

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL



**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DEL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO
HUMANO DE LA COMUNIDAD JARUNGO LOCALIZADA EN LA
PARROQUIA CHILLANES, CANTÓN CHILLANES, PROVINCIA DE
BOLIVAR.

AUTORES

SHADEN MABEL MORA ENRÍQUEZ

ANDY JUSTIN SALAZAR BALSECA

TUTOR

ING. EDDY SÁNCHEZ

QUITO DM, NOVIEMBRE DE 2022

CONTENIDO

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. JUSTIFICACIÓN	10
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3. OBJETIVOS	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivos específicos	12
1.4. ALCANCE.....	12
2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
2.1. BASES DE DISEÑO	13
2.1.1. Cantidad de agua	13
2.1.2. Calidad del agua	13
2.1.3. Población, periodos y caudales de diseño	14
2.2. DISEÑO HIDRÁULICO Y SANITARIO	15
2.3. DISEÑO DE CAPTACIONES	15
2.3.1. Tipos de fuentes de agua	16
2.3.2. Tipos de manantiales	16
2.3.3. Tipos de captación de manantiales	17
2.4. DISEÑO DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN	19
2.4.1. Generalidades	19
2.4.2. Tipos de líneas de conducción.....	20
2.4.3. Componentes de operación y mantenimiento.....	21
2.5. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO	21
2.5.1. Desinfección	21
2.5.2. Cloración como proceso de desinfección	22
2.6. DISEÑO DE RESERVA Y DISTRIBUCIÓN	24
2.6.1. Tanque de reserva.....	24
2.6.2. Sistema de distribución.....	26
2.7. DISEÑO ESTRUCTURAL	29
2.7.1. Análisis estructural de tanques rectangulares	29
2.7.2. Métodos de diseño	30
3. CAPITULO III: INFORMACIÓN GENERAL Y BASES DE DISEÑO DEL PROYECTO JARUNGO	31
3.1. INFORMACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	31

3.1.1.	Ubicación.....	31
3.1.2.	Clima	33
3.1.3.	Geología	34
3.1.4.	Topografía	34
3.1.5.	Mecánica de suelos	38
3.2.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE SUMINISTRO DE AGUA Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS EN LA COMUNIDAD JARUNGO.....	40
3.2.1.	Sistema actual de suministro de agua.....	40
3.3.	DETERMINACIÓN DE BASES DE DISEÑO	55
3.3.1.	Población	55
3.3.2.	Dotaciones	58
3.3.3.	Caudales de diseño	61
3.4.	INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	65
3.4.1.	Análisis socio económico y de servicios básicos e infraestructura	65
4.	CAPÍTULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO	91
4.1.	CAPTACIÓN.....	91
4.1.1.	Estudio de la fuente	91
4.1.2.	Diseño hidráulico de la captación.....	93
4.2.	CONDUCCIÓN.....	105
4.2.1.	Tipo de conducción	105
4.2.2.	Criterios y normas para el diseño hidráulico de la conducción.....	105
4.2.3.	Diseño hidráulico de la conducción	106
4.3.	DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO	116
4.3.1.	Estudio de la calidad del agua	116
4.3.2.	Necesidades de tratamiento	117
4.3.3.	Diseño del sistema de tratamiento	118
4.4.	RESERVA Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	124
4.4.1.	Cuantificación de volúmenes de reserva	124
4.4.2.	Criterios de diseño	125
4.4.3.	Diseño del sistema de distribución	125
4.4.4.	Diseño hidráulico del tanque rompe presión	141
5.	CAPÍTULO V: DISEÑO ESTRUCTURAL	149
5.1.	DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAPTACIÓN.....	149
5.1.1.	Dimensionamiento y especificaciones iniciales	149

5.1.2.	Análisis y diseño estructural de las paredes correspondientes a la cámara húmeda de la captación.	149
5.1.3.	Análisis y diseño estructural de la losa de fondo.....	156
5.1.4.	Longitud de desarrollo.....	160
5.2.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE RESERVA-TRATAMIENTO 161	
5.2.1.	Dimensionamiento y especificaciones iniciales	161
5.2.2.	Análisis y diseño estructural de las paredes del reservorio	162
5.2.3.	Análisis y diseño estructural de la losa de cubierta.....	174
5.2.4.	Análisis y diseño estructural de la losa de fondo.....	182
5.2.5.	Análisis y diseño estructural de la cimentación.....	186
5.3.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE ROMPE PRESIÓN	194
5.3.1.	Dimensionamiento y especificaciones iniciales	195
5.3.2.	Análisis y diseño estructural de las paredes del tanque rompe presión.....	195
5.3.3.	Análisis y diseño estructural de la losa de fondo.....	202
5.3.4.	Longitud de desarrollo.....	205
6.	CAPÍTULO VI: PRESUPUESTO, PROGRAMACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	206
6.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	206
6.2.	CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA	233
6.3.	PRESUPUESTO	234
6.3.1.	Presupuesto referencial teórico.....	234
6.3.2.	Presupuesto referencial real.....	236
6.4.	PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	239
6.5.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA, EQUIPOS Y MATERIALES	241
6.5.1.	Excavación.....	241
6.5.2.	Hormigones	242
6.5.3.	Instalación de tuberías y accesorios PVC.....	243
6.5.4.	Instalación de válvulas de compuerta.....	245
7.	CAPITULO VII: PLANOS	246
7.1.	PLANOS HIDROSANITARIOS	246
7.2.	PLANOS ESTRUCTURALES.....	258
8.	CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	262
8.1.	CONCLUSIONES	262
8.2.	RECOMENDACIONES.....	264

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Captación de un manantial de ladera y concentrado.....	17
Figura 2. Captación de un manantial de fondo y concentrado.....	18
Figura 3. Captación de un manantial de fondo y difuso.....	19
Figura 4. Modelos de cámaras de contacto para la cloración.....	24
Figura 5. Sistema de distribución ramificada.....	27
Figura 6. Sistema de distribución mallada.....	28
Figura 7. Ubicación de la provincia de Bolívar.....	32
Figura 8. Ubicación de la comunidad Jarungo.....	33
Figura 9. Topografía de la zona de implantación del sistema de Distribución.....	35
Figura 10. Pendiente media del terreno.....	37
Figura 11. Topografía de la zona de implantación de la captación y línea de conducción.....	38
Figura 12. Caracterización del suelo.....	40
Figura 13. Sistema de captación actual.....	41
Figura 14. Sistema de conducción actual.....	42
Figura 15. Sistema de reserva actual.....	44
Figura 16. Modelo del sistema de distribución actual.....	48
Figura 17. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico de la Línea 1.....	49
Figura 18. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico de la Línea 2.....	50
Figura 19. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico de la Línea 3.....	51
Figura 20. Tasa de crecimiento poblacional.....	57
Figura 21. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de... 59	59
Figura 22. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....	60
Figura 23. Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.....	62
Figura 24. Precipitación promedio mensual, estación pluviométrica Chillanes.....	92
Figura 25. Carga de agua en los orificios.....	94
Figura 26. Carga de agua sobre el orificio.....	96
Figura 27. Distribución de los orificios.....	99
Figura 28. Dimensionamiento de la canastilla.....	100
Figura 29. Altura de la cámara húmeda.....	102
Figura 30. Esquema en elevación de la Captación.....	105

Figura 31. Tramo captación - Tanque de control	107
Figura 32. Posición en función del tiempo (Caudal máximo aforado).....	109
Figura 33. Posición en función del tiempo (Caudal mínimo aforado)	110
Figura 34. Vertedero rectangular con contracciones	112
Figura 35. Diámetro del canal de regulación.....	114
Figura 36. Esquema del canal de regulación y tanque de excesos	116
Figura 37. Gotero auto compensante.....	119
Figura 38. Tanque clorador	120
Figura 39. Válvula de línea.	120
Figura 40. Filtro de discos de 120 micrones.....	121
Figura 41. Manguera de polietileno.....	121
Figura 42. Distribución de los domicilios en la comunidad Jarungo.	126
Figura 43. Red de distribución propuesta.....	127
Figura 44. Modelo del sistema de distribución propuesto.....	131
Figura 45. Zonas de presión del sistema de distribución.....	134
Figura 46. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico Línea 1	137
Figura 47. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico Línea 2.....	138
Figura 48. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico Línea 3.....	139
Figura 49. Esquema del tanque rompe presión	143
Figura 50. Canastilla de salida del tanque rompe presión.	146
Figura 51. Condiciones de apoyo del tanque de reserva.	162
Figura 52. Coeficientes para calcular momentos y cortantes para la pared de longitud b	163
Figura 53. Coeficientes para determinar el cortante en una losa en 2 direcciones.....	176
Figura 54. Coeficientes para Momento positivo de carga muerta en una losa de 2 direcciones.....	177
Figura 55. Coeficientes para Momento positivo de carga viva en una losa de 2 direcciones.	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climáticas del cantón Chillanes.....	34
Tabla 2. Intervalos entre curvas de nivel.....	36
Tabla 3. Datos para la simulación del sistema de distribución actual.....	46
Tabla 4. Caudal máximo horario en cada nodo de la red de distribución actual.....	47
Tabla 5. Resultados de la simulación del sistema de distribución actual (nodos).....	52
Tabla 6. Resultados de la simulación del sistema de distribución actual (red).....	53
Tabla 7. Población del sector rural de la parroquia Chillanes.....	55
Tabla 8. Crecimiento poblacional de la Comunidad Jarungo.....	58
Tabla 9. Resumen de los caudales de diseño.....	64
Tabla 10. Población encuesta socioeconómica.....	65
Tabla 11. Jefatura de Hogar.....	66
Tabla 12. Migración.....	66
Tabla 13. Idioma.....	67
Tabla 14. Origen étnico.....	68
Tabla 15. Principal actividad económica predominante.....	69
Tabla 16. Ocupación de la población.....	69
Tabla 17. Instrucción de la población.....	70
Tabla 18. Ingreso y gasto promedio familiar.....	71
Tabla 19. Tipo de construcción de la vivienda.....	71
Tabla 20. Necesidades de servicio de la familia.....	72
Tabla 21. Servicios disponibles.....	73
Tabla 22. Disponibilidad centro de salud.....	74
Tabla 23. Enfermedades que afectan a los niños.....	75
Tabla 24. Salud - Diarrea.....	76
Tabla 25. Prevención diarrea.....	77
Tabla 26. Tipo de abastecimiento de agua.....	78
Tabla 27. Servicio de agua.....	78
Tabla 28. Consumo mensual de agua.....	80
Tabla 29. Servicio de disposición de excretas.....	80
Tabla 30. Sistema de disposición de excretas.....	81
Tabla 31. Servicio de recolección de basura.....	81

Tabla 32. Manejo de la basura.....	82
Tabla 33. Existencia de basura alrededor de la casa.....	83
Tabla 34. Hábitos y costumbres para el uso de agua.....	84
Tabla 35. Cantidad de consumo de agua.	86
Tabla 36. Participación de la comunidad.....	87
Tabla 37. Participación en la construcción del sistema actual	89
Tabla 38. Aporte económico para la construcción del sistema actual de abastecimiento de agua.....	89
Tabla 39. Caudales aforados de la Vertiente	93
Tabla 40. Cálculo del número de orificios de la captación	98
Tabla 41. Diámetro de la canastilla y área de las ranuras para la captación.	100
Tabla 42. Material filtrante de la captación.....	104
Tabla 43. Análisis Físico - Químico del agua de Jarungo.....	116
Tabla 44. Análisis Microbiológico del agua de Jarungo	117
Tabla 45. Caudal máximo horario unitario.....	128
Tabla 46. Demanda en cada tramo del sistema de distribución propuesto.....	129
Tabla 47. Caudal existente en cada nodo del sistema de distribución propuesto.....	130
Tabla 48. Diámetros y presiones utilizados en la red de distribución.	132
Tabla 49. Resultados de la simulación en los nodos de la red de distribución propuesta.	134
Tabla 50. Resultados de la simulación en las tuberías de la red de distribución propuesta	135
Tabla 51. Presiones máximas de trabajo en la red de distribución.....	140
Tabla 52. Diámetro de la canastilla y área de las ranuras para el tanque rompe presión. .	146
Tabla 53. Dimensionamiento y especificaciones iniciales de la cámara húmeda.	149
Tabla 54. Valores de los coeficientes (k) para el cálculo de momentos de un tanque de tapa libre y fondo empotrado	150
Tabla 55. Momentos en los muros	151
Tabla 56. Dimensionamiento y especificaciones iniciales del tanque de reserva	161
Tabla 57. Cortantes en la losa de la pared de longitud b.....	164
Tabla 58. Momentos alrededor del eje X en la losa de la pared de longitud b.....	165
Tabla 59. Momentos alrededor del eje Y en la losa de la pared de longitud b.....	165
Tabla 60. Momento y Cortante máximos de la pared b.....	166
Tabla 61. Coeficientes para calcular momentos y cortantes para la pared de longitud a..	172

