24	8	7	44
0.5a	0	7	25	37	35	41
0.4a	0	11	0	34	30	32
0.3a	0	14	24	25	20	17
0.2a	0	12	14	7	1	0
0.1a	0	0	0	0	0	0
BOT	0	0	0	0	0	0

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Tabla XXXVII: $Coef. M_{ty} = Coef. M_y + Coef. |M_{xy}|$ para momento positivo a lo largo del palmo largo

Coef Mty	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	21	22	16	8	0
0.9a	0	14	25	24	19	11
0.8a	0	3	25	28	25	20
0.7a	0	0	20	28	28	25
0.6a	0	0	13	24	27	27
0.5a	0	0	15	26	27	26
0.4a	0	0	20	26	25	22
0.3a	0	2	21	23	20	14
0.2a	0	8	18	17	11	4
0.1a	0	7	9	3	0	0
BOT	0	0	0	0	0	0

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Tabla XXXVIII: $Coef.Mtx = Coef.Mx - Coef.|Mxy|$ para momento negativo a lo largo del palmo corto

Coef Mtx	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	-21	-22	-16	-8	0
0.9a	-7	-15	-7	0	0	0
0.8a	-11	-10	0	0	0	0
0.7a	-5	0	0	0	0	0
0.6a	-16	0	0	0	0	0
0.5a	-14	0	0	0	0	0
0.4a	-10	0	0	0	0	0
0.3a	-6	0	0	0	0	0
0.2a	-2	-16	0	0	0	0
0.1a	0	-19	-14	0	0	0
BOT	0	-18	-21	0	-75	-90

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Tabla XXXIX: $Coef.Mty = Coef.My + Coef.|Mxy|$ para momento negativo a lo largo del palmo largo

Coef Mty	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	-21	-22	-16	-8	0
0.9a	-33	-24	-15	-6	0	0
0.8a	-57	-25	-7	0	0	0
0.7a	-72	-23	0	0	0	0
0.6a	-78	-19	0	0	0	0
0.5a	-76	-21	0	0	0	0
0.4a	-66	-23	0	0	0	0
0.3a	-49	-24	0	0	0	0
0.2a	-28	-20	-14	0	0	0
0.1a	-8	-15	-15	-13	0	0
BOT	0	-4	-10	-15	-18	0

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Para momentos positivos, los coeficientes de momento de diseño que gobernarán son 78 y 51 correspondiente al momento positivo a lo largo del palmo corto y largo respectivamente.

Para momentos negativos el coeficiente de momento de diseño que gobernará es 49 correspondiente al momento negativo a lo largo del palmo corto y largo.

Refuerzo en dirección corta (momentos positivos)

Los momentos se generarán por la carga que se le administre a la losa de cubierta, cuyo momento positivo en el centro está dada por la siguiente fórmula propuesta por la PCA.

$$M_{tx} = M_{tx} Coef * q_u * a^2 / 1000 \quad Ec. 49$$

El máximo valor de coeficiente M_{tx} es 100 y la carga q_u es debido a la máxima combinación de carga, siendo la correspondiente (1.4D+1.7L) y del cual se lo debe de multiplicar por el factor sanitario S igual a 1.3.

$$D = W_{pp} = 2400 * 0.3 = 720 \text{ kg/m}^2$$

Se considerará una carga viva de una persona asumiendo que debe realizar inspección dentro del tanque cuando esté vacío en caso de fisuras o cualquier imperfección.

$$L = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 1.3(1.4D + 1.7L)$$

$$q_u = 1.3(1.4(720) + 1.7(25))$$

$$q_u = 1365.65 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{tx} = \frac{78 * 1365.65 * 6^2}{1000} = 3834.74 \text{ kg} - m$$

Se seleccionará una varilla $\emptyset 16$ mm con un recubrimiento de 5 cm.

$$d = 30 - 5 - \frac{1.6}{2} = 24.2 \text{ cm}$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{tx}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{3.83474}{3.402 * 0.242}$$

$$A_{sreq} = 4.66 \text{ cm}^2$$

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 24.2 \geq \frac{14}{4200} 100 * 24.2$$

$$7.71 \geq 8.06 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 8.06 \text{ cm}^2$$

Se usará varillas $\emptyset = 16$ mm para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{8.06}{2.0106} = 4.01 \approx 5 \text{ varillas}$$

$$A_s = 5 * 2.0106 = 10.053 \text{ cm}^2$$

El acero para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con $5\emptyset 16$ mm c/250 en 100 cm cumpliendo con la separación que indica la norma.

La cuantía debido al refuerzo vertical estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{10.053}{100 * 24.2} = 0.0042$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore ok$$

Refuerzo en la dirección larga (momentos positivos)

El momento positivo que gobernará el diseño para el reforzamiento a lo largo del palmo es el coeficiente 54.

$$M_{ty} = \frac{51 * 1365.65 * 6^2}{1000} = 2507.33 \text{ kg} - m$$

Se seleccionará una varilla de $\emptyset 16$ mm con un recubrimiento de 5 cm.

$$d = 30 - 5 - \frac{1.6}{2} = 24.2 \text{ cm}$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ty}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{2.50733}{3.402 * 0.242}$$

$$A_{sreq} = 3.04 \text{ cm}^2$$

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 24.2 \geq \frac{14}{4200} 100 * 24.2$$

$$7.71 \geq 8.06 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 8.06 \text{ cm}^2$$

Se usará varillas $\emptyset 16$ mm para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{8.06}{2.0106} = 4.01 \approx 5 \text{ varillas}$$

$$A_s = 5 * 2.0106 = 10.053 \text{ cm}^2$$

El acero para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con $5\emptyset 16$ mm c/250.

La cuantía debido al refuerzo vertical estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{10.053}{100 * 24.2} = 0.0042$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore \text{ok}$$

Momento cerca de las esquinas

Se debe escoger el máximo momento negativo entre los palmos largos y corto correspondiente a M_{tx} y M_{ty} , del cual es 49. El refuerzo será colocado en todo el perímetro de la losa, cuyo fin es enganchar la losa con las paredes del tanque.

$$M_{tx}, M_{ty} = \frac{49 * 1365.65 * 6^2}{1000} = 2409.00 \text{ kg} - m$$

$$A_{sreq} = \frac{2.409}{3.402 * 0.242}$$

$$A_{sreq} = 2.92 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 24.2 \geq \frac{14}{4200} 100 * 24.2$$

$$7.71 \geq 8.06 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 8.06 \text{ cm}^2$$

El acero que reforzará las esquinas de la cubierta será 5Ø16 mm c/250 en un tramo de 100 cm

La cuantía será la misma en correspondencia a los refuerzos en la dirección larga debido a los momentos que se generan.

Refuerzo por contracción y temperatura

El refuerzo por contracción y temperatura en un tramo de un metro será con la mínima cuantía y asumiendo una varilla de 10 mm.

$$A_{st} = \rho * b * d$$

$$A_{st} = 0.0018 * 100 * 24.2$$

$$A_{st} = 4.36 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{4.36}{0.7854} = 5.54 \approx 6 \text{ varillas}$$

$$A_s = 6 * 0.7854 = 4.71 \text{ cm}^2$$

El acero de refuerzo para contracción y temperatura será malla Ø10 mm c/200.

Verificación por cortante

Se debe realizar la verificación de cortante con el coeficiente $C_s=0.42$ correspondiente a la relación $b/a=1.5$. Caso 10 PCA

$$V_u = C_s * q * a$$

$$V_u = 0.42 * 1365.65 * 6$$

$$V_u = 3441.438 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 24.2$$

$$\phi V_c = 16096.50 \text{ kg} > 3441.44 \text{ kg} \quad \therefore \text{ok}$$

4.1.2.6 Diseño de losa de piso

La losa de piso tendrá que soportar los esfuerzos que se generen debido al peso propio de los elementos estructurales correspondientes a las paredes y la losa de cubierta y el peso propio del elemento a diseñar.

El procedimiento es similar a la losa de cubierta con la diferencia que los coeficientes a usar pertenecen al Caso 9 PCA.

- Momentos positivos producen tensión (base de la losa)

$$Coef.M_{tx} = Coef.M_x + Coef. |M_{xy}| > 0$$

$$Coef.M_{ty} = Coef.M_y + Coef. |M_{xy}| > 0$$

- Momentos negativos producen tensión (cerca de las esquinas)

$$Coef.M_{tx} = Coef.M_x - Coef. |M_{xy}| < 0$$

$$Coef.M_{ty} = Coef.M_y - Coef. |M_{xy}| < 0$$

Tabla XL: $Coef.M_{tx} = Coef.M_x + Coef. |M_{xy}|$ para momento positivo a lo largo del palmo corto

Coef Mtx	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	21	22	16	8	0
0.9a	0	23	33	33	26	22
0.8a	0	18	35	41	35	35
0.7a	0	12	31	42	39	42
0.6a	0	5	24	8	7	44
0.5a	0	7	25	37	35	41
0.4a	0	11	0	34	30	32
0.3a	0	14	24	25	20	17
0.2a	0	12	14	7	1	0
0.1a	0	0	0	0	0	0
BOT	0	0	0	0	0	0

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Tabla XLI: $Coef.Mty = Coef.My + Coef. |Mxy|$ para momento positivo a lo largo del palmo largo

Coef Mty	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	21	22	16	8	0
0.9a	0	14	25	24	19	11
0.8a	0	3	25	28	25	20
0.7a	0	0	20	28	28	25
0.6a	0	0	13	24	27	27
0.5a	0	0	15	26	27	26
0.4a	0	0	20	26	25	22
0.3a	0	2	21	23	20	14
0.2a	0	8	18	17	11	4
0.1a	0	7	9	3	0	0
BOT	0	0	0	0	0	0

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Tabla XLII: $Coef.Mtx = Coef.Mx - Coef. |Mxy|$ para momento negativo a lo largo del palmo corto

Coef Mtx	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	-21	-22	-16	-8	0
0.9a	-7	-15	-7	0	0	0
0.8a	-11	-10	0	0	0	0
0.7a	-5	0	0	0	0	0
0.6a	-16	0	0	0	0	0
0.5a	-14	0	0	0	0	0
0.4a	-10	0	0	0	0	0
0.3a	-6	0	0	0	0	0
0.2a	-2	-16	0	0	0	0
0.1a	0	-19	-14	0	0	0
BOT	0	-18	-21	0	-75	-90

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

Tabla XLIII: $Coef.Mty = Coef.Mx + Coef. |Mxy|$ para momento negativo a lo largo del palmo largo

Coef Mty	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	-21	-22	-16	-8	0
0.9a	-33	-24	-15	-6	0	0
0.8a	-57	-25	-7	0	0	0
0.7a	-72	-23	0	0	0	0
0.6a	-78	-19	0	0	0	0
0.5a	-76	-21	0	0	0	0
0.4a	-66	-23	0	0	0	0
0.3a	-49	-24	0	0	0	0
0.2a	-28	-20	-14	0	0	0
0.1a	-8	-15	-15	-13	0	0
BOT	0	-4	-10	-15	-18	0

Fuente: Rectangular Concrete Tanks PCA

En los momentos positivos los coeficientes que gobernarán serán $Mtx = 44$ y $Mty = 28$.

El máximo coeficiente de momento negativo para el tramo corto y largo será $Mtx = -90$ y $Mty = -78$ respectivamente.

Refuerzo en dirección corta (momentos positivos)

Los momentos se generarán por la carga que se le administre a la losa de fondo, cuyo momento positivo en el centro está dada por la siguiente fórmula propuesta por la PCA.

$$M_{tx} = M_{tx} Coef * q_u * a^2 / 1000$$

El máximo valor de coeficiente M_{tx} es 44 y la carga q_u es debido a la máxima combinación de carga, siendo la correspondiente (1.4D+1.7L) y del cual se lo debe de multiplicar por el factor sanitario S igual a 1.3. El peso muerto que soportará la losa de fondo será de todos los elementos estructurales del cual lo conforman las paredes y la losa de cubierta como también el peso propio de la losa de fondo. El peso total ya fue calculado para obtener el factor de seguridad.

$$W_{floor} = 2400 * 0.3 = 720 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{floor} = 2400 * 0.3 = 720 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{roof} = 2400 * 0.3 = 720 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{wall} = 2400 * 0.25 * 4 = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_T = 2400 + 720 + 720 = 3840 \text{ kg/m}^2$$

Se considerará una carga viva de una persona asumiendo que debe realizar inspección dentro del tanque cuando esté vacío en caso de fisuras o cualquier imperfección.

$$L = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 1.3(1.4D + 1.7L)$$

$$q_u = 1.3(1.4(3840) + 1.7(25))$$

$$q_u = 7044.05 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{tx} = \frac{44 * 7044.05 * 6^2}{1000} = 11157.77 \text{ kg} - m$$

Se seleccionará una varilla $\emptyset 18$ mm con un recubrimiento de 5 cm.

$$d = 30 - 5 - \frac{1.8}{2} = 24.1 \text{ cm}$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{tx}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{11.15777}{3.402 * 0.241}$$

$$A_{sreq} = 13.60 \text{ cm}^2$$

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 24.1 \geq \frac{14}{4200} 100 * 24.1$$

$$7.68 \geq 8.03 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 8.03 \text{ cm}^2$$

Se usará varillas $\emptyset 18$ mm para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{13.60}{2.5447} = 5.35 \approx 6 \text{ varillas}$$

$$A_s = 6 * 2.5447 = 15.27 \text{ cm}^2$$

El acero para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con $6\emptyset 18$ mm c/200 en 100 cm cumpliendo con la separación que indica la norma.

La cuantía debido al refuerzo vertical estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{15.27}{100 * 24.1} = 0.0063$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore ok$$

Refuerzo en la dirección larga (momentos positivos)

El momento positivo que gobernará el diseño para el reforzamiento a lo largo del palmo es el coeficiente 28.

$$M_{ty} = \frac{28 * 7044.05 * 6^2}{1000} = 7100.40 \text{ kg} - m$$

$$A_{sreq} = \frac{M_{ty}}{3.402 * d}$$

$$A_{sreq} = \frac{7.10040}{3.402 * 0.241}$$

$$A_{sreq} = 8.66 \text{ cm}^2$$

El refuerzo requerido según la sección 10.5.1 de ACI 318-11 debe ser mayor a un acero mínimo.

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$$

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} 100 * 24.1 \geq \frac{14}{4200} 100 * 24.1$$

$$7.68 \geq 8.03 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{No}$$

$$A_{s,min} = 8.03 \text{ cm}^2$$

Se usará varillas $\emptyset 18$ mm para obtener el número de varillas que serán colocadas en un metro con su respectivo espaciado.

$$n = \frac{A_s}{A_b}$$

$$n = \frac{8.66}{2.5447} = 3.40 \approx 4 \text{ varillas}$$

$$A_s = 4 * 2.5447 = 10.17 \text{ cm}^2$$

El acero para contrarrestar los momentos flectores se reforzará con 4Ø18 mm c/330.

La cuantía debido al refuerzo vertical estará determinada de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{10.17}{100 * 24.2} = 0.0042$$

Según ACI 318 la cuantía máxima de un elemento es 0.025 y la mínima de entre ambas ecuaciones siguientes.

$$\rho_{min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.8\sqrt{280}}{4200} = 0.0032 \rightarrow \text{controla}$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \quad \therefore \text{ok}$$

Momento cerca de las esquinas

Se debe escoger el máximo momento negativo entre los palmos largos y corto correspondiente a M_{tx} y M_{ty} , del cual es 53. El refuerzo será colocado en todo el perímetro de la losa, cuyo fin es enganchar la losa con las paredes del tanque.

$$M_{tx}, M_{ty} = \frac{90 * 7044.05 * 6^2}{1000} = 22822.72 \text{ kg} - \text{m}$$

$$A_{sreq} = \frac{22.822}{3.402 * 0.241}$$

$$A_{sreq} = 27.73 \text{ cm}^2$$

El acero que reforzará las esquinas de la losa de piso será 11Ø18 mm c/100 en un tramo de 100 cm

Refuerzo por contracción y temperatura

El refuerzo por contracción y temperatura en un tramo de un metro será con la mínima cuantía y asumiendo una varilla de 10 mm.

$$A_{st} = \rho * b * d$$

$$A_{st} = 0.0018 * 100 * 24.1$$

$$A_{st} = 4.34 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{4.34}{0.7854} = 5.52 \approx 6 \text{ varillas}$$

$$A_s = 6 * 0.7854 = 4.71 \text{ cm}^2$$

El acero de refuerzo para contracción y temperatura será malla $\emptyset 10$ mm c/200.

Verificación por cortante

Se debe realizar la verificación de cortante con el coeficiente $C_s=0.58$ correspondiente a la relación $b/a=1.5$ Caso 9 PCA

$$V_u = C_s * q * a$$

$$V_u = 0.58 * 7044.05 * 6$$

$$V_u = 24513.3 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$\emptyset V_c = 0.75 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 24.1$$

$$\emptyset V_c = 16029.98 \text{ kg} > 24513.3 \text{ kg} \quad \therefore \text{No}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\emptyset} - V_c$$

$$V_s = \frac{24513.3}{0.75} - 21373.30$$

$$V_s = 11309.76 \text{ kg} < 2.2 * \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$V_s = 11309.76 \text{ kg} < 88719.43 \text{ kg} \quad \therefore \text{ok}$$

$$\emptyset(V_c + V_s) \geq V_u \quad \therefore \text{ok}$$

4.1.3 Tratamiento con biodigestores

El tratamiento con biodigestores se presenta como una alternativa al sistema de saneamiento existente en la comuna Febres Cordero. Se plantea el uso de biodigestores prefabricados de polietileno (PE).

Un biodigestor es una unidad para el tratamiento séptico de aguas residuales, que incluye retención de materia suspendida y degradación séptica, más un proceso anaerobio en medio fijo (biofiltro). El efluente de este tratamiento se infiltra en el terreno inmediato donde finaliza el proceso de tratamiento. Se lo usa en lugares donde no sea factible la colocación de alcantarillado sanitario ya sea por razones económicas, topografía del terreno, dispersión de la población, etc. (Rotoplas, 2014).

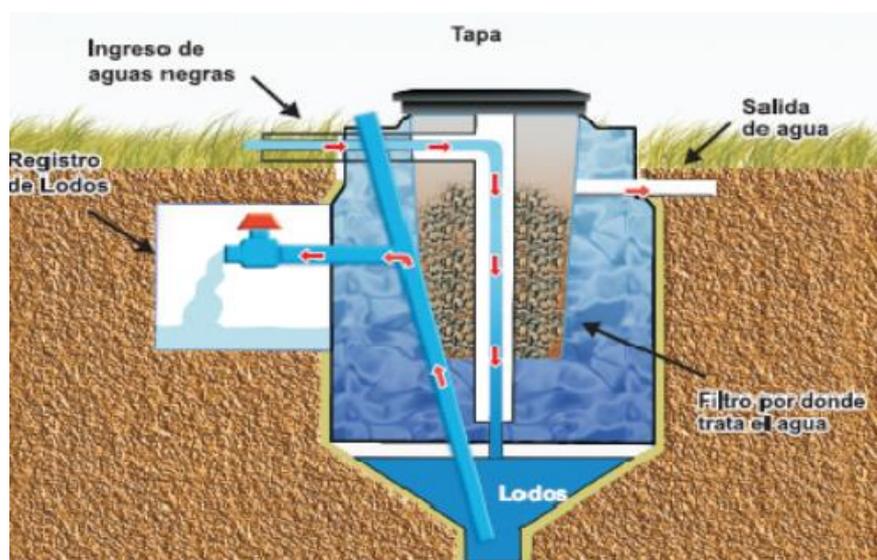


Figura 21: Esquema del tratamiento mediante biodigestores

Fuente: Manual Rotoplas

El biodigestor prefabricado planteado para la comuna Febres Cordero es autolimpiable, no requiere el uso de bombas ni medios mecánicos para la extracción de lodos ya que su sistema es netamente hidráulico. De fácil instalación, ligero y resistente, con una vida útil de 35 años aproximadamente. La eficiencia de remoción es del 40% al 60% para DBO, y del 60% al 80% para SST.

Se plantea la instalación de un biodigestor prefabricado por cada predio (5 personas en promedio). La capacidad de los biodigestores comerciales está en función del número de personas que van a descargar sus aguas residuales hacia este. Se recomienda un periodo de retención de 2 días (Rotoplas, 2014). Para una dotación de 100 L/(hab*d) y un periodo de retención de 2 días se tiene lo siguiente:

Tabla XLIV: Numero de persona por capacidad del biodigestor

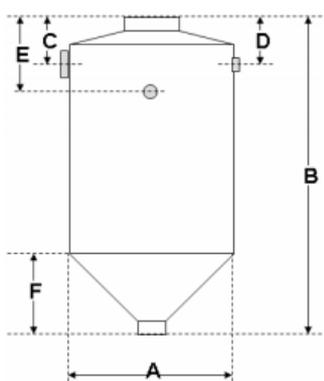
Afluente	Número de personas por capacidad		
	600 L	1300 L	7000 L
Descargas domesticas totales	3	6	35
Inodoro y preparación de alimentos	7	16	87
Oficinas	30	65	350

Fuente: Autores

En la comuna Febres Cordero, el promedio de personas por vivienda está entre 5 y 6 personas. Las descargas domesticas totales serán dirigidas hasta el biodigestor, por lo tanto, el biodigestor apropiado es el

de 1300 L de capacidad. Las dimensiones del tanque, en función de su capacidad, se resumen a continuación:

Tabla XLV: Dimensiones del biodigestor en función de su capacidad



El diagrama muestra un biodigestor con un cuerpo cilíndrico y un fondo cónico. Las dimensiones están etiquetadas como: A (diámetro del cuerpo), B (altura total), C (diámetro del orificio superior), D (diámetro del orificio inferior), E (altura del orificio superior) y F (altura del cono del fondo).

Capacidad	Dimensiones en metros				
	A	B	C	D	E
600 L	0.88	1.64	0.25	0.35	0.48
1300 L	1.15	1.93	0.23	0.33	0.48
7000 L	2.42	2.83	0.35	0.45	0.77

Fuente: Manual Rotoplas

El tanque biodigestor se alimenta directamente desde la tubería de la caja de revisión. Se recomienda no ingresar al sistema sólidos gruesos como papeles, toallas sanitarias, plásticos, entre otros, para garantizar un funcionamiento adecuado. Al terminar la limpieza del biodigestor (extracción de lodos), se debe agregar agua desde el exterior, esto para recuperar el líquido perdido en el biodigestor; este procedimiento debe hacerse hasta que el agua alcance la altura del orificio de salida del efluente (Rotoplas, 2014).

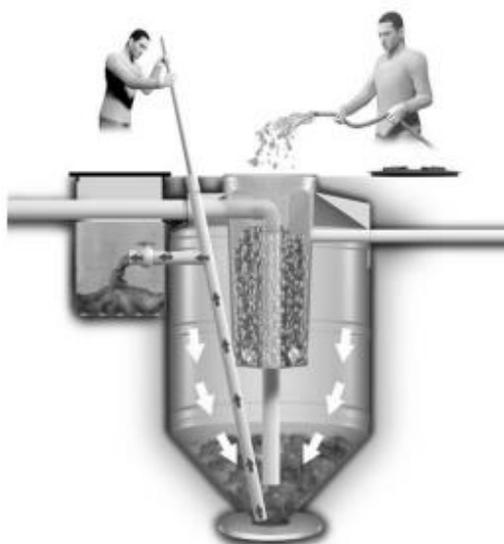


Figura 22: Extracción de lodos y limpieza del biodigestor

Fuente: Manual Rotoplas

Al secarse los lodos, se retiran y pueden ser utilizados como mejorador de suelos para la siembra de plantas no comestibles.

El biodigestor a utilizar es de polietileno, e incluye lo siguiente:

- Tapa “clic” de 18”
- Filtro biológico
- Válvula esférica de PVC de 2”
- Tapón de 2” para registro de limpieza
- Adaptador de 2” para desagüe de efluentes
- Neplos, tuberías y empaquetadura internas.

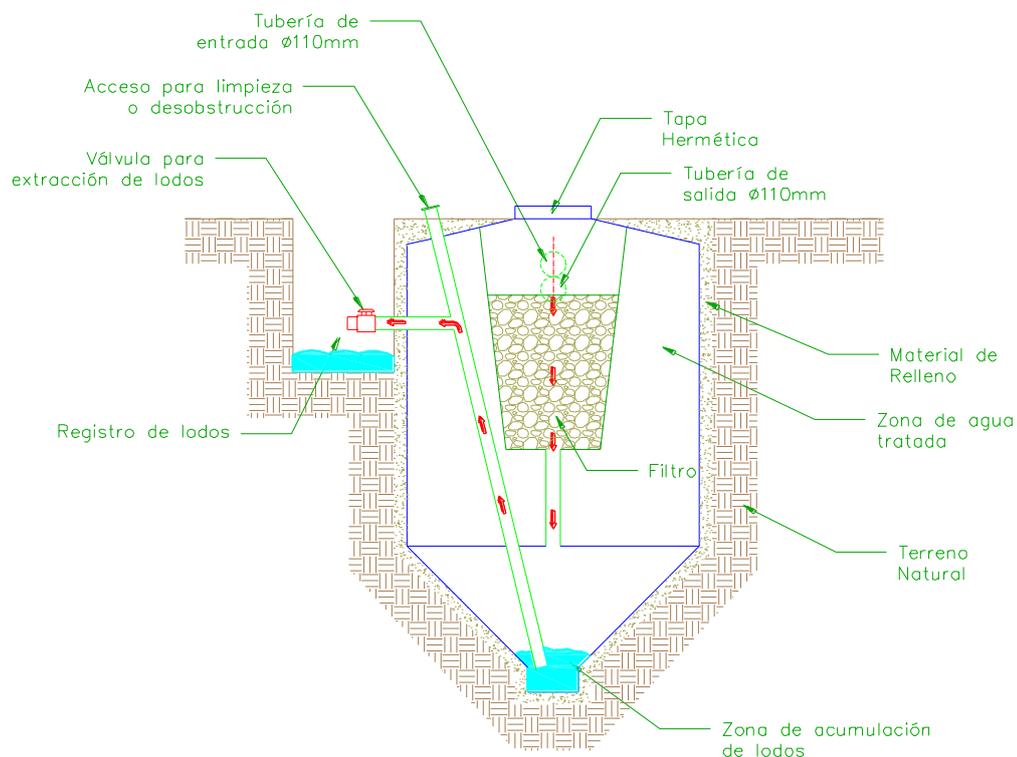


Figura 23: Configuración del biodigestor domiciliaria a utilizar

Fuente: Autores

4.2 Alternativa 2

La alternativa 2 incluye el uso de un tanque reservorio junto con el diseño de una red nueva de abastecimiento de agua potable que cubra a la totalidad de la población proyectada al final del periodo de diseño, determinado en 20 años, para solucionar el problema de abastecimiento de agua potable; el diseño del sistema de alcantarillado sanitario convencional para la evacuación de las aguas residuales y el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante un tanque Imhoff.

4.2.1 Diseño del tanque reservorio

Se plantea utilizar la misma geometría, capacidad y ubicación del tanque reservorio desarrollado en la alternativa 1. Para la revisión del diseño hidráulico del tanque, determinación de las dimensiones, diseño del sistema de bombeo y línea de impulsión, y el diseño estructural de los componentes que lo conforman referirse a las secciones 4.1.1 y 4.1.2 de este documento, relacionados con diseño hidráulico y estructural del tanque reservorio propuesto.

4.2.2 Diseño de la red de distribución

La red de distribución incluye a la totalidad de la población de la comuna Febres Cordero.

Para el diseño de la red de distribución se han considerado macrosectores hidráulicos de abastecimiento, en función de la elevación y cota topográfica.

Se plantea el uso de válvulas de seccionamiento que permitan aislar los macrosectores de abastecimiento para tareas de reparación y mantenimiento (CEC, 2001). La ubicación de las válvulas de seccionamiento se representa con un punto verde en el Grafico 11.

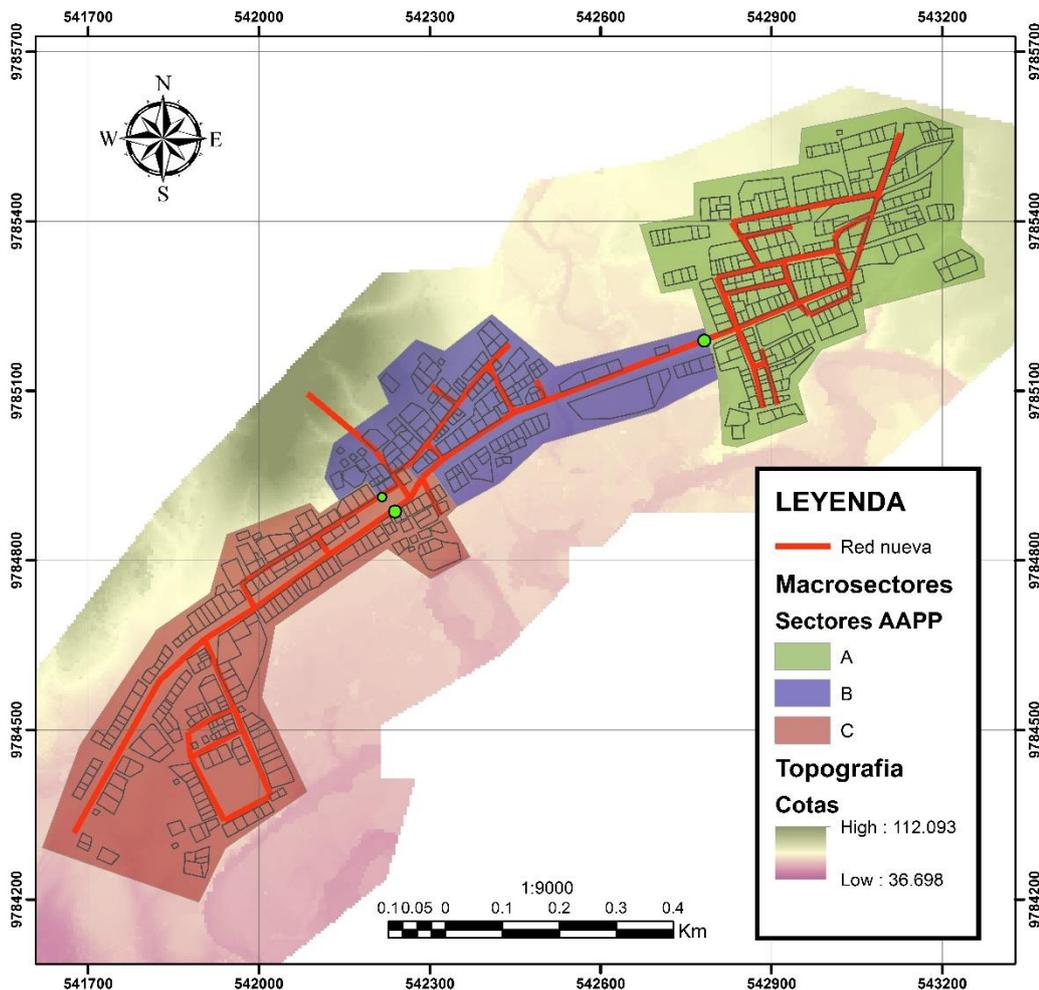


Grafico 11: Macrosectores de agua potable
Fuente: Autores

Tabla XLVI: Población abastecida por macrosectores

Macrosector	Numero de Predios	Poblacion Actual	Poblacion futura	Area (ha)
A	229	839	1130	19.14
B	129	467	629	11.71
C	214	794	1069	21.08

Fuente: Autores

Para la determinación de las demandas de agua en cada uno de los nodos o puntos de abastecimiento, se considera el caudal máximo

horario para el final del periodo de diseño, 9.81 L/s. Se toma en consideración las demandas por barrio, reportadas en la Tabla XXIII: Demandas de AAPP por barrios.

Siguiendo la misma metodología, se va a considerar que la demanda en los puntos de abastecimiento de la red que pertenezcan al mismo barrio, tendrán el mismo valor.

Tabla XLVII: Demandas de agua potable para la nueva red de abastecimiento

Nodo	Barrio	Demanda L/s
J-1	10 de Agosto	0.23
J-2	12 de Octubre	0.13
J-3	12 de Octubre	0.13
J-4	12 de Octubre	0.13
J-5	12 de Octubre	0.13
J-6	Santa Maria	0.21
J-7	Santa Maria	0.21
J-8	Santa Maria	0.21
J-9	Santa Maria	0.21
J-10	Santa Maria	0.21
J-11	12 de Octubre	0.13
J-12	12 de Octubre	0.13
J-13	Santa Maria	0.21
J-14	24 de Diciembre	0.12
J-15	24 de Diciembre	0.12
J-16	24 de Diciembre	0.12
J-17	24 de Diciembre	0.12
J-18	12 de Mayo	0.25
J-19	1 de Mayo	0.12
J-20	24 de Diciembre	0.12
J-21	24 de Diciembre	0.12
J-22	1 de Mayo	0.12
J-23	1 de Mayo	0.12
J-24	12 de Mayo	0.25
J-25	12 de Mayo	0.25
J-26	24 de Diciembre	0.12
J-27	12 de Mayo	0.25
J-28	12 de Mayo	0.25
J-29	2 Corazones	0.25
J-30	2 Corazones	0.25
J-31	10 de Agosto	0.23
J-32	2 Corazones	0.25
J-33	2 Corazones	0.25
J-34	2 Corazones	0.25
J-35	2 Corazones	0.25
J-36	10 de Agosto	0.23
J-37	24 de Diciembre	0.12
J-38	2 de Noviembre	0.15
J-39	2 de Noviembre	0.15
J-40	2 de Noviembre	0.15
J-41	2 de Noviembre	0.15
J-42	2 de Noviembre	0.15
J-43	24 de Diciembre	0.12
J-44	10 de Agosto	0.23
J-45	10 de Agosto	0.23
J-46	24 de Diciembre	0.12
J-47	24 de Diciembre	0.12
J-48	12 de Mayo	0.25
J-49	24 de Diciembre	0.12
J-50	Santa Maria	0.21
J-51	12 de Octubre	0.13
J-52	10 de Agosto	0.23
J-53	2 Corazones	0.25
J-54	2 Corazones	0.25

Fuente: Autores

Para el diseño de la red de abastecimiento se realiza un modelo hidráulico en el software WaterCad V8i. En el modelo se configura la red de abastecimiento y se determina los diámetros requeridos para cumplir los criterios hidráulicos de acuerdo a la normativa que incluye principalmente:

- Velocidad en el conducto mínima de 0.45 m/s y máxima de 3.00 m/s (CEPIS, 2005).
- Presión estática de servicio mínima de 7 mca y máxima de 40 mca (CEC, 2001).
- Diámetro nominal mínimo para la red de abastecimiento de 19 mm (CEC, 2001).

Para esta alternativa se plantea usar una red de abastecimiento formada por tuberías de PVC (Coeficiente de Hazen-Williams de 140). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla XLVIII y Tabla XLIX. Se presta principal atención a los nodos J-28 y J-25 por considerarse los más desfavorables desde el punto de vista hidráulico debido a su ubicación lejana respecto al tanque reservorio y a su elevación topográfica.

Tabla XLVIII: Resultados obtenidos en los nodos de abastecimiento de la red nueva

Nodo	Barrio	Sector	Elevacion (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (mca)
J-1	10 de Agosto	C	68.36	0.23	96.47	28.05
J-2	12 de Octubre	C	67.61	0.13	96.34	28.67
J-3	12 de Octubre	C	68.00	0.13	96.18	28.12
J-4	12 de Octubre	C	64.28	0.13	94.29	29.95
J-5	12 de Octubre	B	67.40	0.13	96.01	28.55
J-6	Santa Maria	C	69.66	0.21	96.54	26.82
J-7	Santa Maria	B	68.88	0.21	96.18	27.25
J-8	Santa Maria	B	68.53	0.21	95.33	26.74
J-9	Santa Maria	B	72.81	0.21	94.31	21.46
J-10	Santa Maria	B	67.49	0.21	94.36	26.81
J-11	12 de Octubre	B	66.62	0.13	93.01	26.34
J-12	12 de Octubre	B	66.83	0.13	94.36	27.48
J-13	Santa Maria	B	65.86	0.21	93.39	27.47
J-14	24 de Diciembre	A	71.00	0.12	91.90	20.86
J-15	24 de Diciembre	A	70.00	0.12	91.34	21.30
J-16	24 de Diciembre	A	70.00	0.12	90.49	20.45
J-17	24 de Diciembre	A	70.35	0.12	89.76	19.36
J-18	12 de Mayo	A	71.82	0.25	88.19	16.35
J-19	1 de Mayo	A	71.66	0.12	89.12	17.42
J-20	24 de Diciembre	A	72.00	0.12	90.52	18.48
J-21	24 de Diciembre	A	70.79	0.12	89.99	19.17
J-22	1 de Mayo	A	71.39	0.12	90.15	18.73
J-23	1 de Mayo	A	70.80	0.12	89.50	18.66
J-24	12 de Mayo	A	72.51	0.25	87.40	14.86
J-25	12 de Mayo	A	72.96	0.25	83.25	10.27
J-26	24 de Diciembre	A	68.49	0.12	88.17	19.64
J-27	12 de Mayo	A	74.17	0.25	84.48	10.29
J-28	12 de Mayo	A	73.88	0.25	81.60	7.71
J-29	2 Corazones	C	63.77	0.25	94.81	30.98
J-30	2 Corazones	C	64.82	0.25	93.46	28.58
J-31	10 de Agosto	C	64.47	0.23	92.10	27.58
J-32	2 Corazones	C	61.00	0.25	90.95	29.89
J-33	2 Corazones	C	59.36	0.25	88.63	29.21
J-34	2 Corazones	C	60.00	0.25	85.84	25.79
J-35	2 Corazones	C	60.44	0.25	89.00	28.50
J-36	10 de Agosto	C	66.83	0.23	94.22	27.34
J-37	24 de Diciembre	A	68.28	0.12	88.62	20.29
J-38	2 de Noviembre	A	69.00	0.15	88.19	19.15
J-39	2 de Noviembre	A	70.39	0.15	90.66	20.23
J-40	2 de Noviembre	A	70.88	0.15	90.23	19.31
J-41	2 de Noviembre	A	71.10	0.15	89.34	18.20
J-42	2 de Noviembre	A	69.74	0.15	87.72	17.95
J-43	24 de Diciembre	A	68.98	0.12	89.27	20.25
J-44	10 de Agosto	C	63.93	0.23	89.87	25.88
J-45	10 de Agosto	C	57.00	0.23	83.22	26.17
J-46	24 de Diciembre	A	71.00	0.12	85.57	14.54
J-47	24 de Diciembre	A	70.79	0.12	86.63	15.81
J-48	12 de Mayo	A	74.32	0.25	84.9	10.55
J-49	24 de Diciembre	B	64.22	0.12	92.42	28.14
J-50	Santa Maria	B	64.41	0.21	92.1	27.64
J-51	12 de Octubre	B	64.35	0.13	92.83	28.42
J-52	10 de Agosto	C	64	0.23	95.51	31.45
J-53	2 Corazones	C	59.08	0.25	89.93	30.79
J-54	2 Corazones	C	60.29	0.25	91.25	30.89

Fuente: Autores

Tabla XLIX: Resultados obtenidos en tuberías de distribución de la red nueva

Tubería	Nodo Inicio	Nodo Fin	Diametro interior (mm)	Longitud (m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m)	Gradiente Perdidas (m/m)	Gradiente Hidraulico (Inicio) (m)	Gradiente Hidraulico (Fin) (m)	Presion (Inicio) (mca)	Presion (Fin) (mca)	Esfuerzo Cortante (Pa)
P-17	J-6	J-7	84.40	80.50	3.15	0.56	0.36	0.004	96.54	96.18	26.82	27.25	0.92
P-18	J-7	J-8	47.00	88.40	1.02	0.59	0.85	0.010	96.18	95.33	27.25	26.74	1.11
P-19	J-8	J-9	22.60	56.00	0.21	0.52	1.02	0.018	95.33	94.31	26.74	21.46	1.00
P-21	J-12	J-11	70.40	68.80	4.34	1.11	1.34	0.020	94.36	93.01	27.48	26.34	3.36
P-22	J-11	J-10	22.60	94.40	-0.18	0.46	1.34	0.014	93.01	94.36	26.34	26.81	0.79
P-23	J-10	J-8	37.40	87.80	-0.60	0.55	0.97	0.011	94.36	95.33	26.81	26.74	1.01
P-24	J-10	J-13	22.60	53.20	0.21	0.52	0.97	0.018	94.36	93.39	26.81	27.47	1.00
P-26	J-14	J-15	47.00	63.80	0.97	0.56	0.56	0.009	91.90	91.34	20.86	21.30	1.01
P-27	J-15	J-16	29.60	32.40	0.52	0.76	0.85	0.026	91.34	90.49	21.30	20.45	1.89
P-29	J-17	J-21	47.00	35.30	-0.85	0.49	0.24	0.007	89.76	89.99	19.36	19.17	0.78
P-30	J-21	J-15	29.60	116.90	-0.33	0.48	1.34	0.011	89.99	91.34	19.17	21.30	0.83
P-31	J-14	J-20	59.00	115.80	2.09	0.76	1.38	0.012	91.90	90.52	20.86	18.48	1.72
P-32	J-20	J-19	37.40	97.00	0.70	0.64	1.40	0.014	90.52	89.12	18.48	17.42	1.32
P-33	J-19	J-23	29.60	24.10	-0.40	0.58	0.38	0.016	89.12	89.50	17.42	18.66	1.14
P-37	J-22	J-23	37.40	79.70	0.52	0.47	0.66	0.008	90.15	89.50	18.73	18.66	0.76
P-38	J-20	J-21	37.40	43.70	0.63	0.58	0.52	0.012	90.52	89.99	18.48	19.17	1.10
P-40	J-17	J-18	29.60	95.40	0.40	0.59	1.56	0.016	89.76	88.19	19.36	16.35	1.18
P-43	J-18	J-24	29.60	28.10	0.54	0.79	0.79	0.028	88.19	87.40	16.35	14.86	2.04
P-45	J-25	J-27	17.60	49.90	-0.13	0.53	1.22	0.025	83.25	84.48	10.27	10.29	1.06
P-46	J-27	J-28	22.60	114.60	0.25	0.62	2.88	0.025	84.48	81.60	10.29	7.71	1.39
P-49	J-38	J-39	17.60	75.10	-0.15	0.62	2.47	0.033	88.19	90.66	19.15	20.23	1.42
P-50	J-39	J-14	37.40	75.10	-0.75	0.68	1.24	0.017	90.66	91.90	20.23	20.86	1.51
P-52	J-40	J-39	29.60	21.70	-0.45	0.65	0.43	0.020	90.23	90.66	19.31	20.23	1.45
P-53	J-41	J-40	17.60	27.00	-0.15	0.62	0.89	0.033	89.34	90.23	18.20	19.31	1.42
P-54	J-42	J-40	17.60	76.20	-0.15	0.62	2.51	0.033	87.72	90.23	17.95	19.31	1.42
P-56	J-6	J-1	117.20	21.70	6.45	0.60	0.07	0.003	96.54	96.47	26.82	28.05	0.98
P-57	J-1	J-2	103.20	32.60	4.85	0.58	0.12	0.004	96.47	96.34	28.05	28.67	0.94
P-58	J-2	J-3	84.40	42.90	2.94	0.52	0.17	0.004	96.34	96.18	28.67	28.12	0.81
P-59	J-3	J-4	17.60	74.80	0.13	0.53	1.89	0.025	96.18	94.29	28.12	29.95	1.09
P-60	J-3	J-5	84.40	51.40	2.68	0.48	0.17	0.003	96.18	96.01	28.12	28.55	0.68
P-61	J-5	J-7	70.40	40.10	-1.92	0.49	0.17	0.004	96.01	96.18	28.55	27.25	0.74
P-62	J-5	J-12	70.40	79.90	4.47	1.15	1.65	0.021	96.01	94.36	28.55	27.48	3.55
P-64	J-2	J-29	59.00	171.80	1.78	0.65	1.53	0.009	96.34	94.81	28.67	30.98	1.29
P-65	J-29	J-30	59.00	162.20	1.72	0.63	1.35	0.008	94.81	93.46	30.98	28.58	1.21
P-66	J-30	J-31	59.00	104.20	2.19	0.80	1.36	0.013	93.46	92.10	28.58	27.58	1.88
P-68	J-32	J-33	22.60	104.10	0.23	0.58	2.32	0.022	90.95	88.63	29.89	29.21	1.23
P-69	J-33	J-34	17.60	126.00	0.11	0.49	2.79	0.022	88.63	85.84	29.21	25.79	0.92
P-70	J-34	J-35	17.60	92.70	-0.14	0.61	3.16	0.034	85.84	89.00	25.79	28.50	1.42
P-71	J-35	J-32	29.60	127.50	-0.39	0.57	1.95	0.015	89.00	90.95	28.50	29.89	1.11
P-72	J-20	J-22	37.40	30.10	0.64	0.58	0.37	0.012	90.52	90.15	18.48	18.73	1.11
P-73	TANQUE	J-6	150.00	208.80	9.81	0.56	0.46	0.002	97.00	96.54	0.00	26.82	0.82
P-74	J-16	J-43	29.60	75.80	0.40	0.58	1.22	0.016	90.49	89.27	20.45	20.25	1.17
P-75	J-43	J-17	29.60	45.00	-0.32	0.47	0.48	0.011	89.27	89.76	20.25	19.36	0.78
P-76	J-26	J-37	29.60	33.20	-0.36	0.53	0.44	0.013	88.17	88.62	19.64	20.29	0.97
P-77	J-37	J-43	37.40	59.70	-0.60	0.55	0.66	0.011	88.62	89.27	20.29	20.25	1.01
P-78	J-31	J-44	29.60	107.30	0.46	0.67	2.24	0.021	92.10	89.87	27.58	25.88	1.51
P-79	J-44	J-45	22.60	309.10	0.23	0.57	6.64	0.022	89.87	83.22	25.88	26.17	1.19
P-81	J-26	J-46	22.60	110.20	0.24	0.60	2.60	0.024	88.17	85.57	19.64	14.54	1.31
P-82	J-46	J-25	17.60	103.00	0.12	0.50	2.32	0.022	85.57	83.25	14.54	10.27	0.97
P-83	J-37	J-47	17.60	91.10	0.12	0.49	1.98	0.022	88.62	86.63	20.29	15.81	0.94
P-85	J-19	J-48	29.60	128.90	0.59	0.85	4.22	0.033	89.12	84.90	17.42	10.55	2.37
P-86	J-48	J-27	37.40	35.30	0.63	0.57	0.42	0.012	84.90	84.48	10.55	10.29	1.09
P-87	J-48	J-24	22.60	75.50	-0.29	0.73	2.51	0.033	84.90	87.40	10.55	14.86	1.84
P-88	J-18	J-19	29.60	60.70	-0.39	0.56	0.92	0.015	88.19	89.12	16.35	17.42	1.10
P-90	J-49	J-14	103.20	204.90	3.93	0.47	0.52	0.003	92.42	91.90	28.14	20.86	0.64
P-91	J-11	J-51	103.20	60.10	4.39	0.52	0.19	0.003	93.01	92.83	26.34	28.42	0.78
P-92	J-51	J-49	103.20	153.50	4.05	0.48	0.41	0.003	92.83	92.42	28.42	28.14	0.67
P-93	J-50	J-51	22.60	39.80	-0.21	0.52	0.72	0.018	92.10	92.83	27.64	28.42	1.00
P-94	J-36	J-52	47.00	154.10	-0.95	0.55	1.29	0.008	94.22	95.51	27.34	31.45	0.96
P-95	J-52	J-1	59.00	175.40	-1.37	0.50	0.95	0.005	95.51	96.47	31.45	28.05	0.79
P-96	J-31	J-54	59.00	132.50	1.50	0.55	0.86	0.006	92.10	91.25	27.58	30.89	0.93
P-97	J-54	J-32	47.00	40.70	0.87	0.50	0.29	0.007	91.25	90.95	30.89	29.89	0.83
P-98	J-53	J-54	29.60	91.60	-0.38	0.55	1.31	0.014	89.93	91.25	30.79	30.89	1.04
P-99	J-33	J-53	17.60	46.00	-0.13	0.56	1.30	0.028	88.63	89.93	29.21	30.79	1.17
P-100	J-36	J-30	37.40	50.10	0.72	0.65	0.76	0.015	94.22	93.46	27.34	28.58	1.39
P-101	J-52	J-29	22.60	40.80	0.19	0.50	0.70	0.017	95.51	94.81	31.45	30.98	0.92

Fuente: Autores

La presión estática en todos los puntos de abastecimiento esta entre 7 y 40 mca, la velocidad del flujo en las tuberías de la red de distribución esta entre 0.45 y 3.00 m/s. El mínimo diámetro utilizado para la red de distribución es de 20 mm. Se cumplen todos los requerimientos de diseño para una red de abastecimiento, por lo tanto, el diseño obtenido es satisfactorio.