Tabla 62. Momentos alrededor del eje X en la losa de la pared de longitud a.....	172
Tabla 63. Momentos alrededor del eje Y en la losa de la pared de longitud a.....	173
Tabla 64. Momento y Cortante máximo de la pared a	173
Tabla 65. Luces de la losa de cubierta.....	175
Tabla 66. Cortantes y momentos para la losa de cubierta	180
Tabla 67. Cortantes y momentos para la losa de fondo.....	184
Tabla 68. Capacidad portante del suelo.....	188
Tabla 69. Dimensiones y especificaciones iniciales del tanque rompe presión.....	195
Tabla 70. Valores de los coeficientes (k) para el cálculo de momentos de CRP de tapa libre y fondo empotrado.....	196
Tabla 71. Momentos en los muros	196
Tabla 72. Cálculo de cantidades de obra	233
Tabla 73. Presupuesto referencial teórico.....	235
Tabla 74. Presupuesto referencial real.....	236
Tabla 75. Presupuesto sin excavación y limpieza del terreno.	237
Tabla 76. Presupuesto referencial final.	238
Tabla 77. Materiales y equipos (excavación).	242
Tabla 78. Materiales y equipos (hormigones)	243
Tabla 79. Materiales y equipos (tuberías y accesorios PVC).....	244
Tabla 80. Materiales y equipos (válvulas de compuerta).	245

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

La comunidad Jarungo, ubicada al suroeste del cantón Chillanes, provincia de Bolívar actualmente cuenta con un sistema deficiente de distribución de agua para consumo humano; el abastecimiento de agua potable es una problemática constante en la población del cantón Chillanes, y como consecuencia ha generado importantes problemas de salud en la población, ya que la mayoría de las comunidades consume agua entubada sin tratamiento alguno. Según datos recabados del GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES (2014) en el último censo de población y vivienda del 2010, este fue el cantón rural en la provincia de Bolívar que presentó la menor cobertura de servicio de agua potable con tan solo el 71,5% de cobertura. Por esta razón encontramos la necesidad de plantear un diseño hidráulico que permita un eficiente sistema de captación, conducción, tratamiento y distribución de este recurso tan importante para el consumo humano a las casas que lo requieran.

Según Morán (2020) en los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuesta por las Naciones Unidas en el 2015 y aprobado el 1 de Enero del 2016, el objetivo número 6 es “Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (Morán, 2020), Ecuador al ser parte de uno de los 193 estados miembro de la ONU también esta sumado a cumplir este objetivo en pro de los derechos humanos básicos y del bienestar común, ya que más de 2 mil millones de personas en el mundo carecen de acceso de agua libre de riesgos para la salud, presentándose esta carencia principalmente en áreas rurales.

Cabe destacar que con la reciente pandemia ocasionada por el COVID-19 se ha hecho más notoria la necesidad e importancia de contar con acceso a agua potable de calidad, en el cual la ONU incluye el acceso a instalaciones de agua potable y saneamiento, de manera que se pueda garantizar acceso adecuado a agua limpia de forma que se pueda prevenir y contener las enfermedades (Morán, 2020).

También es de suma importancia no solo considerar el diseño hidráulico y los requisitos para el mismo, sino que este sea óptimo tanto funcional como económicamente, por lo que el análisis de costos en cada una de las etapas también será evaluado. Recordemos

que estamos hablando de una zona rural en donde no se tiene ingresos económicos altos, por lo que el análisis de costos es muy importante para que el proyecto sea una realidad.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comunidad Jarungo se encuentra ubicada en el cantón Chillanes en la provincia de Bolívar, cuenta con ochenta habitantes, y con un sistema de captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua para el consumo diario deficiente. El mismo funciona mediante la captación del recurso a través de un ojo de agua, que posteriormente abastece a un tanque de almacenamiento, desde donde se distribuye el recurso obtenido mediante manguera a cada uno de los hogares. El problema radica en que, en primer lugar algunos puntos a abastecer ubicados al final de las líneas de conducción no cuentan con un caudal ni una presión adecuados, lo que claramente intercede en las actividades diarias de las personas que dependen totalmente de este recurso; como segunda consideración tenemos que algunos puntos de la distribución son terrenos, por lo que la demanda actual de agua es baja, pero a futuro se tiene planificado construir viviendas en estas parcelas, aumentando consecuentemente la demanda del recurso y haciendo indispensable el abastecimiento de un mayor caudal de agua. Vale la pena mencionar, que el sistema actual provoca que a una parte de la población le llegue muy poco suministro de agua, esto debido al ineficiente diseño de la conducción y distribución del sistema, que se evidencia rápidamente en el tanque de almacenamiento, mismo que suelen estar repleto, mientras que en las zonas más bajas de la comuna la cantidad de agua suministrada es muy baja. El recurso distribuido a cada uno de los hogares no cuenta con ningún tipo de tratamiento actualmente.

El proyecto permitirá conducir de manera eficiente y ordenada el recurso a cada uno de los hogares de la comunidad, asegurando la disponibilidad de agua de manera continua y por supuesto mejorando la calidad de esta.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Realizar el diseño hidráulico, estructural y presupuesto del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la comunidad Jarungo localizada en la parroquia Chillanes, cantón Chillanes, provincia de Bolívar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir los aspectos teóricos respecto al diseño hidrosanitario y estructural del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano en comunidades rurales.
- Definir las bases de diseño para el proyecto de abastecimiento de agua para consumo humano de la comunidad Jarungo localizada en la parroquia Chillanes, cantón Chillanes, provincia de Bolívar.
- Realizar el diseño hidráulico de la captación, conducción, sistema de tratamiento, reserva y distribución.
- Realizar el diseño estructural de la captación, tanque de reserva y tanques rompe presión.
- Realizar los análisis de precios unitarios, el presupuesto, las especificaciones técnicas y los planos del proyecto de abastecimiento de agua para consumo humano de la comunidad Jarungo localizada en la parroquia Chillanes, cantón Chillanes, provincia de Bolívar.

1.4. ALCANCE

Se llevó a cabo el diseño hidrosanitario y estructural de un sistema que compone captación, conducción, tratamiento, reserva y distribución de agua para consumo humano en la comunidad Jarungo, tomando en consideración información sanitaria, topográfica, socio económica, y de demanda, además del análisis de precios unitarios y el presupuesto referencial de las obras del proyecto.

El levantamiento de la información pertinente para la realización del diseño hidráulico del sistema, así como el levantamiento topográfico del sector y aforos de la fuente fueron realizados por los estudiantes proponentes. El análisis de calidad de agua se realizó en un laboratorio acreditado. El análisis de mecánica de suelos se ejecutó en un laboratorio especializado. El diseño tanto de la conducción como la distribución se los realizó con ayuda de programas computacionales específicos. El diseño se ejecutó considerando la “Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural”; la “NTE INEN 1108 Sexta Revisión” y el “Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 Primera revisión”.

2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. BASES DE DISEÑO

2.1.1. Cantidad de agua

Debido a que generalmente no se dispone de registros hidrológicos de la fuente es necesario realizar aforos de la misma, sobre todo en épocas de estiaje y de lluvia con el fin de determinar el caudal mínimo y máximo disponible de la fuente, el caudal mínimo debe ser mayor al consumo máximo diario (QMD), el mismo que será calculado de forma que represente la demanda futura de la población al final de la vida útil del proyecto, que generalmente es de 20 años para sistemas de agua potable (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

2.1.2. Calidad del agua

Según la Organización Panamericana de la Salud (2004), los requerimientos básicos para que el agua sea potable son:

- ✓ El agua debe estar libre de compuestos que causen sabor y olor desagradables.
- ✓ Estar libre de microorganismos patógenos causantes de enfermedades.
- ✓ Estar libre de compuestos que puedan causar efectos adversos, agudos o crónicos en la salud.
- ✓ Ser visualmente clara, es decir con baja turbidez y poco color.
- ✓ No salina
- ✓ Que no cause incrustaciones o corrosión en el sistema de abastecimiento de agua, ni manche la ropa lavada.

Para asegurar la calidad del agua se deberán realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos que cumplan con los parámetros propuestos en la *Tabla 1*, *Tabla 2* y *Tabla B.1* de la Norma INEN 1108 Sexta Revisión, los cuales pertenecen a los parámetros mínimos de calidad requeridos para que el agua sea de consumo humano.

2.1.3. Población, periodos y caudales de diseño

Población de diseño

Para determinar la población futura al final de la vida útil del proyecto se utilizarán datos censales, proyecciones o datos que reflejen el crecimiento de la población, los cuales deben ser debidamente sustentados.

Periodo de diseño

Según la Organización Panamericana de la Salud (2004), el periodo de diseño para la infraestructura de un sistema de abastecimiento de agua y saneamiento en una zona rural es de 20 años, y para equipos de bombeo es de 10 años. Aun así, el periodo de diseño de los diferentes elementos que componen el sistema se determina en base a los siguientes criterios.

- ✓ Vida útil de equipos y estructuras.
- ✓ Grado de dificultad para la ampliación de la infraestructura.
- ✓ Crecimiento poblacional.
- ✓ Viabilidad económica en la ejecución de las obras.

Dotación y consumo

Para determinar la dotación se puede realizar un estudio de consumo en la población que permita evaluar los hábitos y costumbres de consumo de las familias, el uso que se le dé al agua y la cantidad que utilizan en base a parámetros como tipo de aparatos sanitarios que disponen, cantidad, tiempo de uso y frecuencia. En caso no se disponga de esta información se puede recurrir a las dotaciones guías tomando en cuenta la zona geográfica, clima y niveles de servicio siguientes:

Para centros poblados sin proyección de servicio de alcantarillado

- ✓ Costa: 50 L/Hab/d
- ✓ Sierra: 40 L/Hab/d
- ✓ Selva: 60 L/Hab/d

Para centros poblados con proyección de servicio de alcantarillado

- ✓ Costa: 120 L/Hab/d
- ✓ Sierra: 100 L/Hab/d
- ✓ Selva: 140 L/Hab/d

Para determinar los caudales de diseño se utilizarán los siguientes criterios, el consumo máximo diario (QMD) será un valor de 1.3 veces del consumo medio diario futuro (Q_m), mientras que el consumo máximo horario (QMH) será un valor de 2 veces del consumo diario futuro (Q_m).

2.2. DISEÑO HIDRÁULICO Y SANITARIO

En el diseño hidráulico se determinan y calculan los diámetros, espesores y longitudes de las tuberías que serán parte de los diferentes elementos del sistema de abastecimiento de agua, los cuales se calculan en base a criterios recomendados o de optimización dados por normas o guías, algunos de los aspectos a considerar son, el lugar de inicio del sistema, tanque de reserva, caudal de diseño, y la diferencia de cotas para determinar la necesidad o no de elementos adicionales ya sea para reducir o aumentar la presión.

Según Magne (2008), el diseño sanitario se refiere a aspectos ambientales y sanitarios para la construcción, diseño, operación, evaluación y control de, acueductos, alcantarillados, rellenos sanitarios, plantas y tecnologías para el tratamiento de agua, evaluación y mitigación de contaminantes de forma que se garantice la conservación y preservación de los recursos naturales y una mejor calidad de vida para las generaciones actuales y futuras. Para el sistema de abastecimiento de agua el diseño sanitario se refiere al estudio de la calidad de agua disponible y la determinación de la calidad de vida y salud de la población.

2.3. DISEÑO DE CAPTACIONES

El diseño de la captación de agua dependerá del tipo de fuente que se dispone, su ubicación, calidad y caudal, en la zona de la fuente se construye una estructura de captación que permita recolectar agua que luego será conducida al tanque de reserva. Sus características hidráulicas permitirán controlar el ingreso del agua y deben garantizar facilidad de inspección y operación, prevención de contaminación y espacio para la sedimentación, además de asegurar la estabilidad estructural de los elementos que componen la captación.

2.3.1. Tipos de fuentes de agua

Agua superficial

El agua superficial está compuesta de ríos, lagos, arroyos, etc. donde el agua circula naturalmente por la superficie terrestre, generalmente estas fuentes no son las más ideales para su consumo, especialmente si se ubican por debajo de zonas habitadas o de pastoreo, pero en caso no se disponga de otra fuente en la zona es necesario realizar estudios que permitan conocer la calidad física y microbiológica del agua, además del caudal del que se dispone (Agüero, 1997).