4.2.3 Sistema de alcantarillado sanitario convencional

Con la información documentada en los capítulos anteriores, se procede Al diseño del sistema de alcantarillado sanitario. Tomando en cuenta la información de dotación, población actual y futura, periodo de diseño del sistema, tasa de crecimiento poblacional, coeficiente de retorno y caudal de infiltración obtenida en el capítulo II, se realiza la proyección de los caudales de aguas residuales durante el periodo de diseño del sistema.

Tabla L: Cálculo de crecimiento poblacional anual, demandas de AAPP y descargas de AASS

Período	Año	Población	Agua Potable (L/s)				Aguas Residuales (L/s)				
			Qaapp	Qmd	Qmh	Qdis	Qaass	k	Qaass,mh	Qinf	Qaass,dis
0	2015	2100	2.4	3.0	7.3	7.3	1.9	3.5	6.9	1.7	8.6
1	2016	2132	2.5	3.1	7.4	7.4	2.0	3.5	6.9	1.7	8.7
2	2017	2163	2.5	3.1	7.5	7.5	2.0	3.5	7.0	1.8	8.8
3	2018	2196	2.5	3.2	7.6	7.6	2.0	3.5	7.1	1.8	8.9
4	2019	2229	2.6	3.2	7.7	7.7	2.1	3.5	7.2	1.8	9.0
5	2020	2262	2.6	3.3	7.9	7.9	2.1	3.5	7.3	1.8	9.2
6	2021	2296	2.7	3.3	8.0	8.0	2.1	3.5	7.4	1.9	9.3
7	2022	2331	2.7	3.4	8.1	8.1	2.2	3.5	7.5	1.9	9.4
8	2023	2366	2.7	3.4	8.2	8.2	2.2	3.5	7.7	1.9	9.6
9	2024	2401	2.8	3.5	8.3	8.3	2.2	3.5	7.8	1.9	9.7
10	2025	2437	2.8	3.5	8.5	8.5	2.3	3.5	7.9	2.0	9.8
11	2026	2474	2.9	3.6	8.6	8.6	2.3	3.5	8.0	2.0	10.0
12	2027	2511	2.9	3.6	8.7	8.7	2.3	3.5	8.1	2.0	10.1
13	2028	2548	2.9	3.7	8.8	8.8	2.4	3.5	8.2	2.1	10.3
14	2029	2587	3.0	3.7	9.0	9.0	2.4	3.5	8.3	2.1	10.4
15	2030	2625	3.0	3.8	9.1	9.1	2.4	3.5	8.4	2.1	10.6
16	2031	2665	3.1	3.9	9.3	9.3	2.5	3.5	8.5	2.2	10.7
17	2032	2705	3.1	3.9	9.4	9.4	2.5	3.5	8.7	2.2	10.9
18	2033	2745	3.2	4.0	9.5	9.5	2.5	3.5	8.8	2.2	11.0
19	2034	2787	3.2	4.0	9.7	9.7	2.6	3.5	8.9	2.3	11.2
20	2035	2828	3.3	4.1	9.8	9.8	2.6	3.4	9.0	2.3	11.3

Fuente: Autores

Para efectos del desarrollo de la alternativa, se dividió el área de estudio en dos zonas de drenaje, como norte (N) y como sur (S). El cono norte está conformado por los barrios 12 de Mayo, 1 de Mayo, 2 de noviembre y 24 de diciembre. El cono sur de la comuna está conformado por los barrios Santa María, 10 de Agosto, 2 Corazones y 12 de Octubre.

La distribución poblacional en cada uno de los barrios antes mencionados se la hizo asumiendo que los predios con mayor área poseen el mayor número de habitantes, y que en cada casa como

mínimo habitan dos personas, y como máximo siete personas. La distribución poblacional generada en cada barrio fue la siguiente:

Tabla LI: Distribución poblacional generada por barrios de la comuna Febres Cordero

Barrio	Área (ha)	Población Actual	Población Futura	Densidad Actual (Poblac/ha)	Densidad Futura (Poblac/ha)
12 de Mayo	10.4	320	431	30.6	41.2
1 de Mayo	5.2	77	104	14.7	19.8
2 de Noviembre	8.5	162	218	19.0	25.7
24 de Diciembre	11.6	314	423	27.1	36.5
Santa Maria	7.1	313	422	44.2	59.5
10 de Agosto	10.4	292	393	28.0	37.7
2 Corazones	14.4	427	575	29.7	40.1
12 de Octubre	7.7	195	263	25.5	34.3

Fuente: Autores

Para las zonas de drenaje determinadas para el diseño, la distribución poblacional y caudal de aguas residuales resultante es la siguiente:

Tabla LII: Distribución poblacional y caudal de aguas residuales por zona de drenaje

Zonas de Drenaje	Area (ha)	Población Actual	Población Futura	Densidad Futura	Qaass (l/s)	k	Qaass,mh (l/s)	Qinf (l/s)	Qaass,días (l/s)
N	35.8	873	1176	32.9	1.1	3.68	4.0	1.0	5.0
S	39.5	1227	1653	41.8	1.5	3.59	5.5	1.3	6.8

Fuente: Autores

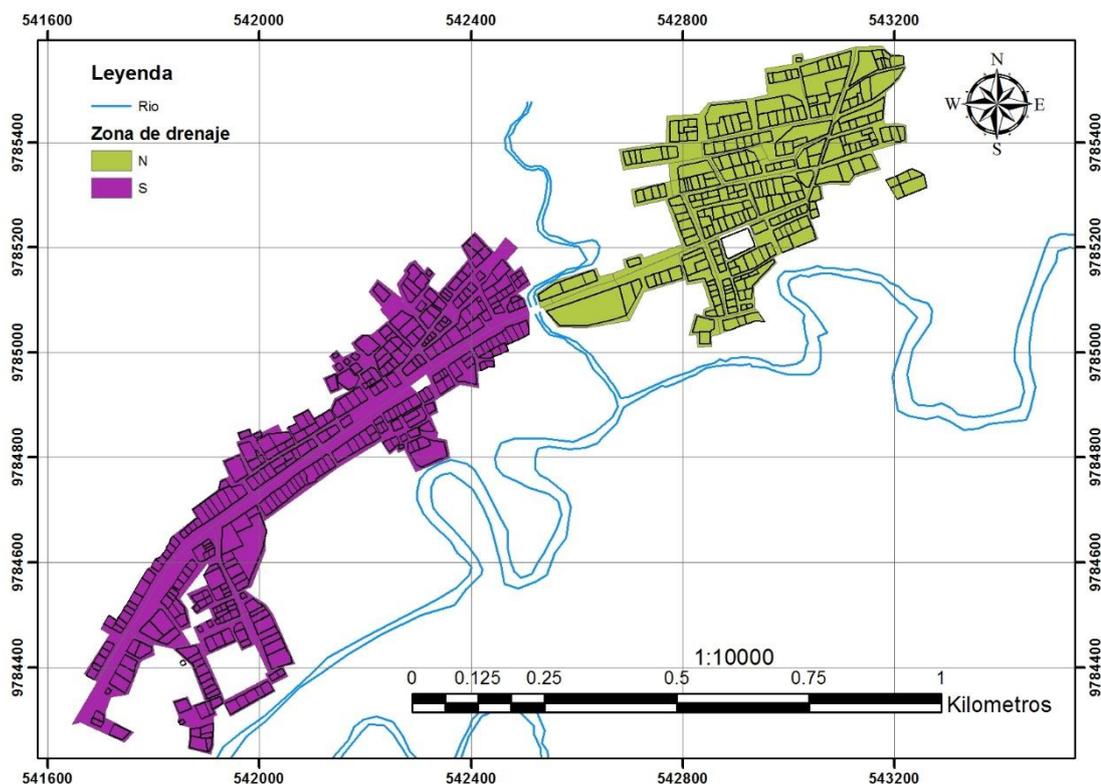


Grafico 12: Zonas de drenaje de aguas residuales en la comuna Febres Cordero

Fuente: Autores

El alcantarillado sanitario incluye el sistema de tratamiento de aguas residuales, que consistirá en un sistema de tanque Imhoff previo a la descarga del efluente.

4.2.3.1 Diseño de la red

El sistema de alcantarillado sanitario convencional debe cumplir todas las disposiciones dadas en el capítulo 3. El trazado de la red se lo hizo siguiendo en lo posible la topografía del terreno natural, para minimizar costos de excavación al momento de la construcción. Para

la red terciaria se considera diámetro de 110 mm y para la red de colectores diámetro de 200 mm. El trazado de la red terciaria, y de los colectores principales planteado se presenta en los siguientes gráficos:

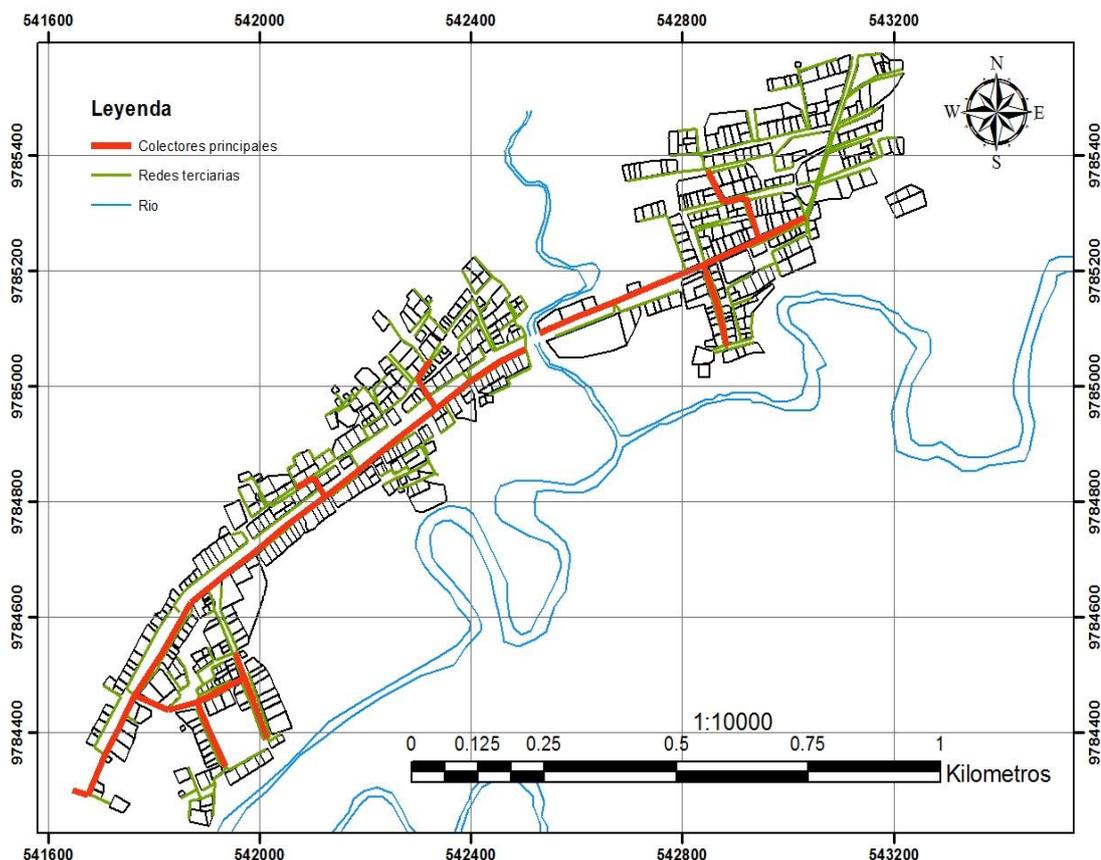


Grafico 13: Trazado de la red de alcantarillado convencional

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta la distribución de las áreas de aportación a cada pozo de inspección, se obtienen los caudales de diseño que ingresan a cada uno de ellos. Importante recalcar que la dirección del flujo de aguas residuales es en sentido norte – sur. De esta manera el primer

pozo (aguas arriba del sistema) es el N-1 y el último pozo (aguas abajo del sistema) es el S-10.

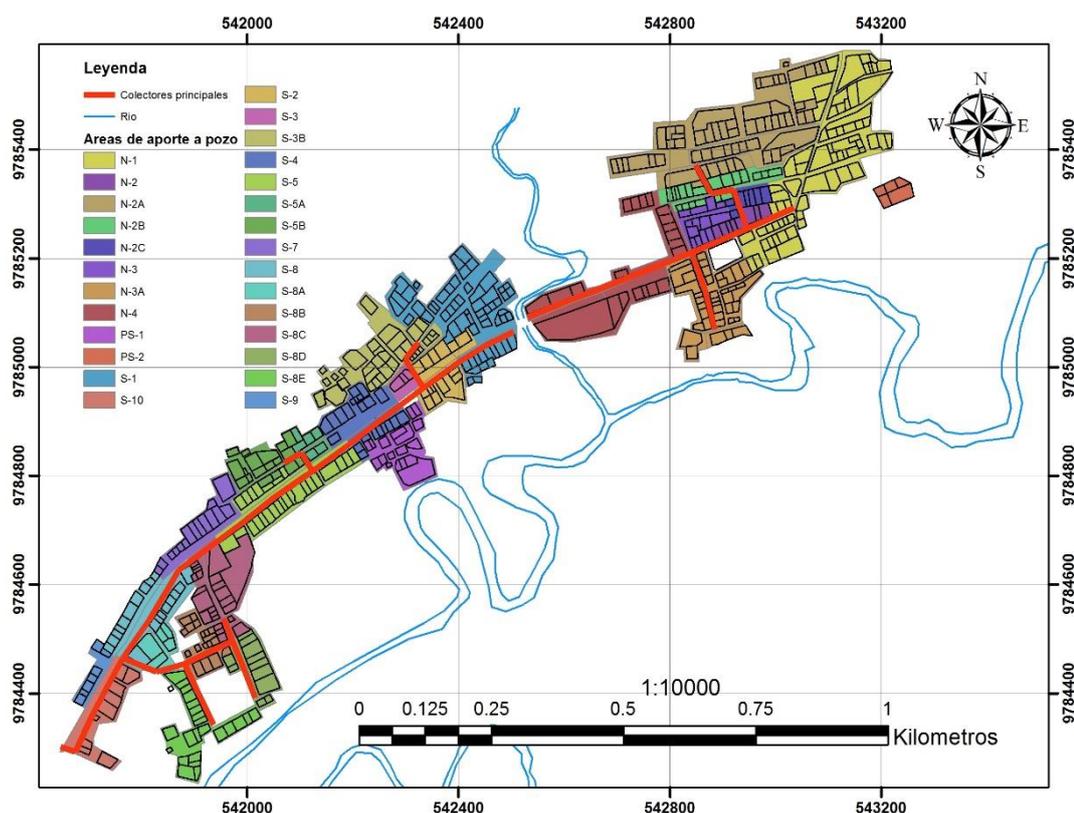


Grafico 14: Áreas de aportación a pozos de inspección del alcantarillado convencional
Fuente: Autores

Teniendo en cuenta la distribución de las áreas de aportación a cada pozo de inspección, se obtienen los caudales de diseño que ingresan a cada uno de ellos. Importante recalcar que la dirección del flujo de aguas residuales es en sentido norte – sur. De esta manera el primer pozo (aguas arriba del sistema) es el N-1 y el último pozo (aguas abajo del sistema) es el S-10.

Tabla LIII: Caudales de diseño por pozo de descarga para alcantarillado convencional

Pozo de descarga	Área (ha)	Población Futura	Densidad Futura (Pob/ha)	Qaass futuro (l/s)	Promedio de k	Qaass,mh (l/s)	Qinf (l/s)	Qaass,dis (l/s)
N-1	4.80	347	92.0	0.32	4.00	1.29	0.28	1.57
N-2	0.38	40	107.6	0.04	4.00	0.15	0.03	0.18
N-2A	4.57	294	67.1	0.27	4.00	1.09	0.24	1.33
N-2B	0.85	98	128.4	0.09	4.00	0.36	0.08	0.44
N-2C	0.33	31	101.4	0.03	4.00	0.11	0.03	0.14
N-3	0.59	69	115.5	0.06	4.00	0.25	0.06	0.31
N-3A	2.06	175	74.0	0.16	4.00	0.65	0.14	0.79
N-4	2.98	97	32.3	0.09	4.00	0.36	0.08	0.44
PS-1	1.12	90	80.4	0.08	4.00	0.33	0.07	0.41
PS-2	0.27	24	90.8	0.02	4.00	0.09	0.02	0.11
S-1	3.06	298	101.3	0.28	4.00	1.10	0.24	1.34
S-10	1.17	39	33.4	0.04	4.00	0.14	0.03	0.18
S-2	1.09	69	54.4	0.06	4.00	0.25	0.06	0.31
S-3	0.25	12	48.1	0.01	4.00	0.04	0.01	0.05
S-3B	2.01	176	165.5	0.16	4.00	0.65	0.14	0.80
S-4	1.33	100	80.3	0.09	4.00	0.37	0.08	0.45
S-5	1.82	139	82.1	0.13	4.00	0.51	0.11	0.63
S-5A	0.33	32	95.4	0.03	4.00	0.12	0.03	0.15
S-5B	0.93	86	102.1	0.08	4.00	0.32	0.07	0.39
S-7	1.01	62	61.3	0.06	4.00	0.23	0.05	0.28
S-8	1.48	85	65.4	0.08	4.00	0.31	0.07	0.38
S-8A	0.47	27	56.8	0.02	4.00	0.10	0.02	0.12
S-8B	0.73	96	122.0	0.09	4.00	0.35	0.08	0.43
S-8C	1.66	120	110.3	0.11	4.00	0.44	0.10	0.54
S-8D	0.82	66	128.6	0.06	4.00	0.24	0.05	0.30
S-8E	1.30	116	92.9	0.11	4.00	0.43	0.09	0.52
S-9	0.36	40	111.5	0.04	4.00	0.15	0.03	0.18
Total general	37.78	2828	92.5	2.62	4.00	10.48	2.29	12.77

Fuente: Autores

Los pozos han sido nombrados de manera que la primera letra representa la zona de drenaje a la cual pertenece (N o S). Las áreas o cuencas de drenaje bajo la denominación PS corresponden a zonas que descargarán sus aguas residuales a sistemas especiales de tratamiento, debido a la dificultad para la evacuación de las

mismas hacia el sistema de alcantarillado principal a causa, de la poca ventajosa topografía.

En el caso de PS-1, la vivienda en esta cuenca que se halla más alejada del sistema tiene una diferencia de cota con respecto a la red principal cercana a 5 metros por debajo, si se conecta al sistema principal haría que los cotos de excavación se incrementen considerablemente. En el caso de la cuenca PS-2, la presencia de una vertiente natural hacia Rio Seco ocasiona una desventaja topográfica que se traduce nuevamente en excavaciones más profundas para los pozos de revisión.

En la zona de transición entre la zona de drenaje N y S, se presenta una discontinuidad en la red, debido a la presencia del cauce del Rio Febres Cordero. En esta zona se proyecta el uso de un sifón hidráulico para conducir las aguas residuales del cono norte de la comuna hasta el pozo S-1.

La conducción de las aguas residuales hasta la zona de tratamiento se la hará mediante un sistema de bombeo ubicado en las cercanías del último pozo del sistema (pozo S-10).

Con estas consideraciones, y usando las ecuaciones presentadas en la sección 3.3.2.5 de este documento, se procede a diseñar el sistema de alcantarillado sanitario como un sistema convencional.

Tabla LIV: Diseño de la red de colectores del sistema de alcantarillado convencional

DATOS BASICOS (S original)				DISEÑO DE COLECTORES																			COTA TERRENO		COTA PROYECTO						
POZO	n	CAUDAL DISEÑO (L/s)	CAUDAL DISEÑO ACUMULADO (ca)	LONGITUD (m)	PRE-DISEÑO											VALORES PARA VERIFICACION DE RESULTADOS							T (esfuerzo cortante - AUTOLIMPIEZA)	Pa	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO			
					%D (Asumido)	ν Viscosidad Cinemática a 20°C	Ks Rugosidad Absoluta (PVC)	S (Asumido)	D (Asumido)	Yri = %D	θ	A	P_{m0} Perimetro Mojado	R_{h0}	Q	Q > Qd?	D (definitivo)	V_r Calculado	θ Calculado	A (definitivo)	Pm (definitivo)	R_h (definitivo)							T	Fr	V (Q/A)
					%	(m ² /s)	(m)	%	m	m	(rad)	(m ²)	(m)	(m)	(m ³ /s)	SI/No	(m)	(m)	(rad)	(m ²)	(m)	(m)							(m)		
N-1	1.57	1.57	96.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0030	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0189	SI	0.182	0.0343	1.80	0.003	0.163	0.021	0.142	0.95	0.46	0.61	71.67	71.00	68.12	67.83		
N-2A	1.33	1.33	61.0	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0033	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0199	SI	0.182	0.0309	1.70	0.003	0.154	0.019	0.137	0.99	0.45	0.61	68.24	68.75	66.19	65.99		
N-2B	0.44	1.77	46.3	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0027	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0178	SI	0.182	0.0374	1.88	0.004	0.171	0.022	0.147	0.91	0.46	0.59	68.75	70.35	65.99	65.86		
N-2C	0.14	1.91	76.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0025	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0171	SI	0.182	0.0396	1.94	0.004	0.176	0.024	0.150	0.88	0.46	0.58	70.35	71.00	65.86	65.67		
N-2	0.18	3.66	114.0	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0583	2.41	0.007	0.219	0.033	0.170	0.79	0.51	0.64	71.00	70.77	65.67	65.44		
N-3A	0.79	0.79	148.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0055	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0264	SI	0.182	0.0213	1.40	0.002	0.127	0.013	0.117	1.23	0.46	0.72	68.89	70.77	67.89	67.07		
N-3	0.31	4.76	180.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0230	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0579	SI	0.182	0.0359	1.84	0.004	0.167	0.022	0.145	2.64	1.31	4.89	70.77	63.86	65.44	61.29		
N-4	0.44	5.20	139.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0703	2.68	0.009	0.244	0.038	0.177	0.78	0.56	0.74	63.86	63.00	61.29	61.01		
N-5	0.00	5.20	11.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0703	2.68	0.009	0.244	0.038	0.177	0.78	0.56	0.74	63.00	62.87	61.01	60.99		
S-1	1.34	6.54	122.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0798	2.90	0.011	0.263	0.042	0.180	0.77	0.60	0.82	64.09	66.37	61.79	61.54		
S-2	0.31	6.85	83.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0819	2.94	0.011	0.267	0.042	0.181	0.77	0.60	0.83	66.37	66.37	61.54	61.38		
S-3B	0.80	0.80	43.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0050	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0250	SI	0.182	0.0218	1.42	0.002	0.129	0.014	0.118	1.18	0.45	0.67	68.01	68.61	66.95	66.73		
S-3A	0.00	0.80	39.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0344	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0721	SI	0.182	0.0138	1.12	0.001	0.102	0.009	0.096	2.92	0.88	2.99	68.61	66.37	66.73	65.37		
S-3	0.05	7.70	179.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0875	3.07	0.012	0.279	0.044	0.182	0.76	0.62	0.87	66.37	63.96	61.38	61.02		
S-4	0.45	8.15	79.0	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0905	3.13	0.013	0.285	0.045	0.182	0.76	0.63	0.89	63.96	63.66	61.02	60.86		
S-5B	0.39	0.39	37.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0101	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0368	SI	0.182	0.0132	1.09	0.001	0.099	0.008	0.094	1.57	0.46	0.84	64.54	63.35	62.73	62.35		
S-5A	0.15	0.54	21.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0075	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0313	SI	0.182	0.0164	1.22	0.001	0.111	0.010	0.104	1.39	0.46	0.77	63.35	63.66	62.35	62.19		
S-5	0.63	9.31	347.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0980	3.30	0.014	0.300	0.048	0.181	0.74	0.65	0.93	63.66	63.54	60.86	60.17		
S-7	0.28	9.59	171.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0998	3.34	0.015	0.303	0.048	0.181	0.74	0.66	0.94	63.54	60.23	60.17	59.82		
S-8C	0.54	0.54	45.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0070	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0301	SI	0.182	0.0168	1.23	0.001	0.112	0.011	0.105	1.35	0.45	0.73	60.19	60.93	59.07	58.75		
S-8D	0.30	0.30	113.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0120	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0406	SI	0.182	0.0111	1.00	0.001	0.091	0.007	0.087	1.67	0.45	0.85	60.87	60.93	57.82	56.45		
S-8'	0.00	0.84	99.6	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0050	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0250	SI	0.182	0.0224	1.44	0.002	0.130	0.014	0.119	1.18	0.46	0.69	60.93	59.19	56.45	55.96		
S-8E	0.52	0.52	121.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0075	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0313	SI	0.182	0.0162	1.21	0.001	0.110	0.010	0.104	1.39	0.46	0.76	59.90	58.84	55.89	54.98		
S-8B	0.43	1.79	55.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0027	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0178	SI	0.182	0.0377	1.89	0.004	0.172	0.023	0.147	0.91	0.46	0.60	58.84	57.93	54.98	54.83		
S-8A	0.12	1.92	84.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0025	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0171	SI	0.182	0.0397	1.94	0.004	0.177	0.024	0.150	0.88	0.46	0.58	57.93	60.23	54.83	54.62		
S-8	0.38	11.89	116.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.1147	3.67	0.017	0.334	0.052	0.175	0.70	0.69	1.01	60.23	58.26	54.62	54.39		
S-9	0.18	12.07	82.9	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.1159	3.70	0.017	0.336	0.052	0.175	0.70	0.69	1.02	58.26	56.11	54.39	54.22		
S-10	0.18	12.25	23.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.1170	3.73	0.018	0.339	0.052	0.174	0.70	0.69	1.02	56.11	55.64	54.22	54.17		

Tabla LV: Iteración para el cálculo de tirante normal alcantarillado convencional

Iteracion	Q	Yn (asum)	θ	Q	Dif (%)
N-1	0.0016	0.0343	1.80	0.00157	0%
N-2A	0.0013	0.0309	1.70	0.00133	0%
N-2B	0.0018	0.0374	1.88	0.00177	0%
N-2C	0.0019	0.0396	1.94	0.00191	0%
N-2	0.0037	0.0583	2.41	0.00366	0%
N-3A	0.0008	0.0213	1.40	0.00079	0%
N-3	0.0048	0.0359	1.84	0.00476	0%
N-4	0.0052	0.0703	2.68	0.00520	0%
N-5	0.0052	0.0703	2.68	0.00520	0%
S-1	0.0065	0.0798	2.90	0.00654	0%
S-2	0.0069	0.0819	2.94	0.00685	0%
S-3B	0.0008	0.0218	1.42	0.00080	0%
S-3A	0.0008	0.0138	1.12	0.00080	0%
S-3	0.0077	0.0875	3.07	0.00770	0%
S-4	0.0082	0.0905	3.13	0.00815	0%
S-5B	0.0004	0.0132	1.09	0.00039	0%
S-5A	0.0005	0.0164	1.22	0.00054	0%
S-5	0.0093	0.0980	3.30	0.00931	0%
S-7	0.0096	0.0998	3.34	0.00959	0%
S-8C	0.0005	0.0168	1.23	0.00054	0%
S-8D	0.0003	0.0111	1.00	0.00030	0%
S-8'	0.0008	0.0224	1.44	0.00084	0%
S-8E	0.0005	0.0162	1.21	0.00052	0%
S-8B	0.0018	0.0377	1.89	0.00179	0%
S-8A	0.0019	0.0397	1.94	0.00192	0%
S-8	0.0119	0.1147	3.67	0.01189	0%
S-9	0.0121	0.1159	3.70	0.01208	0%
S-10	0.0123	0.1170	3.73	0.01225	0%

Fuente: Autores

Los resultados generados se obtienen realizando un análisis a flujo libre de las tuberías (CEC, 2001). La velocidad en todos los

colectores es mayor o igual a 0.45 m/s. El diámetro nominal de los colectores es de 200 mm, el mínimo recomendado para sistemas convencionales. La tensión tractiva de autolimpieza es ligeramente inferior a la recomendada de 0.6 Pa en cuatro tramos de colectores, sin embargo la velocidad cumple con la disposición mínima, por lo tanto, se acepta como criterio mínimo para garantizar autolimpieza de la red.

Para verificar los resultados obtenidos se realiza un modelo matemático en el software computacional SewerGems Sanitary. El análisis se realiza bajo régimen estacionario y a flujo libre. Este análisis servirá para cumplir las siguientes disposiciones (CEPIS, 2005):

- Los tramos de colector no deben sufrir salto hidráulico
- Los pozos no deben tener salto hidráulico.
- Cada pozo debe tener su cota de fondo o invert igual a la cota invert del colector de salida para evitar acumulación de lodos.

- En lo posible, la línea de gradiente hidráulico y la línea de gradiente de energía nunca debe ser mayor a la cota de coronado del tubo.
- En lo posible, la línea de gradiente hidráulico y la línea de gradiente de energía nunca deberá ser mayor a la cota de terreno del pozo de revisión.

El programa SewerGems Sanitary, para el análisis, considera un coeficiente de pérdida debido a la transición que se da en los pozos de inspección. Recomienda que el valor de este coeficiente sea igual a 1.

Las consideraciones de velocidad mínima 0.45 m/s, tensión tractiva mínima recomendada 0.6 Pa, cobertura mínima 0.80 m y tirante máximo 80% del diámetro se toman en cuenta (CEC, 2001).

Para los pozos de revisión se usa pozos tipo, para profundidades menores a 2.5 m, el pozo a usar será el tipo I, para profundidades entre 2.5 m y 5.7 m el pozo a usar será el tipo II. Para ver los detalles estructurales ir a los planos anexados.

Tabla LVI: Resultados con condiciones de población proyectada a 20 años en pozos de revisión, alcantarillado convencional.

Pozo	Diametro (mm)	Elevación terreno (m)	Elevación (Invert) (m)	Caudal (Total Salida) (L/s)	Gradiente hidráulico (Inicio) (m)	Gradiente hidráulico (Final) (m)	Profundidad de la estructura (m)	Elevación (Invert in 1) (m)	Elevación (Invert in 2) (m)	Elevación (Invert in 3) (m)	Elevación (Invert salida) (m)	Línea de energía (Inicio) (m)	Línea de energía (Final) (m)	Línea de Energía > Cota Terreno ?	Línea de Grad. > Cota Terreno?	Invert salida > Invert Pozo?	Tipo de pozo
N-1	900	71.7	68.1	1.6	68.2	68.2	3.6	(N/A)	(N/A)	(N/A)	68.1	(N/A)	68.2	NO	NO	NO	Tipo 2
N-2	900	71.0	65.7	3.7	65.7	65.7	5.3	65.7	66.3	(N/A)	65.7	65.7	65.7	NO	NO	NO	Tipo 2
N-2A	900	68.2	66.2	1.3	66.2	66.2	2.1	(N/A)	(N/A)	(N/A)	66.2	(N/A)	66.2	NO	NO	NO	Tipo 1
N-2B	900	68.8	66.0	1.8	66.0	66.0	2.8	66.0	(N/A)	(N/A)	66.0	66.0	66.0	NO	NO	NO	Tipo 2
N-2C	900	70.4	65.9	1.9	65.9	65.9	4.5	65.9	(N/A)	(N/A)	65.9	65.9	65.9	NO	NO	NO	Tipo 2
N-3	900	70.8	65.4	4.8	65.5	65.5	5.3	65.4	65.6	(N/A)	65.4	65.6	65.5	NO	NO	NO	Tipo 2
N-3A	900	68.9	67.9	0.8	67.9	67.9	1.0	(N/A)	(N/A)	(N/A)	67.9	(N/A)	67.9	NO	NO	NO	Tipo 1
N-4	900	63.9	61.3	5.2	61.4	61.4	2.6	61.4	(N/A)	(N/A)	61.3	61.5	61.4	NO	NO	NO	Tipo 2
N-5	900	63.0	61.0	5.2	61.1	61.1	2.0	61.0	(N/A)	(N/A)	61.0	61.1	61.1	NO	NO	NO	Tipo 1
NT-1	900	70.9	65.6	3.7	65.6	65.6	5.3	65.6	(N/A)	(N/A)	65.6	65.6	65.6	NO	NO	NO	Tipo 2
NT-2	900	66.2	65.3	4.8	65.3	65.3	0.9	65.3	(N/A)	(N/A)	65.3	65.3	65.3	NO	NO	NO	Tipo 1
NT-3	900	63.8	61.1	5.2	61.2	61.2	2.7	61.1	(N/A)	(N/A)	61.1	61.2	61.2	NO	NO	NO	Tipo 2
NT-4	900	70.1	67.5	0.8	67.5	67.5	2.7	67.5	(N/A)	(N/A)	67.5	67.5	67.5	NO	NO	NO	Tipo 2
S-1	900	64.1	61.8	6.5	61.9	61.9	2.3	(N/A)	(N/A)	(N/A)	61.8	(N/A)	61.9	NO	NO	NO	Tipo 1
S-2	900	66.4	61.5	6.9	61.6	61.6	4.8	61.5	(N/A)	(N/A)	61.5	61.7	61.6	NO	NO	NO	Tipo 2
S-3	900	66.4	61.4	7.7	61.5	61.5	5.0	61.4	62.0	(N/A)	61.4	61.6	61.5	NO	NO	NO	Tipo 2
S-3A	900	68.6	66.7	0.8	66.8	66.8	1.9	66.8	(N/A)	(N/A)	66.7	66.8	66.8	NO	NO	NO	Tipo 1
S-3B	900	68.0	67.0	0.8	67.0	67.0	1.1	(N/A)	(N/A)	(N/A)	67.0	(N/A)	67.0	NO	NO	NO	Tipo 1
S-4	900	64.0	61.0	8.2	61.1	61.1	2.9	61.0	(N/A)	(N/A)	61.0	61.1	61.1	NO	NO	NO	Tipo 2
S-5	900	63.7	60.9	9.3	61.0	61.0	2.8	60.9	61.0	(N/A)	60.9	61.0	61.0	NO	NO	NO	Tipo 2
S-5A	914.4	63.4	62.4	0.5	62.4	62.4	1.0	62.4	(N/A)	(N/A)	62.4	62.4	62.4	NO	NO	NO	Tipo 1
S-5B	914.4	64.5	62.7	0.4	62.8	62.8	1.8	(N/A)	(N/A)	(N/A)	62.7	(N/A)	62.8	NO	NO	NO	Tipo 1
S-7	914.4	63.5	60.2	9.6	60.3	60.3	3.4	60.2	(N/A)	(N/A)	60.2	60.3	60.3	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8	900	60.2	54.6	11.9	54.8	54.7	5.6	55.0	54.6	(N/A)	54.6	54.8	54.8	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8'	900	60.9	56.5	0.8	56.5	56.5	4.5	57.2	56.5	(N/A)	56.5	56.5	56.5	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8A	900	57.9	54.8	1.9	54.9	54.9	3.1	54.8	(N/A)	(N/A)	54.8	54.9	54.9	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8B	900	58.8	55.0	1.8	55.0	55.0	3.9	55.6	55.0	(N/A)	55.0	55.0	55.0	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8C	900	60.2	59.1	0.5	59.1	59.1	1.1	(N/A)	(N/A)	(N/A)	59.1	(N/A)	59.1	NO	NO	NO	Tipo 1
S-8D	900	60.7	57.8	0.3	57.8	57.8	2.9	(N/A)	(N/A)	(N/A)	57.8	(N/A)	57.8	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8E	900	59.9	55.9	0.5	55.9	55.9	4.0	(N/A)	(N/A)	(N/A)	55.9	(N/A)	55.9	NO	NO	NO	Tipo 2
S-9	900	58.3	54.4	12.1	54.5	54.5	3.9	54.4	(N/A)	(N/A)	54.4	54.5	54.5	NO	NO	NO	Tipo 2
S-10	900	56.1	54.2	12.3	54.4	54.3	1.9	54.2	(N/A)	(N/A)	54.2	54.4	54.4	NO	NO	NO	Tipo 1
ST-1	900	66.6	61.7	6.5	61.8	61.7	5.0	61.7	(N/A)	(N/A)	61.7	61.8	61.8	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-2	900	66.3	61.2	7.7	61.3	61.3	5.1	61.2	(N/A)	(N/A)	61.2	61.3	61.3	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-3	900	64.0	60.7	9.3	60.8	60.8	3.3	60.7	(N/A)	(N/A)	60.7	60.8	60.8	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-4	900	65.0	60.5	9.3	60.7	60.6	4.5	60.5	(N/A)	(N/A)	60.5	60.7	60.7	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-5	900	65.7	60.4	9.3	60.5	60.5	5.3	60.4	(N/A)	(N/A)	60.4	60.5	60.5	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-6	900	63.9	60.2	9.3	60.3	60.3	3.7	60.2	(N/A)	(N/A)	60.2	60.4	60.3	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-7	900	61.2	60.0	9.6	60.1	60.1	1.2	60.0	(N/A)	(N/A)	60.0	60.1	60.1	NO	NO	NO	Tipo 1
ST-9	900	59.1	54.5	11.9	54.6	54.6	4.6	54.5	(N/A)	(N/A)	54.5	54.7	54.6	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-10	900	60.0	55.4	0.5	55.4	55.4	4.6	55.4	(N/A)	(N/A)	55.4	55.5	55.4	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-11	900	60.7	57.0	0.3	57.1	57.1	3.6	57.1	(N/A)	(N/A)	57.0	57.1	57.1	NO	NO	NO	Tipo 2

Fuente: Autores

Del análisis se obtiene que hay 42 pozos en total, de los cuales 12 son tipo I y 30 son tipo II.