Agua lluvia

El agua lluvia se utiliza cuando el agua superficial no es de buena calidad y en zonas donde la precipitación es suficiente para abastecer el caudal deseado, para captarla se utilizan los techos de las casas o superficies impermeables para luego conducir el agua a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico (Agüero, 1997).

Aguas subterráneas

El uso de aguas subterráneas depende de las características hidrogeológicas de la zona y de la formación geológica del acuífero, el mismo que se forman debido a que parte de la precipitación en la cuenca se filtra en el suelo hasta zonas de saturación, la captación de estas fuentes se realiza a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos excavados o tubulares (Agüero, 1997).

2.3.2. Tipos de manantiales

Un manantial es el punto por donde se produce el afloramiento de agua subterránea, generalmente el agua fluye a través de estratos de material grueso, permeable o roca fisurada y el manantial surge al existir estratos impermeables que impiden el flujo subterráneo del agua y permiten que aflore a la superficie.

El dimensionamiento y diseño hidráulico de la captación dependerá de la topografía de la zona, el suelo y el tipo de manantial, además se debe garantizar que la corriente y caudal no sean modificados ya que cualquier variación de la fuente podría obstruir el flujo y provocar que el manantial tome otro cauce y desaparezca (Agüero, 1997).

Un manantial se clasifica por su ubicación y tipo de afloramiento. Por su ubicación tenemos los de ladera, en donde el agua aflora horizontalmente, y los de fondo, en donde el

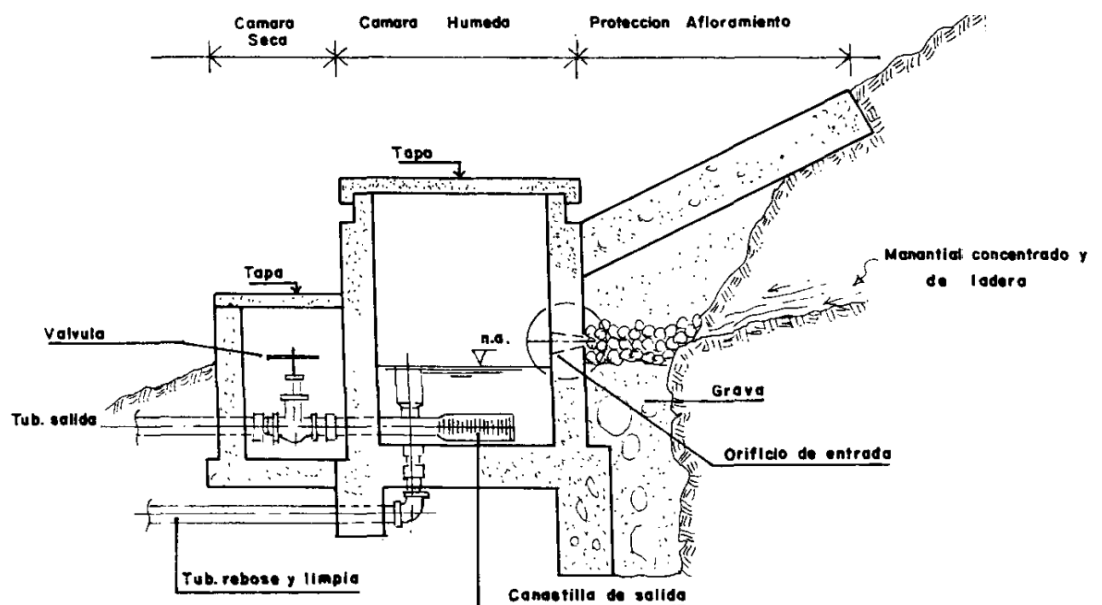
agua aflora hacia la superficie de forma ascendente. Por su tipo de afloramiento tenemos concentrado, en donde el agua aflora en un solo punto y sobre un área pequeña, y afloramiento difuso, donde el agua aflora en varios puntos y sobre un área mayor (Agüero, 1997).

2.3.3. Tipos de captación de manantiales

La fuente es un manantial de ladera y concentrado

La captación mostrada en la *Figura 1* consta de tres partes, la primera es la protección del afloramiento, la segunda una cámara húmeda donde se regulará el gasto necesario, y por último una cámara seca que servirá para proteger la válvula de control de salida y desagüe. La protección consta de una losa de concreto que cubrirá toda el área adyacente al afloramiento para evitar la contaminación, junto a la pared de la cámara húmeda se coloca material granular clasificado que evitará la socavación del área adyacente a la cámara y para aquietamiento de material en suspensión. La cámara húmeda cuenta con 2 elementos, una canastilla que permita la salida del agua a la conducción y una tubería de rebose para eliminar el exceso de agua captada (Agüero, 1997).

Figura 1. *Captación de un manantial de ladera y concentrado.*

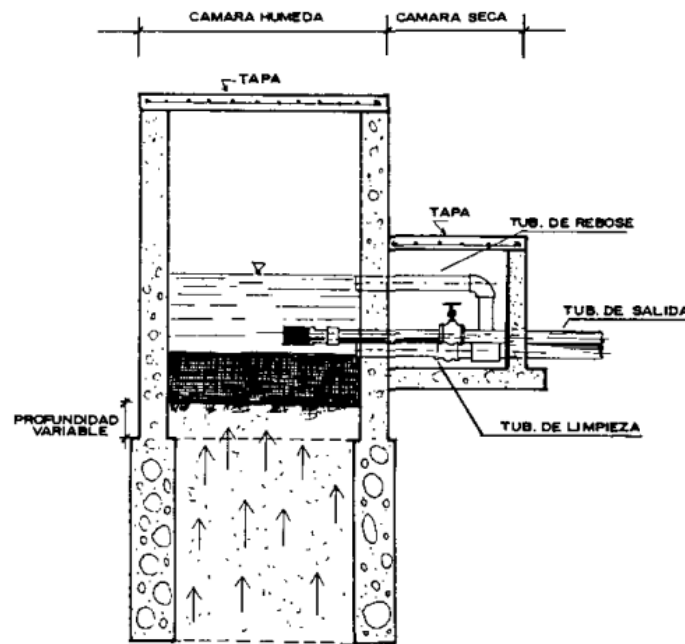


Nota. Adaptado de *Cámara de captación de un manantial de ladera y concentrado* [Figura 4.1], (p.38), por Agüero, 1997, Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. CC BY 2.0

La fuente es un manantial de fondo y concentrado

La captación mostrada en la *Figura 2* consta de dos partes, la primera una cámara húmeda sin fondo alrededor de la zona donde brota el agua, esta cámara regulará el gasto requerido con la canastilla de salida y eliminará el exceso de agua mediante la tubería de rebose, la segunda es la cámara seca que servirá para proteger la válvula de control de salida y desagüe (Agüero, 1997).

Figura 2. *Captación de un manantial de fondo y concentrado.*

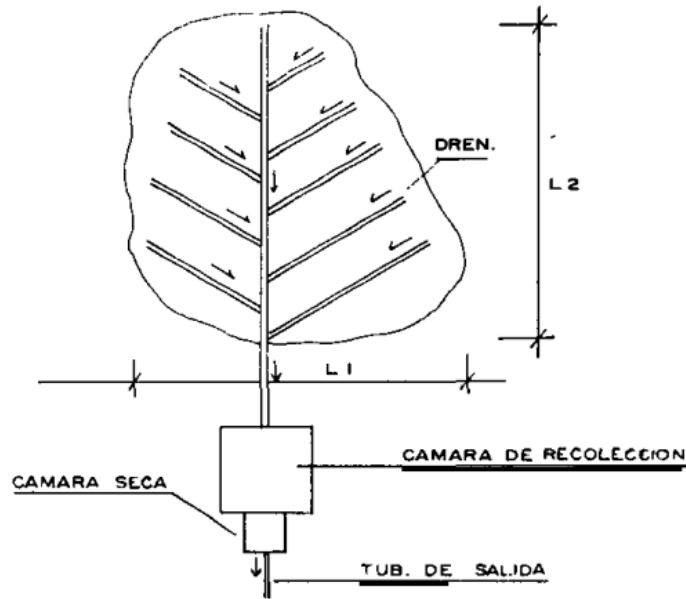


Nota. Adaptado de *Captación de un manantial de fondo y concentrado* [Figura 4.2], (p.39), por Agüero, 1997, Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. CC BY 2.0

La fuente es un manantial de fondo y difuso

En el caso de que existan varios manantiales de fondo cercanos entre sí, se puede construir en cada uno cámaras que conduzcan el agua mediante tubos o galerías hacia una cámara recolectora desde la cual inicia la conducción, también se contará con una cámara seca adyacente a la cámara recolectora con el fin de proteger las válvulas, el esquema de este tipo de captación se muestra en la *Figura 3* (Agüero, 1997).

Figura 3. Captación de un manantial de fondo y difuso



Nota. Adaptado de *Captación de un manantial de fondo y difuso*. [Figura 4.3], (p.39), por Agüero, 1997, Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. CC BY 2.0

2.4. DISEÑO DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

La línea de conducción es un componente importante dentro del sistema de abastecimiento de agua, su función principal es la de conducir el recurso desde la estructura de captación hasta el tanque de almacenamiento o sistema de tratamiento, el transporte puede darse a gravedad o por bombeo dependiendo de las condiciones topográficas del sitio (SIAPA, 2014).

2.4.1. Generalidades

Una línea de conducción se compone de un conjunto de tuberías de uno o varios materiales entre los que destacan: hormigón armado, acero, fibrocemento y PVC. La conducción generalmente se construye a favor del perfil del terreno y su colocación se realiza en función de optimizar el uso de los componentes tanto económicos como hidráulicos. Con un perfil de tubería ya definido por las condiciones topográficas del sitio, es necesario prestar atención de sobremanera a la línea de gradiente hidráulico, puesto a que esta deberá adaptarse dentro de un determinado rango de presiones que será clave para la optimización de los costos de la línea (SIAPA, 2014).

El sistema de conducción debe ser diseñado para transportar un 10% más del caudal máximo diario (QMD) según la normativa ecuatoriana. De acuerdo con el contexto en el que se desarrolle el proyecto, puede ser necesario instalar válvulas de seccionamiento, expulsoras de aire, reguladoras de presión etc., cuya ubicación y número estarán en función de las condiciones hidráulicas en las que se desenvuelva el proyecto (SIAPA, 2014).

2.4.2. Tipos de líneas de conducción

Las líneas de conducción se pueden clasificar de acuerdo con el modo de transporte del recurso en dos tipos:

- ✓ Conducción por bombeo
- ✓ Conducción a gravedad

Conducción por bombeo

Los sistemas de conducción por bombeo son generalmente utilizados para extraer agua de pozos o cárcamos en donde es indispensable producir un incremento brusco del gradiente hidráulico para vencer todas las pérdidas de energía, y así conducir el recurso hasta el punto de reserva (SIAPA, 2014).

Conducción por gravedad

El sistema de conducción por gravedad se caracteriza debido a que el transporte del agua se realiza a través de conductos o canales por acción de su propio peso, por lo que es de suma importancia que la fuente de abastecimiento se encuentre en una cota mayor a la de los puntos de distribución, puesto que esta diferencia de cotas posibilita el transporte del recurso (García, 2009).

Dentro de los sistemas de conducción por gravedad se puede encontrar dos tipos:

Sistemas de conducción por gravedad a flujo libre

Sistema que funciona solo con ayuda de la presión atmosférica del sitio. El transporte puede darse gracias a canales abiertos o también tuberías que funcionen parcialmente llenas. En el caso de que el transporte se dé a través de un canal puede existir contaminación del recurso debido a que el agua está en contacto directo con todos los eventos externos (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2013).

Sistemas de conducción por gravedad a presión

La conducción se realiza a través de tuberías que trabajan con su sección completamente llena, como consecuencia el transporte se realiza con una presión igual o mayor a la atmosférica (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2013).

2.4.3. Componentes de operación y mantenimiento

Válvula reguladora de caudal

Accesorio ubicado a la entrada del tanque de almacenamiento, permite regular el caudal de agua que entrara a la reserva.

Válvulas de aire

Válvula que permite eliminar la acumulación de aire en los puntos altos de la conducción, en vista de que pueden producir una reducción del área efectiva de la tubería y como consecuencia un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto (Agüero, 1997).

2.5. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO

Sistema conformado por unidades diseñadas específicamente para adecuar los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos del agua captada desde la fuente de abastecimiento, con la finalidad de que estos se encuentren dentro de los rangos establecidos por las normas de calidad para agua potable (Cooperación Alemana, 2017).

El diseño de la planta de tratamiento se realiza de acuerdo con el nivel requerido de remoción de sustancias, que depende directamente de la calidad inicial del agua (Cooperación Alemana, 2017).

2.5.1. Desinfección

La desinfección es un proceso de remoción de microorganismos patógenos que se realiza con la ayuda de agentes químicos o físicos. Una característica esencial de un desinfectante es su efecto residual, pues los sistemas de agua potable requieren eliminar cualquier riesgo de contaminación microbiana posterior, por lo que un desinfectante que no pierda su efecto inmediatamente después de salir de la cámara de desinfección es esencial (Cooperación Alemana, 2017). Según la normativa ecuatoriana vigente, el proceso de

desinfección es un requerimiento mínimo en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

Antes de considerar un proceso de desinfección se debe evaluar la calidad inicial con la que se capta el agua, esto se realiza a través de una comparación de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas con los parámetros requeridos por la normativa vigente. (Cooperación Alemana, 2017)

Para que un desinfectante sea eficaz frente al proceso de remoción de organismos debe cumplir con las siguientes características:

- ✓ Ser capaz de remover patógenos en un corto tiempo de contacto con el agua (Cooperación Alemana, 2017).
- ✓ No generar subproductos tóxicos al momento de realizar el proceso de desinfección (Cooperación Alemana, 2017).
- ✓ Si se trabaja en el sector rural es muy importante la facilidad y seguridad con la que se pueda aplicar el desinfectante (Cooperación Alemana, 2017).
- ✓ Debe poseer un efecto residual para evitar reinfecciones a la salida de la cámara de desinfección (Cooperación Alemana, 2017).

2.5.2. Cloración como proceso de desinfección

Uno de los métodos más utilizados para la desinfección del agua es la cloración. El cloro es un compuesto químico que posee muchas de las características necesarias para ser un desinfectante eficaz, entre las cuales están: efecto residual, fácil aplicación y muy económico, periodos de contacto con el agua poco prolongados para la desinfección, efectivo tanto para remover virus como bacterias (Cooperación Alemana, 2017).

El cloro como un desinfectante comercial puede venir en tres distintas presentaciones, y la elección de cada una de estas depende casi en su totalidad de la capacidad de operación y mantenimiento que se posea.

2.5.2.1. Presentaciones cloro disponibles para la desinfección

Cloro gas. Su aplicación se da a través de eyectores de alta presión directamente al agua, buscando que el cloro se disuelva completamente. Este proceso está dirigido generalmente a sistemas de agua potable para poblaciones medianas y grandes (Cooperación Alemana, 2017).

Cloro sólido. Conocido principalmente por el hipoclorito de calcio, es una de las presentaciones del cloro que se puede encontrar tanto en tabletas como en polvo y es aplicada generalmente a través de difusores o hipocloradores y mediante tabletas para su aplicación en piscinas (Cooperación Alemana, 2017).

Cloro líquido. El hipoclorito de sodio es la presentación comercial del cloro líquido. La aplicación de esta sustancia es relativamente sencilla y se puede realizar directamente en la cámara de cloración por medio de dispositivos de gravedad o mediante bombas dosificadoras (Cooperación Alemana, 2017).

2.5.2.2. *Dosis de cloro*

La cantidad de desinfectante a utilizar estará en función de que tan buena es la calidad del agua captada desde la fuente de abastecimiento (Cooperación Alemana, 2017). Por lo que es indispensable conocer cuáles son los parámetros microbiológicos a los que se necesita atacar, y con ello categorizar la calidad del recurso captado. Conocer previamente la calidad del agua ayuda sobre todo en los sectores rurales, en donde es muy difícil calcular la dosis exacta de cloro, pues determinarla conlleva de personal y aparatos especializados.

Para aguas de excelente calidad suele ser necesaria únicamente la cantidad de Cloro residual libre (Cooperación Alemana, 2017).

La dosis de cloro necesaria se define como:

$$Dosis\ cloro\ \left(\frac{mg}{L}\right) = Demanda\ de\ cloro\ \left(\frac{mg}{L}\right) + Cloro\ residual\ libre\ \left(\frac{mg}{L}\right)$$

Se denomina demanda de cloro a la cantidad de cloro que se consume al entrar en contacto con el agua, este consumo se da por dos razones, la reacción química entre ambos compuestos y la eliminación de los patógenos (Cooperación Alemana, 2017).

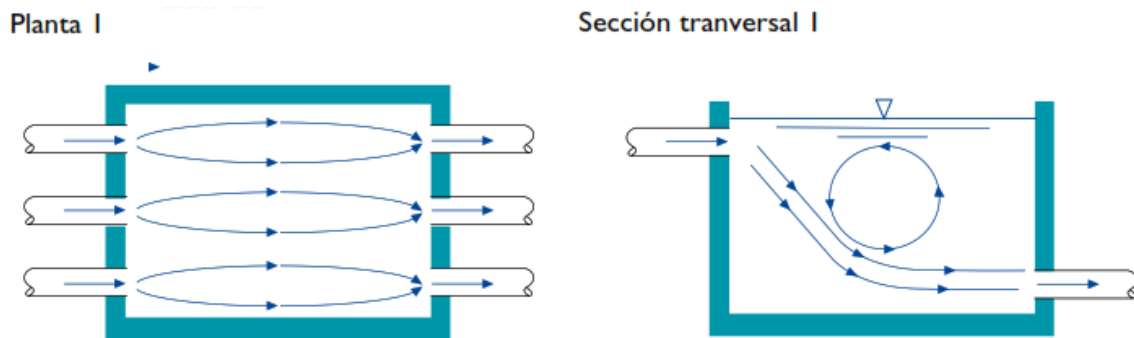
Cloro libre. Es la cantidad de cloro disponible para la desinfección del agua, una vez que se produjo la reacción química entre el agua y el cloro (Cooperación Alemana, 2017).

Cloro residual libre. Es el porcentaje de cloro libre disponible luego de todo el proceso de desinfección del agua, es decir, una vez realizada la remoción de los microorganismos presentes (Cooperación Alemana, 2017).

2.5.2.3. Tiempo de concentración

El tiempo de contacto que se requiere entre el cloro y el agua depende directamente del volumen del reactor, es decir la unidad donde se aplicará el desinfectante y del caudal que ingrese a este reactor (Ver *Figura 4*). En todo momento se debe asegurar un flujo tal que produzca una mezcla completa entre el cloro y el agua durante el tiempo de contacto establecido. En el sector rural generalmente se realiza el proceso de cloración en el tanque de almacenamiento, estructura que no está diseñada para producir una correcta mezcla entre los compuestos pues posee una gran cantidad de volúmenes muertos y cortocircuitos, por lo que el tiempo real de concentración se vuelve una incertidumbre (Cooperación Alemana, 2017).

Figura 4. Modelos de cámaras de contacto para la cloración.



Nota. Adaptado de *Modelos de cámaras de contacto para la cloración* [Imagen], por Cooperación Alemana, 2017, GIZ (<https://www.giz.de/en/worldwide/28451.html>). CC BY 2.0

2.6. DISEÑO DE RESERVA Y DISTRIBUCIÓN

2.6.1. Tanque de reserva

El tanque de almacenamiento o reserva es un depósito generalmente de hormigón armado que permite almacenar y distribuir el agua a la población. Esta estructura está especialmente diseñada para permitir un servicio eficiente y constante en las horas de máximo consumo, en los sectores rurales suele también albergar el sistema de tratamiento básico para el agua (Usaid, 2016).

Es idóneo que los sistemas de almacenamiento se encuentren en una cota por arriba de la población servida, esto para permitir que el agua circule por la red de distribución

solamente con ayuda de la gravedad. Cuando esta alternativa se imposibilita suele ser necesario el uso de un tanque elevado, aumentando los costos de construcción (OMS, 1996).

El dimensionamiento de la reserva depende de la demanda promedio de agua, que puede determinarse a partir de un histograma de consumo de un día tipo cualquiera, así como de la frecuencia de suministro del recurso que se requiera.

El sobredimensionamiento del tanque de reserva afectará directamente a la calidad del recurso, sobre todo si cumple la función de un sistema de tratamiento, debido a que el cloro residual que permite remover los microorganismos del fluido se disipa con el tiempo, lo que quiere decir que un mayor tiempo de almacenamiento del agua, significa una menor cantidad de cloro residual que podría utilizarse en el transporte del agua por la red distribución (CARE/AVINA, 2012).

Este prolongado tiempo de almacenamiento también afecta el sabor y olor del fluido, por lo que es muy importante manejar correctamente la frecuencia de suministro de agua.

2.6.1.1. Tipos de tanques de reserva

Se puede organizar a los tanques de almacenamiento de acuerdo con su posición con respecto al nivel del terreno en: enterrados, semienterrados, superficiales y elevados.

Tanques enterrados. Este tipo de depósitos se encuentran debajo del suelo, por lo que son idóneos cuando el terreno permite una fácil excavación y es posible un correcto funcionamiento del sistema de distribución, al implantarse el tanque en esta cota. Con un tanque enterrado nos aseguramos de que no van a existir graves variaciones de temperatura (Aguirre, 2015).

Tanques semienterrados. Esta estructura se encuentra construida tanto por debajo del nivel del suelo como arriba de él, son óptimos cuando el suelo de implantación no es de fácil excavación (Aguirre, 2015).

Tanques superficiales. Estos depósitos se encuentran implantados sobre la superficie del terreno, por supuesto, cuando esta es lo suficientemente firme y se permite un correcto funcionamiento hidráulico de la estructura (Aguirre, 2015).

Tanques elevados. Los tanques elevados son utilizados generalmente en topografías planas, justamente para compensar la poca presión de servicio existente en el sistema de

distribución de agua. Al tener que ser soportados por columnas, pilotes o torres de concreto su tamaño debe ser regulado de acuerdo con su viabilidad económica (Aguirre, 2015).

2.6.2. Sistema de distribución

Se conoce como red de distribución de agua a aquel conjunto de tuberías, válvulas, cámaras de desagüe, de limpieza y conexiones domiciliarias que tienen la finalidad de transportar agua desde la planta de tratamiento o tanque de almacenamiento hasta la conexión del servicio, que puede ser una toma de agua comunitaria o conexiones domiciliarias; se espera que la distribución a cada domicilio preserve la calidad y cantidad de agua, así como las presiones suficientes para satisfacer al usuario (Gur & Spuhler, 2017).

El sistema de distribución de agua para consumo humano se conforma de dos elementos importantes, una tubería matriz que se encarga de transportar el agua a través de todo el terreno y las conexiones domiciliarias que se conectan a esta red principal para conducir el recurso a cada uno de los hogares.

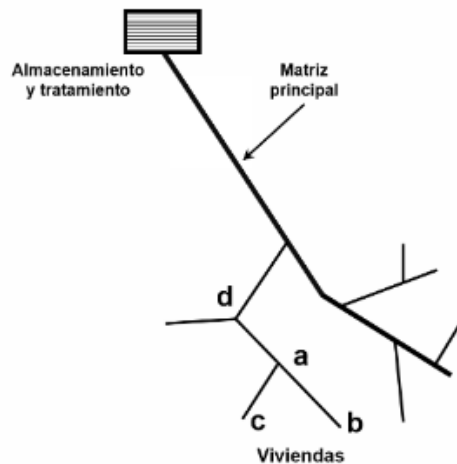
2.6.2.1. Tipos de redes de distribución

Según la forma del circuito se puede clasificar a las redes de distribución en dos tipos: red abierta o ramificada y red cerrada o mallada. (CARE/AVINA 2012).

Red abierta o ramificada.

Generalmente utilizada para abastecer a poblaciones dispersas, este sistema funciona de tal manera que de la tubería matriz nacen una serie de ramificaciones que terminan en puntos ciegos o muertos (Ver *Figura 5*). El sistema suele utilizarse sobre todo en sectores rurales, donde la topografía complica tanto económica como técnicamente trazar un circuito cerrado de tuberías. Es común que el crecimiento poblacional de las comunidades rurales sea de una forma lineal, es decir a lo largo de un camino o río que generalmente es donde se suele colocar la red principal (Aguirre, 2015).

Figura 5. Sistema de distribución ramificada



Nota. Adaptado de *Sistema de distribución ramificada* [Imagen], (p.34), por USAID, 2016, USAID (Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad) CC BY 2.0

Es importante mencionar varias características que condicionan el uso de una red de distribución abierta:

- ✓ El flujo del agua corre en un solo sentido, por lo que al momento en que la red necesite mantenimiento existirá un corte del servicio de agua desde la válvula de compuerta hacia abajo, dejando a una gran parte de la población sin agua (USAID, 2016).
- ✓ Suele existir una acumulación de sedimentos, olores y sabores no deseados debido a la permanencia estática del agua en los puntos muertos de la red, por lo que es indispensable la instalación de válvulas de purga para limpiar cada cierto tiempo la acumulación de estas sustancias (USAID, 2016).