Tabla LVII: Resultados con población proyectada a 20 años en colectores principales, alcantarillado convencional

Nombre de colector	Pozo Inicial	Pozo final	Diametro (mm)	Elevación del terreno (Inicio) (m)	Elevación del terreno (Final) (m)	Elevación de corona (Inicio) (m)	Elevación de corona (Final) (m)	Invert (Inicio) (m)	Invert (Final) (m)	Pendiente (m/m)	Tirante (Inicio) (m)	Tirante (Final) (m)	Tirante Inicial/Diam. (%)	Tirante Final/Diam. (%)	Caudal (L/s)	Grande nte hidráulico (Inicio) (m)	Grande nte hidráulico (Final) (m)	Línea de energía (Inicio) (m)	Línea de energía (Final) (m)	Longitud (m)	Velocidad máxima (m/s)	Cobertura promedio (m)	Perfil	No de Froude	Fuerza tractiva (Pa)	Línea de Energía > Terreno?	Línea de Grad. > Terreno?	Línea de Energía > Corona Tubo?	Línea de Grad. > Corona Tubo?
TUAS-01	N-1	N-2	181.7	71.67	71	68.3	66.48	68.12	66.3	0.019	0.03	0.02	16.5%	11.0%	1.57	68.15	66.32	68.17	66.36	96.8	0.88	3.9	S2	2.29	2.55	NO	NO	NO	NO
TUAS-02	N-5	SIFON	181.7	63	62.87	61.19	61.17	61.01	60.99	0.002	0.07	0.06	38.5%	33.0%	5.2	61.08	61.05	61.1	61.07	10.8	0.55	1.8	M2	0.75	0.70	NO	NO	NO	NO
TUAS-03	S-2	S-3	181.7	66.37	66.37	61.72	61.56	61.54	61.38	0.002	0.08	0.11	44.0%	60.5%	6.85	61.62	61.49	61.64	61.5	80.2	0.6	4.7	M1	0.77	0.83	NO	NO	NO	NO
TUAS-04	S-9	S-10	181.7	58.26	56.11	54.57	54.4	54.39	54.22	0.002	0.11	0.14	60.5%	77.1%	12.07	54.5	54.36	54.53	54.38	76.3	0.72	2.7	M1	0.75	1.11	NO	NO	NO	NO
TUAS-05	S-10	PLANTA	181.7	56.11	55.64	54.4	54.35	54.22	54.17	0.002	0.12	0.1	66.0%	55.0%	12.25	54.34	54.27	54.36	54.31	25.1	0.69	1.5	M2	0.69	1.02	NO	NO	NO	NO
TUAS-06	S-5	ST-3	181.7	63.66	63.97	61.04	60.85	60.86	60.67	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	9.31	60.96	60.79	60.98	60.8	88	0.67	2.9	M1	0.78	0.99	NO	NO	NO	NO
TUAS-07	ST-3	ST-4	181.7	63.97	65	60.85	60.71	60.67	60.53	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	9.31	60.77	60.65	60.79	60.66	73.6	0.64	3.7	M1	0.72	1.00	NO	NO	NO	NO
TUAS-08	S-7	ST-7	181.7	63.54	61.21	60.35	60.18	60.17	60	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	9.59	60.27	60.12	60.29	60.13	79.3	0.67	2.1	M1	0.77	0.90	NO	NO	NO	NO
TUAS-09	ST-7	S-8	181.7	61.21	60.23	60.18	55.18	60	55	0.058	0.09	0.04	49.5%	22.0%	9.59	60.09	55.04	60.12	55.3	85.9	2.24	3	S2	4.24	13.74	NO	NO	SI	NO
TUAS-10	ST-4	ST-5	181.7	65	65.72	60.71	60.57	60.53	60.39	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	9.31	60.63	60.51	60.65	60.52	71.3	0.65	4.7	M1	0.74	0.92	NO	NO	NO	NO
TUAS-11	ST-5	ST-6	181.7	65.72	63.88	60.57	60.4	60.39	60.22	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	9.31	60.49	60.34	60.51	60.36	79.2	0.67	4.3	M1	0.77	0.99	NO	NO	NO	NO
TUAS-12	S-4	S-5	181.7	63.96	63.66	61.2	61.04	61.02	60.86	0.002	0.09	0.12	49.5%	66.0%	8.15	61.11	60.98	61.13	60.99	81.1	0.63	2.7	M1	0.75	0.88	NO	NO	NO	NO
TUAS-13	S-3	ST-2	181.7	66.37	66.25	61.56	61.38	61.2	61.2	0.002	0.09	0.11	49.5%	60.5%	7.7	61.47	61.31	61.49	61.32	85.3	0.64	4.8	M1	0.79	0.91	NO	NO	NO	NO
TUAS-14	ST-2	S-4	181.7	66.25	63.96	61.38	61.2	61.2	61.02	0.002	0.09	0.11	49.5%	60.5%	7.7	61.29	61.13	61.31	61.14	93.4	0.61	3.8	M1	0.75	0.84	NO	NO	NO	NO
TUAS-15	S-3B	S-3A	181.7	68.01	68.61	67.14	66.93	66.96	66.75	0.005	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.8	66.98	66.77	66.99	66.78	43.1	0.45	1.3	S2	1.17	0.66	NO	NO	NO	NO
TUAS-16	S-3A	S-3	181.7	68.61	66.37	66.91	62.18	66.73	62	0.075	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.8	66.75	62.01	66.76	62.08	63.5	1.15	2.9	S2	4.16	5.47	NO	NO	NO	NO
TUAS-17	N-2A	N-2B	181.7	68.24	68.75	66.37	66.17	66.19	65.99	0.003	0.03	0.05	16.5%	27.5%	1.33	66.22	66.04	66.23	66.04	61	0.45	2.2	M1	0.99	0.61	NO	NO	NO	NO
TUAS-18	N-2B	N-2C	181.7	68.75	70.35	66.17	66.04	65.99	65.86	0.003	0.04	0.05	22.0%	27.5%	1.77	66.03	65.91	66.04	65.91	46.3	0.47	3.4	M1	0.93	0.61	NO	NO	NO	NO
TUAS-19	N-2C	N-2	181.7	70.35	71	66.04	65.85	65.86	65.67	0.002	0.04	0.07	22.0%	38.5%	1.91	65.9	65.74	65.91	65.74	76.4	0.46	4.7	M1	0.88	0.58	NO	NO	NO	NO
TUAS-20	N-3A	NT-4	181.7	68.89	70.13	68.07	67.68	67.89	67.5	0.005	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.79	67.91	67.52	67.92	67.53	75.6	0.45	1.6	S2	1.19	0.69	NO	NO	NO	NO
TUAS-21	NT-4	N-3	181.7	70.13	70.77	67.65	65.73	67.47	65.55	0.026	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.79	67.49	65.56	67.5	65.6	72.7	0.81	3.8	S2	2.60	2.43	NO	NO	NO	NO
TUAS-22	S-8C	S-8'	181.7	60.19	60.93	59.25	57.33	59.07	57.15	0.042	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.54	59.09	57.16	59.1	57.2	45.9	0.84	2.3	S2	3.10	2.94	NO	NO	NO	NO
TUAS-23	S-8'	S-8B	181.7	60.93	58.84	56.63	55.78	56.45	55.6	0.009	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.84	56.47	55.62	56.48	55.64	99.7	0.55	3.7	S2	1.52	1.04	NO	NO	NO	NO
TUAS-24	S-8B	S-8A	181.7	58.84	57.93	55.16	55.01	54.98	54.83	0.003	0.04	0.05	22.0%	27.5%	1.79	55.02	54.88	55.03	54.88	55.2	0.46	3.3	M1	0.91	0.60	NO	NO	NO	NO
TUAS-25	S-8A	S-8	181.7	57.93	60.23	55.01	54.8	54.83	54.62	0.003	0.04	0.14	22.0%	77.1%	1.92	54.87	54.76	54.88	54.76	64.7	0.5	4.2	M1	1.00	0.71	NO	NO	NO	NO
TUAS-26	S-8E	ST-10	181.7	59.9	60	56.07	55.6	55.89	55.42	0.007	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.52	55.91	55.44	55.92	55.45	64.6	0.45	4.1	S2	1.37	0.74	NO	NO	NO	NO
TUAS-27	ST-10	S-8B	181.7	60	58.84	55.59	55.19	55.41	55.01	0.007	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.52	55.43	55.03	55.44	55.04	56.9	0.45	4	S2	1.35	0.73	NO	NO	NO	NO
TUAS-28	S-8D	ST-11	181.7	60.67	60.67	58	57.23	57.82	57.05	0.012	0.01	0.01	5.5%	5.5%	0.3	57.83	57.06	57.84	57.07	64.3	0.45	3.1	S2	1.66	0.85	NO	NO	NO	NO
TUAS-29	ST-11	S-8'	181.7	60.67	60.93	57.22	56.65	57.04	56.47	0.012	0.01	0.01	5.5%	5.5%	0.3	57.05	56.48	57.06	56.49	49.5	0.45	3.9	S2	1.63	0.82	NO	NO	NO	NO
TUAS-30	N-4	NT-3	181.7	63.86	63.79	61.47	61.32	61.29	61.14	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.2	61.36	61.23	61.38	61.24	70.4	0.57	2.4	M1	0.81	0.78	NO	NO	NO	NO
TUAS-31	NT-3	N-5	181.7	63.79	63	61.32	61.19	61.14	61.01	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.2	61.21	61.1	61.23	61.11	69	0.55	2.1	M1	0.76	0.71	NO	NO	NO	NO
TUAS-32	N-3	NT-2	181.7	70.77	66.19	65.62	65.43	65.44	65.25	0.002	0.07	0.08	38.5%	44.0%	4.76	65.51	65.33	65.52	65.34	92.5	0.55	3	M1	0.80	0.73	NO	NO	NO	NO
TUAS-33	NT-2	N-4	181.7	66.19	63.86	65.43	61.57	65.25	61.39	0.044	0.06	0.03	33.0%	16.5%	4.76	65.31	61.42	65.33	61.56	88.4	1.64	1.5	S2	3.60	8.06	NO	NO	NO	NO
TUAS-34	S-8	ST-9	181.7	60.23	59.1	54.8	54.68	54.62	54.5	0.002	0.11	0.14	60.5%	77.1%	11.89	54.73	54.64	54.76	54.66	60.3	0.69	4.9	M1	0.70	1.01	NO	NO	NO	NO
TUAS-35	ST-9	S-9	181.7	59.1	58.26	54.68	54.57	54.5	54.39	0.002	0.12	0.14	66.0%	77.1%	11.89	54.62	54.53	54.64	54.54	59.4	0.67	4.1	M1	0.67	0.95	NO	NO	NO	NO
TUAS-36	S-1	ST-1	181.7	64.09	66.64	61.97	61.83	61.79	61.65	0.003	0.07	0.1	38.5%	55.0%	6.54	61.86	61.75	61.89	61.76	54.1	0.66	3.5	M1	0.89	1.00	NO	NO	NO	NO
TUAS-37	ST-1	S-2	181.7	66.64	66.37	61.83	61.72	61.65	61.54	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.54	61.73	61.64	61.75	61.65	65.9	0.56	4.7	M1	0.70	0.71	NO	NO	NO	NO
TUAS-38	N-2	NT-1	181.7	71	70.89	65.85	65.73	65.67	65.55	0.002	0.06	0.07	33.0%	38.5%	3.66	65.73	65.62	65.74	65.63	56.4	0.52	5.2	M1	0.81	0.68	NO	NO	NO	NO
TUAS-39	NT-1	N-3	181.7	70.89	70.77	65.73	65.62	65.55	65.44	0.002	0.06	0.08	33.0%	44.0%	3.66	65.61	65.52	65.62	65.53	57.6	0.5	5.2	M1	0.77	0.62	NO	NO	NO	NO
TUAS-40	S-5B	S-5A	181.7	64.54	63.35	62.91	62.54	62.73	62.36	0.01	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.39	62.75	62.37	62.75	62.38	37.8	0.46	1.2	S2	1.54	0.82	NO	NO	NO	NO
TUAS-41	S-5A	S-5	181.7	63.35	63.66	62.53	61.14	62.35	60.96	0.035	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.54	62.37	60.97	62.38	61	39.5	0.78	1.7	S2	2.85	2.55	NO	NO	NO	NO
TUAS-42	ST-6	S-7	181.7	63.88	63.54	60.4	60.35	60.22	60.17	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	9.31	60.32	60.29	60.34	60.3	27.1	0.63	3.3	M1	0.71	0.87	NO	NO	NO	NO

Mediante el análisis en el software se obtienen resultados más reales. Se puede observar que el criterio de velocidad mínima se cumple en todos los tramos de colectores, el criterio de tensión tractiva no se cumple en el colector TUAS-19 por un margen despreciable, la tracción es de 0.58 Pa, un 3% por debajo. Se lo acepta para el diseño.

Se realiza un análisis similar para el periodo actual, esto para identificar los tramos de la red que presenten velocidades menores a la mínima recomendada al principio del periodo de funcionamiento del sistema.

Tabla LVIII: Caudales actuales por pozo de descarga de aguas residuales, alcantarillado convencional

Pozo de descarga	Área (ha)	Población Actual	Densidad Actual (Pob/ha)	Qaass actual (l/s)	Promedio de k	Qaass,mh (l/s)	Qinf (l/s)	Qaass,dis (l/s)
N-1	4.80	258	68.3	0.24	4.00	0.96	0.21	1.16
N-2	0.38	30	79.9	0.03	4.00	0.11	0.02	0.14
N-2A	4.57	218	49.8	0.20	4.00	0.81	0.18	0.98
N-2B	0.85	73	95.3	0.07	4.00	0.27	0.06	0.33
N-2C	0.33	23	75.3	0.02	4.00	0.09	0.02	0.10
N-3	0.59	51	85.7	0.05	4.00	0.19	0.04	0.23
N-3A	2.06	130	55.0	0.12	4.00	0.48	0.11	0.59
N-4	2.98	72	24.0	0.07	4.00	0.27	0.06	0.33
PS-1	1.12	67	59.7	0.06	4.00	0.25	0.05	0.30
PS-2	0.27	18	67.4	0.02	4.00	0.07	0.01	0.08
S-1	3.06	221	75.2	0.20	4.00	0.82	0.18	1.00
S-10	1.17	29	24.8	0.03	4.00	0.11	0.02	0.13
S-2	1.09	51	40.4	0.05	4.00	0.19	0.04	0.23
S-3	0.25	9	35.7	0.01	4.00	0.03	0.01	0.04
S-3B	2.01	131	122.8	0.12	4.00	0.49	0.11	0.59
S-4	1.33	74	59.6	0.07	4.00	0.27	0.06	0.33
S-5	1.82	103	61.0	0.10	4.00	0.38	0.08	0.46
S-5A	0.33	24	70.9	0.02	4.00	0.09	0.02	0.11
S-5B	0.93	64	75.8	0.06	4.00	0.24	0.05	0.29
S-7	1.01	46	45.5	0.04	4.00	0.17	0.04	0.21
S-8	1.48	63	48.6	0.06	4.00	0.23	0.05	0.28
S-8A	0.47	20	42.1	0.02	4.00	0.07	0.02	0.09
S-8B	0.73	71	90.6	0.07	4.00	0.26	0.06	0.32
S-8C	1.66	89	81.9	0.08	4.00	0.33	0.07	0.40
S-8D	0.82	49	95.5	0.05	4.00	0.18	0.04	0.22
S-8E	1.30	86	69.0	0.08	4.00	0.32	0.07	0.39
S-9	0.36	30	82.8	0.03	4.00	0.11	0.02	0.14
Total general	37.78	2100	68.7	1.94	4.00	7.78	1.70	9.48

Fuente: Autores

Tabla LIX: Resultados en colectores principales para el periodo actual, alcantarillado convencional

Nombre de colector	Pozo Inicial	Pozo final	Diametro (mm)	Elevacion del terreno (Inicio) (m)	Elevacion del terreno (Final) (m)	Elevacion de corona (Inicio) (m)	Elevacion de corona (Final) (m)	Invert (Inicio) (m)	Invert (Final) (m)	Pendiente (m/m)	Tirante (Inicio) (m)	Tirante (Final) (m)	Tirante Inicial/Diam. (%)	Tirante Final/Diam. (%)	Caudal (L/s)	Gradiente hidraulico (Inicio) (m)	Gradiente hidraulico (Final) (m)	Linea de energia (Inicio) (m)	Linea de energia (Final) (m)	Longitud (m)	Velocidad maxima (m/s)	Cobertura promedio (m)	Perfil	No de Froude	Fuerza tractiva (Pa)	Linea de Energia > Terreno?	Linea de Grad. > Terreno?	Linea de Energia > Corona Tubo?	Linea de Grad. > Corona Tubo?
TUAS-01	N-1	N-2	181.7	71.7	71.0	68.3	66.5	68.1	66.3	0.019	0.03	0.02	16.5%	11.0%	1.2	68.2	66.3	68.2	66.4	96.8	0.8	3.9	S2	2.2	2.2	NO	NO	NO	NO
TUAS-02	N-5	SIFON	181.7	63.0	62.9	61.2	61.2	61.0	61.0	0.002	0.06	0.05	33.0%	27.5%	3.9	61.1	61.0	61.1	61.1	10.8	0.5	1.8	M2	0.8	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-03	S-2	S-3	181.7	66.4	66.4	61.7	61.6	61.5	61.4	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.1	61.6	61.5	61.6	61.5	80.2	0.6	4.7	M1	0.8	0.7	NO	NO	NO	NO
TUAS-04	S-9	S-10	181.7	58.3	56.1	54.6	54.4	54.4	54.2	0.002	0.09	0.12	49.5%	66.0%	9.0	54.5	54.3	54.5	54.4	76.3	0.7	2.7	M1	0.8	1.0	NO	NO	NO	NO
TUAS-05	S-10	PLANTA	181.7	56.1	55.6	54.4	54.4	54.2	54.2	0.002	0.1	0.08	55.0%	44.0%	9.1	54.3	54.3	54.3	54.3	25.1	0.7	1.5	M2	0.7	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-06	S-5	ST-3	181.7	63.7	64.0	61.0	60.9	60.9	60.7	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.9	60.9	60.8	61.0	60.8	88.0	0.6	2.9	M1	0.8	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-07	ST-3	ST-4	181.7	64.0	65.0	60.9	60.7	60.7	60.5	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.9	60.8	60.6	60.8	60.6	73.6	0.6	3.7	M1	0.7	0.8	NO	NO	NO	NO
TUAS-08	S-7	ST-7	181.7	63.5	61.2	60.4	60.2	60.2	60.0	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	7.1	60.3	60.1	60.3	60.1	79.3	0.6	2.1	M1	0.8	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-09	ST-7	S-8	181.7	61.2	60.2	60.2	55.2	60.0	55.0	0.058	0.07	0.03	38.5%	16.5%	7.1	60.1	55.0	60.1	55.3	85.9	2.1	3.0	S2	4.2	12.0	NO	NO	SI	NO
TUAS-10	ST-4	ST-5	181.7	65.0	65.7	60.7	60.6	60.5	60.4	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.9	60.6	60.5	60.6	60.5	71.3	0.6	4.7	M1	0.8	0.8	NO	NO	NO	NO
TUAS-11	ST-5	ST-6	181.7	65.7	63.9	60.6	60.4	60.4	60.2	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.9	60.5	60.3	60.5	60.3	79.2	0.6	4.3	M1	0.8	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-12	S-4	S-5	181.7	64.0	63.7	61.2	61.0	61.0	60.9	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.1	61.1	61.0	61.1	61.0	81.1	0.6	2.7	M1	0.8	0.8	NO	NO	NO	NO
TUAS-13	S-3	S-2	181.7	66.4	66.3	61.6	61.4	61.4	61.2	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.7	61.5	61.3	61.5	61.3	85.3	0.6	4.8	M1	0.8	0.8	NO	NO	NO	NO
TUAS-14	ST-2	ST-4	181.7	66.3	64.0	61.4	61.2	61.2	61.0	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.7	61.3	61.1	61.3	61.1	93.4	0.6	3.8	M1	0.8	0.8	NO	NO	NO	NO
TUAS-15	S-3B	S-3A	181.7	68.0	68.6	67.1	66.9	67.0	66.8	0.005	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.6	67.0	66.8	67.0	66.8	43.1	0.4	1.3	S2	1.1	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-16	S-3A	S-3	181.7	68.6	66.4	66.9	62.2	66.7	62.0	0.075	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.6	66.8	62.0	66.8	62.1	63.5	1.1	2.9	S2	4.1	4.8	NO	NO	NO	NO
TUAS-17	N-2A	N-2B	181.7	68.2	68.8	66.4	66.2	66.2	66.0	0.003	0.03	0.04	16.5%	22.0%	1.0	66.2	66.0	66.2	66.0	61.0	0.4	2.2	M1	1.0	0.5	NO	NO	NO	NO
TUAS-18	N-2B	N-2C	181.7	68.8	70.4	66.2	66.0	66.0	65.9	0.003	0.03	0.04	16.5%	22.0%	1.3	66.0	65.9	66.0	65.9	46.3	0.4	3.4	M1	0.9	0.5	NO	NO	NO	NO
TUAS-19	N-2C	N-2	181.7	70.4	71.0	66.0	65.9	65.9	65.7	0.002	0.03	0.06	16.5%	33.0%	1.4	65.9	65.7	65.9	65.7	76.4	0.4	4.7	M1	0.9	0.5	NO	NO	NO	NO
TUAS-20	N-3A	NT-4	181.7	68.9	70.1	68.1	67.7	67.9	67.5	0.005	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.6	67.9	67.5	67.9	67.5	75.6	0.4	1.6	S2	1.2	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-21	NT-4	N-3	181.7	70.1	70.8	67.7	65.7	67.5	65.6	0.026	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.6	67.5	65.6	67.5	65.6	72.7	0.7	3.8	S2	2.5	2.1	NO	NO	NO	NO
TUAS-22	S-8C	S-8'	181.7	60.2	60.9	59.3	57.3	59.1	57.2	0.042	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.4	59.1	57.2	59.1	57.2	45.9	0.8	2.3	S2	3.1	2.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-23	S-8'	S-8B	181.7	60.9	58.8	56.6	55.8	56.5	55.6	0.009	0.02	0.02	11.0%	11.0%	0.6	56.5	55.6	56.5	55.6	99.7	0.5	3.7	S2	1.5	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-24	S-8B	S-8A	181.7	58.8	57.9	55.2	55.0	55.0	54.8	0.003	0.03	0.04	16.5%	22.0%	1.3	55.0	54.9	55.0	54.9	55.2	0.4	3.3	M1	0.9	0.5	NO	NO	NO	NO
TUAS-25	S-8A	S-8	181.7	57.9	60.2	55.0	54.8	54.8	54.6	0.003	0.03	0.12	16.5%	66.0%	1.4	54.9	54.7	54.9	54.7	64.7	0.5	4.2	M1	1.0	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-26	S-8E	ST-10	181.7	59.9	60.0	56.1	55.6	55.9	55.4	0.007	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.4	55.9	55.4	55.9	55.4	64.6	0.4	4.1	S2	1.4	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-27	ST-10	S-8B	181.7	60.0	58.8	55.6	55.2	55.4	55.0	0.007	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.4	55.4	55.0	55.4	55.0	56.9	0.4	4.0	S2	1.3	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-28	S-8D	ST-11	181.7	60.7	60.7	58.0	57.2	57.8	57.1	0.012	0.01	0.01	5.5%	5.5%	0.2	57.8	57.1	57.8	57.1	64.3	0.4	3.1	S2	1.6	0.7	NO	NO	NO	NO
TUAS-29	ST-11	S-8'	181.7	60.7	60.9	57.2	56.7	57.0	56.5	0.012	0.01	0.01	5.5%	5.5%	0.2	57.1	56.5	57.1	56.5	49.5	0.4	3.9	S2	1.6	0.7	NO	NO	NO	NO
TUAS-30	N-4	NT-3	181.7	63.9	63.8	61.5	61.3	61.3	61.1	0.002	0.06	0.07	33.0%	38.5%	3.9	61.4	61.2	61.4	61.2	70.4	0.5	2.4	M1	0.8	0.7	NO	NO	NO	NO
TUAS-31	NT-3	N-5	181.7	63.8	63.0	61.3	61.2	61.1	61.0	0.002	0.06	0.07	33.0%	38.5%	3.9	61.2	61.1	61.2	61.1	69.0	0.5	2.1	M1	0.8	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-32	N-3	NT-2	181.7	70.8	66.2	65.6	65.4	65.4	65.3	0.002	0.06	0.07	33.0%	38.5%	3.5	65.5	65.3	65.5	65.3	92.5	0.5	3.0	M1	0.8	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-33	NT-2	N-4	181.7	66.2	63.9	65.4	61.6	65.3	61.4	0.044	0.05	0.03	27.5%	16.5%	3.5	65.3	61.4	65.3	61.5	88.4	1.5	1.5	S2	3.5	7.1	NO	NO	NO	NO
TUAS-34	S-8	ST-9	181.7	60.2	59.1	54.8	54.7	54.6	54.5	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	8.8	54.7	54.6	54.7	54.6	60.3	0.6	4.9	M1	0.7	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-35	ST-9	S-9	181.7	59.1	58.3	54.7	54.6	54.5	54.4	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	8.8	54.6	54.5	54.6	54.5	59.4	0.6	4.1	M1	0.7	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-36	S-1	ST-1	181.7	64.1	66.6	62.0	61.8	61.8	61.7	0.003	0.06	0.08	33.0%	44.0%	4.9	61.9	61.7	61.9	61.7	54.1	0.6	3.5	M1	0.9	0.9	NO	NO	NO	NO
TUAS-37	ST-1	S-2	181.7	66.6	66.4	61.8	61.7	61.7	61.5	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	4.9	61.7	61.6	61.7	61.6	65.9	0.5	4.7	M1	0.7	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-38	N-2	NT-1	181.7	71.0	70.9	65.9	65.7	65.7	65.6	0.002	0.05	0.06	27.5%	33.0%	2.7	65.7	65.6	65.7	65.6	56.4	0.5	5.2	M1	0.8	0.6	NO	NO	NO	NO
TUAS-39	NT-1	N-3	181.7	70.9	70.8	65.7	65.6	65.6	65.4	0.002	0.05	0.07	27.5%	38.5%	2.7	65.6	65.5	65.6	65.5	57.6	0.5	5.2	M1	0.8	0.5	NO	NO	NO	NO
TUAS-40	S-5B	S-5A	181.7	64.5	63.4	62.9	62.5	62.7	62.4	0.01	0.01	0.01	5.5%	5.5%	0.3	62.7	62.4	62.8	62.4	37.8	0.4	1.2	S2	1.5	0.7	NO	NO	NO	NO
TUAS-41	S-5A	S-5	181.7	63.4	63.7	62.5	61.1	62.4	61.0	0.035	0.02	0.01	11.0%	5.5%	0.4	62.4	61.0	62.4	61.0	39.5	0.7	1.7	S2	2.8	2.2	NO	NO	NO	NO
TUAS-42	ST-6	S-7	181.7	63.9	63.5	60.4	60.4	60.2	60.2	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.9	60.3	60.3	60.3	60.3	27.1	0.6	3.3	M1	0.7	0.8	NO	NO	NO	NO

Los tramos de colector que tienen una velocidad menor a la mínima recomendada de 0.45 m/s para el periodo actual son aquellos que en la columna de velocidad máxima (columna 22), su celda está marcada con rojo. Para estos tramos se recomienda verter agua desde el exterior al menos una vez por semana para favorecer su limpieza periódica y evitar acumulación de lodos.

4.2.3.2 Diseño del sifon hidráulico

Los sifones son estructuras hidráulicas que se usan para conducir agua a través de obstáculos tales como ríos, depresión del terreno, vertientes, canales, entre otros. Existen dos tipos de sifones, sifón normal y sifón invertido.

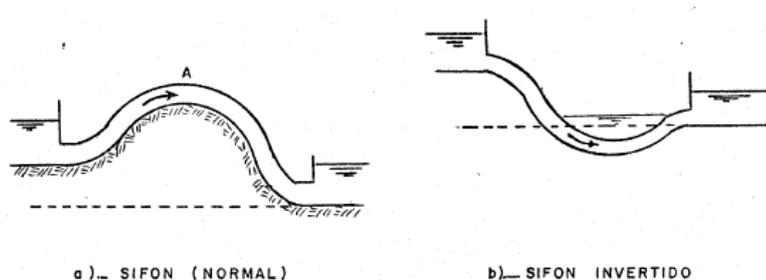


Figura 24: Tipos de sifones hidráulicos

Fuente: OPS y CEPIS

El sifón que se va a diseñar para el sistema de alcantarillado convencional será un sifón invertido. El objetivo de este sifón es pasar por debajo del río sin causar afectación a su cauce. Se va a aprovechar la ventaja de que el Río Febres Cordero permanece sin agua la mayor parte del tiempo. Se recomienda la construcción del sifón entre los meses de mayo y noviembre, época del año en que el río Febres Cordero no posee agua. La longitud del sifón invertido es de aproximadamente 38.15 m, y se va a procurar que se encuentra a un nivel mínimo de un metro por debajo de la cota de terreno del río en todas las secciones.

El sifón invertido es llamado así por su configuración respecto al sifón convencional. Por el principio de los vasos comunicantes el agua trata de alcanzar el mismo nivel en las dos ramas del sifón. En este tipo de sifón no es necesario producir el vacío dentro del conducto.

Un sifón invertido consta de las siguientes partes:

- Depósito de azolves.
- Limitador de gasto.

- Transición de entrada.
- Compuerta de entrada.
- Conducto.
- Válvula de purga.
- Transición de salida.

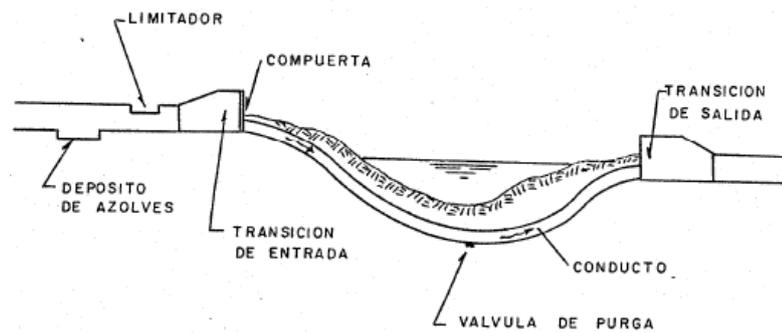


Figura 25: Esquema de los componentes de un sifón invertido

Fuente: OPS y CEPIS

Para el cálculo hidráulico de un sifón invertido se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Cálculo de las pérdidas de carga para determinar el desnivel necesario entre la entrada y la salida. Se distinguen cuatro tipos de pérdidas de carga:
- Pérdida por transición de entrada
 - Pérdida por entrada al conducto
 - Pérdida por fricción dentro del conducto
 - Pérdida por transición de salida
- b) Cálculo de las transiciones.
- c) Verificación del ahogamiento en la entrada
- d) Elección del diámetro del conducto verificando que la velocidad en el interior este dentro de los límites aceptables. Velocidad mínima de 1.5 m/s y velocidad máxima de 3.0 m/s.

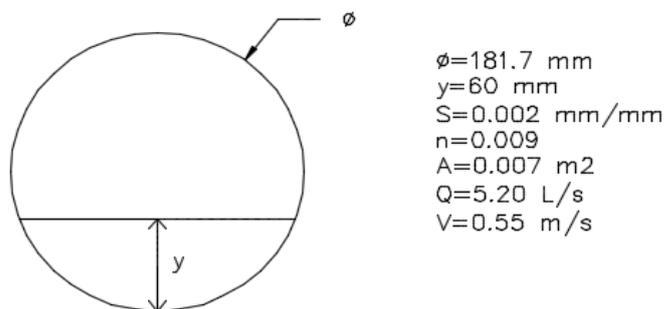


Figura 26: Características de la tubería a la entrada del sifón

Fuente: Autores

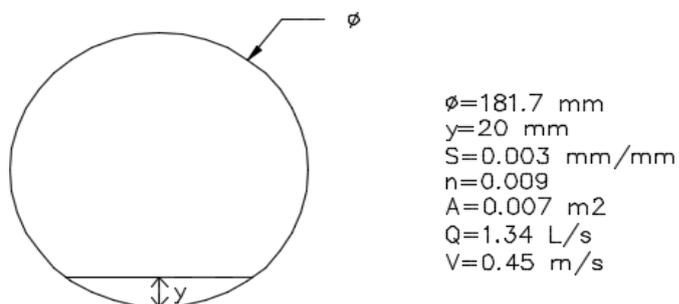


Figura 27: Características de la tubería a la salida del sifón

Fuente: Autores

Elección de la tubería para el conducto

Se usa tubería de PVC con presión de trabajo de 0.80 MPa.

Suponiendo un diámetro nominal de 63 mm, diámetro interior de 60 mm, se tiene lo siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} * \varphi^2} = \frac{5.20/1000}{\frac{\pi}{4} * \left(\frac{60}{1000}\right)^2}$$

$$V = 1.84 \text{ m/s}$$

Es una velocidad aceptable que está dentro de los límites establecidos, por lo que se procede a usar tubería de PVC de 63 mm para la conducción de agua dentro del sifón.

Cálculo de la longitud de transición de entrada

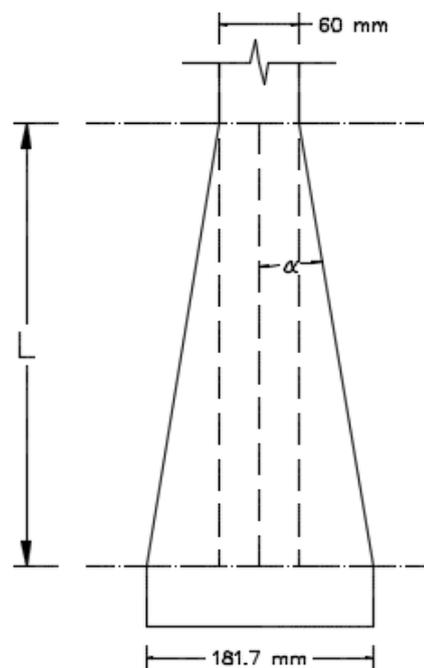


Figura 28: Vista en planta de la longitud de transición a la entrada del sifón

Fuente: Autores

Según disposiciones de la S.R.H.:

α Máximo admisible es $22^{\circ} 30'$; $\tan \alpha = 0.415$

α Mínimo recomendable es $12^{\circ} 30'$; $\tan \alpha = 0.222$

Por trigonometría se sabe que:

$$\tan \alpha = \frac{\frac{181.7}{2} - \frac{60}{2}}{L} = \frac{60.85}{L}$$

$$0.415 = \frac{60.85}{L} \Rightarrow L_{min} = 146.63mm = 0.15m$$

$$0.222 = \frac{60.85}{L} \Rightarrow L_{max} = 274.10mm = 0.27m$$

La longitud de transición es pequeña, se adopta $L = 0.25$ m.

Calculo de la longitud de transición en la salida

La geometría no sufrió cambios en la entrada y salida del sifón, por lo tanto las longitudes de transición tanto a la entrada como a la salida del sifón son las mismas.

Como se pudo determinar, la longitud de transición de un diámetro a otro resultó ser pequeña, esta longitud puede ser cubierta sin problemas por un accesorio reductor de PVC. Estas longitudes de transición son importantes cuando se manejan caudales mayores a los de este proyecto, es el caso de canales de conducción o sistemas convencional de alcantarillado sanitario de grandes ciudades.

Para el caso de la comuna Febres Cordero se va a despreciar esta longitud de transición al ser tan pequeña, y se asume que la transición se da en el interior del pozo de revisión, tanto a la entrada como a la salida del sifón.

Verificación del funcionamiento hidráulico

Considerando la geometría del Grafico 15, se procede a calcular si el funcionamiento hidráulico del sifón invertido es adecuado. Se toma como profundidad mínima de la tubería del sifón dentro del cauce el valor de 2.00 m, debido a que se espera socavación en el cauce del rio durante la época lluviosa.

Se han definido las secciones 1, 2, 3 y 4. La información presentada en la Figura 26 y Figura 27 corresponde a las secciones 1 y 4

respectivamente. Para la evaluación del funcionamiento del sifón se usara la ecuación de Bernoulli.

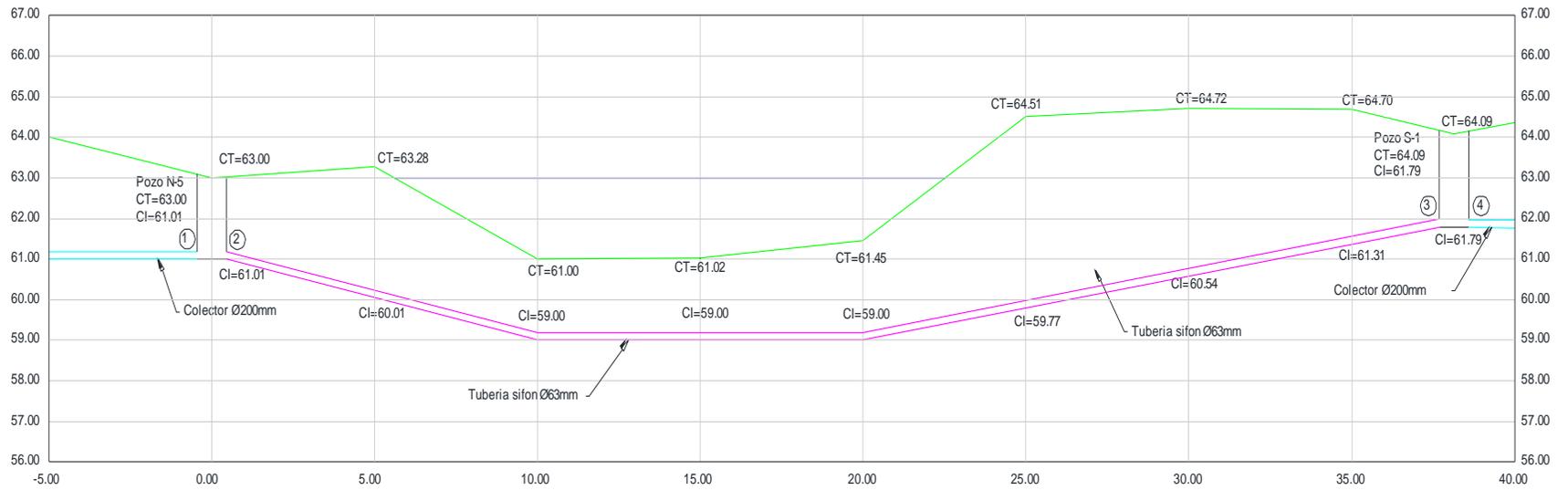


Gráfico 15: Configuración del sifón invertido
 Fuente: Autores

La sección 2 corresponde a la zona donde comienza el sifón, mientras que la sección 3 corresponde a la zona donde termina el sifón. Se asumirá que dentro del pozo la sección es rectangular, con un ancho igual al diámetro de la tubería del sifón invertido, esto para facilidad de cálculo. Los resultados obtenidos son una buena aproximación.

Planteando Bernoulli entre las secciones 4 y 3 se tiene:

Sección 4:

$$y_4 = 0.02 \text{ m}$$

$$V_4 = 0.45 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_4^2}{2g} = 0.010 \text{ m}$$

Sección 3:

$$y_3 = ?$$

$$V_3 = \frac{Q}{A} = \frac{0.0052}{0.06 * y_3} = \frac{0.087}{y_3}$$

$$\frac{V_3^2}{2g} = \frac{3.83 * 10^{-4}}{y_3^2}$$

$$z_4 + \frac{V_4^2}{2g} + y_4 = z_3 + \frac{V_3^2}{2g} + y_3 - 0.2 \left(\frac{V_4^2}{2g} - \frac{V_3^2}{2g} \right) \quad \text{Ec. 50}$$

Donde el último término de la ecuación, representa la pérdida de carga por transición de salida. Experimentalmente se ha demostrado

que es aproximadamente igual a dos décimas del cambio de carga de velocidad entre los extremos de la transición.

$$0.010 + 0.02 = \frac{3.83 * 10^{-4}}{y_3^2} + y_3 - 0.2 \left(0.010 - \frac{3.83 * 10^{-4}}{y_3^2} \right)$$

$$0.032 = y_3 + \frac{4.60 * 10^{-4}}{y_3^2}$$

Mediante tanteo se obtiene que $y_3 = 0.07 \text{ m}$, por lo tanto $V_3 = 1.24 \text{ m/s}$

Planteando Bernoulli entre las secciones 3 y 2 se tiene:

Sección 3:

$$y_3 = 0.07 \text{ m}$$

$$V_3 = 1.24 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_3^2}{2g} = 0.078 \text{ m}$$

Sección 2:

$$y_2 = ?$$

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.0052}{0.06 * y_2} = \frac{0.087}{y_2}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{3.83 * 10^{-4}}{y_2^2}$$

$$z_3 + \frac{V_3^2}{2g} + y_3 = z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + y_2 - H_t$$

Ec. 51

Donde $H_t = h_e + h_f$.

h_e Es la pérdida de carga por entrada al conducto, y se debe al cambio de dirección del movimiento del líquido para entrar al conducto. Depende de la velocidad de agua en el conducto y de las condiciones geométricas de la entrada. Viene definido por la expresión:

$$h_e = k_e \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. 52}$$

k_e = Coeficiente que depende del tipo de entrada

V = Velocidad en la entrada al conducto

Se toma un valor de $k_e = 0.23$ asumiendo entrada con aristas ligeramente redondeadas. Calculando la pérdida por entrada al conducto se tiene:

$$h_e = 0.23 * \frac{V_2^2}{2g} = 0.23 * \frac{3.83 * 10^{-4}}{y_2^2} = \frac{8.81 * 10^{-5}}{y_2^2}$$

h_f Es la pérdida de carga por fricción, y representa la componente más importante de las pérdidas, pudiendo llegar a ser hasta el 70%

de la pérdida total. Es ocasionada por el rozamiento entre las paredes del conducto y las partículas del líquido. La ecuación de Darcy define esta pérdida mediante la siguiente expresión:

$$h_f = f \frac{LV_c^2}{2g\varphi} \quad \text{Ec. 53}$$

f = Coeficiente de fricción de Darcy, depende del material

L = Longitud de la tubería

V_c = Velocidad del agua en el conducto

φ = Diámetro interior de la tubería

Para el cálculo de coeficiente de fricción de Darcy se usa la ecuación de Blasius:

$$f = 0.3164 * Re^{-0.25} \quad \text{Ec. 54}$$

Donde Re es el número de Reynolds, definido por:

$$Re = \frac{\rho\varphi V}{\mu} = \frac{\frac{1000Kg}{m^3} * 0.06m * \frac{1.84m}{s}}{1 * \frac{10^{-3}Kg}{m * s}} = 110400$$

$$\Rightarrow f = 0.3164 * 110400^{-0.25} = 0.017$$

Reemplazando se tiene:

$$h_f = 0.017 * \frac{38.15m * \frac{1.84m}{s}}{0.06m * 2 * \frac{9.8m}{s^2}} = 1.01m$$

Reemplazando en la ecuación de Bernoulli entre las secciones 3 y 2 se tiene:

$$61.79 + 0.078 + 0.07 = 61.01 + \frac{3.83 * 10^{-4}}{y_2^2} + y_2 - \left(\frac{8.81 * 10^{-5}}{y_2^2} + 1.01 \right)$$

$$-0.082 = y_2 + \frac{2.95 * 10^{-4}}{y_2^2}$$

Mediante tanteo se obtiene que $y_2 = 0.11m$, por lo tanto $V_2 = 0.79 m/s$

Condición de ahogamiento:

En sifones invertidos no es necesario el ahogamiento desde el punto de vista de su funcionamiento hidráulico, sin embargo se recomienda que este trabaje ahora sobre todo en la entrada al conducto del sifón principalmente para evita la entrada de solidos flotantes que puedan

obstruirlo. El ahogamiento mínimo recomendado es de un décimo del tirante.

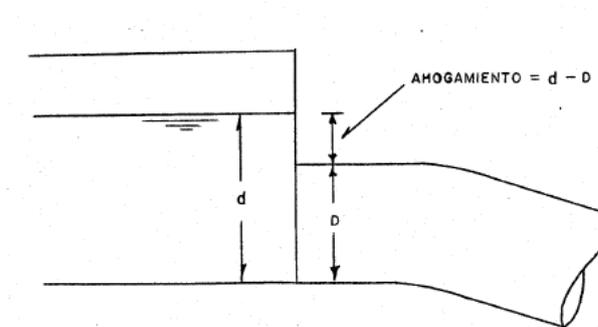


Figura 29: Esquema de ahogamiento en la tubería de entrada al conducto del sifón

Fuente: OPS y CEPIS

Conociendo los datos de la sección 2 se procede a verificar esta condición:

$$y_2 - \varphi \geq 0.1y_2 \Rightarrow 0.11 - 0.06 = 0.05m \geq 0.01m ; OK$$

Se cumple la condición de ahogamiento. El sifón funcionamiento correctamente. El desnivel entre plantillas de entrada y salida es de 0.78 m.

4.2.4 Diseño del bombeo de aguas residuales

El uso de un sistema de bombeo en la comuna Febres Cordero se debe a la proximidad que tiene el último pozo de descarga de aguas residuales con el cauce del Rio Seco, lo que hace necesario que la zona de tratamiento de estas aguas se ubique en un lugar con cota superior para que no sufra de afectación ante una eventual inundación o escenario extraordinario.

Se plantea el uso de un tanque Imhoff como sistema de tratamiento de aguas residuales. Estos tanques se caracterizan por tener grandes profundidades para su buen funcionamiento (de 7 a 9 metros en promedio). La cota invert del pozo S-10 (último pozo del sistema) es 54.17 m, y la cota de rebose del rio es de 48.00 m. Suponiendo que la profundidad requerida promedio del tanque Imhoff es de 8.00 m, su cota de fondo seria de 46.17 m, una cota más baja que la cota de rebose del rio. Esto justifica el uso de una estación de bombeo que permita colocar el sistema de tratamiento en una zona segura y alejada de la población de Febres Cordero.