Red cerrada o mallada.

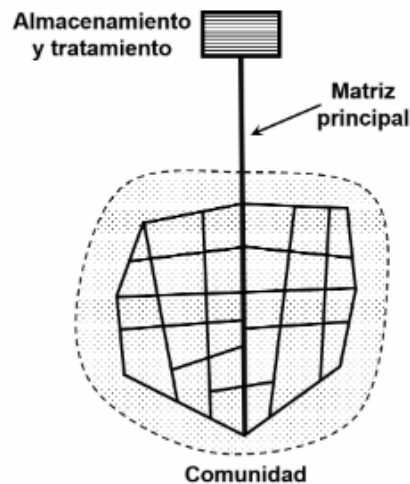
Una red de distribución cerrada es aquella por donde el agua circula de manera interconectada, en forma de una malla, generando un sistema cerrado que mantiene una presión y caudal casi uniformes (Ver *Figura 6*). Antes de utilizar un sistema de distribución cerrado se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Es viable económicamente solo para poblaciones que se desarrollen por manzanas o cuadras (CARE/AVINA 2012).
- ✓ No existen puntos muertos en la red, pues el agua se mantiene en circulación

constantemente debido al circuito cerrado (Aguirre, 2015).

- ✓ El agua corre en varios sentidos, por lo que un corte de la red no deja sin servicio a los domicilios adyacentes (Aguirre, 2015).

Figura 6. *Sistema de distribución mallada*



Nota. Adaptado de *Sistema de distribución mallada* [Imagen], (p.34), por USAID, 2016, USAID (Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad) CC BY 2.0

2.6.2.2. *Componentes de operación y mantenimiento*

Para un correcto y duradero funcionamiento del sistema de distribución son necesarios ciertos componentes.

- ✓ Válvula de paso: Accesorio que permite controlar o regular el paso de agua por la tubería matriz, por lo que es sumamente importante al momento del mantenimiento de la red (USAID, 2016).
- ✓ Válvula de limpieza: También conocida como válvula de purga, ayuda a eliminar los sedimentos acumulados en los tramos finales de la tubería, sobre todo en los puntos muertos de los sistemas de distribución abiertos (USAID, 2016).
- ✓ Tanque rompe presión: Estructura de hormigón armado que suele ser necesaria cuando la red de distribución se implanta sobre topografías accidentadas, en donde existe un gran desnivel entre el tanque de almacenamiento y las viviendas (USAID, 2016).

2.6.2.3. *Conexiones domiciliarias*

Se conoce como conexiones domiciliarias al conjunto de conductos y accesorios que se conectan a la red de distribución matriz para llevar el recurso a cada uno de los hogares. Estos conductos suelen requerir diámetros de trabajo muy pequeños que son como máximo de ½” debido al pequeño caudal que deben transportar, sobre todo en los sistemas de abastecimiento rurales (USAID, 2016).

Se debe evitar de sobre manera la instalación de conexiones domiciliarias a partir de las líneas de impulsión o conducción, al menos que exista un argumento plenamente justificado y aprobado por la institución competente (USAID, 2016).

2.7. DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural dentro de un sistema de suministro de agua para consumo humano suele ir dirigido para los depósitos de abastecimiento, tratamiento y conducción de agua; el principal objetivo es proponer una estructura resistente, durable, impermeable y con un proceso constructivo económico. El concreto armado suele ser el material de construcción que garantiza tanques funcionales con un sencillo proceso constructivo, por lo que es el más adecuado para la construcción de estas estructuras (Orihuela & Sánchez, 2016).

2.7.1. Análisis estructural de tanques rectangulares

Los tanques rectangulares se pueden analizar asumiendo que su comportamiento estructural sea el de una losa, unidireccional o bidireccional, dependiendo de las características geométricas y condiciones de apoyos de cada una de las losas. Estas losas, dependiendo de su ubicación, se verán sometidas a cargas estáticas ejercidas por la presión del agua, presión del suelo y por supuesto sobrecargas, que pueden ser triangulares y uniformemente distribuidas, dependiendo del caso en análisis (Orihuela & Sánchez, 2016).

El análisis de losas unidireccionales puede realizarse aplicando las metodologías clásicas, mientras que las losas bidireccionales se vuelven elementos más complicados de analizar, por lo que suele ser necesario el uso de tablas que nos permitan obtener resultados aproximados a la realidad (Orihuela & Sánchez, 2016).

2.7.2. Métodos de diseño

Método de secciones

El diseño por el método de las secciones toma en cuenta un modelo de análisis que se basa en considerar que los tanques están contruidos por seis distintas losas: tapa, base y muros, que se encuentran sometidos a cargas uniformemente distribuidas (Arévalo & Barahona, 2013).

Dependiendo del elemento, la estructura puede ser diseñada en una o dos direcciones de acuerdo con la relación entre sus dimensiones. El cálculo de las fuerzas internas suele realizarse a través de cortes transversales en las zonas críticas con el fin de conseguir secciones de diseño, haciendo énfasis en lugares donde las cargas y deflexiones sean las máximas (Arévalo & Barahona, 2013).

Método de la PCA

El método de diseño de la PCA se realiza con ayuda de tablas que permiten obtener valores de deflexión, cortante y momentos de acuerdo con las cargas y condiciones de borde que se manejen. El material se puede encontrar en la publicación *Rectangular Concrete* y los coeficientes de cortante y momento que se presentan en las tablas se obtuvieron gracias a un análisis de elementos finitos de placas bidimensionales sujetas a cargas en el programa SAP 90 (Arévalo & Barahona, 2013).

La selección de las tablas a utilizar para el diseño de los tanques rectangulares se debe realizar de acuerdo con los siguientes criterios:

- ✓ Condiciones de apoyo con las que se encuentra el muro a ser analizado, el método considera que el muro se encuentre empotrado, articulado, o libre en sus extremos (Arévalo & Barahona, 2013).
- ✓ La relación del lado del muro en análisis con respecto a la altura con lo que se obtiene un coeficiente (Arévalo & Barahona, 2013).

3. CAPITULO III: INFORMACIÓN GENERAL Y BASES DE DISEÑO DEL PROYECTO JARUNGO

Este capítulo contiene la información que caracteriza al proyecto Jarungo, para lo cual fue necesario recolectar información en campo a fin de evaluarla y cuantificarla de manera que se identifiquen las características del sector y se evalúe el sistema actual de abastecimiento de agua y modo de vida de sus habitantes, y por consiguiente poder establecer las bases de diseño para el nuevo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

La recolección de datos en campo incluye el levantamiento topográfico de la zona, identificación de la red actual de distribución y la evaluación de su estado, encuestas socioeconómicas a su población para la recolección de datos que permitan cualificar la calidad de vida de estos, encuesta de necesidades de agua para cuantificar la demanda, además de encontrar posibles problemas en el sistema actual de abastecimiento de agua para consumo humano.

3.1. INFORMACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

3.1.1. Ubicación

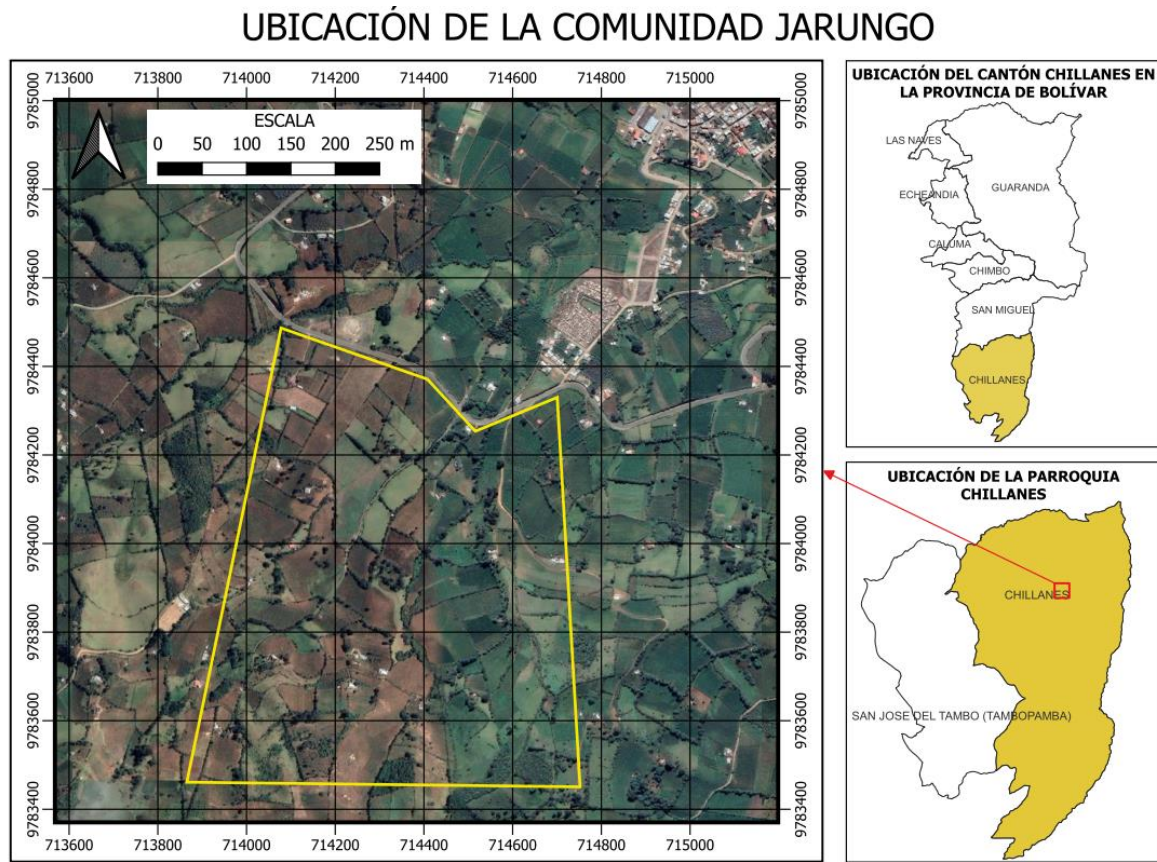
La comunidad Jarungo es una zona rural perteneciente a la parroquia de Chillanes, cantón Chillanes, provincia de Bolívar, situada al oeste de la Vía San Pablo Chillanes colindante al área urbana de Chillanes. Se ubica en la región central del Ecuador en una zona de transición entre la Costa y la Sierra, por lo que el territorio es montañoso y moderadamente accidentado. En la *Figura 7* se muestra la ubicación de la provincia de Bolívar en Ecuador, mientras que en la *Figura 8* la ubicación de la comunidad Jarungo con respecto al cantón Chillanes y la parroquia de Chillanes.

Figura 7. Ubicación de la provincia de Bolívar.



Nota. Fuente: Elaboración propia con QGIS mediante el uso de capas de *Cómo descargar capas shapefiles para provincia, cantón, parroquias Ecuador* [Video], por Loján, 2020, YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=PEiEi4Kt6S4>). CC BY 2.0

Figura 8. Ubicación de la comunidad Jarungo



Nota. Fuente: Elaboración propia con QGIS mediante el uso de capas de *Cómo descargar capas shapefiles para provincia, cantón, parroquias Ecuador* [Video], por Loján, 2020, YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=PEiEi4Kt6S4>). CC BY 2.0

3.1.2. Clima

Según el GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES (2012) el clima es poco variable de acuerdo con los indicadores climáticos obtenidos de las estaciones climatológicas Chillanes y Bucay, ubicadas al este y sur del cantón y una estación pluviométrica en la parroquia San José del Tambo ubicada al oeste del cantón. La conformación geográfica de la subcuenca del río Chimbo permite la existencia de varios microclimas en los cuales varía la temperatura y precipitación en pequeñas distancias, la *Tabla 1* muestra las características climáticas del cantón Chillanes.

Tabla 1. Características climáticas del cantón Chillanes

Temperatura promedio (°C)	Altitud (m.s.n.m)	Nubosidad	Precipitación anual (mm)
13	2340	Media	1500

Nota. Adaptado de *Cuadro No. 1: Regímenes de humedad y temperatura en la provincia Bolívar y en el cantón Chillanes*, (p.6) por GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES, 2012, (PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CHILLANES, PROVINCIA DE BOLIVAR). CC BY 2.0

La comunidad de Jarungo se encuentra ubicada en el piso climático templado subandino, correspondiente a una altitud entre los 1500 y 2000 metros sobre el nivel del mar con temperaturas entre los 15°C y los 19°C, con una pluviosidad entre los 1000 a 2000 mm anuales. Se distinguen claramente 2 estaciones: verano e invierno, las mayores precipitaciones se dan en los meses de diciembre a mayo considerando este periodo de invierno, mientras los meses restantes como verano, en donde los meses de julio y agosto se caracterizan por ventiscas fuertes.