4.2.4.1 Carcamo de bombeo

Un cárcamo de bombeo es un sistema de recolección cuya función es elevar el agua de una cota inferior a una superior. Los cárcamos se componen de cámaras, bombas y equipos auxiliares (Comisión Nacional del Agua, 2007). Para Febres Cordero se usara cárcamo húmedo, llamado así porque el equipo de bombeo se encuentra en contacto con el agua; para ello se usan bombas sumergibles. El caudal a ser bombeado es el descargado por el pozo S-10, que corresponde a 12.25 L/s.

El volumen de mínimo requerido del cárcamo de bombeo depende del tipo y del funcionamiento de las bombas. El tiempo entre arranques para motores con potencia inferior a 15 KW (20 hp) puede tomarse como 10 minutos (Metcalf y Eddy, 1985). El caudal de bombeo para el caso de la comuna Febres Cordero es pequeño, por lo que la potencia requerida para la bomba muy probablemente sea inferior a 20 hp. Se toma como tiempo de retención o tiempo entre arranques de la bomba 10 minutos.

El volumen comprendido entre los puntos de arranque y paro para una sola bomba viene dado por:

$$V = \frac{Q_b * t_r}{4}$$

Ec. 55

Donde:

V = Volumen requerido en m^3

Q_b = Caudal de bombeo en m^3/min

t_r = Tiempo de retención en min

Reemplazando los valores se tiene que el volumen requerido en el cárcamo de bombeo es el siguiente:

$$V = \frac{\left[12.25 * \frac{3}{50}\right] \frac{m^3}{min} * 10 min}{4} = 1.84 m^3$$

Se va a considerar una sección rectangular, de $1 m^2$ de superficie, por lo tanto la profundidad del cárcamo es de 1.84 m. Se toma 2 m.

La geometría del cárcamo es de 1 m de largo, 1 m de ancho, y 2 m de profundidad, lo que da como resultado un volumen de $2 m^3$.

4.2.4.2 Línea de impulsión

Se conoce como línea de impulsión al tramo de conducción del agua desde la bomba hasta el sitio de depósito. Para este caso, la línea de impulsión corresponde a la tubería que transporta el agua residual desde la bomba sumergible hasta el tanque Imhoff. Se ha demostrado que la velocidad para evitar el depósito de sólidos en la tubería de impulsión debe ser mayor a 0.60 m/s. A velocidades inferiores o cuando las bombas paran su funcionamiento, los sólidos se sedimentan por lo que se recomienda diseñar para una velocidad de 1.10 m/s o superior para volver a arrastrarlas. Se recomienda una velocidad máxima de 1.50 m/s (Comisión Nacional del Agua, 2007). Se va a evaluar dos escenarios para seleccionar el diámetro óptimo de la línea de impulsión.

Información base: $Q_{dis} = 12.25 \frac{L}{s}$; $V_{max} = 1.5 \frac{m}{s}$

Escenario 1: Línea de 110 mm de PVC U/Z (di = 103.2 mm)

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{12.25 \text{ L/s}}{1000 * \frac{\pi}{4} * (0.1032)^2} = 1.46 \frac{m}{s} \leq V_{max} ; ok$$

Comprobando:

$$Q = V * A = \frac{1.50m}{s} * \frac{\pi}{4} * (0.1032)^2 * 1000 = 12.55 \frac{L}{s} \geq Q_{dis} ; ok$$

Escenario 2: Línea de 125 mm de PVC U/Z (di = 117.2 mm)

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{12.25 L/s}{1000 * \frac{\pi}{4} * (0.1172)^2} = 1.14 \frac{m}{s} \leq V_{max} ; ok$$

Comprobando:

$$Q = V * A = \frac{1.50m}{s} * \frac{\pi}{4} * (0.1172)^2 * 1000 = 16.18 \frac{L}{s} \geq Q_{dis} ; ok$$

Ambos diámetros satisfacen las condiciones para caudal y velocidad de diseño. Se escogerá entre tuberías de PVC de 110 mm y 125 mm el diámetro óptimo para la línea de impulsión.

Diámetro óptimo

La longitud de la línea de impulsión, que corresponde a la distancia existente entre el cárcamo de bombeo y el sistema de tratamiento, es de 200.00 m.

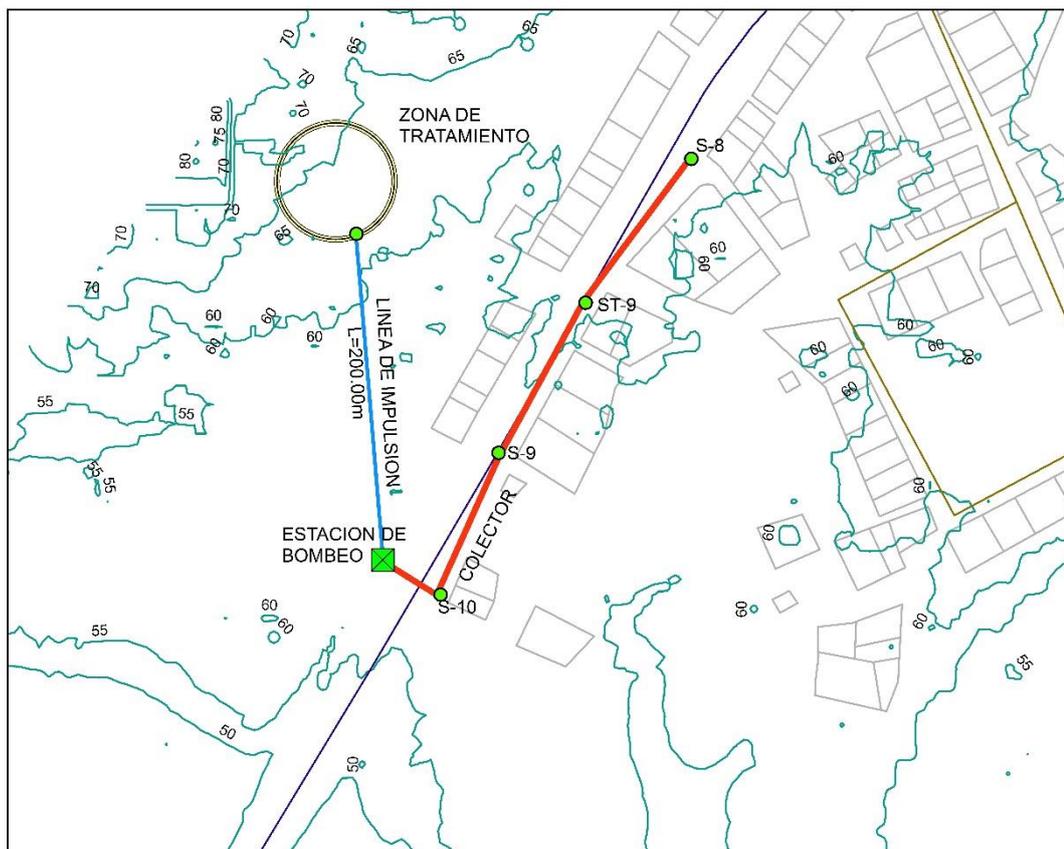


Grafico 16: Esquema del trazado de línea de impulsión

Fuente: Autores

La cota de bombeo será igual a la cota invert de la descarga al cárcamo, menos la profundidad del cárcamo. Se profundiza además 50 cm debido a que el eje de la bomba no se ubica al mismo nivel que el fondo del cárcamo. La cota de llegada al sistema de tratamiento se fija en 64.00 m.

$$\text{Cota de bombeo} = 54.17 \text{ m} - 2.00 \text{ m} - 0.50 \text{ m} = 51.67 \text{ m.}$$

Se establecen las siguientes ecuaciones importantes para determinar la potencia de la bomba y el diámetro óptimo de la línea de impulsión:

$$h_e = \text{cota llegada} - \text{cota bombeo}$$

$$h_f = 10.674 * L * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D_{int}^{4.871}}$$

$$TDH = h_e + h_f + h_m$$

Donde:

h_e = Altura estática

h_f = Pérdidas por fricción

h_m = Pérdidas menores. (Estimadas como el 15% de h_f)

TDH = Altura dinámica total (Total Dynamic Head)

L = Longitud de la línea de impulsión

Q = Caudal de bombeo

C = Coeficiente de Hazen-Williams. Para PVC es 140

D_{int} = Diámetro interior de la línea de impulsión

Se tienen los siguientes resultados

Tabla LX: Cálculo del TDH para los escenarios de línea de impulsión

PVC				
Dn	Di	Hf	velocidad	e pared
(mm)	(mm)	(m)	(m/s)	(mm)
110.00	103.20	4.11	1.46	3.40
125.00	117.20	2.21	1.14	3.90

	110mm	125mm
Cota bombeo	51.67	51.67
Cota Tratamiento	64.00	64.00
altura estática	12.33	12.33
pérdidas impulsión	4.11	2.21
pérdidas menores 10%	0.41	0.22
TDH =	16.85	14.76

Fuente: Autores

Con esta información se determina la potencia requerida de la bomba para los escenarios evaluados. La potencia se define por:

$$P = \frac{Q_b * TDH}{75 * \eta}$$

Donde:

P = Potencia de la bomba en hp

Q_b = Caudal de bombeo al final del periodo de diseño en L/s

TDH = Altura dinámica total en m

η = Eficiencia de la bomba. Se toma como valor típico 70%.

Tabla LXI: Potencia de la bomba para los escenarios de la línea de impulsión

A 20 años 6.13	110mm	125mm
POTENCIA:	$Q_b \cdot TDH / 75 / n$	$Q_b \cdot TDH / 75 / n$
CALCULADA:	1.97	1.72
REDONDEADA:	2.00	2.00
COMERCIAL	2.00	2.00

Fuente: Autores

Ambos escenarios requieren una bomba de 2 hp. Se elige como diámetro óptimo para la línea de impulsión la tubería de 125 mm, debido a que tiene menores pérdidas y la velocidad del flujo es de 1.14 m/s, valor muy cercano al recomendado de 1.10 m/s.

La reserva contra averías se establece con base en un equipo de igual capacidad que el equipo de trabajo, si la potencia requerida es inferior a 10 hp (Comisión Nacional del Agua, 2007). Bajo esta consideración se establece que la línea de impulsión será de tubería de PVC U/Z de 125 mm, con una bomba de 2 hp como equipo de trabajo, más otra bomba de 2 hp de reserva en caso de averías o cuando se den tareas de mantenimiento al sistema de bombeo.

4.2.4.3 Golpe de ariete

Es necesario revisar el efecto del golpe de ariete en el caso de un paro repentino en el funcionamiento de las bombas o fallo del suministro eléctrico, para determinar la presión nominal necesaria en

la tubería de la línea de impulsión. Para determinar la sobrepresión debida al golpe de ariete se debe calcular el tiempo empleado por la onda de presión en desplazarse por la tubería y volver al punto de partida, también llamado tiempo crítico (Comisión Nacional del Agua, 2007) que viene dado por la siguiente expresión:

$$T = \frac{2L}{a}$$

Donde:

T = Tiempo crítico en s

L = Longitud de la tubería de impulsión en m

a = Velocidad de la onda de presión en m/s

Luego se determina la sobrepresión debida al golpe de ariete mediante la siguiente expresión desarrollada por Michaud:

$$\Delta H = \frac{2LV}{gT}, \text{ cuando } L < \frac{aT}{2}$$

O mediante la fórmula de Allievi:

$$\Delta H = \frac{aV}{g}, \text{ cuando } L > \frac{aT}{2}$$

a Se determinar mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{1440}{\sqrt{1 + C * \left(\frac{K * \phi}{E * e}\right)}}$$

Donde:

ΔH = Sobrepresión debida al golpe de ariete en m

V = Velocidad inicial del agua en m/s

$C = 1$ en tuberías con junta de expansión.

K = Módulo de masa del agua, 2070 MN/m²

ϕ = Diámetro de la tubería en mm

E = Módulo de elasticidad de la tubería, para el PVC es 2800 MN/m²

e = Espesor de la pared de la tubería en mm

g = Aceleración de la gravedad en m/s²

Calculando se tiene lo siguiente:

$$a = \frac{1440}{\sqrt{1 + 1 * \left(\frac{2070 * 117.2}{2800 * 3.90}\right)}} = 298.86 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{2 * 200.00}{298.86} = 1.34 \text{ s}$$

Se determina la razón $aT/2$:

$$\frac{aT}{2} = \frac{298.86 * 1.40}{2} = 209.20 \text{ m} > L$$

Se usa la ecuación de Michaud:

$$\Delta H = \frac{2 * 200\text{m} * 1.14\text{m/s}}{9.8\text{m/s}^2 * 1.34\text{s}} = 34.55 \text{ m} \cong 35.00 \text{ m}$$

Para determina la presión total que debe soportar la tubería se suma la sobrepresión con la carga o presión estática h_e

$$\text{Presion en tubería} = \Delta H + h_e = 35.00 + 12.33 = 47.33 \text{ m}$$

Esta presión representa 0.47 MPa. Se requiere una tubería con presión nominal de 0.80 MPa.

Finalmente del análisis anterior se determina que la línea de impulsión óptima requiere una tubería de PVC U/Z de 125 mm, con presión de trabajo de 0.80 MPa. El sistema de bombeo se compone de dos bombas con capacidad de 2 hp, una de trabajo y otra de reserva.

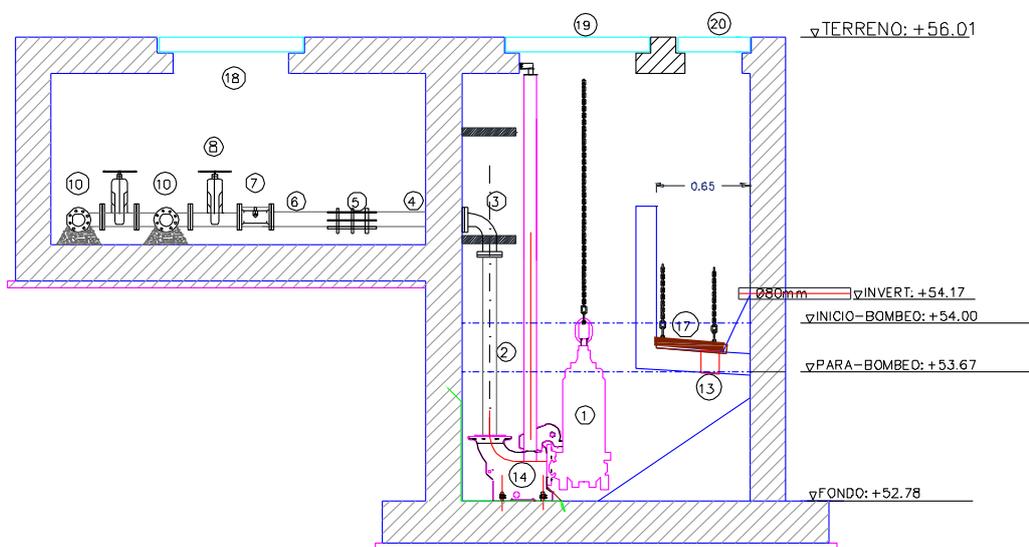


Figura 30: Esquema del sistema de bombeo de aguas residuales
Fuente: Autores

4.2.5 Diseño del sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento está basado en el uso de un tanque Imhoff. La población actual es de 2100 habitantes. La población encerrada en los sectores hidráulicos PS-1 y PS-2, de acuerdo a la Tabla LIII, descargarán sus aguas residuales a tanques biodigestores instalados para el efecto, debido a las condiciones topográficas del sector, siguiendo los lineamientos descritos en la sección 4.1.3 de este documento.

La población correspondiente a los demás sectores hidráulicos descargará sus aguas 187residuales a un sistema de tratamiento mediante tanque Imhoff.

Tabla LXII: Distribución poblacional para cada tipo de tratamiento de aguas residuales

Sistema de tratamiento de aguas residuales	Población Actual	Población futura
Tanque biodigestor	85	114
Tanque Imhoff	2015	2714

Fuente: Autores

El tanque estará colocado en la cota 64 sobre el nivel del mar, siendo el sitio topográficamente más accesible y recomendable debido a la lejanía con el cauce del río.

4.2.5.1 Población de diseño

Para el cálculo de la población futura se va a tomar en consideración el método geométrico, del cual se tiene los datos de tasa de crecimiento de 1.5% y con un período de diseño de 20 años. La población de diseño para el tanque Imhoff se determina de la siguiente manera:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

$$P_f = 2015 * (1 + 0.015)^{20}$$

$$P_f = 2714 \text{ habitantes}$$

4.2.5.2 Diseño de sedimentador

Caudal medio de diseño (Qp) m³ /dia

El factor de retorno definido para la comuna Febres Cordero es del 80%, con una dotación de 100 L/(hab*d), entonces el caudal de diseño es el siguiente:

$$Qp = \frac{P_f * \text{Dotación}}{1000} * \% \text{factor de retorno}$$

$$Qp = \frac{2714 * 100}{1000} * 0.80$$

$$Qp = 217.11 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

Área del sedimentador (As) m²

$$As = \frac{Qp}{Cs}$$

Ec. 56

Cs= carga superficial a 1 m³ / m²/h

$$As = \frac{217.11}{1 * 24}$$

$$A_s = 9.05 \text{ m}^2$$

Volumen del sedimentador (Vs) m³

$$V_s = Q_p * R \quad \text{Ec. 57}$$

R = periodo de retención hidráulica entre 1.50 h y 2.50 h (recomendable 2 horas).

$$V_s = 217.11 * 2/24$$

$$V_s = 18.09 \text{ m}^3$$

Ancho zona de sedimentador (B)

La condición del ancho de sedimentador debe ser menor a 1.1 m, y la relación de la longitud para el ancho del sedimentador debe ser mayor a 1. La relación L/B será asumida igual a 6 cumpliendo con lo indicado en la norma al estar entre 3 y 10.

$$B = \sqrt{\frac{9.05}{6}}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

Largo zona de sedimentador (L)

El largo de la zona de sedimentación será el producto entre la relación L/B anteriormente asumida por el ancho de zona de sedimentador (B).

$$L = 6 * 1.2$$

$$L = 7.2 \text{ m}$$

Profundidad de la zona de sedimentador (H)

La profundidad del sedimentador es el producto de la carga o tasa de sedimentación ($1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$) por el período de retorno (2 horas).

$$H = 2 * 1$$

$$H = 2 \text{ m}$$

Altura del fondo de sedimentador (Hf) m

Viene dado por el ángulo de fondo del sedimentador en radianes (50° recomendado) y el ancho del sedimentador.

$$Hf = \tan(\theta) * \left(\frac{B}{2}\right) \quad \text{Ec. 58}$$

$$Hf = \tan(0.87) * \left(\frac{1.2}{2}\right)$$

$$Hf = 0.72 \text{ m}$$

La altura total del sedimentador (H_t) será la suma entre la profundidad del sedimentador, altura de fondo del sedimentador y el borde libre (0.30 m recomendable)

$$H_t = 0.72 + 2 + 0.3$$

$$H_t = 3.02 \text{ m}$$

Para el análisis de la cantidad de sólidos suspendidos y DBO que se va a remover, se debe tener una caracterización típica de aguas residuales, con resultados experimentales, que certifiquen el correcto funcionamiento de los elementos que conforman el tanque teniendo como referencia las tablas propuestas para satisfacer el objetivo propuesto.

A través de la tabla de (Rojas, 1999) se tienen los siguientes valores de un muestreo de agua residual doméstica típica, debido a que no se poseen datos experimentales.

Tabla LXIII: Características de agua residual típica

Parámetro	Magnitud
DBO	200 mg/L
DQO	400 mg/L
Sólidos suspendidos totales	200 mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	150 mg/L
Nitrógeno amoniacal	30 mg/L-N
Ortofosfatos	10 mg/L-P

Fuente: Rojas, 1999

Se tiene como parámetro teórico que el DBO del agua residual de la comuna sería 200 mg/L y SS=200 mg/L lo cual indicaría que la eficiencia de remoción del proceso de sedimentación con período de retención de 2 horas (recomendable) puede estimarse en 36% para DBO y 60% para SS.

4.2.5.3 Diseño del digestor

Volumen de almacenamiento y digestión (Vd) m³

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se debe tener en cuenta la tabla de factor de capacidad relativa (fcr). El volumen de digestión para 15°C es de 70 l/hab lo cual la temperatura más fría en Santa Elena es de 20°C, correspondiendo un factor de capacidad relativa de 0.7.

$$Vd = \frac{70 * P * fcr}{1000} \quad \text{Ec. 59}$$

$$Vd = \frac{70 * 2714 * 0.7}{1000}$$

$$Vd = 132.98 \text{ m}^3$$

Ancho del tanque Imhoff (Bim)

El ancho del tanque Imhoff está dada por la suma del ancho de la zona de sedimentador, espaciamiento libre pared digestor al sedimentador (mayor a 1 metros como mínimo) y el espesor del muro de sedimentador (es=0.15 m).

El espaciamiento libre de pared de digestor al sedimentador (ed) será tomada como 2 metros, siendo mayor al mínimo.

$$Bim = B + 2ed + 2es \quad \text{Ec. 60}$$

$$Bim = 1.20 + 2(2.0) + 2(0.15)$$

$$Bim = 5.50 \text{ m}$$

Volumen de lodos del digestor (Vld)

Se considerará una altura de lodos de digestor de 3 metros.

La inclinación de tolva de digestor es de 15° (0.26 radianes) siendo lo recomendado por la norma.

Número de troncos de pirámide en el largo 2.

Número de troncos de pirámide en el ancho 1.

$$Vld = (L * Bim * 3 * 2 * 1 * \left(\frac{Bim}{1}\right)^{\frac{2}{4}} * \left(\frac{L}{2}\right) * \tan(0.26)) \quad Ec. 61$$

$$Vld = 133.33 \text{ m}^3$$

$$Vld > Vd \quad \therefore ok$$

Superficie libre (Sl)

$$Sl = (2ed * \frac{L}{Bim * L}) \quad Ec. 62$$

$$Sl = 0.73 \text{ m}$$

Altura de fondo de digestor (Hd)

Inclinación de tolva en digestor 15° (0.26 radianes)

$$Hd = \frac{Bim}{2} * \tan(0.26) \quad Ec. 63$$

$$Hd = \frac{5.50}{2} * \tan(0.26)$$

$$Hd = 0.74 \text{ m}$$

Altura total de tanque Imhoff (Him)

La altura total del tanque Imhoff será la suma entre la altura total del tanque sedimentador, altura de fondo de digestor, la distancia de fondo de sedimentador a la altura máxima de lodos (0.50 m) y la altura de lodos de digestor (3m).

$$Him = Ht + Hd + 3 + 0.50 \quad \text{Ec. 64}$$

$$Him = 3.02 + 0.74 + 3 + 0.50$$

$$Him = 7.25 \text{ m}$$

Área de lecho de secado (Als)

Como lo indica la norma el área de lecho de secado es el producto entre la población futura y el requerimiento de lecho de secado.

$$Als = 0.1 * 2714 \quad \text{Ec. 65}$$

$$Als = 271.4 \text{ m}^2$$

4.2.5.4 Diseño estructural

Las condiciones de armado para un tanque Imhoff según las dimensiones en el diseño, ya poseen un refuerzo estandarizado, en el cual se lo describe a continuación.

El tanque Imhoff debe ser diseñado estructuralmente para resistir las cargas de empuje provocadas por el suelo tanto vertical como laterales y las presiones ejercidas por el contenido del líquido presente, en este caso agua residual doméstica proveniente de los hogares de la comuna. El diseño debe resistir los momentos flectores que resulten de las cargas ejercidas y el refuerzo debe ser mayor en las esquinas debido a que los momentos son mayores.

El tanque a lo largo de su sección longitudinal estará conformado por dos tolvas del cual en la configuración estructural de las paredes estarán reforzadas con varillas longitudinales y transversales en el interior como en el exterior de los muros con ϕ 14 cada 250 mm. El muro interior que separa las tolvas de la cámara de sedimentación y digestión de una cámara a otra estará reforzado con ϕ 14 cada 250 mm para el refuerzo horizontal y para

el refuerzo vertical tendrá una configuración de ϕ 12 cada 250 mm, para soportar los esfuerzos que se generen.

Las paredes externas tendrán un espesor de 20 cm que aumentará hasta llegar a un pequeño volado en la base del tanque; y el espesor de la pared interior tendrá un espesor de 15 cm. Todas las paredes tendrán un recubrimiento de 5 cm para correcta adherencia del hormigón con el acero.

La base del tanque Imhoff será de 20 cm en forma de chaflán, del cual estará armado con ϕ 12 cada 200 mm en ambos sentidos tanto en la sección transversal como longitudinal, mientras que en los pequeños volados estará conformado por varillas de 14 cada 250 mm.

La sección transversal del tanque del cual estará conformada por una tolva en sus paredes tendrá un refuerzo tanto exterior como interior de ϕ 14 cada 225 mm con espesor de pared de 20 cm variando hasta la losa de piso. La cámara de sedimentación tiene como refuerzo vertical ϕ 12 cada 250 mm y refuerzo horizontal ϕ 14 cada 225 mm.

Para el lecho de secado se tiene que la altura de la cámara es de 2.90 m, del cual estará conectada con el tanque Imhoff, La estructura estará conformada por seis columnas típicas de sección 0.15x0.15m con refuerzo al corte de varillas ϕ 10 y refuerzo a flexo-compresión de ϕ 12. Las dimensiones del lecho de secado son de 8.40x4.20 m y en la mitad del lago largo cruza un muro de espesor 20 cm. Todo el cuerpo del elemento estará apoyado sobre dos vigas de concreto reforzado, y al mismo tiempo estará debajo de una cubierta metálica.

Los muros laterales estarán conformados por refuerzo tanto en la cara exterior como interior, con una configuración estructural de varilla de ϕ 14 cada 250 mm para el refuerzo longitudinal y ϕ 12 cada 250 mm para el refuerzo horizontal.

La viga tendrá dimensiones de 0.30x0.15 m con refuerzo de 6 varillas repartidas a lo largo de la sección, con varillas de ϕ 16 y ϕ 14 para contrarrestar los momentos negativos y positivos respectivamente. El refuerzo al corte de la viga será con varillas ϕ 10 según lo especificado en el plano.

4.3 Alternativa 3

La alternativa 3 contempla el uso de un tanque reservorio y el diseño de una nueva red de abastecimiento de agua potable, sistema de alcantarillado sanitario simplificado para la evacuación de aguas residuales, y un sistema de tratamiento mediante tanque Imhoff.

4.3.1 Diseño del sistema de abastecimiento

Para el desarrollo de esta alternativa, se plantea usar el sistema de abastecimiento de agua potable diseñado en la sección 4.2.2 de este documento. Para revisar el diseño hidráulico de la red referirse a la sección antes mencionada.

4.3.2 Sistema de alcantarillad simplificado

El sistema de alcantarillado simplificado se presenta como una alternativa más económica con respecto sistema de alcantarillado convencional. No hay demasiadas variaciones con respecto al sistema de alcantarillado convencional diseñado en la sección 4.2.3. Los caudales de diseño del sistema de alcantarillado simplificado son los mismos que los obtenidos para el sistema convencional.

Este sistema de alcantarillado incluye el sistema de tratamiento de las aguas residuales, que consistirá en un tanque Imhoff.

4.3.2.1 Diseño de la red

El trazado de la red de alcantarillado simplificado sigue la misma configuración que en el alcantarillado simplificado. La diferencia principal se da en el diámetro mínimo de colectores para la conducción de las aguas residuales, que bajo este sistema es de 150 mm (200 mm para el alcantarillado convencional). En la red terciaria se considera un diámetro de 110 mm.

Para la determinación de los caudales de diseño se toma en cuenta la sumatoria del caudal máximo de aguas residuales y el caudal de infiltración total.

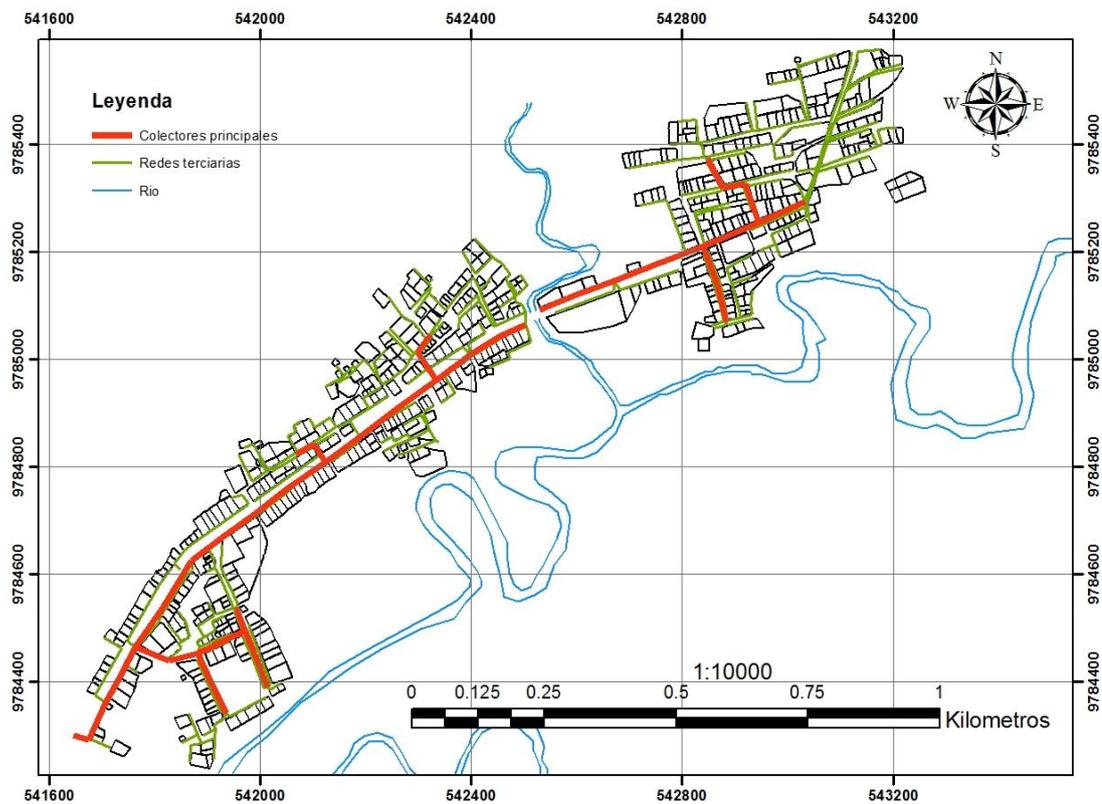


Grafico 17: Trazado de la red de alcantarillado simplificado
Fuente: Autores

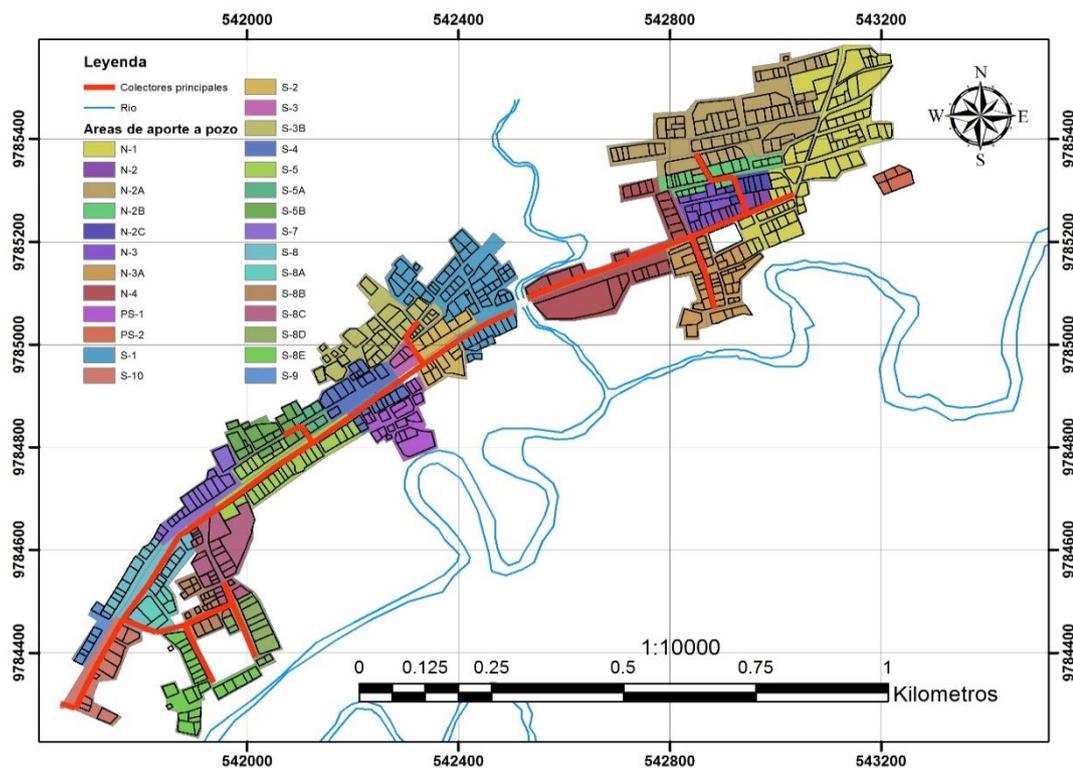


Grafico 18: Áreas de aportación de aguas residuales por pozo

Fuente: Autores

Los pozos han sido nombrados con la denominación N o S para distinguir la zona de drenaje N (Norte) o S (Sur), en correspondencia con el Grafico 12. Para las zonas de aportación bajo la denominación PS, se va a considerar la descarga de sus aguas hacia tanques biodigestores domésticos, debido a la desventaja topográfica existente en la zona que ocasionaría un incremento excesivo en los costos de excavación del sistema.

Con esta información se tabulan los cuales de diseño como sigue a continuación:

Tabla LXIV: Caudales de diseño para el sistema simplificado

Pozo de descarga	Área (ha)	Población Futura	Densidad Futura (Pob/ha)	Qaass futuro (l/s)	Promedio de k	Qaass,mh (l/s)	Qinf (l/s)	Qaass,dis (l/s)
N-1	4.80	347	92.0	0.32	4.00	1.29	0.28	1.57
N-2	0.38	40	107.6	0.04	4.00	0.15	0.03	0.18
N-2A	4.57	294	67.1	0.27	4.00	1.09	0.24	1.33
N-2B	0.85	98	128.4	0.09	4.00	0.36	0.08	0.44
N-2C	0.33	31	101.4	0.03	4.00	0.11	0.03	0.14
N-3	0.59	69	115.5	0.06	4.00	0.25	0.06	0.31
N-3A	2.06	175	74.0	0.16	4.00	0.65	0.14	0.79
N-4	2.98	97	32.3	0.09	4.00	0.36	0.08	0.44
PS-1	1.12	90	80.4	0.08	4.00	0.33	0.07	0.41
PS-2	0.27	24	90.8	0.02	4.00	0.09	0.02	0.11
S-1	3.06	298	101.3	0.28	4.00	1.10	0.24	1.34
S-10	1.17	39	33.4	0.04	4.00	0.14	0.03	0.18
S-2	1.09	69	54.4	0.06	4.00	0.25	0.06	0.31
S-3	0.25	12	48.1	0.01	4.00	0.04	0.01	0.05
S-3B	2.01	176	165.5	0.16	4.00	0.65	0.14	0.80
S-4	1.33	100	80.3	0.09	4.00	0.37	0.08	0.45
S-5	1.82	139	82.1	0.13	4.00	0.51	0.11	0.63
S-5A	0.33	32	95.4	0.03	4.00	0.12	0.03	0.15
S-5B	0.93	86	102.1	0.08	4.00	0.32	0.07	0.39
S-7	1.01	62	61.3	0.06	4.00	0.23	0.05	0.28
S-8	1.48	85	65.4	0.08	4.00	0.31	0.07	0.38
S-8A	0.47	27	56.8	0.02	4.00	0.10	0.02	0.12
S-8B	0.73	96	122.0	0.09	4.00	0.35	0.08	0.43
S-8C	1.66	120	110.3	0.11	4.00	0.44	0.10	0.54
S-8D	0.82	66	128.6	0.06	4.00	0.24	0.05	0.30
S-8E	1.30	116	92.9	0.11	4.00	0.43	0.09	0.52
S-9	0.36	40	111.5	0.04	4.00	0.15	0.03	0.18
Total general	37.78	2828	92.5	2.62	4.00	10.48	2.29	12.77

Fuente: Autores

La transición entre las zonas de drenaje N y S, se da a través de un sifón hidráulico que une los pozos N-5 y S-1. La descarga hacia el sistema de tratamiento se realiza mediante un bombeo

localizado en las cercanías del pozo S-10. Tomando en consideración todo lo descrito, y usando las ecuaciones presentadas en la sección 3.3.2.5 y las disposiciones presentadas en la sección 3.3.3.1.2, se procede a diseñar el sistema de alcantarillado sanitario simplificado.

Tabla LXV: Diseño de la red de colectores del sistema de alcantarillado simplificado

DATOS BASICOS (S original)				DISEÑO DE COLECTORES																				COTA TERRENO		COTA PROYECTO				
Rugosidad n:	0.009			PRE-DISEÑO										VALORES PARA VERIFICACION DE RESULTADOS																
SIMBOLOGIA	CAUDAL DISEÑO (L/s)	CAUDAL DISEÑO ACUMULADO (cd)	LONGITUD (m)	%	v Viscosidad Cinemática a 20°C	Ks Rugosidad Absoluta (PVC)	S (Asumido)	D (Asumido)	Ynl = %D	θ	A	P _n Perimetro Mojado	R _h	Q	Q > Qd?	D (definitivo)	Y _n Calculado	θ Calculado	A (definitivo)	P _m (definitivo)	R _h (definitivo)	T	Fr	V (Q/A)	T (esfuerzo cortante - AUTOLIMPIEZA)					
				%	(m ² /s)	(m)	%	m	m	(rad)	(m ²)	(m)	(m)	(m ² /s)	Si/No	(m)	(m)	(rad)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	m/s	Pa					
N-1	1.57	1.57	96.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0030	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0105	SI	0.146	0.0369	2.11	0.003	0.154	0.022	0.127	0.93	0.47	0.64		71.67	71.00	68.12	67.83
N-2A	1.33	1.33	61.0	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0031	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0107	SI	0.146	0.0336	2.00	0.003	0.146	0.020	0.123	0.94	0.45	0.61		68.24	68.75	66.19	66.00
N-2B	0.44	1.77	46.3	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0025	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0095	SI	0.146	0.0411	2.24	0.004	0.163	0.024	0.131	0.85	0.46	0.58		68.75	70.35	66.00	65.89
N-2C	0.14	1.91	76.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0023	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0091	SI	0.146	0.0437	2.32	0.004	0.169	0.025	0.134	0.82	0.45	0.56		70.35	71.00	65.89	65.71
N-2	0.18	3.66	114.0	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0084	SI	0.146	0.0642	2.90	0.007	0.212	0.033	0.145	0.75	0.52	0.66		71.00	70.77	65.71	65.48
N-3A	0.79	0.79	148.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0050	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0139	SI	0.146	0.0232	1.64	0.002	0.120	0.014	0.107	1.17	0.46	0.70		68.89	70.77	67.89	67.15
N-3	0.31	4.76	180.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0232	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0325	SI	0.146	0.0387	2.16	0.004	0.158	0.022	0.129	2.58	1.34	5.11		70.77	63.86	65.48	61.29
N-4	0.44	5.20	139.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0084	SI	0.146	0.0789	3.31	0.009	0.241	0.038	0.145	0.72	0.56	0.75		63.86	63.00	61.29	61.01
N-5	0.00	5.20	11.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0084	SI	0.146	0.0789	3.31	0.009	0.241	0.038	0.145	0.72	0.56	0.75		63.00	62.87	61.01	60.99
S-1	1.34	6.54	122.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0084	SI	0.146	0.0913	3.65	0.011	0.266	0.041	0.141	0.68	0.59	0.81		64.09	66.37	61.79	61.54
S-2	0.31	6.85	83.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0084	SI	0.146	0.0943	3.74	0.011	0.272	0.042	0.139	0.67	0.60	0.82		66.37	66.37	61.54	61.38
S-3B	0.80	0.80	43.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0046	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0133	SI	0.146	0.0237	1.66	0.002	0.121	0.015	0.108	1.12	0.45	0.66		68.01	68.61	66.96	66.76
S-3A	0.00	0.80	39.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0351	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0407	SI	0.146	0.0146	1.29	0.001	0.094	0.009	0.087	2.93	0.92	3.18		68.61	66.37	66.76	65.37
S-3	0.05	7.70	179.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0084	SI	0.146	0.1027	3.99	0.013	0.291	0.043	0.133	0.64	0.61	0.85		66.37	63.96	61.38	61.02
S-4	0.45	8.15	79.0	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0084	SI	0.146	0.1075	4.13	0.013	0.301	0.044	0.128	0.62	0.62	0.86		63.96	63.66	61.02	60.86
S-5B	0.39	0.39	37.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0087	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0190	SI	0.146	0.0144	1.28	0.001	0.093	0.009	0.087	1.47	0.45	0.78		64.54	63.35	62.73	62.40
S-5A	0.15	0.54	21.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0068	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0165	SI	0.146	0.0178	1.43	0.001	0.104	0.011	0.096	1.33	0.46	0.75		63.35	63.66	62.40	62.25
S-5	0.63	9.31	347.1	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0980	3.30	0.014	0.300	0.048	0.181	0.74	0.65	0.93		63.66	63.54	60.86	60.17
S-7	0.28	9.59	171.7	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.0998	3.34	0.015	0.303	0.048	0.181	0.74	0.66	0.94		63.54	60.23	60.17	59.82
S-8C	0.54	0.54	45.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0070	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0168	SI	0.146	0.0178	1.43	0.001	0.104	0.011	0.095	1.34	0.46	0.77		60.19	60.93	59.07	58.75
S-8D	0.30	0.30	113.8	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0110	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0216	SI	0.146	0.0120	1.17	0.001	0.085	0.008	0.080	1.61	0.45	0.83		60.87	60.93	57.82	56.57
S-8'	0.00	0.84	99.6	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0044	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0130	SI	0.146	0.0246	1.69	0.002	0.123	0.015	0.109	1.10	0.45	0.65		60.93	59.19	56.57	56.13
S-8E	0.52	0.52	121.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0068	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0165	SI	0.146	0.0176	1.42	0.001	0.104	0.011	0.095	1.32	0.46	0.74		59.90	58.84	55.89	55.06
S-8B	0.43	1.79	55.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0024	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0093	SI	0.146	0.0418	2.26	0.004	0.165	0.024	0.132	0.84	0.45	0.56		58.84	57.93	55.06	54.93
S-8A	0.12	1.92	84.4	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0023	0.1458	0.1094	4.19	0.013	0.31	0.044	0.0091	SI	0.146	0.0437	2.32	0.004	0.169	0.025	0.134	0.82	0.45	0.56		57.93	60.23	54.93	54.74
S-8	0.38	11.89	116.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.1147	3.67	0.017	0.334	0.052	0.175	0.70	0.69	1.01		60.23	58.26	54.74	54.51
S-9	0.18	12.07	82.9	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.1159	3.70	0.017	0.336	0.052	0.175	0.70	0.69	1.02		58.26	56.11	54.51	54.34
S-10	0.18	12.25	23.2	75%	1.0040E-06	1.5000E-06	0.0020	0.1817	0.1363	4.19	0.021	0.38	0.055	0.0151	SI	0.182	0.1170	3.73	0.018	0.339	0.052	0.174	0.70	0.69	1.02		56.11	55.64	54.34	54.29

Tabla LXVI: Iteraciones para el cálculo del tirante normal alcantarillado simplificado

Iteracion	Q	Yn (asum)	θ	Q	Dif (%)
N-1	0.0016	0.0369	2.11	0.00157	0%
N-2A	0.0013	0.0336	2.00	0.00133	0%
N-2B	0.0018	0.0411	2.24	0.00177	0%
N-2C	0.0019	0.0437	2.32	0.00191	0%
N-2	0.0037	0.0642	2.90	0.00366	0%
N-3A	0.0008	0.0232	1.64	0.00079	0%
N-3	0.0048	0.0387	2.16	0.00478	0%
N-4	0.0052	0.0789	3.31	0.00520	0%
N-5	0.0052	0.0789	3.31	0.00520	0%
S-1	0.0065	0.0913	3.65	0.00654	0%
S-2	0.0069	0.0943	3.74	0.00685	0%
S-3B	0.0008	0.0237	1.66	0.00080	0%
S-3A	0.0008	0.0146	1.29	0.00080	0%
S-3	0.0077	0.1027	3.99	0.00770	0%
S-4	0.0082	0.1075	4.13	0.00815	0%
S-5B	0.0004	0.0144	1.28	0.00039	0%
S-5A	0.0005	0.0178	1.43	0.00053	0%
S-5	0.0093	0.0980	3.30	0.00931	0%
S-7	0.0096	0.0998	3.34	0.00959	0%
S-8C	0.0005	0.0178	1.43	0.00054	0%
S-8D	0.0003	0.0120	1.17	0.00030	0%
S-8'	0.0008	0.0246	1.69	0.00084	0%
S-8E	0.0005	0.0176	1.42	0.00052	0%
S-8B	0.0018	0.0418	2.26	0.00179	0%
S-8A	0.0019	0.0437	2.32	0.00192	0%
S-8	0.0119	0.1147	3.67	0.01189	0%
S-9	0.0121	0.1159	3.70	0.01208	0%
S-10	0.0123	0.1170	3.73	0.01225	0%

Fuente: Autores

Los resultados generados se obtienen realizando un análisis a flujo libre de las tuberías (CEC, 2001). La velocidad en todos los

colectores es mayor o igual a 0.45 m/s. Se tienen tramos con diámetros nominales de 150 mm y 200 mm. La tensión tractiva de autolimpieza es ligeramente inferior a la recomendada de 0.6 Pa en cuatro tramos de colectores, sin embargo la velocidad cumple con la disposición mínima, por lo tanto, se acepta como criterio mínimo para garantizar autolimpieza.