3.1.3. Geología

Según el GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES (2012) la zona se ubica sobre la cordillera occidental y sus estribaciones de tipo montañoso, de acuerdo con el estudio de suelos realizado por GEOVIAL (2006) la zona sobre la cual se ubica la comunidad Jarungo es moderadamente montañoso, y geológicamente pertenece a suelos volcánicos de la formación Macuchi recubiertos por sedimentos tipo cangahua.

De acuerdo con el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG) la caracterización de los suelos del cantón Chillanes se da por su textura, profundidad y color, la comunidad Jarungo cuenta con suelos de textura franca, moderadamente profundos y amarillos; en cuanto a la clasificación del suelo por su taxonomía principalmente cuentan con un Molisol, este suelo se caracteriza por ser de color oscuro, con buen drenaje e ideales para la agricultura (GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES, 2012).

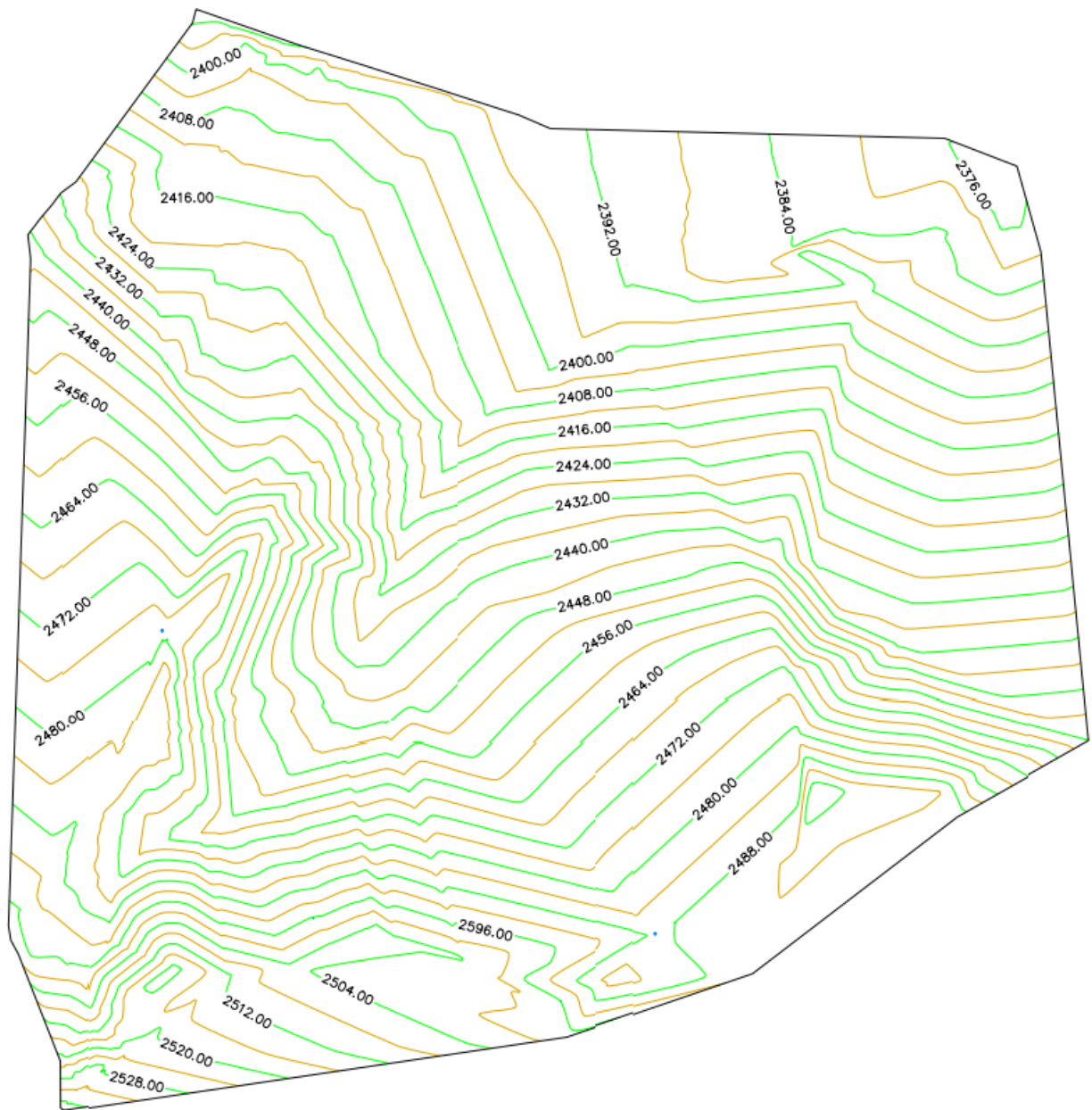
3.1.4. Topografía

El diseño del nuevo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano se realizó en base al estudio topográfico utilizando un GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), con el cual se logró obtener la ubicación precisa de cada uno de los elementos

que conformarán el nuevo sistema de abastecimiento de agua, que incluye la captación, conducción, reserva y distribución.

Se realizó el levantamiento topográfico de un área moderadamente accidentada de 64,22 hectáreas. Para el procesamiento de los puntos tomados se utilizó el software AutoCAD Civil 3D, con el cual se obtuvo un plano topográfico de toda la zona como se muestra en la *Figura 9*.

Figura 9. Topografía de la zona de implantación del sistema de Distribución.



Nota. Fuente: elaboración propia

La equidistancia entre las curvas de nivel es de 4m de forma que se pueda apreciar adecuadamente la planimetría y altimetría del terreno con el valor de la altitud cada 8m, y se lo determinó de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3.1 de la “NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL”, CO 10.7-602, para conseguir la pendiente media del terreno se utilizó *Google Earth*, obteniendo un valor de 18.1% como se observa en la *Figura 10*, debido que esta pendiente está cercana al 20% se eligió una equidistancia de las curvas de nivel de 4m.

Tabla 2. *Intervalos entre curvas de nivel*

PENDIENTE MEDIA DEL TERRENO (%)	EQUIDISTANCIA (m)
< 2	0.5
2 al 5	1.0
5 al 10	2.0
10 al 20	2.5
> 20	5.0

Nota. Adaptado de *Intervalos entre curvas de nivel* [Tabla 3.1], (p.16) por SENAGUA, 2016, (NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL). CC BY 2.0

Figura 10. Pendiente media del terreno

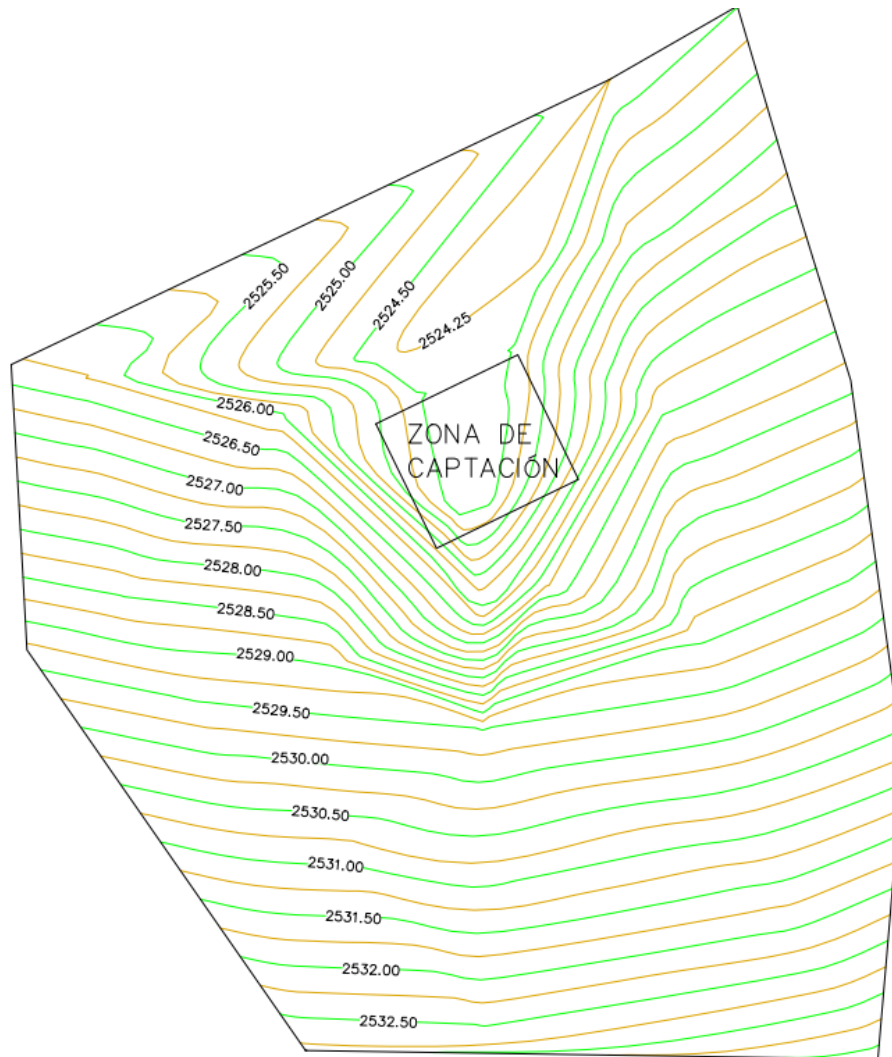


Nota. Fuente: elaboración propia utilizando Google Earth.

La topografía correspondiente a la zona de implantación de la captación y la línea de conducción se muestra en la *Figura 11*, en este caso la equidistancia entre las curvas de nivel es de 0.25m para un área de 0.029 hectáreas, las cotas correspondientes a estos elementos son las siguientes:

- ✓ Cota inicial de la captación: 2524.574 m.s.n.m
- ✓ Cota hasta el tanque de reserva: 2523.309 m.s.n.m
- ✓ Longitud de la conducción: 3.9m

Figura 11. Topografía de la zona de implantación de la captación y línea de conducción



Nota. Fuente: elaboración propia

3.1.5. Mecánica de suelos

La mecánica de suelos se realizó abarcando la zona de captación y tanque de almacenamiento gracias a la cercanía de ambos elementos, con dos objetivos, el primero realizar una identificación manual visual de los diferentes estratos y el segundo determinar si el suelo sobre el que esta cimentado el tanque de almacenamiento cuenta con una capacidad portante admisible suficiente para soportar el peso de toda la estructura y del agua sin sufrir asentamientos o provocar daños estructurales.

3.1.5.1. Clasificación manual visual

Se realizó una clasificación manual visual con ayuda de una calicata de 2.20m de profundidad, en donde se encontraron tres diferentes estratos, el primero designado como A1 es un suelo orgánico plástico por donde filtra y circula agua subterránea, el segundo designado como A2 es un suelo plástico inorgánico que se define como el estrato impermeable, mientras que el estrato A3 es igualmente un suelo plástico con líticas de roca de 10 a 15cm.

3.1.5.2. Clasificación SUCS

A los tres estratos identificados visualmente se les realizó un ensayo de clasificación de suelos (SUCS) cuyos resultados se indican en el *ANEXO 4*, los mismos fueron ejecutados por el *Laboratorio de Suelos Y Materiales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)* en donde se obtuvo que el estrato A1 es un Limo orgánico (OH), y los estratos A2 y A3 son Limos inorgánicos de alta plasticidad (MH).

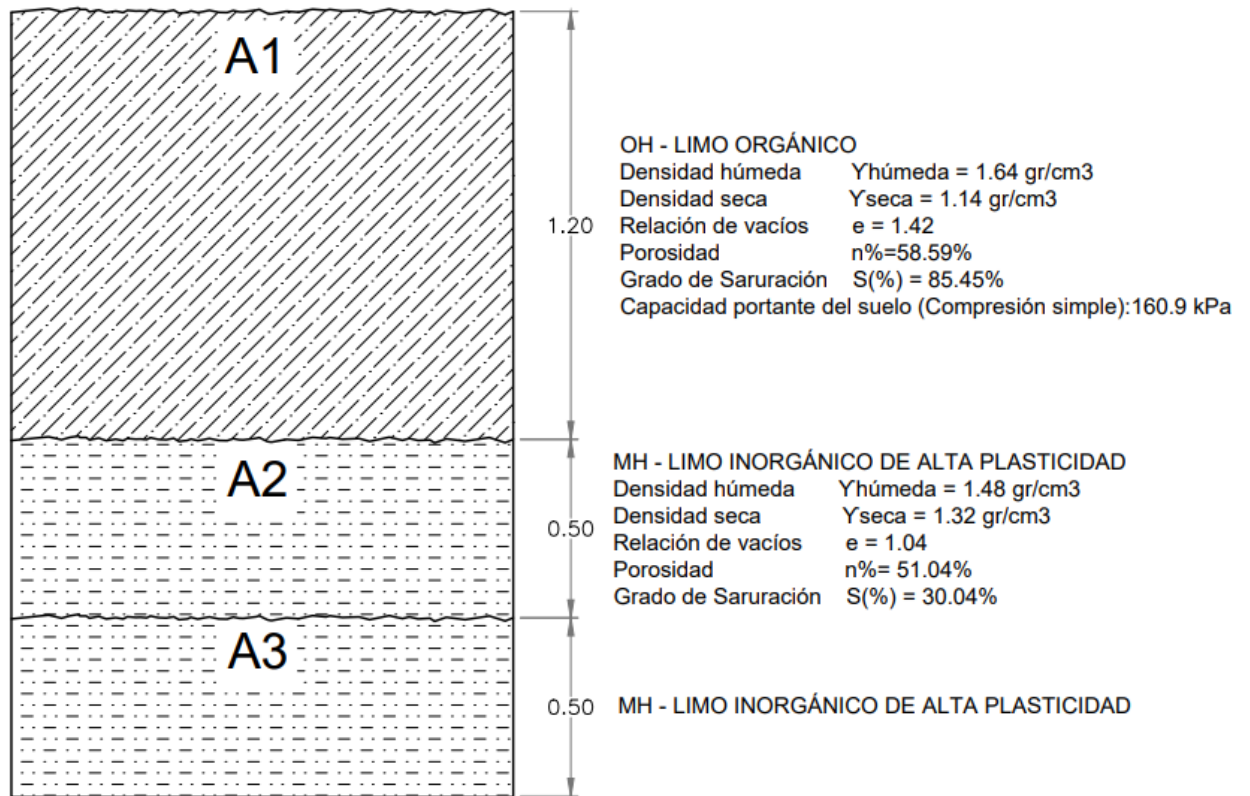
3.1.5.3. Relaciones Fundamentales

Para el posterior diseño de la captación es necesario conocer las propiedades físicas del suelo con el que va a tener contacto la estructura, por lo que a los estratos A1 y A2 se les realizó el ensayo de Relaciones Fundamentales en el *Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)*., de donde se obtuvo características como su densidad húmeda y seca, relación de vacíos (e), porosidad (n%) y grado de saturación (S%) como se muestra en la *Figura 12*.

3.1.5.4. Capacidad portante del suelo

Se determinó que el estrato A1 soporta el peso del tanque de reserva, por lo que es indispensable obtener su capacidad portante, con ayuda de un ensayo de Compresión Simple en el *Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)* se obtuvo una capacidad portante de 160.9 kPa.

Figura 12. Caracterización del suelo



Nota. Fuente: elaboración propia

3.2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE SUMINISTRO DE AGUA Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS EN LA COMUNIDAD JARUNGO

3.2.1. Sistema actual de suministro de agua

3.2.1.1. Captación

La comunidad Jarungo se abastece en la actualidad gracias a una fuente de agua subterránea de tipo manantial ubicada a una elevación 2524 m.s.n.m. El recurso se capta por medio de un cajón de hormigón de 1.4 metros de largo, 0.76 metros de ancho y 0.40 metros de profundidad y cuenta con paredes de 20 cm (Ver *Figura 13*). El cajón cumple con la función de captación y también de desarenador, pues presenta una pendiente aproximada del 1% en su solera que le permite retener sedimentos, la limpieza del cajón se puede realizar gracias a un agujero que se encuentra a 15 cm del suelo y permite evacuar los sedimentos represados. El tubo de PVC de 3 pulgadas que conduce el agua captada desde el cajón hasta el tanque de reserva se encuentra a una altura de 30 cm desde el suelo.

Figura 13. *Sistema de captación actual*



Nota. Fuente: elaboración propia

El “CÓDIGO DE PRÁCTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.” CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 Primera revisión, propone cinco criterios que deben seguirse para el diseño de una captación de vertiente subterránea.

El primero de ellos propone que la captación no debe alterar de ninguna manera la condición hidráulica del acuífero (INEN, 1997). Condición que se cumple con el sistema actual, pues el cajón de hormigón no impide ni obstaculiza la circulación de agua en el acuífero.

La descarga de la vertiente en la captación debe ser libre (INEN, 1997). La captación se encuentra 40 cm debajo del ojo de agua y fue construida justamente para que el recurso desemboque libremente en el cajón de hormigón.

El acuífero se protegerá frente a la erosión (INEN, 1997). La zona en donde se encuentra el manantial actualmente no cuenta con ningún tipo de mantenimiento o estructura protectora frente a eventos erosivos, por lo que se ha evidenciado deslizamiento de maleza en las cercanías del acuífero, debido al gran tamaño de esta.

Las estructuras deben evitar el ingreso de luz (INEN, 1997). La captación actual es un cajón de hormigón que permite el paso de luz y también de agua lluvia, pues no posee ninguna estructura que mantenga al agua captada protegida de eventos climáticos externos.

La captación deberá estar protegida ante cualquier tipo de contaminación y vandalismo (INEN, 1997). La captación de la comunidad Jarungo se encuentra cercada por alambres de púas y ubicada a unos 800 m de la carretera más cercana y no se realiza ningún tipo de actividad ganadera o agrícola a una cota mayor que la de la captación.

La normativa propone un diseño de captación sustentado en estudios técnicos como la topografía del sitio y la litología, algo que no se cumplió al momento de construir la estructura actual, debido a que no existe ningún tipo de documento que contenga el criterio técnico con el que se diseñó el sistema de captación.

3.2.1.2. *Conducción*

El sistema de conducción de la comunidad Jarungo se compone de una tubería de PVC de 3 pulgadas de diámetro con una longitud de 3.90 metros desde la captación hasta el tanque de reserva, y una pendiente aproximada del 1%. La tubería no se encuentra instalada bajo tierra y es propensa a cualquier evento externo (Ver *Figura 14*).

Figura 14. *Sistema de conducción actual*



Nota. Fuente: elaboración propia

El “CÓDIGO DE PRÁCTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.” CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 Primera revisión, estipula que todo sistema de conducción debe poseer estructuras y accesorios que permitan el correcto funcionamiento del sistema y una eficiente operación y mantenimiento. Además, propone que el sistema de conducción debe poseer estructuras como anclajes o tensores que permitan la estabilidad física de la tubería (INEN, 1997).

El sistema de conducción de la comunidad Jarungo se compone solo de una tubería de PVC, esto gracias a que la captación se encuentra a unos pocos metros del tanque de reserva, este pequeño tramo de conducción no posee ningún tipo de estructura o accesorio hidráulico, en vista de que al ser un tramo tan pequeño no presenta un aumento significativo de presión ni de aire. La normativa estipula que la línea de conducción debe poseer como mínimo una presión dinámica de 5 kg/cm^2 , esta presión residual tiene como objetivo prevenir la pérdida de energía que se producirá a la entrada del tanque de almacenamiento debido a la colocación de una válvula reguladora de caudal.

3.2.1.3. Almacenamiento

El sistema de almacenamiento actual posee un único tanque ubicado a una altura de 2521 m.s.n.m. El tanque es de forma rectangular con una base de 3.13 metros de ancho, 4.12 metros de largo y 2.20 metros de altura, con paredes de 20 cm. El volumen útil del tanque es de 20.31 m^3 y está construido con hormigón armado.

El “CÓDIGO DE PRÁCTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.” CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 Primera revisión, dicta una serie de criterios con los que debe cumplir el diseño de un tanque de almacenamiento:

- ✓ Toda el área de la implantación de la estructura debe protegerse del escurrimiento superficial (INEN, 1997).
- ✓ La entrada y salida del recurso se realizará con ayuda de dos tuberías independientes y localizadas en extremos opuestos (INEN, 1997).
- ✓ Es necesario colocar un paso directo o también conocido como bypass (INEN, 1997).

- ✓ Los tanques deben estar cubiertos y deben contener una boca de visita que incluya una tapa sanitaria (INEN, 1997).
- ✓ Deben existir tuberías de rebose que descarguen libremente con un diámetro capaz de evacuar el caudal máximo de alimentación (INEN, 1997).
- ✓ Sobre el nivel máximo del tanque debe construirse una cámara de aire de mínimo 0,30 m de altura (INEN, 1997).
- ✓ El tanque debe poseer por lo menos dos tubos verticales que permitan su ventilación y deben colocarse en extremos opuestos (INEN, 1997).

El tanque de reserva cuenta con una tubería de entrada que se conecta directamente a la captación y dos mangueras de 1 pulgada a la salida para la distribución, ambos conductos están ubicados en extremos opuestos. El tanque también posee una boca de visita con una tapa metálica que permite la revisión y limpieza de la estructura (Ver *Figura 15*). El diseño incluye también una tubería de 2 pulgadas de diámetro que permite evacuar el rebose del tanque. Ninguno de los otros criterios planteados por la normativa se ha incluido dentro de la construcción actual.

Es de suma importancia mencionar que el tanque de almacenamiento no posee ningún tipo de sistema de regulación de caudal, por lo que la cantidad de agua que ingresa al tanque es variable. Esta observación nos permite intuir que el sistema de distribución y almacenamiento no funcionan en base a un caudal máximo diario.

Figura 15. *Sistema de reserva actual*



Nota. Fuente: elaboración propia

3.2.1.4. Distribución

El sistema de distribución de la comunidad Jarungo se compone de una red de distribución abierta y una cámara rompe presión. La red de distribución está conformada de la red principal diseñada con una manguera de 1 pulgada, y 23 conexiones domiciliarias conectadas a la red principal por medio de una manguera de ½ pulgada. La cámara rompe presión se ubica a una elevación de 2479 m.s.n.m y tiene una forma cilíndrica, con un diámetro 2.30 metros y una altura de 1.87 metros, las paredes del tanque son de 15 cm.

Para la evaluación del sistema de distribución actual se ha desarrollado un modelo de simulación en WaterCad, con el fin de conocer la distribución de la presión y las velocidades que está manejando el sistema actual.

El modelo se ha realizado en base a la información recabada en dos visitas de campo a cargo de los estudiantes proponentes de esta disertación, en donde se obtuvo la siguiente información:

- ✓ Topografía de la localidad con ayuda del GNSS
- ✓ Red de distribución principal a partir de un aparato Garmin GPS
- ✓ Ubicación geográfica del tanque rompe presión y cada casa perteneciente al sistema actual
- ✓ Información sobre las necesidades de agua de la comunidad Jarungo, gracias a una encuesta realizada presentada en el *ANEXO I*.

Para desarrollar el modelo se procedió con la creación de la superficie del terreno en Civil 3D y el trazado de la línea de distribución actual en AutoCAD. La superficie del terreno y la línea de distribución fueron importadas a WaterCAD con ayuda del complemento T-Rex, el cual asigna a cada nodo de la red de distribución una elevación en base a la superficie del terreno importada.

Para la asignación de la demanda en cada nodo de la red de distribución se utilizó la encuesta de censo y necesidades de agua, con el objetivo de determinar la dotación per-cápita actual del sistema de distribución. Con este análisis se determinó una dotación actual de 118 L/Hab*día y un caudal medio diario de 0.14 L/s para los 80 habitantes de la comunidad Jarungo y considerando un 20% pérdidas.

El diseño de un sistema de distribución se debe realizar en base al caudal máximo horario (QMH), para obtener este caudal se debe multiplicar al caudal medio diario por un

factor de mayoración máximo horario, el cual es 3 para sectores rurales, por lo que caudal máximo horario que se usará para la simulación es 0.42 l/s. El análisis para estimar la dotación actual y los caudales de diseño se presenta con mayor detenimiento en el apartado 3.3. *Determinación de bases de diseño.*

Para determinar la demanda en cada uno de los nodos de la red de distribución se procedió calculando el caudal máximo horario unitario, dividiendo al caudal máximo horario para la longitud total de toda la red de distribución, como se evidencia en la *Tabla 3*. Con este análisis se encontró el caudal que debe circular por cada tramo de red y por lo tanto el caudal que debe poseer cada nodo como se muestra en la *Tabla 4*.