Para verificar los resultados obtenidos se realiza un modelo matemático en el software computacional SewerGems Sanitary. El análisis se realiza bajo régimen estacionario y a flujo libre. Este análisis servirá para cumplir las siguientes disposiciones (CEPIS, 2005):

- Los tramos de colector no deben sufrir salto hidráulico
- Los pozos no deben tener salto hidráulico.
- Cada pozo debe tener su cota de fondo o invert igual a la cota invert del colector de salida para evitar acumulación de lodos.

- En lo posible, la línea de gradiente hidráulico y la línea de gradiente de energía nunca debe ser mayor a la cota de corono del tubo.
- En lo posible, la línea de gradiente hidráulico y la línea de gradiente de energía nunca deberá ser mayor a la cota de terreno del pozo de revisión.

El programa SewerGems Sanitary, para el análisis, considera un coeficiente de pérdida debido a la transición que se da en los pozos de inspección. Recomienda que el valor de este coeficiente sea igual a 1.

Las consideraciones de velocidad mínima 0.45 m/s, tensión tractiva mínima recomendada 0.6 Pa, cobertura mínima 0.65 m y tirante máximo 80% del diámetro se toman en cuenta (CEPIS, 2005).

Para los pozos de revisión se usa pozos tipo, para profundidades menores a 2.5 m, el pozo a usar será el tipo I, para profundidades entre 2.5 m y 5.7 m el pozo a usar será el tipo II. Para ver los detalles estructurales revisar los planos anexados.

Tabla LXVII: Resultados con condiciones de población proyectada a 20 años en pozos de revisión, alcantarillado simplificado

Pozo	Diametro (mm)	Elevación terreno (m)	Elevación (Invert) (m)	Caudal (Total Salida) (L/s)	Gradiente hidráulico (Inicio) (m)	Gradiente hidráulico (Final) (m)	Profundidad de la estructura (m)	Elevación (Invert in 1) (m)	Elevación (Invert in 2) (m)	Elevación (Invert in 3) (m)	Elevación (Invert salida) (m)	Línea de energía (Inicio) (m)	Línea de energía (Final) (m)	Línea de Energía > Cota Terreno?	Línea de Grad. > Cota Terreno?	Invert salida > Invert Pozo?	Tipo de pozo
N-1	900	71.7	68.1	1.6	68.2	68.2	3.6	(N/A)	(N/A)	(N/A)	68.1	(N/A)	68.2	NO	NO	NO	Tipo 2
N-2	900	71.0	65.7	3.7	65.8	65.8	5.3	65.7	66.3	(N/A)	65.7	65.8	65.8	NO	NO	NO	Tipo 2
N-2A	900	68.2	66.2	1.3	66.2	66.2	2.1	(N/A)	(N/A)	(N/A)	66.2	(N/A)	66.2	NO	NO	NO	Tipo 1
N-2B	900	68.8	66.0	1.8	66.1	66.0	2.8	66.0	(N/A)	(N/A)	66.0	66.1	66.1	NO	NO	NO	Tipo 2
N-2C	900	70.4	65.9	1.9	65.9	65.9	4.5	65.9	(N/A)	(N/A)	65.9	66.0	65.9	NO	NO	NO	Tipo 2
N-3	900	70.8	65.5	4.8	65.6	65.6	5.3	65.5	65.6	(N/A)	65.5	65.6	65.6	NO	NO	NO	Tipo 2
N-3A	900	68.9	67.9	0.8	67.9	67.9	1.0	(N/A)	(N/A)	(N/A)	67.9	(N/A)	67.9	NO	NO	NO	Tipo 1
N-4	900	63.9	61.3	5.2	61.4	61.4	2.6	61.4	(N/A)	(N/A)	61.3	61.5	61.4	NO	NO	NO	Tipo 2
N-5	900	63.0	61.0	5.2	61.1	61.1	2.0	61.0	(N/A)	(N/A)	61.0	61.1	61.1	NO	NO	NO	Tipo 1
NT-1	900	70.9	65.6	3.7	65.7	65.7	5.3	65.6	(N/A)	(N/A)	65.6	65.7	65.7	NO	NO	NO	Tipo 2
NT-2	900	66.2	65.3	4.8	65.3	65.3	0.9	65.3	(N/A)	(N/A)	65.3	65.4	65.3	NO	NO	NO	Tipo 1
NT-3	900	63.8	61.1	5.2	61.2	61.2	2.7	61.1	(N/A)	(N/A)	61.1	61.3	61.2	NO	NO	NO	Tipo 2
NT-4	900	70.1	67.5	0.8	67.5	67.5	2.7	67.5	(N/A)	(N/A)	67.5	67.5	67.5	NO	NO	NO	Tipo 2
S-1	900	64.1	61.8	6.5	61.9	61.9	2.3	(N/A)	(N/A)	(N/A)	61.8	(N/A)	61.9	NO	NO	NO	Tipo 1
S-2	900	66.4	61.5	6.9	61.6	61.6	4.8	61.5	(N/A)	(N/A)	61.5	61.7	61.6	NO	NO	NO	Tipo 2
S-3	900	66.4	61.4	7.7	61.5	61.5	5.0	61.4	62.0	(N/A)	61.4	61.6	61.5	NO	NO	NO	Tipo 2
S-3A	900	68.6	66.8	0.8	66.8	66.8	1.9	66.8	(N/A)	(N/A)	66.8	66.8	66.8	NO	NO	NO	Tipo 1
S-3B	900	68.0	67.0	0.8	67.0	67.0	1.1	(N/A)	(N/A)	(N/A)	67.0	(N/A)	67.0	NO	NO	NO	Tipo 1
S-4	900	64.0	61.0	8.2	61.1	61.1	2.9	61.0	(N/A)	(N/A)	61.0	61.1	61.1	NO	NO	NO	Tipo 2
S-5	900	63.7	60.9	9.3	61.0	61.0	2.8	60.9	61.0	(N/A)	60.9	61.0	61.0	NO	NO	NO	Tipo 2
S-5A	900	63.4	62.4	0.5	62.4	62.4	1.0	62.4	(N/A)	(N/A)	62.4	62.4	62.4	NO	NO	NO	Tipo 1
S-5B	900	64.5	62.7	0.4	62.8	62.8	1.8	(N/A)	(N/A)	(N/A)	62.7	(N/A)	62.8	NO	NO	NO	Tipo 1
S-7	900	63.5	60.2	9.6	60.3	60.3	3.4	60.2	(N/A)	(N/A)	60.2	60.3	60.3	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8	900	60.2	54.7	11.9	54.9	54.9	5.5	55.0	54.8	(N/A)	54.7	54.9	54.9	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8'	900	60.9	56.6	0.8	56.6	56.6	4.4	57.2	56.6	(N/A)	56.6	56.6	56.6	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8A	900	57.9	54.9	1.9	55.0	55.0	3.0	54.9	(N/A)	(N/A)	54.9	55.0	55.0	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8B	900	58.8	55.1	1.8	55.1	55.1	3.8	55.6	55.1	(N/A)	55.1	55.1	55.1	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8C	900	60.2	59.1	0.5	59.1	59.1	1.1	(N/A)	(N/A)	(N/A)	59.1	(N/A)	59.1	NO	NO	NO	Tipo 1
S-8D	900	60.7	57.8	0.3	57.8	57.8	2.9	(N/A)	(N/A)	(N/A)	57.8	(N/A)	57.8	NO	NO	NO	Tipo 2
S-8E	900	59.9	55.9	0.5	55.9	55.9	4.0	(N/A)	(N/A)	(N/A)	55.9	(N/A)	55.9	NO	NO	NO	Tipo 2
S-9	900	58.3	54.5	12.1	54.7	54.6	3.8	54.5	(N/A)	(N/A)	54.5	54.7	54.7	NO	NO	NO	Tipo 2
S-10	900	56.1	54.3	12.3	54.5	54.5	1.8	54.4	(N/A)	(N/A)	54.3	54.5	54.5	NO	NO	NO	Tipo 1
ST-1	900	66.6	61.7	6.5	61.8	61.8	5.0	61.7	(N/A)	(N/A)	61.7	61.8	61.8	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-2	900	66.3	61.2	7.7	61.3	61.3	5.1	61.2	(N/A)	(N/A)	61.2	61.3	61.3	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-3	900	64.0	60.7	9.3	60.8	60.8	3.3	60.7	(N/A)	(N/A)	60.7	60.8	60.8	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-4	900	65.0	60.5	9.3	60.7	60.6	4.5	60.5	(N/A)	(N/A)	60.5	60.7	60.7	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-5	900	65.7	60.4	9.3	60.5	60.5	5.3	60.4	(N/A)	(N/A)	60.4	60.5	60.5	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-6	900	63.9	60.2	9.3	60.3	60.3	3.7	60.2	(N/A)	(N/A)	60.2	60.4	60.3	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-7	900	61.2	60.0	9.6	60.1	60.1	1.2	60.0	(N/A)	(N/A)	60.0	60.1	60.1	NO	NO	NO	Tipo 1
ST-9	900	59.1	54.6	11.9	54.8	54.7	4.5	54.6	(N/A)	(N/A)	54.6	54.8	54.8	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-10	900	60.0	55.5	0.5	55.5	55.5	4.5	55.5	(N/A)	(N/A)	55.5	55.5	55.5	NO	NO	NO	Tipo 2
ST-11	900	60.7	57.1	0.3	57.1	57.1	3.6	57.1	(N/A)	(N/A)	57.1	57.2	57.1	NO	NO	NO	Tipo 2

Fuente: Autores

Del análisis se obtiene que para las profundidades de los pozos calculadas, se tienen 12 pozos tipo I y 30 pozos tipo II, dando un total de 42 pozos.

Tabla LXVIII: Resultados para condiciones de población proyectada a 20 años en colectores, alcantarillado simplificado

Nombre de colector	Pozo Inicial	Pozo final	Diámetro (mm)	Elevación del terreno (Inicio) (m)	Elevación del terreno (Final) (m)	Elevación de corona (Inicio) (m)	Elevación de corona (Final) (m)	Invert (Inicio) (m)	Invert (Final) (m)	Pendiente (m/m)	Tirante (Inicio) (m)	Tirante (Final) (m)	Tirante Inicial/Diam. (%)	Tirante Final/Diam. (%)	Caudal (L/s)	Gradiente hidráulico (Inicio) (m)	Gradiente hidráulico (Final) (m)	Línea de energía (Inicio) (m)	Línea de energía (Final) (m)	Longitud (m)	Velocidad máxima (m/s)	Cobertura promedio (m)	Perfil	No de Froude	Fuerza tractiva (Pa)	Línea de Energía > Terreno?	Línea de Grad. > Terreno?	Línea de Energía > Corona Tubo?	Línea de Grad. > Corona Tubo?
TUAS-01	N-1	N-2	145.8	71.67	71.00	68.27	66.45	68.12	66.30	0.02	0.04	0.02	0.27	0.14	1.57	68.16	66.32	68.17	66.36	96.80	0.90	4.00	S2	2.27	2.66	NO	NO	NO	NO
TUAS-02	N-5	SIFON	145.8	63.00	62.87	61.16	61.14	61.01	60.99	0.00	0.08	0.07	0.55	0.48	5.20	61.09	61.06	61.11	61.08	10.80	0.55	1.80	M2	0.68	0.70	NO	NO	NO	NO
TUAS-03	S-2	S-3	181.7	66.37	66.37	61.72	61.56	61.54	61.38	0.00	0.08	0.11	0.44	0.61	6.85	61.62	61.49	61.64	61.50	80.20	0.60	4.70	M1	0.77	0.83	NO	NO	NO	NO
TUAS-04	S-9	S-10	181.7	58.26	56.11	54.69	54.54	54.51	54.36	0.00	0.12	0.13	0.66	0.72	12.07	54.63	54.49	54.65	54.51	76.30	0.69	2.60	M1	0.69	1.00	NO	NO	NO	NO
TUAS-05	S-10	PLANTA	181.7	56.11	55.64	54.52	54.48	54.34	54.30	0.00	0.12	0.10	0.66	0.55	12.25	54.46	54.40	54.49	54.44	25.10	0.63	1.40	M2	0.59	0.84	NO	NO	NO	NO
TUAS-06	S-5	ST-3	181.7	63.66	63.97	61.04	60.85	60.86	60.67	0.00	0.10	0.12	0.55	0.66	9.31	60.96	60.79	60.98	60.80	88.00	0.67	2.90	M1	0.78	0.99	NO	NO	NO	NO
TUAS-07	ST-3	ST-4	181.7	63.97	65.00	60.85	60.71	60.67	60.53	0.00	0.10	0.12	0.55	0.66	9.31	60.77	60.65	60.79	60.66	73.60	0.64	3.70	M1	0.72	0.90	NO	NO	NO	NO
TUAS-08	S-7	ST-7	181.7	63.54	61.21	60.35	60.18	60.17	60.00	0.00	0.10	0.12	0.55	0.66	9.59	60.27	60.12	60.29	60.13	79.30	0.67	2.10	M1	0.77	1.00	NO	NO	NO	NO
TUAS-09	ST-7	S-8	181.7	61.21	60.23	60.18	55.18	60.00	55.00	0.06	0.09	0.04	0.50	0.22	9.59	60.09	55.04	60.12	55.30	85.90	2.24	3.00	S2	4.24	13.74	NO	NO	SI	NO
TUAS-10	ST-4	ST-5	181.7	65.00	65.72	60.71	60.57	60.53	60.39	0.00	0.10	0.12	0.55	0.66	9.31	60.63	60.51	60.65	60.52	71.30	0.65	4.70	M1	0.74	0.92	NO	NO	NO	NO
TUAS-11	ST-5	ST-6	181.7	65.72	63.88	60.57	60.40	60.39	60.22	0.00	0.10	0.12	0.55	0.66	9.31	60.49	60.34	60.51	60.36	79.20	0.67	4.30	M1	0.77	0.99	NO	NO	NO	NO
TUAS-12	S-4	S-5	181.7	63.96	63.66	61.20	61.04	61.02	60.86	0.00	0.09	0.12	0.50	0.66	8.15	61.11	60.98	61.13	60.99	81.10	0.63	2.70	M1	0.75	0.88	NO	NO	NO	NO
TUAS-13	S-3	ST-2	181.7	66.37	66.25	61.56	61.38	61.38	61.20	0.00	0.09	0.11	0.50	0.61	7.70	61.47	61.31	61.49	61.32	85.30	0.64	4.80	M1	0.79	0.91	NO	NO	NO	NO
TUAS-14	ST-2	S-4	181.7	66.25	63.96	61.38	61.20	61.20	61.00	0.09	0.11	0.50	0.61	7.70	61.29	61.13	61.31	61.14	93.40	0.61	3.80	M1	0.75	0.84	NO	NO	NO	NO	
TUAS-15	S-3B	S-3A	145.8	68.01	68.61	67.11	66.91	66.96	66.76	0.01	0.03	0.02	0.21	0.14	0.80	66.99	66.78	66.99	66.79	43.10	0.45	1.30	S2	1.13	0.66	NO	NO	NO	NO
TUAS-16	S-3A	S-3	145.8	68.61	66.37	66.90	62.15	66.75	62.00	0.08	0.03	0.01	0.21	0.07	0.80	66.78	62.01	66.78	62.09	63.50	1.20	3.00	S2	4.22	5.72	NO	NO	NO	NO
TUAS-17	N-2A	N-2B	145.8	68.24	68.75	66.34	66.15	66.19	66.00	0.00	0.03	0.05	0.21	0.34	1.33	66.22	66.05	66.23	66.06	61.00	0.46	2.30	M1	0.95	0.61	NO	NO	NO	NO
TUAS-18	N-2C	N-2C	145.8	68.75	70.35	66.15	66.04	66.00	65.89	0.00	0.04	0.05	0.27	0.34	1.77	66.04	65.94	66.05	65.95	46.30	0.45	3.50	M1	0.83	0.56	NO	NO	NO	NO
TUAS-19	N-2B	N-2	145.8	70.35	71.00	66.04	65.86	65.89	65.71	0.00	0.04	0.08	0.27	0.55	1.91	65.93	65.79	65.94	65.79	76.40	0.46	4.70	M1	0.83	0.57	NO	NO	NO	NO
TUAS-20	N-3A	NT-4	145.8	68.89	70.13	68.04	67.65	67.89	67.50	0.01	0.03	0.02	0.21	0.14	0.79	67.92	67.52	67.92	67.53	75.60	0.47	1.70	S2	1.18	0.72	NO	NO	NO	NO
TUAS-21	NT-4	N-3	145.8	70.13	70.77	67.62	65.70	67.47	65.55	0.03	0.03	0.02	0.21	0.14	0.79	67.50	65.57	67.50	65.60	72.70	0.83	3.80	S2	2.57	3.55	NO	NO	NO	NO
TUAS-22	S-8C	S-8'	145.8	60.19	60.93	59.22	57.30	59.07	57.15	0.04	0.02	0.01	0.14	0.07	0.54	59.09	57.16	59.10	57.20	45.90	0.87	2.30	S2	3.15	2.05	NO	NO	NO	NO
TUAS-23	S-8'	S-8B	145.8	60.93	58.84	56.72	55.75	56.57	55.60	0.01	0.03	0.02	0.21	0.14	0.84	56.60	55.62	56.60	55.64	99.70	0.60	3.70	S2	1.61	1.20	NO	NO	NO	NO
TUAS-24	S-8B	S-8A	145.8	58.84	57.93	55.21	55.08	55.06	54.93	0.00	0.04	0.05	0.27	0.34	1.79	55.10	54.98	55.11	54.99	55.20	0.45	3.20	M1	0.83	0.56	NO	NO	NO	NO
TUAS-25	S-8A	S-8	145.8	57.93	60.23	55.08	54.93	54.93	54.78	0.00	0.04	0.10	0.27	0.69	1.92	54.97	54.88	54.98	54.88	64.70	0.46	4.10	M1	0.82	0.57	NO	NO	NO	NO
TUAS-26	S-8E	ST-10	145.8	59.90	60.00	56.04	55.62	55.89	55.47	0.01	0.02	0.02	0.14	0.14	0.52	55.91	55.49	55.92	55.50	64.60	0.45	4.10	S2	1.30	0.71	NO	NO	NO	NO
TUAS-27	ST-10	S-8B	145.8	60.00	58.84	55.61	55.25	55.46	55.10	0.01	0.02	0.02	0.14	0.14	0.52	55.48	55.12	55.49	55.13	56.90	0.45	4.00	S2	1.28	0.70	NO	NO	NO	NO
TUAS-28	S-8D	ST-11	145.8	60.67	60.67	57.97	57.27	57.82	57.12	0.01	0.02	0.01	0.14	0.07	0.30	57.84	57.13	57.84	57.14	64.30	0.45	3.10	S2	1.61	0.82	NO	NO	NO	NO
TUAS-29	ST-11	S-8'	145.8	60.67	60.93	57.27	56.74	57.12	56.59	0.01	0.02	0.01	0.14	0.07	0.30	57.14	56.60	57.14	56.61	49.50	0.45	3.80	S2	1.59	0.81	NO	NO	NO	NO
TUAS-30	N-4	NT-3	145.8	63.86	63.79	61.44	61.29	61.29	61.14	0.00	0.08	0.10	0.55	0.69	5.20	61.37	61.24	61.38	61.25	70.40	0.58	2.50	M1	0.74	0.79	NO	NO	NO	NO
TUAS-31	NT-3	N-5	145.8	63.79	63.00	61.29	61.16	61.14	61.01	0.00	0.08	0.10	0.55	0.69	5.20	61.22	61.11	61.24	61.12	69.00	0.55	2.20	M1	0.69	0.71	NO	NO	NO	NO
TUAS-32	N-3	NT-2	145.8	70.77	66.19	65.63	65.40	65.48	65.25	0.00	0.07	0.09	0.48	0.62	4.76	65.55	65.34	65.57	65.35	92.50	0.60	3.00	M1	0.82	0.87	NO	NO	NO	NO
TUAS-33	NT-2	N-4	145.8	66.19	63.86	65.40	61.54	65.25	61.39	0.04	0.06	0.03	0.41	0.21	4.76	65.31	61.42	65.34	61.57	88.40	1.68	1.60	S2	3.53	8.39	NO	NO	SI	NO
TUAS-34	S-8	ST-9	181.7	60.23	59.10	54.92	54.80	54.74	54.62	0.00	0.11	0.13	0.61	0.72	11.89	54.85	54.75	54.88	54.77	60.30	0.69	4.80	M1	0.70	1.01	NO	NO	NO	NO
TUAS-35	ST-9	S-9	181.7	59.10	58.26	54.78	54.69	54.60	54.51	0.00	0.13	0.14	0.72	0.77	11.89	54.73	54.65	54.75	54.67	59.40	0.62	3.90	M1	0.58	0.80	NO	NO	NO	NO
TUAS-36	S-1	ST-1	145.8	64.09	66.64	61.94	61.80	61.79	61.65	0.00	0.08	0.11	0.55	0.75	6.54	61.87	61.76	61.90	61.77	54.10	0.66	3.50	M1	0.80	1.01	NO	NO	NO	NO
TUAS-37	ST-1	S-2	145.8	66.64	66.37	61.80	61.69	61.65	61.54	0.00	0.10	0.10	0.69	0.69	6.54	61.75	61.64	61.76	61.65	65.90	0.55	4.80	M1	0.60	0.70	NO	NO	NO	NO
TUAS-38	N-2	NT-1	145.8	71.00	70.89	65.86	65.73	65.71	65.58	0.00	0.06	0.08	0.41	0.55	3.66	65.77	65.66	65.79	65.67	56.40	0.54	5.20	M1	0.80	0.74	NO	NO	NO	NO
TUAS-39	NT-1	N-3	145.8	70.89	70.77	65.73	65.63	65.58	65.48	0.00	0.07	0.09	0.48	0.62	3.66	65.65	65.57	65.66	65.57	57.60	0.49	5.20	M1	0.69	0.59	NO	NO	NO	NO
TUAS-40	S-5B	S-5A	145.8	64.54	63.35	62.88	62.56	62.73	62.41	0.01	0.02	0.01	0.14	0.07	0.39	62.75	62.42	62.75	62.43	37.80	0.45	1.20	S2	1.44	0.77	NO	NO	NO	NO
TUAS-41	S-5A	S-5	145.8	63.35	63.66	62.54	61.11	62.39	60.96	0.04	0.02	0.01	0.14	0.07	0.54	62.41	60.97	62.42	61.01	39.50	0.83	1.70	S2	2.93	2.72	NO	NO	NO	NO
TUAS-42	ST-6	S-7	181.7	63.88	63.54	60.40	60.35	60.22	60.17	0.00	0.10	0.12	0.55	0.66	9.31	60.32	60.29	60.34	60.30	27.10	0.63	3.30	M1	0.71	0.87	NO	NO	NO	NO

Mediante el análisis del sistema simplificado realizado con el software SewerGems Sanitary, se determina que todos los tramos de colectores cumplen el criterio de velocidad mínima. El criterio de fuerza tractiva mínima no se cumple en los tramos de colector TUAS-18, TUAS-19, TUAS-24, TUAS-25 y TUAS-59; todos menos del 5% por debajo del mínimo recomendado de 0.60 Pa. Se acepta debido a que los colectores cumplen satisfactoriamente el criterio de velocidad mínima.

Se realiza un análisis similar para la población actual, con el fin de determinar los tramos de colector que no tendrán un funcionamiento hidráulico adecuado en los primeros años de servicio del sistema.

Tabla LXIX: Caudales actuales por pozo de descarga, alcantarillado simplificado

Pozo de descarga	Área (ha)	Población Actual	Densidad Actual (Pob/ha)	Qaass actual (l/s)	Promedio de k	Qaass,mh (l/s)	Qinf (l/s)	Qaass,dis (l/s)
N-1	4.80	258	68.3	0.24	4.00	0.96	0.21	1.16
N-2	0.38	30	79.9	0.03	4.00	0.11	0.02	0.14
N-2A	4.57	218	49.8	0.20	4.00	0.81	0.18	0.98
N-2B	0.85	73	95.3	0.07	4.00	0.27	0.06	0.33
N-2C	0.33	23	75.3	0.02	4.00	0.09	0.02	0.10
N-3	0.59	51	85.7	0.05	4.00	0.19	0.04	0.23
N-3A	2.06	130	55.0	0.12	4.00	0.48	0.11	0.59
N-4	2.98	72	24.0	0.07	4.00	0.27	0.06	0.33
PS-1	1.12	67	59.7	0.06	4.00	0.25	0.05	0.30
PS-2	0.27	18	67.4	0.02	4.00	0.07	0.01	0.08
S-1	3.06	221	75.2	0.20	4.00	0.82	0.18	1.00
S-10	1.17	29	24.8	0.03	4.00	0.11	0.02	0.13
S-2	1.09	51	40.4	0.05	4.00	0.19	0.04	0.23
S-3	0.25	9	35.7	0.01	4.00	0.03	0.01	0.04
S-3B	2.01	131	122.8	0.12	4.00	0.49	0.11	0.59
S-4	1.33	74	59.6	0.07	4.00	0.27	0.06	0.33
S-5	1.82	103	61.0	0.10	4.00	0.38	0.08	0.46
S-5A	0.33	24	70.9	0.02	4.00	0.09	0.02	0.11
S-5B	0.93	64	75.8	0.06	4.00	0.24	0.05	0.29
S-7	1.01	46	45.5	0.04	4.00	0.17	0.04	0.21
S-8	1.48	63	48.6	0.06	4.00	0.23	0.05	0.28
S-8A	0.47	20	42.1	0.02	4.00	0.07	0.02	0.09
S-8B	0.73	71	90.6	0.07	4.00	0.26	0.06	0.32
S-8C	1.66	89	81.9	0.08	4.00	0.33	0.07	0.40
S-8D	0.82	49	95.5	0.05	4.00	0.18	0.04	0.22
S-8E	1.30	86	69.0	0.08	4.00	0.32	0.07	0.39
S-9	0.36	30	82.8	0.03	4.00	0.11	0.02	0.14
Total general	37.78	2100	68.7	1.94	4.00	7.78	1.70	9.48

Fuente: Autores

Tabla LXX: Resultados para el periodo actual en colectores principales, alcantarillado simplificado

Nombre de colector	Pozo Inicial	Pozo final	Diametro (mm)	Elevacion del terreno (Inicio) (m)	Elevacion del terreno (Final) (m)	Elevacion de corona (Inicio) (m)	Elevacion de corona (Final) (m)	Invert (Inicio) (m)	Invert (Final) (m)	Pendiente (m/m)	Tirante (Inicio) (m)	Tirante (Final) (m)	Tirante Inicial/Diam. (%)	Tirante Final/Diam. (%)	Caudal (L/s)	Grande nte hidraulico (Inicio) (m)	Grande nte hidraulico (Final) (m)	Linea de energia (Inicio) (m)	Linea de energia (Final) (m)	Longitud (m)	Velocidad maxima (m/s)	Cobertura promedio (m)	Perfil	No de Froude	Fuerza tractiva (Pa)	Linea de Energia > Terreno?	Linea de Grad. > Terreno?	Linea de Energia > Corona Tubo?	Linea de Grad. > Corona Tubo?
TUAS-01	N-1	N-2	145.8	71.67	71	68.27	66.45	68.12	66.3	0.019	0.03	0.02	20.6%	13.7%	1.16	68.15	66.32	68.16	66.36	96.8	0.83	4	S2	2.24	2.32	NO	NO	NO	NO
TUAS-02	N-5	SIFON	145.8	63	62.87	61.16	61.14	61.01	60.99	0.002	0.07	0.06	48.0%	41.2%	3.86	61.08	61.05	61.09	61.07	10.8	0.51	1.8	M2	0.71	0.63	NO	NO	NO	NO
TUAS-03	S-2	S-3	181.7	66.37	66.37	61.72	61.56	61.54	61.38	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.09	61.61	61.47	61.63	61.48	80.2	0.56	4.7	M1	0.78	0.74	NO	NO	NO	NO
TUAS-04	S-9	S-10	181.7	58.26	56.11	54.69	54.54	54.51	54.36	0.002	0.1	0.1	55.0%	55.0%	8.97	54.61	54.46	54.63	54.48	76.3	0.64	2.6	M1	0.74	0.91	NO	NO	NO	NO
TUAS-05	S-10	PLANTA	181.7	56.11	55.64	54.52	54.48	54.34	54.3	0.002	0.1	0.08	55.0%	44.0%	9.1	54.44	54.38	54.46	54.41	25.1	0.59	1.4	M2	0.65	0.77	NO	NO	NO	NO
TUAS-06	S-5	ST-3	181.7	63.66	63.97	61.04	60.85	60.86	60.67	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.92	60.94	60.77	60.96	60.78	88	0.62	2.9	M1	0.80	0.89	NO	NO	NO	NO
TUAS-07	ST-3	ST-4	181.7	63.97	65	60.85	60.71	60.67	60.53	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.92	60.75	60.63	60.77	60.64	73.6	0.59	3.7	M1	0.75	0.80	NO	NO	NO	NO
TUAS-08	S-7	ST-7	181.7	63.54	61.21	60.35	60.18	60.17	60	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	7.13	60.25	60.1	60.27	60.11	79.3	0.63	2.1	M1	0.80	0.89	NO	NO	NO	NO
TUAS-09	ST-7	S-8	181.7	61.21	60.23	60.18	55.18	60	55	0.058	0.07	0.03	38.5%	16.5%	7.13	60.07	55.03	60.1	55.25	85.9	2.06	3	S2	4.22	12.04	NO	NO	SI	NO
TUAS-10	ST-4	ST-5	181.7	65	65.72	60.71	60.57	60.53	60.39	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.92	60.61	60.49	60.63	60.5	71.3	0.6	4.7	M1	0.76	0.82	NO	NO	NO	NO
TUAS-11	ST-5	ST-6	181.7	65.72	63.88	60.57	60.4	60.39	60.22	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.92	60.47	60.32	60.49	60.33	79.2	0.62	4.3	M1	0.80	0.88	NO	NO	NO	NO
TUAS-12	S-4	S-5	181.7	63.96	63.66	61.2	61.04	61.02	60.86	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.06	61.1	60.96	61.11	60.97	81.1	0.58	2.7	M1	0.77	0.78	NO	NO	NO	NO
TUAS-13	S-3	ST-2	181.7	66.37	66.25	61.56	61.38	61.38	61.2	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.72	61.45	61.29	61.47	61.3	85.3	0.59	4.8	M1	0.80	0.81	NO	NO	NO	NO
TUAS-14	ST-2	S-4	181.7	66.25	63.96	61.38	61.2	61.2	61.02	0.002	0.07	0.09	38.5%	49.5%	5.72	61.27	61.11	61.29	61.12	93.4	0.57	3.8	M1	0.77	0.75	NO	NO	NO	NO
TUAS-15	S-3B	S-3A	145.8	68.01	68.61	67.11	66.91	66.96	66.76	0.005	0.02	0.02	13.7%	13.7%	0.59	66.98	66.78	66.99	66.79	43.1	0.41	1.3	S2	1.11	0.58	NO	NO	NO	NO
TUAS-16	S-3A	S-3	145.8	68.61	66.37	66.9	62.15	66.75	62	0.075	0.02	0.01	13.7%	6.9%	0.59	66.77	62.01	66.78	62.07	63.5	1.09	3	S2	4.09	5.03	NO	NO	NO	NO
TUAS-17	N-2A	N-2B	145.8	68.24	68.75	66.34	66.15	66.19	66	0.003	0.03	0.04	20.6%	27.4%	0.98	66.22	66.04	66.23	66.05	61	0.42	2.3	M1	0.94	0.53	NO	NO	NO	NO
TUAS-18	N-2B	N-2C	145.8	68.75	70.35	66.15	66.04	66	65.89	0.002	0.04	0.05	27.4%	34.3%	1.31	66.04	65.94	66.04	65.94	46.3	0.41	3.5	M1	0.83	0.49	NO	NO	NO	NO
TUAS-19	N-2C	N-2	145.8	70.35	71	66.04	65.86	65.89	65.71	0.002	0.04	0.07	27.4%	48.0%	1.42	65.93	65.78	65.94	65.78	76.4	0.42	4.7	M1	0.83	0.50	NO	NO	NO	NO
TUAS-20	N-3A	NT-4	145.8	68.89	70.13	68.04	67.65	67.89	67.5	0.005	0.02	0.02	13.7%	13.7%	0.59	67.91	67.52	67.92	67.53	75.6	0.43	1.7	S2	1.16	0.63	NO	NO	NO	NO
TUAS-21	NT-4	N-3	145.8	70.13	70.77	67.62	65.7	67.47	65.55	0.026	0.02	0.01	13.7%	6.9%	0.59	67.49	65.56	67.5	65.59	72.7	0.76	3.8	S2	2.55	2.22	NO	NO	NO	NO
TUAS-22	S-8C	S-8'	145.8	60.19	60.93	59.22	57.3	59.07	57.15	0.042	0.02	0.01	13.7%	6.9%	0.4	59.09	57.16	59.09	57.19	45.9	0.79	2.3	S2	3.04	2.69	NO	NO	NO	NO
TUAS-23	S-8'	S-8B	145.8	60.93	58.84	56.72	55.75	56.57	55.6	0.01	0.02	0.02	13.7%	13.7%	0.62	56.59	55.62	56.6	55.63	99.7	0.55	3.7	S2	1.59	1.05	NO	NO	NO	NO
TUAS-24	S-8B	S-8A	145.8	58.84	57.93	55.21	55.08	55.06	54.93	0.002	0.04	0.05	27.4%	34.3%	1.33	55.1	54.98	55.1	54.98	55.2	0.41	3.2	M1	0.82	0.49	NO	NO	NO	NO
TUAS-25	S-8A	S-8	145.8	57.93	60.23	55.08	54.93	54.93	54.78	0.002	0.04	0.08	27.4%	54.9%	1.42	54.97	54.86	54.98	54.86	64.7	0.42	4.1	M1	0.82	0.50	NO	NO	NO	NO
TUAS-26	S-8E	ST-10	145.8	59.9	60	56.04	55.62	55.89	55.47	0.006	0.02	0.02	13.7%	13.7%	0.39	55.91	55.49	55.91	55.49	64.6	0.41	4.1	S2	1.27	0.62	NO	NO	NO	NO
TUAS-27	ST-10	S-8B	145.8	60	58.84	55.61	55.25	55.46	55.1	0.006	0.02	0.02	13.7%	13.7%	0.39	55.48	55.12	55.48	55.12	56.9	0.41	4	S2	1.26	0.61	NO	NO	NO	NO
TUAS-28	S-8D	ST-11	145.8	60.67	60.67	57.97	57.27	57.82	57.12	0.011	0.01	0.01	6.9%	6.9%	0.22	57.83	57.13	57.84	57.14	64.3	0.41	3.1	S2	1.56	0.72	NO	NO	NO	NO
TUAS-29	ST-11	S-8'	145.8	60.67	60.93	57.27	56.74	57.12	56.59	0.011	0.01	0.01	6.9%	6.9%	0.22	57.13	56.6	57.14	56.61	49.5	0.41	3.8	S2	1.55	0.71	NO	NO	NO	NO
TUAS-30	N-4	NT-3	145.8	63.86	63.79	61.44	61.29	61.29	61.14	0.002	0.06	0.08	41.2%	54.9%	3.86	61.35	61.22	61.37	61.23	70.4	0.54	2.5	M1	0.77	0.71	NO	NO	NO	NO
TUAS-31	NT-3	N-5	145.8	63.79	63	61.29	61.16	61.14	61.01	0.002	0.07	0.08	48.0%	54.9%	3.86	61.21	61.09	61.22	61.1	69	0.51	2.2	M1	0.72	0.64	NO	NO	NO	NO
TUAS-32	N-3	NT-2	145.8	70.77	66.19	65.63	65.4	65.48	65.25	0.002	0.06	0.07	41.2%	48.0%	3.53	65.54	65.32	65.55	65.33	92.5	0.55	3	M1	0.84	0.77	NO	NO	NO	NO
TUAS-33	NT-2	N-4	145.8	66.19	63.86	65.4	61.54	65.25	61.39	0.044	0.05	0.03	34.3%	20.6%	3.53	65.3	61.42	65.32	61.54	88.4	1.54	1.6	S2	3.49	7.37	NO	NO	NO	NO
TUAS-34	S-8	ST-9	181.7	60.23	59.1	54.92	54.8	54.74	54.62	0.002	0.1	0.1	55.0%	55.0%	8.83	54.84	54.72	54.86	54.74	60.3	0.64	4.8	M1	0.75	0.91	NO	NO	NO	NO
TUAS-35	ST-9	S-9	181.7	59.1	58.26	54.78	54.69	54.6	54.51	0.002	0.1	0.12	55.0%	66.0%	8.83	54.7	54.63	54.72	54.64	59.4	0.58	3.9	M1	0.64	0.73	NO	NO	NO	NO
TUAS-36	S-1	ST-1	145.8	64.09	66.64	61.94	61.8	61.79	61.65	0.003	0.07	0.09	48.0%	61.7%	4.86	61.86	61.74	61.88	61.75	54.1	0.61	3.5	M1	0.84	0.90	NO	NO	NO	NO
TUAS-37	ST-1	S-2	145.8	66.64	66.37	61.8	61.69	61.65	61.54	0.002	0.08	0.09	54.9%	61.7%	4.86	61.73	61.63	61.74	61.64	65.9	0.52	4.8	M1	0.65	0.63	NO	NO	NO	NO
TUAS-38	N-2	NT-1	145.8	71	70.89	65.86	65.73	65.71	65.58	0.002	0.05	0.07	34.3%	48.0%	2.72	65.76	65.65	65.78	65.65	56.4	0.5	5.2	M1	0.82	0.65	NO	NO	NO	NO
TUAS-39	NT-1	N-3	145.8	70.89	70.77	65.73	65.63	65.58	65.48	0.002	0.06	0.07	41.2%	48.0%	2.72	65.64	65.55	65.65	65.56	57.6	0.45	5.2	M1	0.71	0.52	NO	NO	NO	NO
TUAS-40	S-5B	S-5A	145.8	64.54	63.35	62.88	62.56	62.73	62.41	0.008	0.02	0.01	13.7%	6.9%	0.22	62.75	62.42	62.75	62.43	37.8	0.41	1.2	S2	1.42	0.67	NO	NO	NO	NO
TUAS-41	S-5A	S-5	145.8	63.35	63.66	62.54	61.11	62.39	60.96	0.036	0.02	0.01	13.7%	6.9%	0.4	62.41	60.97	62.41	61	39.5	0.75	1.7	S2	2.84	2.39	NO	NO	NO	NO
TUAS-42	ST-6	S-7	181.7	63.88	63.54	60.4	60.35	60.22	60.17	0.002	0.08	0.1	44.0%	55.0%	6.92	60.3	60.27	60.32	60.28	27.1	0.59	3.3	M1	0.74	0.78	NO	NO	NO	NO

Los tramos de colector que tienen una velocidad menor a la mínima recomendada de 0.45 m/s para el periodo actual son aquellos que en la columna de velocidad máxima (columna 22), su celda está marcada con rojo. Para estos tramos se recomienda verter agua desde el exterior al menos una vez por semana para favorecer su limpieza periódica y evitar acumulación de lodos.

4.3.2.2 Diseño del sifón hidráulico

El sifón hidráulico estará ubicado en la misma zona que la determinada para el alcantarillado convencional. El caudal en el sifón no ha sufrido variación respecto al determinado para la alternativa 2, se mantiene en 5.20 L/s.

Con estas consideraciones, se va a adoptar el diseño hidráulico del sifón invertido de la alternativa 2, en el desarrollo de esta alternativa. Para revisar el diseño referirse a la sección 4.2.3.2 correspondiente al diseño del sifón hidráulico.

4.3.3 Diseño del bombeo

Las condiciones hidráulicas y ubicación no presentan variación significativa respecto al sistema de bombeo y línea de impulsión

diseñados en la alternativa 2, por lo que será usado en el desarrollo de esta alternativa. Para revisar el diseño del bombeo, referirse a la sección 4.2.4 de este documento.

4.3.4 Diseño del sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento adoptado en esta alternativa no tiene variaciones respecto del adoptado en la alternativa 2. La población enmarcada dentro de las áreas de aportación denominadas como PS-1 y PS-2 descargará sus aguas hacia tanques biodigestores domésticos instalados para el efecto. La población restante descarga sus aguas hacía el sistema de tratamiento de tanque Imhoff. Para revisar el diseño de este sistema de tratamiento referirse a la sección 4.2.5 de este documento.

CAPITULO 5

ESTUDIO Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

5.1. Antecedentes

El presente capítulo corresponde al Estudio del Impacto Ambiental de las soluciones planteadas para el sistema de abastecimiento de agua potable y evacuación de las aguas residuales de la comuna Febres Cordero. Es de suma importancia tener en cuenta los riesgos que se pueden generar debido a la presencia de entes contaminantes, los impactos negativos de la obra hacia el medio ambiente, población, fauna y flora. Por este motivo, cualquier obra que se ejecute en la zona, debe ser planificada de tal manera que provoque el menor impacto posible durante el período de ejecución, uso y finalización de la obra.

El correcto manejo ambiental, que garantice la conservación del medio ambiente y que permita la realización de las actividades por parte de la población dentro de un entorno saludable y libre de contaminación, es uno de los propósitos a ser cumplidos a cabalidad durante el periodo de ejecución y funcionamiento de cualquier obra.

El objeto del estudio es determinar los impactos que se produzcan debido a la implementación del proyecto y dar soluciones concernientes a los peligros que se generen y las mitigaciones necesarias del alcance del proyecto.

5.2. Objetivos

5.2.1. Objetivo general

- Analizar los impactos ambientales más significativos que puedan resultar como consecuencia de la construcción, operación y funcionamiento de los sistemas de abastecimiento, evacuación y tratamiento de agua.

5.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las actividades a desarrollarse durante las fases del proyecto que tengan mayor afectación negativa hacia el ambiente.
- Establecer un plan de manejo ambiental que permita mitigar y/o reducir las afectaciones ambientales producidas por las actividades en las fases del proyecto.
- Determinar los recursos naturales y ambientales mayormente afectados por las actividades realizadas.

5.3 Descripción general del área de estudio

La comuna Febres Cordero se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, en el centro nororiental de la parroquia Colonche, con un índice poblacional de 2100 habitantes. Es una localidad que se dedica a la ganadería y a la agricultura. El clima de la comuna es caluroso, con elevada humedad y lluvias poco frecuentes. El sistema de abastecimiento de agua potable se da por medio de tanqueros, y el sistema de evacuación de aguas servida es por medio de pozo séptico. Toda la información detallada correspondiente a la comuna se limita en el Capítulo 1 del proyecto.

5.4 Marco legal

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)

LIBRO VI, “DE LA CALIDAD AMBIENTAL”, TÍTULO II, POLÍTICAS
NACIONALES DE RESIDUOS SÓLIDOS.

Art. 30.- El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional la gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales.

Art. 31: ámbito de salud y ambiente se establece la prevención y minimización de los impactos de la gestión integral de residuos sólidos y a la salud, con énfasis a la adecuada disposición final. Promoción de la educación ambiental y sanitaria con preferencia a los grupos de riesgo.

LIBRO VI, "DE LA CALIDAD AMBIENTAL", TÍTULO V, Reglamento para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos.

Art. 81.- De los deberes y derechos del regulado.- es deber fundamental del regulado reportar ante la entidad ambiental de control, por lo menos una vez al año, los resultados de los monitoreos correspondientes a sus descargas, emisiones y vertidos de acuerdo a lo establecido en su PMA aprobado.

Art 83.- Plan de Manejo y auditoría ambiental de cumplimiento.- el regulado deberá contar con un plan de manejo ambiental aprobado por la entidad ambiental de control y realizará a sus actividades, auditorías ambientales de cumplimiento con las normativas ambientales vigentes y con su plan de manejo ambiental acorde a lo establecido en el LIBRO VI De la calidad ambiental y sus normas técnicas ambientales.

Art 84.- Responsabilidad por sustancias peligrosas.- aquellas actividades que almacenen, procesen o transporten sustancias peligrosas para terceros, deberán cumplir con el presente LIBRO VI y sus normas. El propietario de las sustancias peligrosas, no queda exento de la presente disposición y deberá responder conjunta y solidariamente con las organizaciones que efectúen para él las

acciones referidas en este artículo, La responsabilidad es solidaria e irrenunciable.

Art. 152.- regula las fases de gestión y los mecanismos de prevención y control de los desechos peligrosos, al tenor de los lineamientos y normas técnicas previstas en la gestión ambiental, de prevención y control de la contaminación ambiental, en sus respectivos reglamentos, y en el convenio de Basilea.

Art 153.- los desechos peligrosos comprenden aquellos que se encuentran determinados y caracterizados en los listados de desechos peligrosos y normas técnicas aprobados por la autoridad ambiental competente para la cabal aplicación de este reglamento.

Art. 160.- Todo generador de desechos peligrosos es el titular y responsable del manejo de los mismos hasta su disposición final, siendo su responsabilidad:

- Tomar medidas con el fin de minimizar al máximo la generación de desechos peligrosos.

- Almacenar los desechos en condiciones ambientales seguras, evitando su contacto con el agua y la mezcla entre aquellos que sean incompatibles.
- Disponer de instalaciones adecuadas para realizar el almacenamiento temporal de los desechos, con accesibilidad a los vehículos recolectores.
- Realizar la entrega de los desechos para su adecuado manejo, únicamente a las personas autorizadas para el efecto por el MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva.
- Identificar y caracterizar los desechos peligrosos generados, de acuerdo a la norma técnica correspondiente.
- Antes de entregar sus desechos peligroso a un prestador de servicios, deberá demostrar ante la autoridad competente que no es posible aprovecharlos dentro de su instalación.

LIBRO VI: “De la calidad ambiental”, TÍTULO VII, DEL CAMBIO CLIMÁTICO:

Anexo 1: Norma de la calidad ambiental y de descarga de efluentes:
Recurso Agua.

Anexo 3: Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión.

Anexo 4: Norma de la calidad del aire.

Anexo 5: Límites permisibles de niveles de ruido para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones.

Anexo 6: Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.

Anexo 7: Listados nacionales de productos químicos prohibidos peligrosos y de uso severamente restringidos que se utilicen en el Ecuador.

LEY ORGÁNICA DE LA SALUD

La prohibición general de eliminar hacia el aire, el suelo o las aguas, los residuos sólidos, líquidos o gaseosos, sin previo tratamiento que los conviertan en ofensivos para la salud, determinando que los reglamentos y disposiciones correspondientes a las molestias públicas ocasionadas por el manejo ambiental inadecuado, tales como: olores desagradables, humos, gases tóxicos, polvo atmosférico, emanaciones y otras, establecidos y sancionados por la autoridad de salud. A la calidad sanitaria del agua, se prohíbe la descarga, directa o indirectamente sustancias nocivas o indeseables en forma tal, que puedan contaminar o afectar y obstruir, sea total o parcialmente los cuerpos de agua y las vías de suministros de las misma, estableciendo que la interrupción, obstrucción, daño o destrucción intencional de los sistemas de eliminación de excretas, residuos industriales, aguas servidas o pluviales, siendo sancionados de conformidad a las disposiciones de la Ley.

5.5 Descripción de la línea base

La comuna Febres Cordero cuenta con una situación económica que no es la más favorable, su fortaleza es la agricultura y la cría de animales, no obstante presenta muchas falencias en el sistema de agua potable,

servicios de salud, atención médica, recolección de desechos sólidos y evacuación de aguas residuales.

La solución a los problemas de abastecimiento de agua, evacuación y tratamiento de aguas residuales, se plantearon en el Capítulo 4 de este documento.

En las alternativas se plantea la instalación de un tanque reservorio de agua potable con su respectiva red de distribución, sistema de evacuación de aguas servidas hacia planta de tratamiento primario, y un sistema de biodigestores. Los procesos constructivos de estos sistemas provocan muchos daños medio ambientales, generando grandes cantidades de material particulado, ruido, desbroce del suelo afectando la flora y sobre todo la acumulación de escombros.

5.6 Identificación de impactos ambientales

La identificación de los impactos ambientales que se producirán, se requiere limitar las acciones del proyecto y los elementos de los factores ambientales que pueden ser modificados positiva como negativamente.

Para identificar y evaluar los impactos ambientales del proyecto, se ha procedido a comparar la situación ambiental antes de la ejecución del proyecto, durante la vida útil y el cierre del mismo.

Dentro de las acciones del proyecto se han identificado varias tareas que ocasionarían impacto ambiental en la comuna debido a los labores de construcción de las alternativas planteada.

1.-ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

CAMPAMENTOS

- Implantación de bodega
- Uso de equipos y maquinaria
- Movimiento de equipo y personal
- Acopio y utilización de materiales e insumos
- Generación de material particulado
- Generación de residuos sólidos
- Generación de residuos peligrosos
- Generación de gases
- Generación de material orgánico

Excavación y limpieza

- Excavación, remoción del suelo y cobertura
- Construcción
- Movimiento de equipo y personal
- Generación de material particulado

Construcción de elementos

- Colectores. Pozos, planta de tratamiento
- Excavación, remoción de suelo y cobertura vegetal

Transporte y provisión de materiales

- Abastecimiento de materiales de construcción
- Movimiento de vehículo y personal
- Generación de ruido y vibraciones
- Generación de material particulado
- Generación de gases
- Hidrocarburos

Desalojo de los materiales

- Abastecimiento de materiales de construcción
- Movimiento de vehículo y personal
- Generación de ruido y vibraciones
- Generación de material particulado
- Generación de gases
- Hidrocarburos
- Generación de escombros

Residuos y escombros

- Acumulación de residuos y escombros
- Movimiento de vehículo y personal

- Uso de equipo y material
- Movimiento de personal
- Generación de ruido y vibraciones
- Generación de escombros
- Generación de desechos sólidos
- Generación de ruido y vibraciones
- Generación de material particulado
- Generación de gases
- Uso de equipo y maquinaria
- Generación de escombros

2.-ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

UTILIZACIÓN DE LOS SERVICIOS

- Generación de comercio
- Generación de emisiones

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

- Uso de equipos
- Movimiento de personal
- Generación de ruido
- Generación de residuos orgánicos
- Generación de emisiones gaseosas
- Generación de residuos sólidos

GENERACIÓN DE RESIDUOS

- Generación de residuos orgánicos
- Generación de emisiones gaseosas
- Generación de residuos sólidos
- Generación de olores desagradables

3.- ETAPA DE CIERRE Y ABANDONO

DESMANTELAMIENTO

- Retiro de obras provisionales, cerramientos
- Retiro de casetas

REASTAURACION

- Restitución orgánica
- Relleno de sitio alterado producto de la obra
- Reacondicionamiento del área usada.
- Restitución de la capa vegetal

LIMPIEZA GENERAL

- Limpieza de zona de construcción
- Retiro de cableado eléctrico
- Retiro de equipos mecánicos
- Remoción de hormigón y acero
- Movimiento de desechos orgánicos.
- Retiro de residuos sólidos

5.7 Evaluación de situación ambiental

5.7.1 Durante la fase de construcción

Matriz intensidad [IN]

El valor numérico de la matriz intensidad varía de 1-10 dependiendo del grado de cambio sufrido, siendo (10) el valor indicativo de mayor impacto, (1) el valor indicativo de muy bajo impacto y (0) para actividades de generen impactos muy leves o imperceptibles.

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Excavación, remoción de suelo y cobertura vegetal		0	0	0	10	0	0	10	5	0	10	0	10	0
Uso de equipos y maquinarias		0	0	0	6	0	0	6	7	0	10	0	10	1
Generación de ruidos y vibraciones		1	0	0	1	0	0	0	8	0	5	0	5	8
Generación de material particulado		3	1	0	5	3	3	10	7	0	7	0	0	6
Generación de desechos de obra		5	1	0	7	10	0	1	5	0	7	0	0	5
Generación de emisiones gaseosas		1	0	0	1	8	8	0	6	0	5	0	5	5
Instalación de caseta de obra		1	0	0	4	3	0	7	2	0	5	0	10	0
Generación de residuos orgánicos		8	0	0	10	3	1	0	5	0	2	0	0	5
Implantación de bodega		1	0	0	1	0	0	7	1	8	3	0	10	0
Acopio de materiales e insumos		5	0	0	3	8	0	7	1	0	1	0	10	0
Acumulación de escombros		5	0	0	6	8	0	7	1	0	5	0	5	2

Matriz magnitud [M]

Es una matriz calculada, los valores numéricos de la matriz magnitud están dados por las matrices, intensidad, extensión, duración y bondad de impacto, y cada una multiplicada por un factor correspondiente a cada matriz. Para la matriz intensidad un factor de 0.4, para la matriz extensión un factor de 0.3 y para la matriz duración un factor de 0.3. La matriz magnitud estará dada como:

$$[M] = \pm S [\text{Intensidad} * F_{\text{int.}} + \text{Extensión} * F_{\text{ext.}} + \text{Duración} * F_{\text{dur.}}]$$

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico						Medio Biotico				Factor Socioeconomico		
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Excavación, remoción de suelo y cobertura vegetal		-3.3	-3.3	-4.5	-8.5	-4.5	-3.3	-7.3	-6.5	-3.3	-8.5	-3.3	7.3	-3.3
Uso de equipos y maquinarias		-0.6	-0.6	-0.6	-3.0	-1.8	-0.6	-3.0	-3.4	-0.6	-4.6	-0.6	4.6	-1.0
Generación de ruidos y vibraciones		-1.0	-0.6	-1.8	-2.2	-1.8	-0.6	-0.6	-3.8	-0.6	-2.6	-0.6	-2.6	-3.8
Generación de material particulado		-1.8	-1.0	-1.8	-3.8	-1.8	-1.8	-4.6	-4.6	-0.6	-4.6	-0.6	-0.6	-3.0
Generación de desechos de obra		-5.3	-3.7	-3.3	-7.3	-7.3	-3.3	-3.7	-5.3	-3.3	-6.1	-3.0	3.3	-5.3
Generación de emisiones gaseosas		-2.2	-1.8	-3.0	-2.2	-5.0	-6.2	-1.8	-4.2	-1.8	-3.8	-1.8	-3.8	-3.8
Instalación de caseta de obra		-1.0	-0.6	-0.6	-3.4	-1.8	-0.6	-3.4	-1.4	-0.6	-2.6	-0.6	4.6	-0.6
Generación de residuos orgánicos		-6.5	-3.3	-3.3	-7.3	-4.5	-3.7	-3.3	-6.5	-3.3	-5.3	-3.3	-3.3	-6.5
Implantación de bodega		-1.0	-0.6	-0.6	-1.0	-0.6	-0.6	-3.4	-1.0	-3.8	-1.8	-0.6	4.6	-0.6
Acopio de materiales e insumos		-2.6	-3.3	-3.3	-5.7	-6.5	-3.3	-6.1	-3.7	-3.3	-3.7	-3.3	7.3	-3.3
Acumulación de escombros		-3.8	-1.8	-3.0	-5.4	-5.0	-1.8	-4.6	-2.2	-1.8	-3.8	-1.8	3.8	-2.6

Matriz reversibilidad [RV]

El valor numérico de la matriz de reversibilidad es de (10) para actividades que generen impactos irreversibles, (8) para impactos reversibles a largo plazo, (5) para impactos parcialmente reversibles y (1) para impactos altamente reversibles.

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Excavación, remoción de suelo y cobertura vegetal		1	1	1	10	1	1	1	10	1	10	1	1	
Uso de equipos y maquinarias		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Generación de ruidos y vibraciones		1	1	1	10	1	1	5	1	1	1	1	1	
Generación de material particulado		10	1	10	10	1	5	5	1	1	1	1	1	
Generación de desechos de obra		5	1	1	1	10	5	5	1	1	1	1	1	
Generación de emisiones gaseosas		1	1	10	1	10	5	5	1	1	1	1	1	
Instalación de caseta de obra		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Generación de residuos orgánicos		5	10	5	5	1	5	5	5	1	8	1	1	
Implantación de bodega		8	1	1	1	1	1	1	1	8	1	8	1	
Acopio de materiales e insumos		1	1	10	1	10	5	5	1	1	1	1	1	
Acumulación de escombros		1	1	10	1	10	5	5	1	1	1	1	1	

Matriz de valoración de impacto ambiental [V.I.A.]

Para la matriz magnitud un factor de 0.4, para la matriz de riesgo 0.3 y para la matriz de reversibilidad de 0.3. La matriz V.I.A. estará dada como:

$$V.I.A. = MRv^{FRv} * MRg^{FRg} * MM^{FM}$$

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico		Total
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud	
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de	Gases	Materiales	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático			
Excavación, remoción de suelo y cobertura vegetal		1.6	1.6	1.8	9.4	1.8	1.6	2.2	4.2	1.6	7.6	1.6	2.2	1.6	39
Uso de equipos y maquinarias		0.8	0.8	0.8	2.5	1.3	0.8	1.6	2.6	0.8	3.0	0.8	1.8	1.0	19
Generación de ruidos y vibraciones		1.0	0.8	1.3	2.7	1.3	0.8	2.6	1.7	0.8	1.5	0.8	1.5	2.8	20
Generación de material particulado		2.5	1.0	4.1	6.8	1.3	4.1	6.0	1.8	0.8	1.8	0.8	0.8	2.5	34
Generación de desechos de obra		5.1	1.7	1.6	2.2	7.2	4.2	4.4	1.9	1.6	2.1	1.6	1.6	1.9	37
Generación de emisiones gaseosas		1.4	1.3	3.1	1.4	6.2	5.4	3.3	1.8	1.3	1.7	1.3	1.7	2.8	33
Instalación de caseta de obra		1.0	0.8	0.8	1.6	1.3	0.8	1.6	1.1	0.8	1.5	0.8	1.8	0.8	15
Generación de residuos orgánicos		3.4	3.2	4.2	5.8	3.0	4.4	4.2	3.4	1.6	3.6	1.6	1.6	3.4	44
Implantación de bodega		3.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.6	1.0	5.2	1.3	2.5	1.8	0.8	21
Acopio de materiales e insumos		1.5	1.6	6.4	2.0	4.2	2.6	3.3	1.7	1.6	1.7	1.6	2.2	1.6	32
Acumulación de escombros		1.7	1.3	6.2	2.0	7.6	2.1	3.0	1.4	1.3	1.7	1.3	1.7	2.4	33
		23	15	31	37	36	28	34	23	17	27	15	19	22	

5.7.2 Durante la fase de operación

Matriz intensidad [IN]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Generación de aguas residuales		10	10	1	10	0	0	0	10	0	10	0	0	10
Generación de desechos solidos		0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Generación de ruidos y vibraciones		1	1	3	2	0	0	2	3	0	1	0	0	2
Generación de olores desagradables		2	2	4	2	3	10	0	1	0	1	0	0	8
Generación de residuos peligrosos		3	3	3	3	10	3	1	1	0	1	0	5	2
Generación de gases		1	1	1	1	8	7	3	1	0	1	0	5	2
Fallas eléctricas del sistema		0	1	1	1	3	0	0	1	0	1	0	5	2
Fugas en la red de aass		5	1	2	1	3	1	1	1	0	1	0	5	9
Evacuación de material organica del tratamiento		8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8	5	6

Matriz magnitud [M]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Generación de aguas residuales		-8.5	-7.3	-4.9	-8.5	-3.3	-3.3	-3.3	-7.3	-3.3	-8.5	-3.3	3.3	-7.3
Generación de desechos solidos		-3.3	-3.3	-3.3	-3.7	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-3.7	-3.3	3.3	-3.7
Generación de ruidos y vibraciones		-3.7	-3.7	-5.7	-5.3	-3.3	-3.3	-4.1	-4.5	-3.3	-3.7	-3.3	3.3	-4.1
Generación de olores desagradables		-4.1	-4.1	-6.1	-5.3	-4.5	-7.3	-3.3	-3.7	-3.3	-3.7	-3.3	3.3	-7.7
Generación de residuos peligrosos		-5.7	-4.5	-4.5	-4.5	-7.3	-4.5	-3.7	-4.9	-3.3	-4.9	-3.3	5.3	-4.1
Generación de gases		-3.7	-3.7	-4.9	-4.9	-6.5	-6.1	-4.5	-3.7	-3.3	-3.7	-3.3	5.3	-5.3
Fallas eléctricas del sistema		-3.3	-3.7	-3.7	-3.7	-4.5	-3.3	-3.3	-3.7	-3.3	-3.7	-3.3	5.3	-4.1
Fugas en la red de aass		-3.8	-2.2	-2.6	-2.2	-3.0	-3.4	-2.2	-2.2	-1.8	-2.2	-1.8	3.8	-5.4
Evacuación de material orgánica del		-7.7	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-6.5	-3.3	-6.5	5.3	5.7

Matriz reversibilidad [RV]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Generación de aguas residuales		10	1	1	10	1	1	1	5	1	1	1	1	1
Generación de desechos sólidos		5	1	5	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Generación de ruidos y vibraciones		10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
Generación de olores desagradables		5	1	1	5	10	5	1	1	1	1	1	1	5
Generación de residuos peligrosos		10	10	10	10	1	5	1	8	1	1	1	1	5
Generación de gases		5	1	1	1	5	5	5	8	1	1	1	1	1
Fallas eléctricas del sistema		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fugas en la red de aass		10	1	1	1	1	5	5	8	1	8	1	1	1
Evacuación de material orgánica del		5	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1

Matriz de riesgos [RG]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subteraneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Generación de aguas residuales		1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Generación de desechos solidos		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Generación de ruidos y vibraciones		10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	1	1	10
Generacion de olores desagradables		10	1	10	10	1	10	10	5	1	5	1	1	10
Generación de residuos peligrosos		5	1	10	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
Generación de gases		1	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1	1	5
Fallas eléctricas del sistema		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fugas en la red de aass		1	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
Evacuación de material orgánica del		5	1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	1	1

Matriz de valoración de impacto ambiental [V.I.A.]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico		<u>Total</u>
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud	
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático			
Generación de aguas residuales		4.7	2.2	1.9	7.6	1.6	1.6	1.6	3.6	1.6	2.4	1.6	1.6	2.2	34
Generación de desechos solidos		2.6	1.6	2.6	3.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.7	25
Generación de ruidos y vibraciones		6.7	1.7	4.0	1.9	1.6	1.6	3.5	1.8	1.6	1.7	1.6	1.6	5.7	35
Generación de olores desagradables		5.7	1.8	4.1	6.3	3.6	7.2	3.2	2.7	1.6	2.7	1.6	1.6	7.3	50
Generación de residuos peligrosos		6.5	3.6	7.3	3.6	3.6	4.8	2.7	3.5	1.6	1.9	1.6	1.9	2.8	46
Generación de gases		2.7	1.7	1.9	1.9	5.6	5.4	4.8	3.1	1.6	1.7	1.6	1.9	3.2	37
Fallas eléctricas del sistema		1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.6	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.9	1.8	22
Fugas en la red de aass		3.4	1.4	1.5	1.4	2.5	4.3	3.6	2.6	1.3	2.6	1.3	1.7	2.0	29
Evacuación de material orgánica del		5.9	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	3.4	2.6	3.4	1.9	2.0	31
<u>Total</u>		40	17	27	29	24	30	24	22	16	19	16	16	29	

5.7.3 Durante fase de cierre y desalojo

Matriz intensidad [IN]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico						Medio Biotico				Factor Socioeconomico		
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	5	1
Desconectar líneas eléctricas		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	2
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	1
Gestión de desechos peligrosos		1	1	10	10	0	1	0	10	0	10	0	4	3
Gestión de desechos reciclables		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1
Venta de chatarra a empresas recicladoras		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	2
Demolición de las instalaciones en tierra firme		1	1	1	6	10	1	10	4	0	4	0	5	3
Limpieza de escombros de demolición		0	0	0	6	8	1	8	1	0	1	0	5	1
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		1	0	0	5	0	1	0	5	0	5	0	5	1
Biorremediación de suelos afectados		1	0	0	10	2	2	2	5	0	5	0	5	1
Generación de ruido		1	0	0	10	2	2	2	5	0	5	0	5	1
Manejo de desechos orgánicos		1	0	0	10	2	2	2	5	0	5	0	5	1

Matriz extensión [EX]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Desconectar líneas eléctricas		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gestión de desechos peligrosos		1	1	5	5	1	1	1	5	1	5	1	5	1
Gestión de desechos reciclables		1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1
Venta de chatarra a empresas recicladoras		1	1	1	5	1	5	1	5	1	1	1	5	1
Demolición de las instalaciones en tierra firme		1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1	5	5
Limpieza de escombros de demolición		1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5	5
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	1	5	5
Biorremediación de suelos afectados		1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5	5
Manejo de desechos orgánicos		1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	5	5

Matriz de bondad de impacto o signo [S]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1
Desconectar líneas eléctricas		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1
Gestión de desechos peligrosos		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1
Gestión de desechos reciclables		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1
Venta de chatarra a empresas recicladoras		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
Demolición de las instalaciones en tierra firme		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
Limpieza de escombros de demolición		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Biorremediación de suelos afectados		1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1
Manejo de desechos orgánicos		1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1

Matriz magnitud [M]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-1.0	-1.0	-1.0	1.0	0.6	1.0	0.6	2.6	-1.0
Desconectar líneas eléctricas		-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-1.0	-0.6	-0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2.6	-1.4
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-1.0	-0.6	-0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	2.6	-1.0
Gestión de desechos peligrosos		-1.0	-1.0	-8.5	-8.5	-0.6	-1.0	-0.6	8.5	0.6	8.5	0.6	3.4	-1.8
Gestión de desechos reciclables		-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-2.2	-0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	3.4	-1.0
Venta de chatarra a empresas recicladoras		-0.6	-0.6	-0.6	-1.8	-0.6	-2.2	-0.6	-1.8	-0.6	-0.6	-0.6	3.4	-1.4
Demolición de las instalaciones en tierra firme		-1.0	-1.0	-1.0	-5.7	-4.6	-2.2	-5.8	-4.9	-0.6	-4.9	-0.6	3.8	-5.7
Limpieza de escombros de demolición		-0.6	-0.6	-0.6	-4.2	-3.8	-2.2	-6.2	-1.0	-0.6	-1.0	-0.6	3.8	-2.2
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		1.0	0.6	0.6	2.6	0.6	1.0	0.6	3.8	0.6	3.8	0.6	3.8	2.2
Biorremediación de suelos afectados		1.0	0.6	0.6	4.6	-1.4	-1.4	-2.6	2.6	0.6	2.6	0.6	3.8	-2.2
Manejo de desechos orgánicos		1.0	0.6	0.6	4.6	-1.4	-1.4	-2.6	2.6	0.6	2.6	0.6	3.8	-2.2

Matriz reversibilidad [RV]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Desconectar líneas eléctricas		1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Gestión de desechos peligrosos		1	1	10	10	1	5	1	10	10	10	10	1	10
Gestión de desechos reciclables		1	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1
Venta de chatarra a empresas recicladoras		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demolición de las instalaciones en tierra firme		1	1	1	8	5	5	5	5	1	5	1	1	1
Limpieza de escombros de demolición		1	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		1	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
Biorremediación de suelos afectados		1	1	1	1	5	5	8	1	1	1	1	1	1
Manejo de desechos orgánicos		1	1	1	1	5	5	8	1	1	1	1	1	1

Matriz de riesgos [RG]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	5	1
Desconectar líneas eléctricas		1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	5	1
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	5	1
Gestión de desechos peligrosos		1	1	10	10	1	5	1	10	10	10	10	5	10
Gestión de desechos reciclables		1	1	1	1	5	5	1	1	1	1	1	5	1
Venta de chatarra a empresas recicladoras		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Demolición de las instalaciones en tierra firme		1	1	1	10	10	5	10	5	1	5	1	5	5
Limpieza de escombros de demolición		1	1	1	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		1	1	1	1	1	5	1	5	1	5	1	5	1
Biorremediación de suelos afectados		1	1	1	10	5	5	5	5	1	5	1	5	1
Manejo de desechos orgánicos		1	1	1	10	5	5	5	5	1	5	1	5	1

Matriz de valoración de impacto ambiental [V.I.A.]

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico		Total
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud	
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático			
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		0.8	0.8	0.8	0.8	2.6	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	2.4	1.0	14.9
Desconectar líneas eléctricas		0.8	0.8	0.8	0.8	2.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2.4	1.1	14.3
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		0.8	0.8	0.8	0.8	2.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2.4	1.0	14.2
Gestión de desechos peligrosos		1.0	1.0	9.4	9.4	0.8	2.6	0.8	9.4	3.2	9.4	3.2	2.6	5.0	57.9
Gestión de desechos reciclables		0.8	0.8	0.8	0.8	2.1	3.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	2.6	1.0	16.7
Venta de chatarra a empresas recicladoras		0.8	0.8	0.8	1.3	0.8	1.4	0.8	1.3	0.8	0.8	0.8	2.6	1.1	14.2
Demolición de las instalaciones en tierra firme		1.0	1.0	1.0	7.5	6.0	3.6	6.5	5.0	0.8	5.0	0.8	2.8	3.3	44.1
Limpieza de escombros de demolición		0.8	0.8	0.8	4.7	4.5	3.6	5.4	1.6	0.8	1.6	0.8	2.8	2.2	30.5
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		1.0	0.8	0.8	1.5	1.3	2.6	1.3	2.8	0.8	2.8	0.8	2.8	1.4	20.7
Biorremediación de suelos afectados		1.0	0.8	0.8	3.7	3.0	3.0	4.4	2.4	0.8	2.4	0.8	2.8	1.4	27.3
Manejo de desechos orgánicos		1.0	0.8	0.8	3.7	3.0	3.0	4.4	2.4	0.8	2.4	0.8	2.8	1.4	27.3
Total		9.9	9.3	17.7	34.8	29.4	26.1	27.2	28.2	11.4	27.7	11.4	28.9	19.9	

Rango de significancia de la matriz de valoración de impacto ambiental

Actividades	Componentes Ambientales	Medio Abiotico							Medio Biotico				Factor Socioeconomico	
		Recurso Agua			Recurso Suelo	Recurso Aire			Fauna		Flora		Empleo	Salud
		Superficial	Subterráneo	Drenaje		Niveles de Ruido	Gases	Material Particulado	Terrestre	Acuático	Terrestre	Acuático		
Despejar y limpiar toda clase de desecho solido		N	N	N	N	B	B	B	B	N	B	N	B	B
Desconectar líneas eléctricas		N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	B	B
Desmontar y evacuar todos los equipos mecánicos		N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	B	B
Gestión de desechos peligrosos		B	B	A	A	B	B	B	A	B	A	B	B	M
Gestión de desechos reciclables		N	N	N	N	B	B	N	N	N	N	N	B	B
Venta de chatarra a empresas recicladoras		N	N	N	B	N	B	N	B	N	N	N	B	B
Demolición de las instalaciones en tierra firme		B	B	B	A	M	B	M	M	N	M	N	B	B
Limpieza de escombros de demolición		N	N	N	M	M	B	M	B	N	B	N	B	B
Reconformación del paisaje mediante siembra o mantenimiento de vegetación		B	N	N	B	B	B	B	B	N	B	N	B	B
Biorremediación de suelos afectados		B	N	N	B	B	B	M	B	N	B	N	B	B
Manejo de desechos orgánicos		B	N	N	B	B	B	M	B	N	B	N	B	B

5.8 Plan de manejo ambiental

El plan de manejo ambiental será el documento que establece en detalle y orden cronológico las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los posibles impactos ambientales negativos o acentuar los impactos positivos causados en el desarrollo de la propuesta.

A fin de cumplir con estos requerimientos, el PMA ha sido diseñado de tal forma que posea las siguientes características:

- Ser una herramienta dinámica capaz de adaptarse permanentemente al entorno cambiante en el que se desenvuelven las actividades humanas, considerando las modificaciones que se realicen a nivel interno en los diferentes proyectos o actividades y tomando como base las nuevas regulaciones e innovaciones ambientales.
- Ser un instrumento completo y de fácil interpretación que pueda utilizar para encaminar la gestión ambiental y alcanzar como mínimo el cumplimiento de la legislación ambiental.

5.8.1 Objetivos del pma

- Prevenir accidentes de origen antropogénico que afecten al medio ambiente y a la salud.
- Gestionar de una manera eficiente el manejo de los residuos que se generen en el proceso de construcción, funcionamiento y post-funcionamiento.
- Velar por la seguridad del ambiente, evitando la afectación biológica, física y socio-económica.

5.9 Estructura del plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental se ha dividido en los siguientes sub-planes:

- Plan de prevención y control de contaminación.
- Plan de Mitigación de impactos.
- Plan de manejo de desechos
- Plan de contingencia.
- Plan de capacitación.
- Plan de seguridad y salud ocupacional.

Tabla LXXI Plan de prevención y control de contaminación.

PLAN DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE CONTAMINACIÓN		
MEDIDAS PROPUESTAS		
FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE OPERACIÓN	FASE DE CIERRE Y DESALOJO
Realizar mantenimiento de maquinarias, equipos o vehículos como cambio de aceite, limpieza de partes, etc.	Cercas vivas en los alrededores de la planta de tratamiento primario para la no exposición de malos olores en la zona poblada.	Correcta señalización en el proceso de desmonte del sitio.
Cubrir los baldes de volquetas con lonas mientras se transporta material granular, escombros o cualquier material o desecho que pueda emitir material particulado (polvo) hacia el ambiente.	Control y limpieza de los cárcamos de bombeo, siendo de manera específica el de agua potable y servida, del mismo modo el contenedor de abastecimiento de agua potable.	La caseta de SSHH que se instale y los desechos en los mismos deben ir a un pozo séptico que después de la culminación del abandono total deben ser sellados para la no afectación del suelo.
Realizar las actividades de construcción en jornada laboral hasta las 17h00. La entrada y salida de volquetas no deberá realizarse pasadas las 17h00.	Mascarillas al momento de la manipulación de materia orgánica en el proceso de lodos o en el desalojo de materia de los pozos existentes.	Señales apropiadas de aviso de no fumar en el área ya que puede incurrir en accidentes debido a gases que se encuentren en el sitio.
Uso de mascarilla para polvo para todos los trabajadores, incluido la obligación de utilización de equipo de protección personal.	Utilización obligatoria de equipo de protección personal en los sitios donde se encuentra la planta de tratamiento, debido a los gases que se pueden generar.	EPP para todos los implicados en el derrocamiento de las obras. Colocar las señales necesarias para prevenir cualquier accidente durante el desalojo.
Brindar mantenimiento preventivo a toda maquinaria, equipo o vehículo utilizado en la construcción. Para esto, la maquinaria deberá haber recibido mantenimiento previo a su ingreso a la obra.	Trazar líneas de seguridad de color amarilla en el piso indicando camino de seguridad para todas aquellas personas que visiten el área de tratamiento y ajenas a ella	Correcta movilización de los equipos y residuos orgánicos restantes, del cual se debe dar un tratamiento previo. Los elementos estructurales de acero deben ser reciclados a una empresa en el tema.

Fuente: Autores

Tabla LXXII Plan de mitigación de impactos

PLAN DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS		
MEDIDAS PROPUESTAS		
FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE OPERACIÓN	FASE DE CIERRE Y DESALOJO
Evacuar todos los implementos del campamento	Realizar puntos de monitoreo de ruidos interno en las inslaciones, durante las actividades.	Evacuar todos los implementos del campamento
Despejar y limpiar el área de toda clase de desechos sólidos y líquidos generados y que se mantuviesen en las instalaciones, en el cese de actividades	Elaborar informe de cumplimiento de normas de calidad ambiental en lo que repecta a la deposición y manejo de desechos sólidos y materia orgánica.	Desconectar las líneas elpctricas, dejando aún aquellas que sean indispensables
Los escombros en caso de existir, serán dispuestos en lugares autorizados por el Municipio de Santa Elena	Mantener un cronograma de limpieza y control de los mismos.	Despejar y limpiar el área de toda clase de desechos sólidos y líquidos generados y que se mantuviesen en las instalaciones, en el cese de actividades
En el caso de generar desechos peligrosos (aceites, hidrocarburos, baterías, envases vacíos de químicos), éstos deberán ser entregados a gestores autorizados.	Dar mantenimiento a los equipos mecánicos que conformas los bombeos, para la correcta funcionalidad de los mismos.	Todos los materiales y equipos desmontados serán evacuados y dispuestos correctamente, ya sea para reúso, venta o desecho.
Brindar mantenimiento preventivo a toda maquinaria, equipo o vehículo utilizado en la construcción. Para esto, la maquinaria deberá haber recibido mantenimiento previo a su ingreso a la obra.	Trazar líneas de seguridad de color amarilla en el piso indicando camino de seguridad.	La chatarra debe ser enviada a empresa recicladora, manteniendo los registros correspondiente.
		Los escombros en caso de existir, serán dispuestos en lugares autorizados por el Municipio de Santa Elena
		Reconfrontar el paisaje mediante la siembta o mantenimiento de vegetación, utilizando especies similares a las existentes u ornamentales que mantenagan un constraste cromático armónico con el entorno

Fuente: Autores

Tabla LXXIII Plan de manejo de desechos

PLAN DE MANEJO DE DESECHOS		
MEDIDAS PROPUESTAS		
FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE OPERACIÓN	FASE DE CIERRE Y DESALOJO
Disponer de una letrina portátil por cada 25 trabajadores que se encuentren empleados en la fase de construcción	Capacitar a la población en el tema de manejo de desechos y sus repercusiones en el sistema de alcantarillado.	Disponer de una letrina portátil por cada 25 trabajadores que se encuentren empleados en la fase de desalojo.
Realizar el correspondiente mantenimiento, limpieza y descarga diario a las letrinas portátiles. Dotar de implementos de aseo (papel higiénico, jabón, toallas, tachos de basura) en el área de batería sanitaria.	En el caso de actuar con residuos peligrosos deben ser entregados a la entidad gestora especializada.	Todos los desechos generados en la demolición deben ser llevados lejos de la ciudad para que sean triturados y luego pasar a un relleno sanitario.
En el caso de generar desechos peligrosos (aceites, hidrocarburos, baterías, envases vacíos de químicos), éstos deberán ser entregados a gestores autorizados.	Evitar la manipulación de desechos sin el equipo apropiado.	Todo desecho metálico debe ser reciclado a través de una empresa gestora que lo desee.
Utilizar el correspondiente manifiesto de movimiento para la entrega y gestión de los desechos peligrosos.	Utilización obligatoria de equipo de protección personal en los sitios donde se encuentra la planta de tratamiento, debido a los gases que se pueden generar.	Cerrar correctamente la red de AARR que está conectada al sitio. Trasladar correctamente los residuos peligrosos que vayan a ser trasladados.
Clasificar los desechos no peligrosos de acuerdo a sus características (reciclable o no reciclable), almacenarlos de forma separada y entregar a recicladores o a la entidad de aseo autorizada.	El Municipio tiene la obligatoriedad de la extracción y manejo de los desechos generados en las letrinas, colectores y demás cámaras.	Correcta movilización de los equipos y residuos orgánicos restantes, del cual se debe dar un tratamiento previo. Separación correcta de todos los desechos generados.

Fuente: Autores

Tabla LXXIV Plan de contingencia

PLAN DE CONTINGENCIA		
MEDIDAS PROPUESTAS		
FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE OPERACIÓN	FASE DE CIERRE Y DESALOJO
Realizar un análisis de los posibles riesgos que se presentarían durante la etapa de construcción de la obra	Formación de brigadas de control de incendios, derrames y primeros auxilios, en el que esté plenamente indentificado el responsable de la brigada	Realizar un análisis de los posibles riesgos que se presentarían durante la etapa de construcción de la obra
En base a los resultados del análisis de riesgos elaborar un plan para enfrentar posibles emergencias y contingencias durante la etapa de construcción.		En base a los resultados del análisis de riesgos elaborar un plan para enfrentar posibles emergencias y contingencias durante la etapa de construcción.
Difundir el plan de emergencias y/o contingencias a los trabajadores que desarrollen el proyecto	Listado de teléfonos de emergencia de las principales instituciones; cuerpo de bomberos, policía nacional, comisión de tránsito y cruz roja	Difundir el plan de emergencias y/o contingencias a los trabajadores que desarrollen el proyecto

Fuente: Autores

Tabla LXXV Plan de capacitación

PLAN DE CAPACITACIÓN		
MEDIDAS PROPUESTAS		
FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE OPERACIÓN	FASE DE CIERRE Y DESALOJO
Bases de seguridad industrial: equipos de protección personal EPP y su uso, riesgos, situaciones inseguras y prevención de accidentes, repuesta ante emergencias, procedimientos apropiados de prestación de primeros auxilios y salvamento.	Conformar brigadas internas de control y prevención de desastres tanto operacionales como naturales.	Bases de seguridad industrial: equipos de protección personal EPP y su uso, riesgos, situaciones inseguras y prevención de accidentes, repuesta ante emergencias, procedimientos apropiados de prestación de primeros auxilios y salvamento.
Manejo de desechos peligrosos y no peligrosos; riesgos ambientales por desechos peligrosos y no peligrosos; normas de almacenamiento, transportación y manejo adecuado de desechos sólidos peligrosos; medidas preventivas y de contingencia.	Implementar charlas a la población sobre el manejo y funcionamiento del sistema implementado	Manejo de desechos peligrosos y no peligrosos; riesgos ambientales por desechos peligrosos y no peligrosos; normas de almacenamiento, transportación y manejo adecuado de desechos sólidos peligrosos; medidas preventivas y de contingencia.
Manejo de material peligroso: manejo de aplicación de materiales peligrosos como combustibles e hidrocarburos, sus potenciales efectos, riesgos ambientales, señales de seguridad, operación de recepción y despacho de combustible	Capacitar a los trabajadores de la planta sobre los riesgos y manipulación	Manejo de material peligroso: manejo de aplicación de materiales peligrosos como combustibles e hidrocarburos, sus potenciales efectos, riesgos ambientales, señales de seguridad, operación de recepción y despacho de combustible
	Utilización obligatoria de equipo de protección personal en los sitios donde se encuentra la planta de tratamiento, debido a los gases que se pueden generar.	

Fuente: Autores

Tabla LXXVI Plan de seguridad y salud ocupacional

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL		
MEDIDAS PROPUESTAS		
FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE OPERACIÓN	FASE DE CIERRE Y DESALOJO
Disponer de extintores contra incendios acorde a al tipo de riesgo	Conformar brigadas internas de control y prevención de desastres tanto operacionales como naturales.	Dotar al personal con equipos de protección personal (EPP), de acuerdo al tipo de actividad que realice cada persona, manteniendo su registro respectivo.
Realizar el chequeo mensual del estado de los extintores de fuego. El chequeo debe incluir la verificación de su correcto	Disponer de un botiquín de primeros auxilios con los implementos para asistir al personal en caso de accidente.	La correcta disposición de desechos orgánicos generados por los empleados, es decir , dotar al sitio con baños móviles teniendo en cuenta que la fosa séptica debe ser cerrada.
El contratista debe proporcionar los equipos de protección personal a todo el personal en dependencia e las actividades que desarrolla.	hacer cambios periódicos de las señales de prevención en todos los frentes de operación en el caso que las señaléticas no estén desgastadas o dañadas.	Todo aquellos que sea tuberías y utensilios podrán ser reutilizados según sea el caso.
Implementar en el área de construcción la señalética correspondiente a los riesgos y peligros de acuerdo a lo estipulado por las normas INEN , al igual que señalética informática.	Reportar de forma secuencial a la autoridad ambiental el informa de cummplimiento del plan de manejo destinado para la fase de	la correcta señalización en las diferentes área de derrocamiento
Determinar y señalizar las áreas de tránsito peatonal en la obra.	Utilización obligatoria de equipo de protección personal en los sitios de operación en caso de mantenimiento.	todas las personas que realicen el desmonte del sitio deben tener su EPP, y para aquellos que manipulen residuos peligrosos deben tener un traje especial
Disponer de un botiquín de primeros auxilios con los implementos para asistir al personal en caso de accidente.		

Fuente: Autores

5.10 Presupuesto general

5.10.1 Alternativa 1

Tabla LXXVII Plan de manejo ambiental alternativa 1

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
DESCRIPCION		COSTO
Plan de prevencion de control de contaminacion		
Equipo de proteccion individual	\$ 350.00	
Supervision	\$ 700.00	
Señaletica	\$ 350.00	
Transporte	\$ 100.00	\$ 1,400.00
Plan de mitigacion de impactos		
Ventilacion para material particulado	\$ 200.00	
Primeros Auxilios	\$ 300.00	
Programa de seguimiento y monitoreo	\$ 500.00	
Mantenimiento a maquinaria, equipo o vehiculo utilizado	\$ 350.00	
Cubrir volqueta con lonas mientras se transporte material	\$ 300.00	
Equipo de Proteccion Personal	\$ 350.00	\$ 2,000.00
Plan de manejo de desechos solidos y liquidos		
Manejo de residuos peligrosos	\$ 200.00	
Letrina portátil por cada 25 trabajadores	\$ 800.00	
Capacitacion del personal	\$ 500.00	
Manejo de desechos solidos peligrosos	\$ 350.00	
Registro de desechos en el sitio y la entrega durante la actividad	\$ 20.00	
Los escombros no usados deberán ser dispuestos por la Municipalidad	\$ 1,500.00	\$ 3,370.00
Plan de contingencia		
Analisis de riesgos	\$ 600.00	
Brigadas de emergencia	\$ 800.00	
Simulacros	\$ 500.00	
Primero Auxilios	\$ 400.00	
Plan de evacuacion de instalaciones	\$ 500.00	\$ 2,800.00
Plan de capacitacion		
Talleres y charlas	\$ 150.00	
Capacitacion tecnica y practica	\$ 150.00	\$ 300.00
Plan de seguridad y salud ocupacional		
Plan anual de salud	\$ 500.00	
Extintores	\$ 160.00	
Botiquín de primeros auxilios	\$ 70.00	
Identificacion de riesgos	\$ 700.00	
Inspeccion a las instalaciones	\$ 300.00	\$ 1,730.00

Fuente: Autores

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL														
Actividades	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Precio Unitario	Precio Total
Plan de Prevencion y control de contaminacion			1					1					\$ 1,400.00	\$ 2,800.00
Plan de mitigacion de impactos							1						\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Plan de manejo de desechos solidos y liquidos												1	\$ 3,370.00	\$ 3,370.00
Plan de contingencia		1											\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
Plan de capacitacion		1						1					\$ 300.00	\$ 600.00
Plan de seguridad y salud ocupacional				1								1	\$ 1,730.00	\$ 3,460.00

TOTAL:	\$ 15,030.00
---------------	---------------------

5.10.2 Alternativas 2 y 3

Tabla LXXVIII Plan de manejo ambiental alternativas 2 y 3

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		
DESCRIPCION		COSTO
Plan de prevencion de control de contaminacion		
Equipo de proteccion individual	\$ 2,000.00	\$ 3,950.00
Supervision	\$ 1,600.00	
Señalética	\$ 350.00	
Transporte	\$ 100.00	
Plan de mitigacion de impactos		
Ventilacion para material particulado	\$ 200.00	\$ 4,400.00
Primeros Auxilios	\$ 700.00	
Programa de seguimiento y monitoreo	\$ 500.00	
Mantenimiento a maquinaria, equipo o vehiculo utilizado	\$ 700.00	
Cubrir volqueta con lonas mientras se transporte material	\$ 800.00	
Equipo de Proteccion Personal	\$ 1,500.00	
Plan de manejo de desechos solidos y liquidos		
Manejo de residuos peligrosos	\$ 2,000.00	\$ 8,170.00
Letrina portátil por cada 25 trabajadores	\$ 800.00	
Capacitacion del personal	\$ 1,000.00	
Manejo de desechos solidos peligrosos	\$ 350.00	
Registro de desechos en el sitio y la entrega durante la actividad	\$ 20.00	
Los escombros no usados deberán ser dispuestos por la Municipalidad	\$ 4,000.00	
Plan de contingencia		
Análisis de riesgos	\$ 600.00	\$ 3,400.00
Brigadas de emergencia	\$ 800.00	
Simulacros	\$ 500.00	
Primeros Auxilios	\$ 1,000.00	
Plan de evacuacion de instalaciones	\$ 500.00	
Plan de capacitacion		
Talleres y charlas	\$ 150.00	\$ 300.00
Capacitacion tecnica y practica	\$ 150.00	
Plan de seguridad y salud ocupacional		
Plan anual de salud	\$ 1,000.00	\$ 4,580.00
Equipo de Proteccion Personal	\$ 1,500.00	
Extintores	\$ 160.00	
Señalética	\$ 350.00	
Botiquín de primeros auxilios	\$ 70.00	
Identificacion de riesgos	\$ 700.00	
Inspeccion a las instalaciones	\$ 800.00	

Fuente: Autores

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL														
Actividades	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Precio Unitario	Precio Total
Plan de Prevencion y control de contaminacion			1					1					\$ 3,950.00	\$ 7,900.00
Plan de mitigacion de impactos			1				1					1	\$ 4,400.00	\$ 13,200.00
Plan de manejo de desechos solidos y liquidos			1			1						1	\$ 8,170.00	\$ 24,510.00
Plan de contingencia		1											\$ 3,400.00	\$ 3,400.00
Plan de capacitacion		1						1					\$ 300.00	\$ 600.00
Plan de seguridad y salud ocupacional				1			1					1	\$ 4,580.00	\$ 13,740.00

TOTAL:	\$ 63,350.00
---------------	---------------------

CAPITULO 6

COSTO DE LAS ALTERNATIVAS

6.1 Presupuesto referencial alternativa 1

Tabla LXXIX Presupuesto referencial alternativa 1

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AAPP				
1.1		BOMBEO E IMPULSION AAPP				
1.1.1	5001	Replanteo y nivelacion para tuberias	ml	120.75	0.93	112.79
1.1.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	48.30	3.81	183.90
1.1.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	4.83	13.61	65.73
1.1.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	41.61	2.58	107.41
1.1.5	5005	Prueba de Estanqueidad	ml	120.75	1.90	229.40
1.1.6	5006	Suministro e Inst. de Bomba TDH=23.14m, Caudal 17.22L/s (Potencia calculada de 7.50hp, potencia comercial 10 hp, incluye puesta en marcha)	u	2.00	2,907.01	5,814.02
1.1.7	5007	Suministro e Inst. de codo bridado 90x6"	u	9.00	157.42	1,416.77
1.1.8	5008	Suministro e Inst. de Tee Bridada de 6"	u	1.00	215.74	215.74
1.1.9	5009	Suministro e Inst. de valvula check bridada de 6"	u	2.00	2,316.94	4,633.88
1.1.10	5010	Suministro e Inst. de valvula de compuerta bridada de 6"	u	2.00	1,517.34	3,034.68
1.1.11	5011	Suministro e Inst. de valvula alivio BB bridada de 6"	u	2.00	348.03	696.05
1.1.12	5012	Suministro e Inst. de pernos de acero de 1/2" por 2 1/2" (Incluye arandela)	u	128.00	3.34	427.66
1.1.13	5013	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=140 mm 0.8MPa	ml	120.75	9.16	1,106.20
1.1.14	5014	Suministro e Inst. de valvula de aire de rosca d=2"	u	1.00	153.08	153.08

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1.2		CASETA DE CONTROL BOMBEO AAPP				
1.2.1	6001	Replanteo, trazado y nivelación para edificaciones	m2	152.41	1.34	203.60
1.2.2	6002	Excavación Mecánica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	0.83	3.81	3.16
1.2.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	0.20	13.63	2.73
1.2.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	848.05	2.45	2,078.21
1.2.5	6006	Hormigón fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	2.44	194.43	474.42
1.2.6	6007	Hormigón simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	0.29	143.94	41.74
1.2.7	6008	Acometida de alta tensión	u	1.00	2,222.81	2,222.81
1.2.8	6009	Instalación de transformador principal en estación de bombeo	u	1.00	3,579.70	3,579.70
1.2.9	6010	Iluminación y tomacorriente en cuarto de control	u	6.00	419.55	2,517.32
1.2.10	6011	Mampostería de ladrillo alivianado de 10 cm, mortero 1:3	m2	39.63	19.97	791.39
1.2.11	6012	Ventanas de aluminio y vidrio corrediza	m2	0.32	69.07	22.10
1.2.12	6013	Puerta metálica ángulo 1 1/4" y tool	u	1.00	172.59	172.59
1.2.13	6014	Cubierta de zinc	m2	12.47	11.93	148.73
1.3		CISTERNA DE BOMBEO AAPP				
1.3.1	6001	Replanteo, trazado y nivelación para edificaciones	m2	10.62	1.34	14.19
1.3.2	6002	Excavación Mecánica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	14.10	3.81	53.68
1.3.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	9.60	13.63	130.87
1.3.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	442.77	2.45	1,085.04
1.3.5	6006	Hormigón fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	3.75	194.43	729.12
1.3.6	6007	Hormigón simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	0.81	143.94	116.59
1.3.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	4.00	5.27	21.08
1.4		TANQUE RESERVORIO DE 192 m3				
1.4.1	6001	Replanteo, trazado y nivelación para edificaciones	m2	197.56	1.34	263.91
1.4.2	6002	Excavación Mecánica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	59.06	3.81	224.87
1.4.3	8001	Piedra Bola tamaño máximo 4"	m3	7.60	25.61	194.64
1.4.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	8635.59	2.45	21,162.19
1.4.5	6006	Hormigón fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	69.78	194.43	13,567.56
1.4.6	6007	Hormigón simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	7.49	143.94	1,078.08
1.4.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	74.86	5.27	394.48
1.5		DISTRIBUCION AAPP				
1.5.1	5001	Replanteo y trazado para tuberías	ml	389.30	0.93	363.63
1.5.2	6002	Excavación Mecánica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	155.72	3.81	592.89
1.5.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	15.57	13.61	211.87
1.5.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	137.67	2.58	355.36
1.5.5	9001	Suministro e Inst. de tubería de PVC UZ d=90 mm 0.8 MPa	ml	242.51	16.34	3,961.65
1.5.6	9002	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=90 mm 0.80 Mpa	u	3.00	12.37	37.12
1.5.7	9003	Suministro e Inst. de tee PVC/UZ d=90 mm 0.8 Mpa	u	1.00	12.57	12.57
1.5.8	9004	Suministro e Inst. de tubería de PVC/UZ d=160mm 0.80 MPa	ml	146.82	26.83	3,939.50
1.5.9	9005	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=160 mm 0.8 Mpa	u	4.00	19.38	77.50
2		SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES				
2.2		CAJAS DOMICILIARIAS				
2.2.4	6002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	135.69	3.81	516.63
2.2.7	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	67.26	2.58	173.61
2.2.12	11005	Suministro e Inst. de caja domiciliar PE/ACERA 400 con pasante de 110 mm y tapa de hormigón	u	570.00	159.94	91,167.97
3		SISTEMA DE TRATAMIENTO				
3.1		BIODIGESTORES DOMICILIARIOS				
3.1.1	6002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	1573.20	3.81	5989.81
3.1.2	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	397.81	2.58	1026.84
3.1.3	10008	Suministro e Inst. de tubería de PVC di=99.2 mm (DN110)	ml	2850.00	13.47	38380.52
3.1.4	14001	Suministro e Inst. de Biodigestor Prefabricado de PE capacidad de 1300L	u	570.00	136.89	78028.39
3.2		PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
TOTAL ALTERNATIVA 1						309,359.97

Fuente: Autores

El costo de la alternativa 1 asciende a los **\$309,359.97**.

6.2 Presupuesto referencial alternativa 2

Tabla LXXX Presupuesto referencial alternativa 2

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AAPP				
1.1		BOMBEO E IMPULSION AAPP				
1.1.1	5001	Replanteo y nivelacion para tuberías	m ²	120.75	0.93	112.79
1.1.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m ³	48.30	3.81	183.90
1.1.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m ³	4.83	13.61	65.73
1.1.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m ³	41.61	2.58	107.41
1.1.5	5005	Prueba de Estanqueidad	ml	120.75	1.90	229.40
1.1.6	5006	Suministro e Inst. de Bomba TDH=23.14m, Caudal 17.22L/s (Potencia calculada de 7.50hp, potencia comercial 10 hp, incluye puesta en marcha)	u	2.00	2,907.01	5,814.02
1.1.7	5007	Suministro e Inst. de codo bridado 90x6"	u	9.00	157.42	1,416.77
1.1.8	5008	Suministro e Inst. de Tee Bridada de 6"	u	1.00	215.74	215.74
1.1.9	5009	Suministro e Inst. de valvula check bridada de 6"	u	2.00	2,316.94	4,633.88
1.1.10	5010	Suministro e Inst. de valvula de compuerta bridada de 6"	u	2.00	1,517.34	3,034.68
1.1.11	5011	Suministro e Inst. de valvula alivio BB bridada de 6"	u	2.00	348.03	696.05
1.1.12	5012	Suministro e Inst. de pernos de acero de 1/2" por 2 1/2" (Incluye arandela)	u	128.00	3.34	427.66
1.1.13	5013	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=140 mm 0.8MPa	m ²	120.75	9.16	1,106.20
1.1.14	5014	Suministro e Inst. de valvula de aire de rosca d=2"	u	1.00	153.08	153.08
1.2		CASETA DE CONTROL BOMBEO AAPP				
1.2.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m ²	152.41	1.34	203.60
1.2.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m ³	0.83	3.81	3.16
1.2.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m ³	0.20	13.63	2.73
1.2.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	848.05	2.45	2,078.21
1.2.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m ³	2.44	194.43	474.42
1.2.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m ³	0.29	143.94	41.74
1.2.7	6008	Acometida de alta tension	u	1.00	2,222.81	2,222.81
1.2.8	6009	Instalacion de transformador principal en estacion de bombeo	u	1.00	3,579.70	3,579.70
1.2.9	6010	Iluminacion y tomacorriente en cuarto de control	u	6.00	419.55	2,517.32
1.2.10	6011	Mampostería de ladrillo alivianado de 10 cm, mortero 1:3	m ²	39.63	19.97	791.39
1.2.11	6012	Ventanas de aluminio y vidrio corrediza	m ²	0.32	69.07	22.10
1.2.12	6013	Puerta metalica angulo 1 1/4" y tool	u	1.00	172.59	172.59
1.2.13	6014	Cubierta de zinc	m ²	12.47	11.93	148.73
1.3		CISTERNA DE BOMBEO AAPP				
1.3.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m ²	10.62	1.34	14.19
1.3.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m ³	14.10	3.81	53.68
1.3.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m ³	9.60	13.63	130.87
1.3.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	442.77	2.45	1,085.04
1.3.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m ³	3.75	194.43	729.12
1.3.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m ³	0.81	143.94	116.59
1.3.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m ²	4.00	5.27	21.08
1.4		TANQUE RESERVORIO DE 192 m3				
1.4.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m ²	197.56	1.34	263.91
1.4.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m ³	59.06	3.81	224.87
1.4.3	8001	Piedra Bola tamaño maximo 4"	m ³	7.60	25.61	194.64
1.4.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	8635.59	2.45	21,162.19
1.4.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m ³	69.78	194.43	13,567.56
1.4.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m ³	7.49	143.94	1,078.08
1.4.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m ²	74.86	5.27	394.48
1.5		DISTRIBUCION AAPP				
1.5.1	5001	Replanteo y trazado para tuberías	m ²	5596.00	0.93	5,227.01
1.5.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m ³	1869.51	3.81	7,117.99
1.5.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m ³	186.95	13.61	2,543.99
1.5.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m ³	1666.78	2.58	4,302.36
1.5.5	9006	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=20 mm 1.25 MPa	ml	761.80	5.01	3,813.85
1.5.6	9007	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=25 mm 1.00 MPa	ml	997.70	6.42	6,409.20
1.5.7	9008	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=32 mm 0.8 MPa	ml	988.60	7.51	7,422.77
1.5.8	9009	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=40 mm 0.8 MPa	ml	558.50	9.10	5,084.57

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1.5.9	9010	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=50 mm 0.8 MPa	ml	382.30	11.12	4,251.17
1.5.10	9011	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=63 mm 0.8 MPa	ml	861.90	12.27	10,578.60
1.5.11	9012	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=75 mm 0.8 MPa	ml	188.80	13.41	2,530.97
1.5.12	9001	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=90 mm 0.8 MPa	ml	174.80	16.34	2,855.54
1.5.13	9013	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=110 mm 0.8 MPa	ml	451.10	17.46	7,875.32
1.5.14	9014	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=125 mm 0.8 MPa	ml	21.70	20.08	435.78
1.5.15	9004	Suministro e Inst. de tubería de PVC/UZ d=160mm 0.80 MPa	ml	208.80	26.83	5,602.56
1.5.16	9002	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=90 mm 0.80 Mpa	u	3.00	12.37	37.12
1.5.17	9005	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=160 mm 0.8 Mpa	u	4.00	19.38	77.50
1.5.18	9015	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=20 mm 1.25 Mpa	u	16.00	2.70	43.13
1.5.19	9016	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=32 mm 0.8 Mpa	u	4.00	3.49	13.95
1.5.20	9017	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=40 mm 0.8 Mpa	u	2.00	4.94	9.89
1.5.21	9018	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=50 mm 0.8 Mpa	u	1.00	6.32	6.32
1.5.22	9019	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=25 mm 1.00 Mpa	u	15.00	3.12	46.74
1.5.23	9020	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=25 a 20 mm 1.25 Mpa	u	10.00	4.51	45.08
1.5.24	9021	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=50 a 25 mm 0.8 Mpa	u	5.00	7.19	35.94
1.5.25	9022	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=63 a 32 mm 0.8 Mpa	u	6.00	8.57	51.44
1.5.26	9023	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=63 a 25 mm 0.8 Mpa	u	2.00	7.94	15.89
1.5.27	9024	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=110 a 90 mm 0.8 Mpa	u	2.00	10.76	21.52
1.5.28	9025	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=125 a 90 mm 0.8 Mpa	u	1.00	12.16	12.16
1.5.29	9026	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=160 a 125 mm 0.8 Mpa	u	1.00	15.95	15.95
1.5.30	9027	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=90 a 75 mm 0.8 Mpa	u	5.00	8.84	44.22
1.5.31	9028	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=40 a 25 mm 0.8 Mpa	u	5.00	5.62	28.08
1.5.32	9003	Suministro e Inst. de tee PVC/UZ d=90 mm 0.8 Mpa	u	2.00	12.57	25.14
1.5.33	9029	Suministro e Inst. de yee PVC/UZ d=32 mm 0.80 Mpa	u	1.00	6.06	6.06
1.5.34	9030	Suministro e Inst. de codo 45 PVC/UZ d=90 mm 0.80 Mpa	u	1.00	4.96	4.96
1.5.35	9031	Suministro e Inst. de codo 45 PVC/UZ d=160 mm 0.80 Mpa	u	2.00	7.97	15.94
1.5.36	9032	Suministro e Inst. de codo 45 PVC/UZ d=32 mm 0.80 Mpa	u	1.00	3.59	3.59
1.5.37	9033	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=110mm PN16	u	1.00	262.20	262.20
1.5.38	12002	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=63mm PN16	u	2.00	219.82	439.64
2		SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
2.1		COLECTORES Y RED TERCIARIA				
2.1.1	5001	Replanteo y nivelación para tuberías	ml	14,749.25	0.93	13,776.70
2.1.2	5002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	9,650.53	3.81	36,743.51
2.1.3	10001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 2<H<4.0 m (incluye entibado metálico y desalojo)	m3	2,798.14	4.63	12,945.33
2.1.4	10002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 4<H<6.6 m (incluye entibado metálico y desalojo)	m3	3,772.42	5.71	21,554.97
2.1.5	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	3,164.60	13.61	43,063.38
2.1.6	10003	Suministro e Instalación de Sub Base (tendido conformación y compactación)	m3	69.03	18.51	1,278.01
2.1.7	10004	Suministro e Instalación de Base Granular Clase I 100% triturada, tendido conformación y compactación)	m3	69.03	26.28	1,814.45
2.1.8	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	12,734.17	2.58	32,869.99
2.1.9	10005	Perfilada y rotura de asfalto	m2	345.12	2.23	770.95
2.1.10	10006	Reposición de asfalto 3"	m2	345.12	8.01	2,763.12
2.1.11	10007	Suministro e Instalación de Tubería PVC estructurada di = 181.7 mm (DN200)	ml	2,438.40	17.63	42,995.23
2.1.12	10008	Suministro e Instalación de Tubería PVC estructurada di = 99.2 mm (DN110)	ml	12,310.85	13.47	165,788.37

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
2.2		CAMARAS Y CAJAS DOMICILIARIAS				
2.2.1	6005	Acero de refuerzo $f_y=4200$ Kg/cm ² en varillas corrugadas	Kg	17,467.41	2.45	42,805.26
2.2.2	6006	Hormigon $f_c=280$ Kg/cm ² , con impermeabilizante (incluye encofrado)	m ³	160.90	194.43	31,284.32
2.2.3	6007	Hormigon simple para replantillo $f_c=180$ Kg/cm ² (en concretera)	m ³	14.06	143.94	2,023.73
2.2.4	5002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, $0 < H < 2$ m (incluye desalojo)	m ³	37.78	3.81	143.84
2.2.5	10001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, $2 < H < 4.0$ m (incluye entibado metálico y desalojo)	m ³	252.50	4.63	1,168.17
2.2.6	10002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, $4 < H < 6.6$ m (incluye entibado metálico y desalojo)	m ³	371.60	5.71	2,123.26
2.2.7	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m ³	436.39	2.58	1,126.43
2.2.8	11001	Tuberia de PVC E/C 1" para pases en hormigon	u	168.00	4.67	783.94
2.2.9	11002	Adhesivo epoxico ($A=1.32$ m ²) ($Rend=500$ g/m ²)	Kg	43.68	4.23	184.75
2.2.10	11003	Cinta impermeabilizante PVC V-15	ml	346.83	10.94	3,794.68
2.2.11	11004	Recubrimiento de base solvente mas imprimante	m ²	1,050.75	7.26	7,628.18
2.2.12	11005	Suministro e Inst. de caja domiciliaria PE/ACERA 400 con pasante de 110 mm y tapa de hormigon	u	547.00	159.94	87,489.26
2.3		SIFON HIDRAULICO				
2.3.1	5001	Replanteo y nivelacion para tuberia	ml	38.15	0.93	35.63
2.3.2	5002	Excavacion mecanica en suelo sin clasificar $0 < H < 2$ m (incluye desalojo)	m ³	90.14	3.81	343.20
2.3.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m ³	1.53	13.61	20.82
2.3.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m ³	88.49	2.58	228.41
2.3.5	12001	Suministro e Inst. de tuberia de PVC/UZ d=63 mm 0.80 MPa	ml	38.15	6.22	237.42
2.3.6	12002	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=63mm PN16	u	1.00	219.82	219.82
2.3.7	12003	Suministro e Inst. de valvula de aire de rosca d=2"	u	1.00	153.08	153.08
2.3.8	12004	Suministro e Instalacion de codo PVC/UZ d=63mm de 45 0.8 MPa	u	4.00	5.71	22.86
2.4		BOMBEO E IMPULSION AASS				
2.4.1	5001	Replanteo y nivelacion para tuberia	ml	200.00	0.93	186.81
2.4.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar $0 < H < 2$ m (Incluye desalojo)	m ³	160.00	3.81	609.19
2.4.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m ³	8.00	13.61	108.86
2.4.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m ³	149.55	2.58	386.02
2.4.5	5005	Prueba de Estanqueidad	ml	200.00	1.90	379.96
2.4.6	13001	Suministro e Inst. de Bomba sumergible de aguas negras de 2hp	u	2.00	2,650.73	5,301.46
2.4.7	13002	Suministro e Inst. de codo PVC/UZ 90x125mm 0.8 Mpa	u	5.00	10.33	51.67
2.4.8	13003	Suministro e Inst. de Tee PVC/UZ de 125mm 0.8 Mpa	u	1.00	17.30	17.30
2.4.9	13004	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=125mm PN16	u	2.00	310.64	621.27
2.4.10	13006	Suministro e Inst. de tuberia de PVC UZ d=125 mm 0.8MPa	ml	200.00	9.37	1,874.59
2.4.11	5014	Suministro e Inst. de valvula de aire de rosca d=2"	u	1.00	153.08	153.08
2.5		CASETA DE CONTROL BOMBEO AASS				
2.5.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m ²	152.41	1.34	203.60
2.5.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar $0 < H < 2$ m (Incluye desalojo)	m ³	0.83	3.81	3.16
2.5.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m ³	0.20	13.63	2.73
2.5.4	6005	Acero de refuerzo $f_y=4200$ Kg/cm ² en varillas corrugadas	Kg	848.05	2.45	2078.21
2.5.5	6006	Hormigon $f_c=280$ Kg/cm ² , con impermeabilizante (incluye encofrado)	m ³	2.44	194.43	474.42
2.5.6	6007	Hormigon simple para replantillo $f_c=180$ Kg/cm ² (en concretera)	m ³	0.29	143.94	41.74
2.5.7	6008	Acometida de alta tension	u	1.00	2,222.81	2,222.81
2.5.8	6009	Instalacion de transformador principal en estacion de bombeo	u	1.00	3,579.70	3,579.70
2.5.9	6010	Iluminacion y tomacorriente en cuarto de control	u	6.00	419.55	2,517.32
2.5.10	6011	Mamposteria de ladrillo alivianado de 10 cm, mortero 1:3	m ²	39.63	19.97	791.39
2.5.11	6012	Ventanas de aluminio y vidrio corrediza	m ²	0.32	69.07	22.10
2.5.12	6013	Puerta metalica angulo 1 1/4" y tool	u	1.00	172.59	172.59
2.5.13	6014	Cubierta de zinc	m ²	12.47	11.93	148.73

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
2.6		CARCAMO DE BOMBEO AASS				
2.6.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m2	58.17	1.34	77.71
2.6.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	68.45	3.81	260.62
2.6.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	19.83	13.63	270.33
2.6.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	2731.96	2.45	6694.88
2.6.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	22.75	194.43	4423.36
2.6.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	1.12	143.94	161.21
2.6.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	14.44	5.27	76.09
3		SISTEMA DE TRATAMIENTO				
3.1		BIODIGESTORES DOMICILIARIOS				
3.1.1	5002	Excavacion mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	63.54	3.81	241.92
3.1.2	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	16.89	2.58	43.60
3.1.3	10008	Suministro e Inst. de tuberia de PVC di=99.2 mm (DN110)	ml	115.00	13.47	1548.69
3.1.4	14001	Suministro e Inst. de Biodigestor Prefabricado de PE capacidad de 1300L	u	23.00	136.89	3148.51
3.2		TANQUE IMHOFF Y LECHO DE SECADO				
3.2.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m3	321.44	1.34	429.40
3.2.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	635.76	3.81	2,420.60
3.2.3	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	9617.49	2.45	23,568.42
3.2.4	14002	Hormigon fc=210 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	134.76	159.47	21,490.81
3.2.5	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	11.67	143.94	1,679.73
3.2.6	7001	Mala electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	116.74	5.27	615.17
3.2.7	14003	Suministro e Inst. de valvula esferica	u	2.00	39.19	78.38
3.3		PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
TOTAL ALTERNATIVA 2						857,515.41

Fuente: Autores

El costo de la alternativa 2 asciende a **\$857,515.41**. Comparada con el costo de la alternativa 1, representa casi el triple de su valor. Este incremento se debe a que en la alternativa 1, se busca rehabilitar la red de abastecimiento actual, y la disposición de las aguas residuales no se la hace a través de alcantarillado, sino que se lleva a cabo por medio de biodigestores domiciliarios. En la alternativa 2 se plantea la construcción de AP que llegue a todas las viviendas de la comuna.

Importante anotar que en la alternativa 1, la disposición final de los lodos se realiza directamente sobre el suelo circundante a la tubería de salida del biodigestor. En la alternativa 2, la disposición final se realiza en lechos de secado adyacentes al tratamiento con tanque Imhoff, en una zona alejada de la población.

6.3 Presupuesto referencial alternativa 3

Tabla LXXXI Presupuesto referencial alternativa 3

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AAPP				
1.1		BOMBEO E IMPULSION AAPP				
1.1.1	5001	Replanteo y nivelacion para tuberias	ml	120.75	0.93	112.79
1.1.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	48.30	3.81	183.90
1.1.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	4.83	13.61	65.73
1.1.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	41.61	2.58	107.41
1.1.5	5005	Prueba de Estanqueidad	ml	120.75	1.90	229.40
1.1.6	5006	Suministro e Inst. de Bomba TDH=23.14m, Caudal 17.22L/s (Potencia calculada de 7.50hp, potencia comercial 10 hp, incluye puesta en marcha)	u	2.00	2,907.01	5,814.02
1.1.7	5007	Suministro e Inst. de codo bridado 90x6"	u	9.00	157.42	1,416.77
1.1.8	5008	Suministro e Inst. de Tee Bridada de 6"	u	1.00	215.74	215.74
1.1.9	5009	Suministro e Inst. de valvula check bridada de 6"	u	2.00	2,316.94	4,633.88
1.1.10	5010	Suministro e Inst. de valvula de compuerta bridada de 6"	u	2.00	1,517.34	3,034.68
1.1.11	5011	Suministro e Inst. de valvula alivio BB bridada de 6"	u	2.00	348.03	696.05
1.1.12	5012	Suministro e Inst. de pernos de acero de 1/2" por 2 1/2" (Incluye arandela)	u	128.00	3.34	427.66
1.1.13	5013	Suministro e Inst. de tuberia de PVC U/Z d=140 mm 0.8MPa	ml	120.75	9.16	1,106.20
1.1.14	5014	Suministro e Inst. de valvula de aire de rosca d=2"	u	1.00	153.08	153.08
1.2		CASETA DE CONTROL BOMBEO AAPP				
1.2.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m2	152.41	1.34	203.60
1.2.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	0.83	3.81	3.16
1.2.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	0.20	13.63	2.73
1.2.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	848.05	2.45	2,078.21
1.2.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	2.44	194.43	474.42
1.2.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	0.29	143.94	41.74
1.2.7	6008	Acometida de alta tension	u	1.00	2,222.81	2,222.81
1.2.8	6009	Instalacion de transformador principal en estacion de bombeo	u	1.00	3,579.70	3,579.70
1.2.9	6010	Iluminacion y tomacorriente en cuarto de control	u	6.00	419.55	2,517.32
1.2.10	6011	Mamposteria de ladrillo alivianado de 10 cm, mortero 1:3	m2	39.63	19.97	791.39
1.2.11	6012	Ventanas de aluminio y vidrio corrediza	m2	0.32	69.07	22.10
1.2.12	6013	Puerta metalica angulo 1 1/4" y tool	u	1.00	172.59	172.59
1.2.13	6014	Cubierta de zinc	m2	12.47	11.93	148.73
1.3		CISTERNA DE BOMBEO AAPP				
1.3.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m2	10.62	1.34	14.19
1.3.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	14.10	3.81	53.68
1.3.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	9.60	13.63	130.87
1.3.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	442.77	2.45	1,085.04
1.3.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	3.75	194.43	729.12
1.3.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	0.81	143.94	116.59
1.3.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	4.00	5.27	21.08
1.4		TANQUE RESERVORIO DE 192 m3				
1.4.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m2	197.56	1.34	263.91
1.4.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	59.06	3.81	224.87
1.4.3	8001	Piedra Bola tamaño maximo 4"	m3	7.60	25.61	194.64
1.4.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	8635.59	2.45	21,162.19
1.4.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	69.78	194.43	13,567.56
1.4.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	7.49	143.94	1,078.08
1.4.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	74.86	5.27	394.48
1.5		DISTRIBUCION AAPP				
1.5.1	5001	Replanteo y trazado para tuberias	ml	5596.00	0.93	5,227.01
1.5.2	6002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	1869.51	3.81	7,117.99
1.5.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	186.95	13.61	2,543.99
1.5.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	1666.78	2.58	4,302.36
1.5.5	9006	Suministro e Inst. de tuberia de PVC U/Z d=20 mm 1.25 MPa	ml	761.80	5.01	3,813.85
1.5.6	9007	Suministro e Inst. de tuberia de PVC U/Z d=25 mm 1.00 MPa	ml	997.70	6.42	6,409.20
1.5.7	9008	Suministro e Inst. de tuberia de PVC U/Z d=32 mm 0.8 MPa	ml	988.60	7.51	7,422.77
1.5.8	9009	Suministro e Inst. de tuberia de PVC U/Z d=40 mm 0.8 MPa	ml	558.50	9.10	5,084.57

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1.5.9	9010	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=50 mm 0.8 MPa	ml	382.30	11.12	4,251.17
1.5.10	9011	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=63 mm 0.8 MPa	ml	861.90	12.27	10,578.60
1.5.11	9012	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=75 mm 0.8 MPa	ml	188.80	13.41	2,530.97
1.5.12	9001	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=90 mm 0.8 MPa	ml	174.80	16.34	2,855.54
1.5.13	9013	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=110 mm 0.8 MPa	ml	451.10	17.46	7,875.32
1.5.14	9014	Suministro e Inst. de tubería de PVC U/Z d=125 mm 0.8 MPa	ml	21.70	20.08	435.78
1.5.15	9004	Suministro e Inst. de tubería de PVC/UZ d=160mm 0.80 MPa	ml	208.80	26.83	5,602.56
1.5.16	9002	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=90 mm 0.80 Mpa	u	3.00	12.37	37.12
1.5.17	9005	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=160 mm 0.8 Mpa	u	4.00	19.38	77.50
1.5.18	9015	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=20 mm 1.25 Mpa	u	16.00	2.70	43.13
1.5.19	9016	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=32 mm 0.8 Mpa	u	4.00	3.49	13.95
1.5.20	9017	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=40 mm 0.8 Mpa	u	2.00	4.94	9.89
1.5.21	9018	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=50 mm 0.8 Mpa	u	1.00	6.32	6.32
1.5.22	9019	Suministro e Inst. de codo 90 PVC/UZ d=25 mm 1.00 Mpa	u	15.00	3.12	46.74
1.5.23	9020	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=25 a 20 mm 1.25 Mpa	u	10.00	4.51	45.08
1.5.24	9021	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=50 a 25 mm 0.8 Mpa	u	5.00	7.19	35.94
1.5.25	9022	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=63 a 32 mm 0.8 Mpa	u	6.00	8.57	51.44
1.5.26	9023	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=63 a 25 mm 0.8 Mpa	u	2.00	7.94	15.89
1.5.27	9024	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=110 a 90 mm 0.8 Mpa	u	2.00	10.76	21.52
1.5.28	9025	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=125 a 90 mm 0.8 Mpa	u	1.00	12.16	12.16
1.5.29	9026	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=160 a 125 mm 0.8 Mpa	u	1.00	15.95	15.95
1.5.30	9027	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=90 a 75 mm 0.8 Mpa	u	5.00	8.84	44.22
1.5.31	9028	Suministro e Inst. de tee reductora PVC/UZ d=40 a 25 mm 0.8 Mpa	u	5.00	5.62	28.08
1.5.32	9003	Suministro e Inst. de tee PVC/UZ d=90 mm 0.8 Mpa	u	2.00	12.57	25.14
1.5.33	9029	Suministro e Inst. de yee PVC/UZ d=32 mm 0.80 Mpa	u	1.00	6.06	6.06
1.5.34	9030	Suministro e Inst. de codo 45 PVC/UZ d=90 mm 0.80 Mpa	u	1.00	4.96	4.96
1.5.35	9031	Suministro e Inst. de codo 45 PVC/UZ d=160 mm 0.80 Mpa	u	2.00	7.97	15.94
1.5.36	9032	Suministro e Inst. de codo 45 PVC/UZ d=32 mm 0.80 Mpa	u	1.00	3.59	3.59
1.5.37	9033	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=110mm PN16	u	1.00	262.20	262.20
1.5.38	12002	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=63mm PN16	u	2.00	219.82	439.64
2		SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO				
2.1		COLECTORES Y RED TERCIARIA				
2.1.1	5001	Replanteo y nivelación para tuberías	ml	14,749.25	0.93	13,776.70
2.1.2	5002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	9,627.62	3.81	36,656.28
2.1.3	10001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 2<H<4.0 m (incluye entibado metálico y desalojo)	m3	2,701.71	4.63	12,499.20
2.1.4	10002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 4<H<6.6 m (incluye entibado metálico y desalojo)	m3	3,641.00	5.71	20,804.06
2.1.5	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	3,114.10	13.61	42,376.18
2.1.6	10003	Suministro e Instalación de Sub Base (tendido conformación y compactación)	m3	64.98	18.51	1,203.03
2.1.7	10004	Suministro e Instalación de Base Granular Clase I 100% triturada (tendido conformación y compactación)	m3	64.98	26.28	1,707.99
2.1.8	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	12,556.17	2.58	32,410.53
2.1.9	10005	Perfilada y rotura de asfalto	m2	324.82	2.23	725.60
2.1.10	10006	Reposición de asfalto 3"	m2	324.82	8.01	2,600.59
2.1.11	10007	Suministro e Instalación de Tubería PVC estructurada di = 181.7 mm (DN200)	ml	1,065.50	17.63	18,787.49
2.1.12	10008	Suministro e Instalación de Tubería PVC estructurada di = 99.2 mm (DN110)	ml	12,310.85	13.47	165,788.37
2.1.13	10009	Suministro e Instalación de Tubería PVC estructurada di = 145.8 mm (DN160)	ml	1,372.90	14.94	20,515.04

Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
2.2		CAMARAS Y CAJAS DOMICILIARIAS				
2.2.1	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	17,434.43	2.45	42,724.44
2.2.2	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	160.11	194.43	31,130.71
2.2.3	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	14.06	143.94	2,023.73
2.2.4	5002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	37.29	3.81	141.98
2.2.5	10001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 2<H<4.0 m (incluye entibado metálico y desalojo)	m3	250.56	4.63	1,159.19
2.2.6	10002	Excavación mecánica en suelo sin clasificar, 4<H<6.6 m (incluye entibado metálico y desalojo)	m3	368.93	5.71	2,108.00
2.2.7	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	432.73	2.58	1,116.98
2.2.8	11001	Tubería de PVC E/C 1" para pases en hormigon	u	168.00	4.67	783.94
2.2.9	11002	Adhesivo epoxico (A=1.32 m2) (Rend=500 g/m2)	Kg	43.68	4.23	184.75
2.2.10	11003	Cinta impermeabilizante PVC V-15	m2	346.83	10.94	3,794.68
2.2.11	11004	Recubrimiento de base solvente mas imprimante	m2	1,041.44	7.26	7,560.59
2.2.12	11005	Suministro e Inst. de caja domiciliaria PE/ACERA 400 con pasante de 110 mm y tapa de hormigon	u	547.00	159.94	87,489.26
2.3		SIFON HIDRAULICO				
2.3.1	5001	Replanteo y nivelacion para tubería	m2	38.15	0.93	35.63
2.3.2	5002	Excavacion mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	90.14	3.81	343.20
2.3.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	1.53	13.61	20.82
2.3.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	88.49	2.58	228.41
2.3.5	12001	Suministro e Inst. de tubería de PVC/UZ d=63 mm 0.80 MPa	m	38.15	6.22	237.42
2.3.6	12002	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=63mm PN16	u	1.00	219.82	219.82
2.3.7	12003	Suministro e Inst. de valvula de aire de rosca d=2"	u	1.00	153.08	153.08
2.3.8	12004	Suministro e Instalacion de codo PVC/UZ d=63mm de 45 0.8 MPa	u	4.00	5.71	22.86
2.4		BOMBEO E IMPULSION AASS				
2.4.1	5001	Replanteo y nivelacion para tubería	m2	200.00	0.93	186.81
2.4.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	160.00	3.81	609.19
2.4.3	5003	Cama de arena (arena de sitio tamizada)	m3	8.00	13.61	108.86
2.4.4	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	149.55	2.58	386.02
2.4.5	5005	Prueba de Estanqueidad	m2	200.00	1.90	379.96
2.4.6	13001	Suministro e Inst. de Bomba sumergible de aguas negras de 2hp	u	2.00	2,650.73	5,301.46
2.4.7	13002	Suministro e Inst. de codo PVC/UZ 90x125mm 0.8 Mpa	u	5.00	10.33	51.67
2.4.8	13003	Suministro e Inst. de Tee PVC/UZ de 125mm 0.8 Mpa	u	1.00	17.30	17.30
2.4.9	13004	Suministro e Inst. de valvula de compuerta vastago fijo d=125mm PN16	u	2.00	310.64	621.27
2.4.10	13006	Suministro e Inst. de tubería de PVC UZ d=125 mm 0.8MPa	m	200.00	9.37	1,874.59
2.4.11	5014	Suministro e Inst. de valvula de aire de rosca d=2"	u	1.00	153.08	153.08
2.5		CASETA DE CONTROL BOMBEO AASS				
2.5.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m2	152.41	1.34	203.60
2.5.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	0.83	3.81	3.16
2.5.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	0.20	13.63	2.73
2.5.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	848.05	2.45	2078.21
2.5.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	2.44	194.43	474.42
2.5.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	0.29	143.94	41.74
2.5.7	6008	Acometida de alta tension	u	1.00	2,222.81	2,222.81
2.5.8	6009	Instalacion de transformador principal en estacion de bombeo	u	1.00	3,579.70	3,579.70
2.5.9	6010	Iluminacion y tomacorriente en cuarto de control	u	6.00	419.55	2,517.32
2.5.10	6011	Mamposteria de ladrillo alivianado de 10 cm, mortero 1:3	m2	39.63	19.97	791.39
2.5.11	6012	Ventanas de aluminio y vidrio corrediza	m2	0.32	69.07	22.10
2.5.12	6013	Puerta metalica angulo 1 1/4" y tool	u	1.00	172.59	172.59
2.5.13	6014	Cubierta de zinc	m2	12.47	11.93	148.73

2.6		CARCAMO DE BOMBEO AASS				
2.6.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m2	58.17	1.34	77.71
2.6.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	68.45	3.81	260.62
2.6.3	6004	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	19.83	13.63	270.33
2.6.4	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	2731.96	2.45	6694.88
2.6.5	6006	Hormigon fc=280 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	22.75	194.43	4423.36
2.6.6	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	1.12	143.94	161.21
2.6.7	7001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	14.44	5.27	76.09
3		SISTEMA DE TRATAMIENTO				
3.1		BIODIGESTORES DOMICILIARIOS				
3.1.1	5002	Excavacion mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2 m (incluye desalojo)	m3	63.54	3.81	241.92
3.1.2	5004	Relleno compactado con plancha, material de sitio	m3	16.89	2.58	43.60
3.1.3	10008	Suministro e Inst. de tuberia de PVC di=99.2 mm (DN110)	ml	115.00	13.47	1548.69
3.1.4	14001	Suministro e Inst. de Biodigestor Prefabricado de PE capacidad de 1300L	u	23.00	136.89	3148.51
3.2		TANQUE IMHOFF Y LECHO DE SECADO				
3.2.1	6001	Replanteo, trazado y nivelacion para edificaciones	m3	321.44	1.34	429.40
3.2.2	5002	Excavacion Mecanica en suelo sin clasificar 0<H<2m (Incluye desalojo)	m3	635.76	3.81	2,420.60
3.2.3	6005	Acero de refuerzo fy=4200 Kg/cm2 en varillas corrugadas	Kg	9617.49	2.45	23,568.42
3.2.4	14002	Hormigon fc=210 Kg/cm2, con impermeabilizante (incluye encofrado)	m3	134.76	159.47	21,490.81
3.2.5	6007	Hormigon simple para replantillo fc=180 Kg/cm2 (en concretera)	m3	11.67	143.94	1,679.73
3.2.6	7001	Mala electrosoldada (6.25x2.40) 10mm 20x20 cm	m2	116.74	5.27	615.17
3.2.7	14003	Suministro e Inst. de valvula esferica	u	2.00	39.19	78.38
3.3		PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				63,350.00
TOTAL ALTERNATIVA 3						850,664.92

Fuente: Autores

El costo de la alternativa 3 asciende a los **\$850,664.92**, lo que representa casi \$8.000 menos que el costo global de la alternativa 2. Esto se debe al aplicar el sistema de alcantarillado simplificado, en lugar del convencional. El ahorro no es importante debido principalmente a lo accidentado del terreno.

6.4 Análisis de alternativas

En general se puede sostener que las alternativas 2 y 3 tienen una ventaja técnica y social con respecto a la alternativa 1.

Técnica, porque ambas garantizan el funcionamiento adecuado de la red de distribución con el uso del tanque reservorio, reducen al mínimo los cortes en el servicio ante tareas de mantenimiento ya que poseen válvulas de seccionamiento para aislar macrosectores hidráulicos, permiten la evacuación de aguas residuales de una forma segura y tecnificada, y proveen una fuente de tratamiento para las mismas mediante un sistema que se ajusta a las necesidades y realidad económica del sector. Suponen un avance tecnológico para la comuna, debido al uso de sistemas de bombeo e impulsión para el funcionamiento de las redes de abastecimiento y saneamiento.

Social, porque suponen una mejora innegable en el nivel y calidad de vida de los habitantes de la comuna, garantizando continuidad en el servicio de agua potable, y una forma de evacuación de aguas residuales que minimiza las afectaciones a la salud. Además, proporciona una imagen de desarrollo y progreso en la comuna.

Evaluando el aspecto económico, la alternativa 1 es mucho más económica que las otras dos en mención, y el impacto ambiental que esta tiene en el entorno es mucho más reducido; sin embargo, al evaluar el costo versus beneficio, las alternativas 2 y 3 resultan favorecidas.

Evaluando todos los aspectos, se recomienda implementar la alternativa 3 como solución más adecuada a los problemas de abastecimiento de agua potable, evacuación y tratamiento de aguas residuales de la comuna Febres Cordero.

CAPITULO 7

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

7.1 Bombeo e impulsión de agua potable

CÓDIGO: 5001

RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACIÓN PARA TUBERÍAS

Descripción del rubro: Es la implantación del proyecto u obra en el terreno, tomando como base las indicaciones de planos e información topográfica, como paso previo al inicio de la construcción.

Procedimiento de trabajo: Se debe disponer de los planos del proyecto y su implantación general. Las actividades de replanteo deben realizarse usando aparatos topográficos de precisión, tales como estación total, teodolito, niveles, cinta, entre otros.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro lineal (ml) de tubería.

CÓDIGO: 5002

**RUBRO: EXCAVACIÓN MECÁNICA EN SUELO SIN CLASIFICAR
0<H<2M (INCLUYE DESALOJO)**

Descripción del rubro: Las excavaciones de 0<H<2m deberán realizarse con retroexcavadora, de acuerdo a los especificado a continuación. Se incluye el desalojo de material sobrante.

Procedimiento de trabajo: No se alcanzará nunca de primera intención la cota definitiva del fondo de las excavaciones, sino que se dejará una capa de 10cm o 1/8 DN de espesor, el mayor de los dos. Ya sea en excavación manual o mecánica, las zanjas a realizar para la instalación de tuberías serán los más rectas posibles en su configuración en planta y con la rasante uniforme. El material de

excavación no utilizado como relleno, se depositará en botaderos autorizados por fiscalización.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico (m³)

CÓDIGO: 5003

RUBRO: CAMA DE ARENA (ARENA DE SITIO TAMIZADA)

Descripción del rubro: Se instalan cuando, a consideración de la fiscalización, el fondo de la excavación no ofrece la consistencia adecuada para sustentar y mantener estables a las tuberías.

Procedimiento de trabajo: Se construye un Replantillo hecho de arena de 5cm de espesor que sirva de asiento a la tubería con la finalidad de dejar una superficie nivelada.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico (m³)

CÓDIGO: 5004**RUBRO: RELLENO COMPACTADO CON PLANCHA, MATERIAL DE SITIO**

Descripción del rubro: Se refiere al material de excavación que se utilizará como relleno cuando la tubería este instalada.

Procedimiento de trabajo: Se utilizará una compactadora reversible de 184 Kg de peso para realizar el proceso de compactación en el relleno.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico (m³)

CÓDIGO: 5005**RUBRO: PRUEBA DE ESTANQUEIDAD**

Descripción del rubro: tiene por objeto determinar la estanqueidad en la tubería. Es una manera de evaluar la infiltración en las tuberías cuando en el área existan aguas subterráneas o nivel freático que supere las cotas de instalación del sistema. Se realiza previo a actividades como relleno de zanjas, reposición de pavimento, entre otros.

Procedimiento de trabajo: Se realiza cuando se ha terminado un tramo del sistema y antes de ejecutar el relleno final de la zanja. El tramo a probarse será desde una cámara aguas arriba hasta llegar a la siguiente cámara, en este punto se taponará la tubería y se llenará con agua en cantidad suficiente hasta que se llene la cámara aguas arriba 30 cm sobre la clave del tubo. Este procedimiento se repetirá en todos los tramos a probarse. La prueba tendrá una duración mínima de diez minutos y la pérdida de agua no sobrepasará lo establecido en el cuadro siguiente:

Tabla LXXXII: Tolerancias para prueba de estanqueidad

DIAMETRO NOMINAL	FILTRACION TOLERADA
(mm.)	cm ³ (min/m)
110	14
160	20
200	25
250	32
315	38
400	50
475	59
560	69
640	79
730	90
825	102
1.035	127
1.245	153

Medición y forma de pago: Se realizará por metro lineal (ml) de tubería.

CÓDIGO: 5006

**RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBA TDH=23.14M,
CAUDAL 17.22 L/S (POTENCIA CALCULADA DE 7.50HP,
POTENCIA COMERCIAL 10HP, INCLUYE PUESTA EN MARCHA)**

Descripción del rubro: Consiste en el suministro e instalación de la bomba seleccionada para la impulsión de agua potable hacia el tanque reservorio.

Procedimiento de trabajo: La bomba seleccionada corresponde a una Pedrollo de 10 hp con potencia de 220 V. La bomba debe ser instalada una vez realizada la acometida eléctrica.

Medición y forma de pago: se realizará por unidad instalada.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS BRIDADOS**CÓDIGO: 5007, 5008****RUBROS: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO BRIDADO 90X6", SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE BRIDADA DE 6"**

Procedimiento de trabajo: estos accesorios se instalan una vez configurada la bomba de la línea de impulsión. Cada conexión bridada es de acero, con ocho orificios para realizar el empernado, con su respectivo empaque de neopreno. Se instalan para acople rápido de la bomba.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad instalada.

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULAS BRIDADAS**CÓDIGOS: 5009, 5010, 5011****RUBROS: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA CHECK BRIDADA DE 6", SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE COMPUERTA BRIDADA DE 6", SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE ALVIO BB BRIDADA DE 6".**

Procedimiento de trabajo: Válvulas se instalan con la finalidad de favorecer el funcionamiento hidráulico de la bomba. Cada válvula debe ser bridada, con componentes de acero y empaque de neopreno para su instalación.

Medición y forma de pago: Ser realizará por unidad instalada.

CÓDIGO: 5012

RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS DE ACERO DE 1/2" POR 2 1/2" (INCLUYE ARANDELA)

Procedimiento de trabajo: Consiste en la instalación de pernos para las conexiones bridadas del sistema. Se colocan ocho pernos por cada conexión bridada. Se incluye las arandelas de los pernos.

Medición y forma de pago: Se realiza por unidad instalada.

CÓDIGO: 5013

**RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC/UZ
D=140MM DE 0.80 MPA**

Procedimiento de trabajo: Comprende el suministro en obra o bodega, según especifique fiscalización, de las tuberías para sistemas de agua potable. Se entiende por instalación al conjunto de actividades realizadas por el contratista para colocar los conductos en los lugares que señale el proyecto. Se recomienda que la zanja sea lo suficientemente ancha para permitir el trabajo de un hombre en condiciones de seguridad estándar.

Medición y forma de pago: Se hará por metro lineal (ml)

CÓDIGO: 5014

**RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE AIRE DE
ROSCA D=2"**

Procedimiento de trabajo: Válvula se instala con la finalidad de controlar el efecto de golpe de ariete, para liberar la sobrepresión

producida en la tubería ante un corte brusco del suministro de agua en el conducto.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad instalada.

7.2 Caseta de control del bombeo de agua potable

CÓDIGO: 6001

RUBRO: REPLANTEO, TRAZADO Y NIVELACIÓN PARA EDIFICACIONES.

Descripción del rubro: Es la implantación del proyecto u obra en el terreno, tomando como base las indicaciones de planos e información topográfica, como paso previo al inicio de la construcción.

Procedimiento de trabajo: Se debe disponer de los planos del proyecto y su implantación general. Las actividades de replanteo deben realizarse usando aparatos topográficos de precisión, tales como estación total, teodolito, niveles, cinta, entre otros.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado (m²)

CÓDIGO: 6004

RUBRO: RELLENO COMPACTADO CON VIBROAPISONADOR, MATERIAL DE MEJORAMIENTO

Procedimiento de trabajo: Se considera material de mejoramiento en las zonas que fiscalización considere no cumplen los requerimientos mínimos para garantizar una superficie estable de los elementos estructurales. Se usará vibroapisonador de 71 Kg para la compactación.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico m³

CÓDIGO: 6005

RUBRO: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ Kg/cm² EN VARILLAS CORRUGADAS

Descripción del rubro: Se refiere al armado del refuerzo para los elementos de hormigón, con el uso de varillas corrugadas.

Procedimiento de trabajo: elementos tales como cámaras de revisión, casetas de bombeo, edificaciones de control, entre otras, que se construyan de hormigón armado, usarán como mínimo acero de

refuerzo del tipo corrugado grado intermedio con una resistencia mínima a la fluencia de $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$, de conformidad con ASTM A-615.

Medición y forma de pago: Se realizará por Kg de acero de refuerzo. Se requiere planilla de hierro para su cuantificación.

CÓDIGO: 6006

RUBRO: HORMIGÓN $f'_c=280\text{ Kg/cm}^2$, CON IMPERMEABILIZANTE INCLUYE ENCOFRADO)

Procedimiento de trabajo: Los elementos estructurales de hormigón armado se deben construir con hormigón clase A, de resistencia a la compresión especificada $f'_c=280\text{ Kg/cm}^2$. Se colocará aditivo impermeabilizante.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico m^3

CÓDIGO: 6007

**RUBRO: HORMIGÓN SIMPLE PARA REPLANTILLO $f'c=180 \text{ Kg/cm}^2$
(EN CONCRETERA)**

Procedimiento de trabajo: Consiste en la conformación de un replantillo de cinco centímetros de espesor, para las estructuras de hormigón, con la finalidad de ser un medio separador entre el suelo y la estructura armada. La resistencia especificada para el replantillo de hormigón debe ser como mínimo de 180 Kg/cm^2 . Se recomienda la realización de este hormigón con concretera para su rápida colocación.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cúbico m^3

CÓDIGO: 6008

RUBRO: ACOMETIDA DE ALTA TENSIÓN:

Descripción del rubro: Se refiere a la realización de la conexión para abastecer de energía eléctrica a la estación de bombeo.

Procedimiento de trabajo: La acometida de alta tensión debe realizarse una vez construida la caseta de control. Se usa cables TW

para la acometida, y se recomienda la instalación de un pararrayo de 10 Kv.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de acometida hecha.

CÓDIGO: 6009

RUBRO: INSTALACIÓN DE TRANSFORMADOR PRINCIPAL EN ESTACIÓN DE BOMBEO

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la instalación del transformador principal que transforma el voltaje de la red de alta tensión hasta la capacidad requerida para el sistema de bombeo, que es de 220V. Se especifica la instalación de un transformador trifásico de 25 KVA, 13.2/220V. Se de construir una base de concreto similar a un replantillo para la colocación del transformador.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de transformador instalado.

CÓDIGO: 6010**RUBRO: ILUMINACIÓN Y TOMACORRIENTE EN CUARTO DE CONTROL**

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la instalación de puntos de luz y tomacorriente en la caseta de control del sistema de bombeo. Para puntos de iluminación se utilizará luminarias fluorescentes 3x17W. Se especifica el uso de cable Cu THHN #12 AWG para la redes eléctricas.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de iluminación y tomacorriente instalado.

CÓDIGO: 6011**RUBRO: MAMPOSTERÍA DE LADRILLO ALIVIANADO DE 10 CM, MORTERO 1:3**

Descripción del rubro: Se refiere a la conformación de paredes en la caseta de bombeo mediante el uso de bloques de mampostería.

Procedimiento de trabajo: Se especifica el uso de bloques de mampostería alivianados, formato 20x40 cm. La dosificación del

mortero debe ser relación 1:3. El mortero se podrá preparar a mano o con hormigonera, según convenga, de acuerdo con el volumen requerido. No se permite colocar la mezcla seca del mortero para después colocar el agua. El espesor de la mezcla de mortero en ningún caso deberá ser menor a 1cm.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado m²

CÓDIGO: 6012

RUBRO: VENTANAS DE ALUMINIO Y VIDRIO CORREDIZA

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la instalación de ventanas de aluminio y vidrio en la caseta de control del sistema de bombeo. El vidrio deberá tener un espesor especificado de 4 mm. Para la ventana se requieren ángulos de aluminio. Colocar silicona en cantidades apropiadas en la unión mampostería –aluminio, para evitar infiltraciones de agua y polvo eventuales.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado m²

CÓDIGO: 6013**RUBRO: PUERTA METÁLICA ÁNGULO 1 1/4" Y TOOL**

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la instalación de puerta metálica de tool para el ingreso a la caseta de control de la estación de bombeo. La mitad superior de la puerta contara con vidrio claro flotado de 6 mm de espesor.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de puerta instalada.

CÓDIGO: 6014**RUBRO: CUBIERTA DE ZINC**

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la instalación de cubierta de zinc en la caseta de control del sistema de bombeo. Se especifica usar planchas de zinc estándar, tamaño 1.22 x 2.44 metros.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado de cubierta.

7.3 Cisterna de bombeo para el sistema de agua potable

CÓDIGO: 7001

RUBRO: MALLA ELECTROSOLDADA (6.25X2.40) DE 10 MM 20X20 CM.

Descripción del rubro: Se refiere a la instalación de malla electrosoldada como refuerzo de distribución en el contrapiso de la cisterna de bombeo.

Procedimiento de trabajo: Se especifica usar malla electrosoldada con varillas de 10mm de diámetro, igualmente espaciadas en ambos sentidos la cantidad de 20cm.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado m²

7.4 Distribución de agua potable

TUBERÍAS DE PVC/UZ 1.25 MPA, 1.00 MPA, 0.80 MPA

CÓDIGOS: 9006, 9007, 9008, 9009, 9010, 9011, 9012, 9013, 9014, 12001

RUBROS: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC/UZ
D=20MM DE 1.25 MPA, D=25MM DE 1.00 MPA, D=32MM DE 0.80
MPA, D=40MM DE 0.80 MPA, D=50MM DE 0.80 MPA, D=63MM DE
0.80 MPA, D=75MM DE 0.80 MPA, D=90MM DE 0.80 MPA, D=110MM
DE 0.80 MPA, D=125MM DE 0.80 MPA, D=160MM DE 0.80 MPA.

Descripción del rubro: Comprende el suministro en obra o bodega, según especifique fiscalización, de las tuberías para sistemas de agua potable. Se entiende por instalación al conjunto de actividades realizadas por el contratista para colocar los conductos en los lugares que señale el proyecto.

Procedimiento de trabajo: Se recomienda que la zanja sea lo suficientemente ancha para permitir el trabajo de un hombre en condiciones de seguridad estándar. Incluye la instalación de anillo de caucho UZ del diámetro requerido para la unión entre tuberías del mismo tramo.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro lineal (ml) de tubería.

CODO A 90° DE PVC/UZ**CÓDIGOS: 9002, 9005, 9015, 9016, 9017, 9018, 9019**

**RUBROS: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO A 90° PVC/UZ
D=90MM DE 0.80 MPA, D=160MM DE 0.80 MPA, D=20MM DE 1.25
MPA, D=32MM DE 0.80 MPA, D=40MM DE 0.80 MPA, D=50MM DE
0.80 MPA, D=25MM DE 1.00 MPA**

Descripción del rubro: Se refiere a la instalación de codos a 90° con presión de servicio especificado de 1.25 MPa, 1.00 MPa, y 0.80 MPa, para la realización de quiebres en las direcciones requeridas de acuerdo al diseño hidráulico.

Procedimiento de trabajo: Se deberán colocar en los puntos establecidos en los planos de implantación, y en los puntos donde la fiscalización considere necesario.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de codo instalado.

TEE REDUCTORA PVC/UZ

CÓDIGOS: 9003, 9020, 9021, 9022, 9023, 9024, 9025, 9026, 9027, 9028

RUBROS: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE REDUCTORA PVC/UZ DE D=25 A 50 MM DE 1.25 MPA, D=50 A 25MM DE 0.80 MPA, D=63 A 32MM DE 0.80 MPA, D=63 A 25MM DE 0.80 MPA, D=110 A 90MM DE 0.80 MPA, D=125 A 90MM DE 0.80 MPA, D=160 A 125MM DE 0.80 MPA, D=90 A 75MM DE 0.80 MPA, D=40 A 25MM DE 0.80 MPA, TEE SIN REDUCCIÓN D=90 MM DE 0.80 MPA

Descripción del rubro: Se refiere al suministro e instalación de tee reductoras con presiones nominales de servicio de 1.25 y 0.80 MPa, para la distribución de agua potable.

Procedimiento de trabajo: Se deberán colocar en los puntos establecidos en los planos de implantación, y en los puntos donde la fiscalización considere necesario. Incluye todas las actividades que debe realizar el contratista para la instalación de estas conexiones.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad instalada.

CÓDIGO: 9029

**RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE YEE DE PVC/UZ
D=32MM DE 0.80 MPA**

Descripción del rubro: Se refiere a todas las actividades que debe realizar el contratista para la instalación de yee de PVC en el sistema de distribución de agua potable

Procedimiento de trabajo: Se deberán colocar en los puntos establecidos en los planos de implantación, y en los puntos donde la fiscalización considere necesario.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad instalada.

CODOS A 45° DE PVC/UZ**CÓDIGOS: 9030, 9031, 9032**

**RUBROS: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO 45° PVC/UZ
D=32MM DE 0.80 MPA, D=90MM DE 0.80 MPA, D=160MM DE 0.80
MPA, D=32MM DE 0.80 MPA.**

Descripción del rubro: Se refiere a todas las actividades que debe realizar el contratista para el suministro e instalación de codos de PVC/UZ en el sistema de redes de abastecimiento de agua potable.

Procedimiento de trabajo: Se deberán colocar en los puntos establecidos en los planos de implantación, y en los puntos donde la fiscalización considere necesario.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad instalada

Válvulas de compuerta de vástago fijo

CÓDIGOS: 9033, 12002

RUBROS: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE COMPUERTA DE VÁSTAGO FIJO D=110MM PN16 Y D=63MM PN16.

Descripción del rubro: Consiste en todas las actividades que debe realizar el contratista para el suministro e instalación de válvulas de compuerta.

Procedimiento de trabajo: Se instalan una vez se haya colocado los conductos que conforman la red de distribución. La finalidad de estas

válvulas es aislar sectores, de manera que sea posible realizar mantenimiento en la red sin necesidad de cortar el servicio para toda la comunidad abastecida. Se usará válvulas de compuerta de vástago fijo para el seccionamiento de la red.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de válvula instalada.

7.5 Colectores y red terciaria

CÓDIGO: 10001

RUBRO: EXCAVACIÓN MECÁNICA EN SUELO SIN CLASIFICAR, 2<H<4M (INCLUYE ENTIBADO METÁLICO Y DESALOJO)

Descripción del rubro: Las excavaciones de 2<H<4m deberán realizarse con excavadora sobre orugas, de acuerdo a los especificado a continuación. Se incluye el desalojo de material sobrante y entibado metálico tipo cajón.

Procedimiento de trabajo: No se alcanzará nunca de primera intención la cota definitiva del fondo de las excavaciones, sino que se dejará una capa de 10cm o 1/8 DN de espesor, el mayor de los dos.

Las zanjas a realizar para la instalación de tuberías serán los más rectas posibles en su configuración en planta y con la rasante uniforme. El material de excavación no utilizado como relleno, se depositará en botaderos autorizados por fiscalización, mediante volquetas de 9m³ de capacidad. Para garantizar estabilidad en la excavación y seguridad para los obreros se colocará entibado metálico tipo cajón.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico (m³)

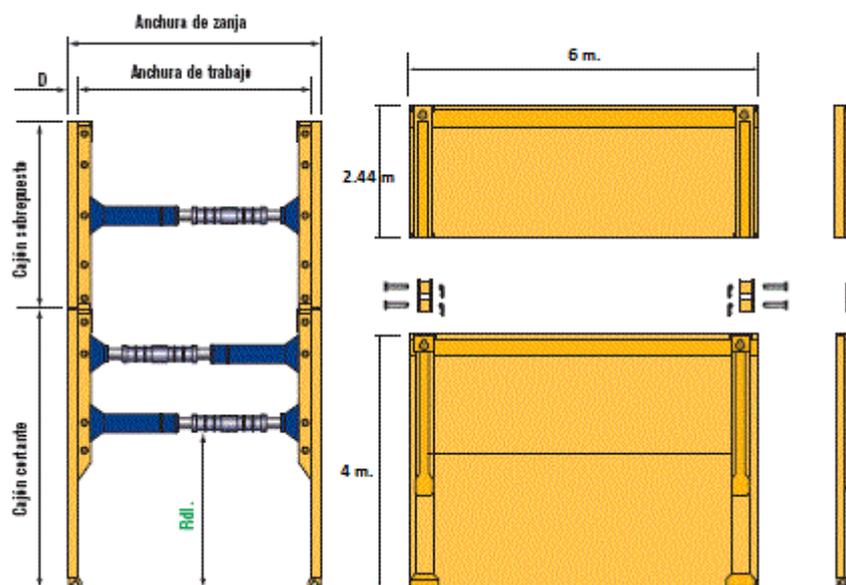


Figura 31: Entibado metálico para excavaciones profundas

CÓDIGO: 10002

**RUBRO: EXCAVACIÓN MECÁNICA EN SUELO SIN CLASIFICAR,
4<H<6.6M (INCLUYE ENTIBADO METÁLICO Y DESALOJO)**

Descripción del rubro: Las excavaciones de $4 < H < 6.6\text{m}$ deberán realizarse con excavadora sobre orugas, de acuerdo a los especificado a continuación. Se incluye el desalojo de material sobrante y entibado metálico tipo cajón.

Procedimiento de trabajo: No se alcanzará nunca de primera intención la cota definitiva del fondo de las excavaciones, sino que se dejará una capa de 10cm o $1/8$ DN de espesor, el mayor de los dos. Las zanjas a realizar para la instalación de tuberías serán los más rectas posibles en su configuración en planta y con la rasante uniforme. El material de excavación no utilizado como relleno, se depositará en botaderos autorizados por fiscalización, mediante volquetas de 9m^3 de capacidad. Para garantizar estabilidad en la excavación y seguridad para los obreros se colocará entibado metálico tipo cajón.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico (m^3)

CÓDIGO: 10003

RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SUB BASE (TENDIDO, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN).

Descripción del rubro: Se refiere al suministro e instalación de sub base.

Procedimiento de trabajo: Se deberá excavar de manera adecuada y de acuerdo con lo aprobado por el Fiscalizador, con equipos de excavación y acarreo adaptables a las condiciones existentes, hasta las elevaciones indicadas en los planos o prescritas por el Fiscalizador. Antes de proceder a depositar materiales para la construcción de la sub-base, estos deberán ser aprobados por el Fiscalizador. Los materiales serán obtenidos en canteras o yacimientos locales aprobados por el Fiscalizador. El contratista transportará, mezclará y colocará la sub base en la forma especificada en el manual MTOP-001-2002 Tomo I.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico m³

CÓDIGO: 10004

RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BASE GRANULAR CLASE I 100% TRITURADA (TENDIDO, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN).

Descripción del rubro: Se refiere al suministro e instalación de base granular clase I, triturada. Incluye todas las actividades realizadas por el contratista para el tendido, conformación y compactación de la base.

Procedimiento de trabajo: Se deberá excavar de manera adecuada y de acuerdo con lo aprobado por el Fiscalizador, con equipos de excavación y acarreo adaptables a las condiciones existentes, hasta las elevaciones indicadas en los planos o prescritas por el Fiscalizador. La base debe estar compuesta por materiales triturados traídos de canteras aprobadas por el fiscalizador. Antes de proceder a depositar materiales para la construcción de la sub-base, estos deberán ser aprobados por el Fiscalizador. El contratista transportará, mezclará y colocará la base clase I en la forma especificada en el manual MTOP-001-2002 Tomo I. El relleno no será volcado directamente sobre los tubos o estructuras. No se colocará relleno hasta haber drenado totalmente el agua existente en la excavación. El material de relleno se colocará en capas de 20 cm como máximo.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico m³

CÓDIGO: 10005**RUBRO: PERFILADA Y ROTURA DE ASFALTO.**

Descripción del rubro: Se refiere a la acción de perfilar, romper y remover la carpeta asfáltica, previo a la utilización de las áreas donde se encuentre, para la excavación de zanjas u otros trabajos de obra.

Procedimiento de trabajo: Se realizará utilizando medios mecánicos adecuados. Para la rotura de carpeta asfáltica, deberá proporcionarse un adicional máximo de 0.25m a cada lado de la zanja con la finalidad de proporcionar a la nueva carpeta una cimentación adecuada. El material removido deberá ser acumulado al lado de la zanja para su posterior desalojo o utilización, su fuere el caso.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado m²

CÓDIGO: 10006**RUBRO: REPOSICIÓN DE ASFALTO DE 3”.**

Descripción del rubro: Se refiere a las actividades realizadas por el contratista para reponer la carpeta asfáltica removida, una vez concluidas las obras de infraestructura en dichas áreas.

Procedimiento de trabajo: El pavimento a reponerse deberá ser del mismo material y características del original, salvo que los planos especifiquen lo contrario. El pavimento nuevo deberá quedar al mismo nivel que el anterior, por lo tanto la reposición debe ser realizada cuando el material de base y sub base haya adquirido el máximo nivel de consolidación. Antes del vaciado del hormigón asfáltico, la superficie de contacto debe estar humedecida con RC2 y libre de materia orgánica con el propósito de dar buena adherencia.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado m²

TUBERÍAS DE PVC ESTRUCTURADA**CÓDIGOS: 10007, 10008, 10009**

RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC ESTRUCTURADA DI=181.7 mm (DN200), DI=99.2 mm (DN110), DI=145.8 mm (DN160)

Descripción del rubro: Comprende el suministro en obra o en bodegas, según especifique fiscalización, de las tuberías para sistema de alcantarillado sanitario de acuerdo a especificaciones técnicas.

Procedimiento de trabajo: Para la instalación de la tubería, tanto la excavación de la zanja como el relleno deben estar conformados de acuerdo a ASTM D 2321. Es recomendable que la zanja tenga un ancho tal que permita a un hombre trabajar bajo condiciones de seguridad normales. Cuando el fondo de la zanja es inestable este debe ser estabilizado, colocando material pétreo grueso en capas compactadas de 15 cm.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro lineal (ml) de tubería.

CODIGO: 11001

RUBRO: TUBERÍA DE PVC E/C 1" PARA PASES EN HORMIGÓN

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la colocación de pases de PVC E/C de 1" para el hormigón que sirve de asiento a la tapa de las cámaras de inspección. Se colocarán previo a la fundición del hormigón.

Medición y forma de pago: Se cuantificará por unidad instalada.

CODIGO: 11002

RUBRO: ADHESIVO EPÓXICO (A=1.32 m²) RENDIMIENTO 500 g/m²

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la colocación de adhesivo epóxico en llaves de corte de las cámaras de inspección para favorecer la adherencia del hormigón.

Medición y forma de pago: Se cuantificará por Kg de adhesivo epóxico.

CODIGO: 11003

RUBRO: CINTA IMPERMEABILIZANTE PVC V-15

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la colocación de cinta

impermeabilizante para traslape en llaves de corte. Antes de su aplicación se deberá limpiar la superficie y presionar hasta conseguir adherencia. Se debe alisar la cinta utilizando un pedazo de madera envuelto en una franela.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro lineal (ml) de cinta impermeabilizante instalada.

CODIGO: 11004

RUBRO: RECUBRIMIENTO DE BASE SOLVENTE MAS IMPRIMANTE

Procedimiento de trabajo: Se refiere a la colocación de base solvente para barrera de vapor en cimentaciones, específicamente en cimentación de cámaras de inspección para el caso de alcantarillado sanitario.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cuadrado m²

CODIGO: 11005**RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACION DE CAJA DOMICILIARIA PE/ACERA 400 CON PASANTE DE 110mm Y TAPA DE HORMIGON**

Descripción de rubro: comprende requisitos y procedimientos generales relacionados con la fabricación, suministro e instalación de cajas domiciliarias para uso subterráneo. Las cajas deben tener formas estructurales y partes que faciliten su ensamblaje y fijación o anclaje contra el terreno que los rodea y están compuestos por un solo cuerpo de secciones de polietileno PE. Este rubro incluye la tapa y su cabezal de soporte, destinada a completar las secciones para su conjunto funcional. La tapa y su estructura de apoyo se encuentran en los planos de detalle y en los análisis de precios unitarios.

Procedimiento de trabajo: La excavación para las cajas tendrá un sobre ancho de 20 cm mayor al de la caja y 5 cm mayor a la altura de esta. Se debe marcar la sección correspondiente a la descarga domiciliaria en el neplo o elevador Novafort tomando en cuenta la pendiente de dicha descarga. Así mismo se marca la sección del colector domiciliario aguas arriba en una de las paredes de la caja. Siempre se deberá tomar en cuenta el nivel de piso o acera terminado y la posición del marco superior de la caja (elemento de PE).

Una vez instalada la infraestructura de las instalaciones de agua servida, será necesario conectar las acometidas domiciliarias, para lo cual será necesario efectuar la excavación de la zanja del tubo que va a acometer y luego utilizando el kit de herramientas se perforará la base o el elevador bicapa según sea el caso de esta acometida. Hay casos en que se facilita enormemente la instalación de las perforaciones de caja o elevador y es cuando se dispone con exactitud de las cotas de salida y llegada de la acometida

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad instalada.

7.6 Bombeo e impulsión de aguas residuales

CODIGO: 13001

RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACION DE BOMBA SUMERGIBLE DE AGUAS NEGRAS DE 2HP

Descripción de rubro: Consiste en el suministro e instalación de la bomba seleccionada para la impulsión de aguas residuales hacia el tanque Imhoff para su tratamiento.

Procedimiento de trabajo: La bomba seleccionada corresponde a una bomba sumergible de aguas negra 3MW30M4-21C de 2 hp de potencia y 17550 revoluciones por minuto RPM. La bomba debe ser instalada una vez realizada la acometida eléctrica.

Medición y forma de pago: se realizará por unidad instalada.

7.7 Sistema de tratamiento

CODIGO: 14001

RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACION DE BIODIGESTOR PREFABRICADA DE PE CAPACIDAD 1300 L

Descripción del rubro: Comprende el suministro de bodega del biodigestor prefabricado de la capacidad especificada, y la instalación del mismo.

Procedimiento de trabajo: El tanque biodigestor será instalado en los patios de las viviendas o en un lugar convenido por los habitantes de las viviendas, bajo consentimiento del fiscalizador. La excavación debe realizarse con un sobre ancho de 20 cm a cada lado del tanque, y 15 cm de sobre altura.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de tanque biodigestor instalado.

CODIGO: 14002

RUBRO: HORMIGON $f'c=210$ Kg/cm² CON IMPERMABILIZANTE, INCLUYE ENCOFRADO

Procedimiento de trabajo: Los elementos estructurales de hormigón armado se deben construir con hormigón clase A, de resistencia a la compresión especificada $f'c=210$ Kg/cm². Se colocará aditivo impermeabilizante. El hormigón con esta resistencia será colocado en elementos que no vayan a soportar una carga importante.

Medición y forma de pago: Se realizará por metro cubico m³

CODIGO: 14003

RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA ESFERICA

Procedimiento de trabajo: Se refiere al suministro e instalación de válvula esférica en los tanques de tratamiento Imhoff para la extracción de lodos desde el fondo del biodigestor.

Medición y forma de pago: Se realizará por unidad de válvula instalada.

CONCLUSIONES

- [1] Se logró desarrollar alternativas factibles en el aspecto económico, social, técnico y ambiental, para resolver los problemas de abastecimiento de agua potable, evacuación y tratamiento de aguas residuales de la comuna Febres Cordero. Las alternativas incluyen desde la rehabilitación de los sistemas existentes hasta el rediseño completo de los mismos, con la finalidad de ofrecer opciones diversas para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la comuna Febres Cordero.
- [2] Se justificó adecuadamente el uso y el diseño de los diferentes componentes de los sistemas planteados como alternativas para

solucionar los problemas relacionados al abastecimiento de agua potable y saneamiento de las aguas residuales de la comuna Febres Cordero. Algunos de los componentes más importantes incluyen: para el sistema de agua potable la inclusión de un tanque reservorio, y la instalación de válvulas de seccionamiento que permiten aislar sectores de abastecimiento. Para el sistema de evacuación de aguas residuales se incluye el diseño de la nueva red de alcantarillado sanitario, que posee una zona de sifón hidráulico, sistema de tratamiento basado en el uso de tanque Imhoff, lechos de secado de lodos, y biodigestores domiciliarios en algunos casos; como una opción que resulta económica en la zona rural.

[3] Se desarrolló planes de manejo ambiental (PMA) para minimizar las afectaciones causadas por la posible ejecución de las alternativas presentadas en este documento, para lo cual se evaluó los potenciales problemas causados a los recursos agua, aire, suelo, flora y fauna de la comuna Febres Cordero, antes, durante y después de la ejecución del proyecto. El costo del PMA asciende hasta los \$ 63,350.00, lo que representa cerca del 7.45% del costo referencial del proyecto para las alternativas 2 y 3, y para la alternativa 1 el costo asciende a los \$15,030.00 lo que representa un 4.86% del presupuesto referencial,

siendo costos considerables, pero justificados, para llevar al mínimo la afectación a los recursos naturales y los ecosistemas de la región.

[4] Se cuantificó los costos de ejecución de cada uno de los componentes de las alternativas, y se presentó sus presupuestos referenciales, mismos que se resumen en el siguiente cuadro:

Alternativa	Incluye	Presupuesto Referencial
1	Instalación de tanque reservorio, rehabilitación de la red de abastecimiento de agua potable existente, disposición y tratamiento de aguas residuales mediante el uso de biodigestores prefabricados domiciliarios.	\$309,357.97
2	Instalación de tanque reservorio, nueva red de abastecimiento de agua potable, diseño de alcantarillado sanitario convencional, tratamiento y disposición final de desechos mediante tanque Imhoff, lechos de secado y el uso de biodigestores domiciliarios en algunos casos.	\$857,515.41
3	Instalación de tanque reservorio, nueva red de abastecimiento de agua potable, diseño de alcantarillado sanitario simplificado (sistema no convencional), tratamiento y disposición final de desechos mediante tanque Imhoff, lechos de secado y el uso de biodigestores domiciliarios en algunos casos.	\$850,664.92

[5] Mediante el análisis de criterios técnicos, sociales, económicos y ambientales; se determinó que la opción más adecuada para resolver la problemática que enfrenta la comuna Febres Cordero es la alternativa 3. Representa la relación costo versus beneficio más favorable, garantizando un adecuado funcionamiento hidráulico de los sistemas de abastecimiento y saneamiento, además de que supone un avance tecnológico en la comuna, y disminuye enormemente los eventuales brotes de enfermedades debidas a la inadecuada disposición final de desechos.

[6] El uso de sistemas de bombeo constituye una forma efectiva para transportar agua de un punto a otro, cuando esto no es posible por sistemas a gravedad. La desventaja del uso de sistemas de bombeo, es que encarecen de forma importante el costo de un proyecto. Para el caso de la alternativa elegida, tanto para el sistema de agua potable como para el de evacuación de aguas residuales, resulta necesario el uso de sistemas de bombeo. Solo para ejemplificar, para la alternativa elegida, el costo de los sistemas de bombeo, de agua potable y de aguas residuales, asciende hasta los \$66,518.67, lo que representa el 7.82% del costo total, es decir, se lograría reducir el costo del proyecto en este

porcentaje si no fuese necesario un sistema de bombeo, sin embargo esta opción se desestima debido a que sin ellos el sistema sería inútil.

[7] Sistemas no convencionales de alcantarillado sanitario juegan un papel importante en el desarrollo de proyectos de saneamiento en el área rural, sobre todo en el ámbito económico. Mediante la aplicación de estos sistemas es posible desarrollar proyectos más económicos, debido a que utilizan normativas y disposiciones menos estrictas que la de los sistemas convencionales, garantizando un adecuado funcionamiento hidráulico. En el desarrollo de las alternativas de este proyecto se ha desarrollado sistemas de evacuación y tratamiento de aguas residuales que se adaptan a la realidad económica de la comuna Febres Cordero, y que garanticen una mejora en la calidad de vida de sus habitantes. Es el caso del uso de sistemas de alcantarillado sanitario simplificado, tratamiento mediante tanque Imhoff, lechos de secado y biodigestores domiciliarios.

[8] El uso de más de un sistema de tratamiento de aguas residuales resulta útil cuando no es posible conectar determinados sectores de la población al sistema de alcantarillado de la localidad, debido a su lejanía,

dispersión o desventaja en la topografía. En estos casos el uso de un sistema de tratamiento alternativo para esa zona específica resulta beneficioso, en lugar de conectarlos al sistema común, que puede provocar un incremento importante en el costo del sistema debido al incremento en la profundidad de las excavaciones y movimiento de tierra. Esto fue aplicado en el proyecto, donde los sectores nombrados PS-1 y PS-2 poseen un sistema basado en el uso de biodigestores, mientras el resto de sectores desaguan sus residuos hasta el sistema de tratamiento de tanque Imhoff.

RECOMENDACIONES

- [1] Realizar un estudio socioeconómico a toda la población de la comuna Febres Cordero, para verificar que las consideraciones de dotación, factores pico de consumo horario y diario, factor de retorno, entre otras, son adecuadas. Para el desarrollo de este trabajo, se tomó valores de las variables antes mencionadas recomendados por la norma ecuatoriana de la construcción, lo que supone que son datos adecuados, sin embargo, resulta conveniente utilizar información real obtenida de un estudio propio.

[2] Realizar estudios de suelos, y de las características de las aguas residuales para proceder a diseñar con datos propios de la zona de estudio. Algunos de los datos presentados en este trabajo corresponden a la aportación de trabajos anteriores y revisión de literatura que, si bien es cierto, son aplicables al desarrollo de posibles alternativas de prefactibilidad, resulta importante corroborar su coherencia con datos propios de la zona para el estudio definitivo.

[3] Adoptar como solución más adecuada a la alternativa 3. En caso de determinar que la alternativa 3 tiene un costo elevado, se puede hacer una variación, en lugar de rediseñar la red de agua potable, considerar la reutilización del sistema de abastecimiento instalado actualmente que, si bien es cierto, no llega a todos los puntos de demanda de la comuna, cubre gran parte de su población. Esta opción puede estimarse como posible solución ya que se corroboró que, bajo ciertas consideraciones, la presión de servicio en los puntos de abastecimiento cumple el requerimiento de estar entre 7 mca y 40 mca.

[4] Verter agua desde el exterior, a los tramos de colectores del sistema de alcantarillado que, para el periodo actual, no cumplen con el criterio de velocidad mínima. Estos tramos están identificados en los planos. Esta actividad se recomienda que se realice al menos una vez a la semana para favorecer la limpieza de los conductos y evitar acumulación de lodos.

[5] Se recomienda monitorear el crecimiento poblacional de la comuna Febres Cordero correcta, cuando el sistema cumpla 10 años de funcionamiento, y de no ser así, tomar las medidas correctivas para solucionar problemas futuros debidos a la insuficiencia del sistema.

ANEXOS

ANEXO A

TABLAS DE COEFICIENTES DE MOMENTO PARA DIFERENTES CASOS DE CARGA DE TANQUES RECTANGULARES DE CONCRETO REFORZADO

Mx	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	0	0	0	0	0
0.9a	0	13	21	27	30	31
0.8a	0	20	35	45	51	53
0.7a	0	25	44	57	65	67
0.6a	0	27	49	64	73	76
0.5a	0	28	50	66	75	78
0.4a	0	27	49	64	73	76
0.3a	0	25	44	57	65	67
0.2a	0	20	35	45	51	53
0.1a	0	13	21	27	30	31
BOT	0	0	0	0	0	0

Coeficientes Mx caso 10 PCA

My	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	0	0	0	0	0
0.9a	0	10	13	14	14	14
0.8a	0	17	23	26	26	26
0.7a	0	21	31	34	35	35
0.6a	0	24	35	39	40	41
0.5a	0	25	37	41	42	43
0.4a	0	24	35	39	40	41
0.3a	0	21	31	34	35	35
0.2a	0	17	23	26	26	26
0.1a	0	10	13	14	14	14
BOT	0	0	0	0	0	0

Coeficientes My caso 10 PCA

Mxy	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	49	43	33	22	11	0
0.9a	45	41	31	21	10	0
0.8a	37	34	26	18	9	0
0.7a	26	24	19	13	6	0
0.6a	14	13	10	7	3	0
0.5a	0	0	0	0	0	0
0.4a	14	13	10	7	3	0
0.3a	26	24	19	13	6	0
0.2a	37	34	26	18	9	0
0.1a	45	41	31	21	10	0
BOT	49	43	33	22	11	0

Coeficientes Mxy caso 10 PCA

Mtx	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	0	0	0	0	0
0.9a	-7	4	13	18	22	23
0.8a	-11	4	19	29	35	37
0.7a	-14	4	21	35	42	45
0.6a	-5	3	22	6	44	47
0.5a	-16	3	20	33	41	43
0.4a	-14	2	-16	26	32	34
0.3a	-10	1	9	14	17	28
0.2a	-6	-2	-2	-5	-7	-7
0.1a	-2	-8	-21	-33	-41	-44
BOT	0	-18	-50	-75	-90	-95

Coeficientes Mx caso 9 PCA

Mty	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	0	0	0	0	0
0.9a	-33	-5	5	9	11	11
0.8a	-57	-11	9	16	19	20
0.7a	-72	-15	10	21	24	25
0.6a	-78	-17	11	22	26	27
0.5a	-76	-17	10	22	25	26
0.4a	-66	-14	9	18	21	22
0.3a	-49	-11	6	12	14	14
0.2a	-28	-6	2	5	5	4
0.1a	-8	-4	-3	-5	-6	-7
BOT	0	-4	-10	-15	-18	-19

Coeficientes Mty caso 9 PCA

Mxy	END	0.1b-0.9b	0.2b-0.8b	0.3b-0.7b	0.4b-0.6b	0.5b
		coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente	coeficiente
TOP	0	21	22	16	8	0
0.9a	0	19	20	15	8	0
0.8a	0	14	16	12	6	0
0.7a	0	8	10	7	4	0
0.6a	0	2	2	2	1	0
0.5a	0	4	5	4	2	0
0.4a	0	9	11	8	4	0
0.3a	0	13	15	11	6	0
0.2a	0	14	16	12	6	0
0.1a	0	11	12	8	4	0
BOT	0	0	0	0	0	0

Coeficientes Mxy caso 9 PCA

BIBLIOGRAFÍA

Agüero, R. (2004). *BVSDE*. Obtenido de BVSDE Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/>

Arévalo Pulla, P. S., & Barahona Barahona, R. I. (Agosto de 2013). *Diseño comparativo de tanques para el almacenamiento de agua de hormigón armado, enterrados hasta nivel de la tapa*, 20-22. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Bentley. (2015). *Water Distribution Modeling and Analysis Software*. Obtenido de <https://www.bentley.com>

CEC. (2001). Código Ecuatoriano de la Construcción. *Norma CO 10.7-602. Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos*. Ecuador.

CEPIS, O. (2005). Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. *Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. Sudamérica.

Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Cárcamos de bombeo para alcantarillado, funcional e hidráulico*. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. doi:978-968-817-880-5

ESPOL. (Noviembre de 2001). *Plan Estratégico Participativo de la Comuna Febres Cordero*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Colonche. (2007). *Inicio. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Colonche*. Obtenido de <http://www.colonche.gob.ec/>

INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.

INEN. (1997). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Código de Práctica Ecuatoriano. *CPE INEN 005-9-2. Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Ecuador.

Metcalf y Eddy. (1985). *Ingeniería sanitaria, redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales*. España: Labora S.A.

OPS y CEPIS. (2004). *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados*. Lima, Perú: COSUDE.

OPS y CEPIS. (2004). Organización Panamericana de la Salud. *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de agua rural*. Lima, Perú: COSUDE.

OPS y CEPIS. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Lima, Perú: COSUDE.

OPS y CEPIS. (2005). *Especificaciones Técnicas para la construcción de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de estabilización*. Lima, Perú: COSUDE.

OPS, C. (2005). Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. *Guías para el Diseño de Reservorios Elevados de Agua Potable*. Lima, Perú.

Perero, L. E. (2013). *Diagnóstico Turístico de la comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche*. Ecuador.

Rivera, I. N. (2014). Trabajo de Titulación. *Modelo de Gestión Administrativa para la Comuna Febres Cordero, Parroquia Colonche, Cantón Santa Elena*,

Provincia de Santa Elena, Año 2014. La Libertad, Santa Elena, Ecuador:
Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Rojas, J. A. (1999). Tratamiento de aguas residuales. . En J. A. Rojas, *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* (pág. 683). Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rotoplas. (2014). *Rotoplas Ecuador*. Obtenido de Biodigestor autolimpiable:
www.rotoplas.com

Sarmiento, P. P. (Septiembre de 2012). Monografía. *Digitalización de información del sistema de alcantarillado y evaluación hidráulica con aplicación de herramientas compatibles con Arc-Gis: SewerGems*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

TULAS (2002), “Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria”, Libro VI “*De la Calidad Ambiental*” Título II, *Políticas Nacionales de Residuos Sólidos*.

TULAS (2002), “Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria”, Libro VI “*De la Calidad Ambiental*” Título V, *Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos*.

TULAS (2002), “Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria”, Libro VI “*De la Calidad Ambiental*” Título VII, *Del cambio climático*.