Tabla 3. *Datos para la simulación del sistema de distribución actual*

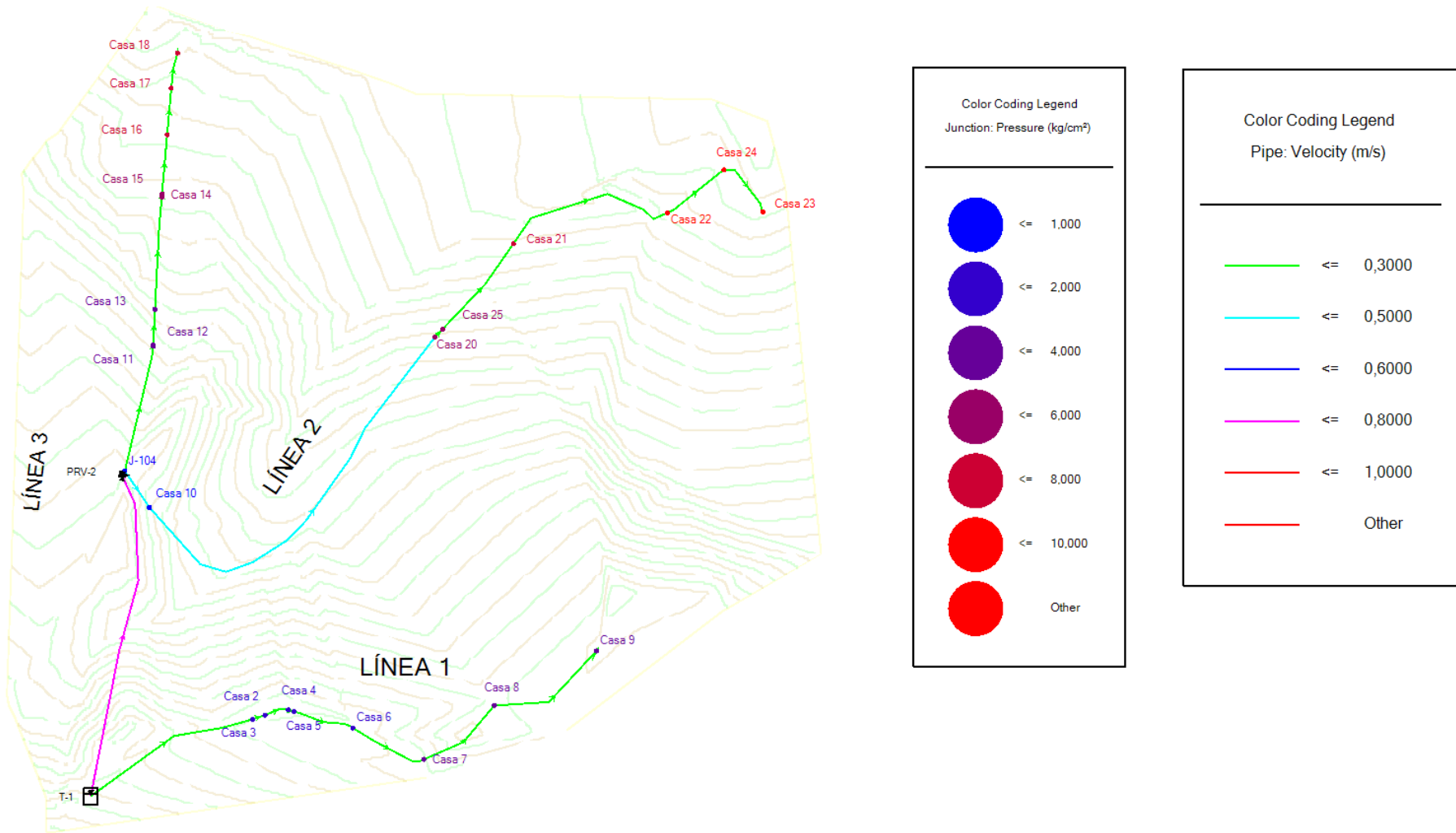
QMH (L/s)	0,42
Longitud total de la tubería (m)	2494
Q unitario (L/s) /m	0,000168

Tabla 4. Caudal máximo horario en cada nodo de la red de distribución actual

CAUDAL EN CADA NODO	
NUDO	Q(L/s)
J104	0,06247795
CASA3	0,03418605
CASA2	0,00252606
CASA5	0,00454691
CASA4	0,00117883
CASA6	0,01161989
CASA7	0,01498797
CASA8	0,01700882
CASA9	0,02340818
CASA10	0,008252
CASA20	0,07931836
CASA25	0,00202085
CASA21	0,02088212
CASA22	0,03351243
CASA24	0,01330393
CASA23	0,01161989
CASA11	0,02391339
CASA12	0,0001684
CASA13	0,00673617
CASA14	0,02105052
CASA15	0,00050521
CASA16	0,01111468
CASA17	0,00875702
CASA18	0,00690457
TOTAL	0,42

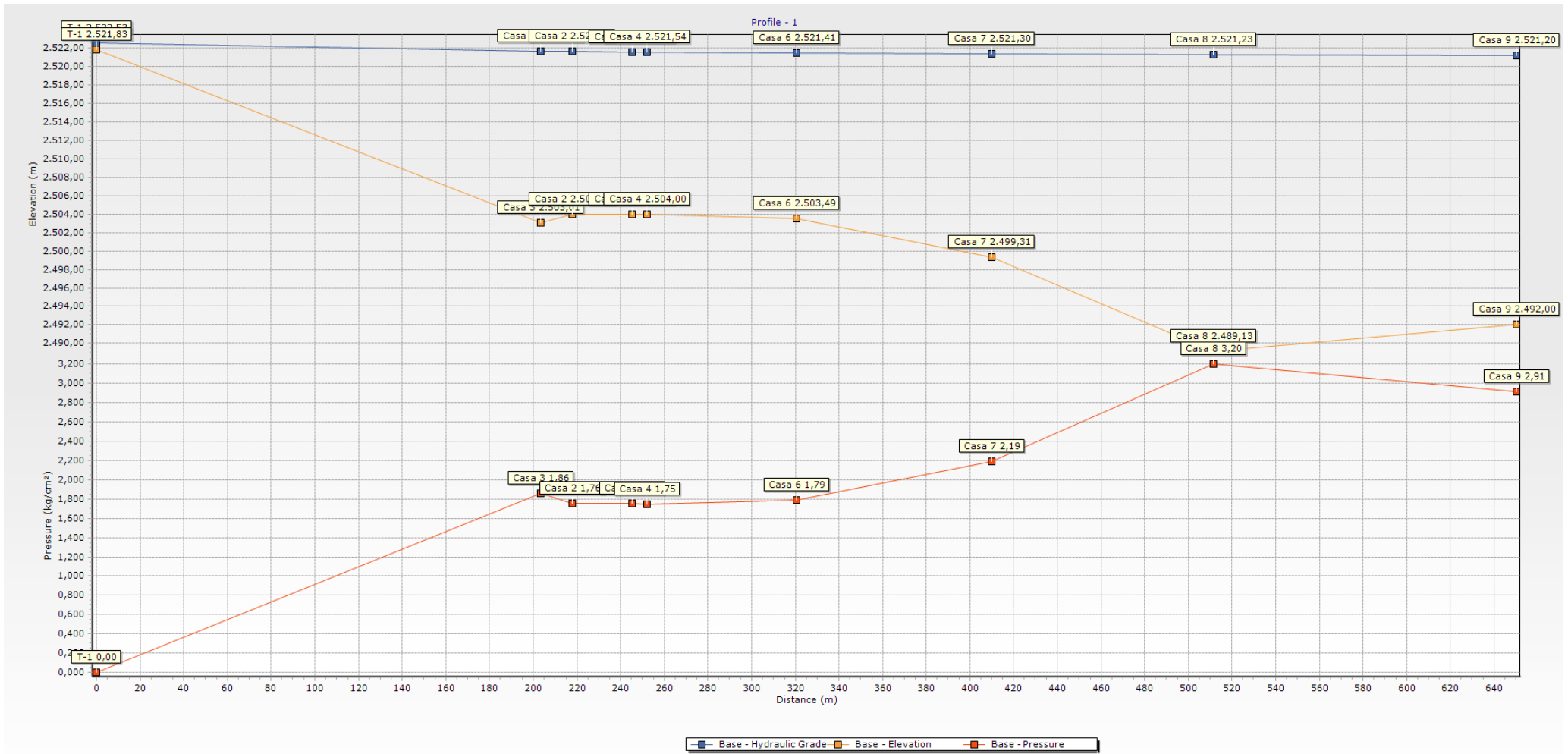
El modelo realizado en Watercad del sistema de distribución actual se presenta en la *Figura 16*, y los resultados de la simulación en la *Figura 17*, *Figura 18*, *Figura 19*, *Tabla 5* y *Tabla 6*.

Figura 16. Modelo del sistema de distribución actual.



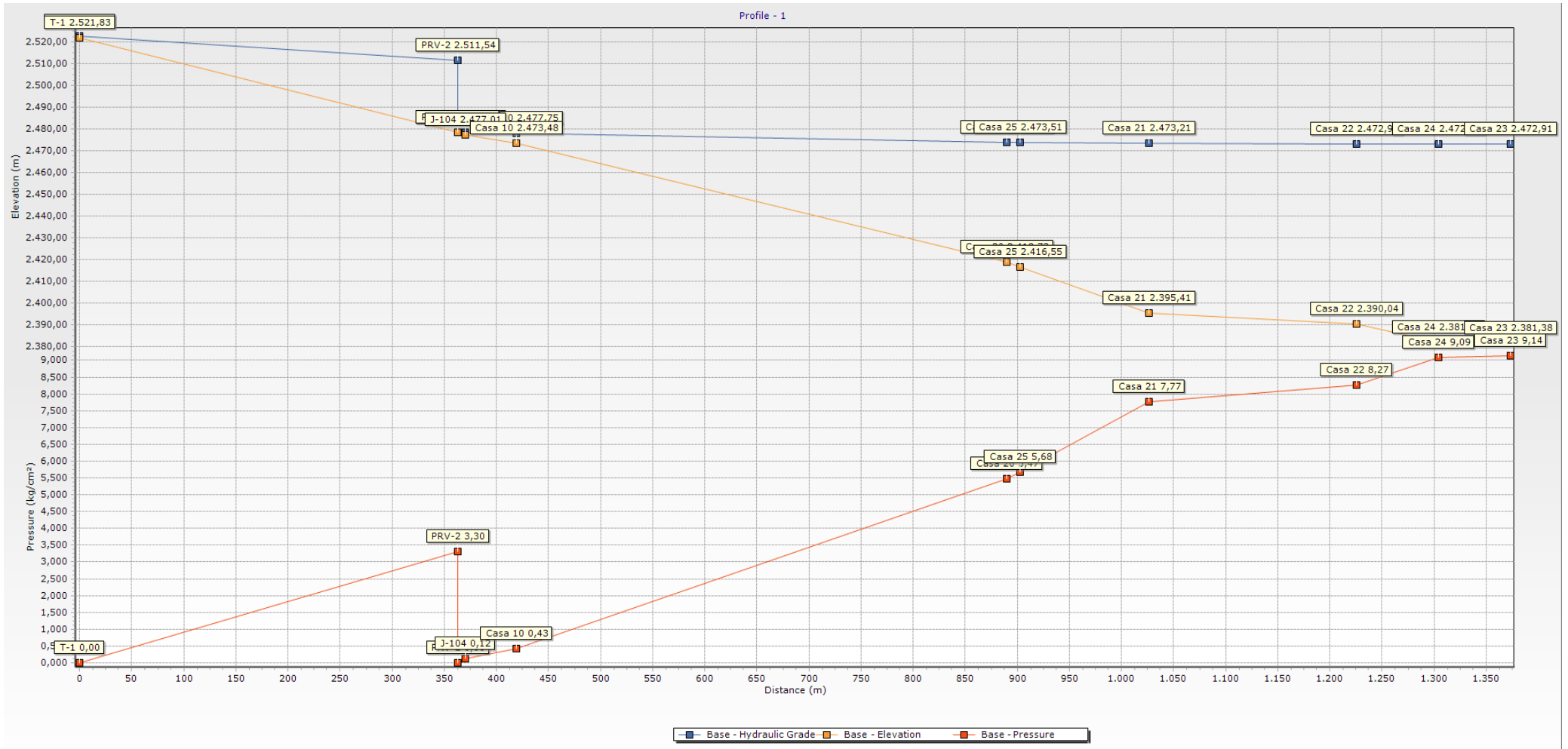
Nota. Fuente: elaboración propia

Figura 17. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico de la Línea 1



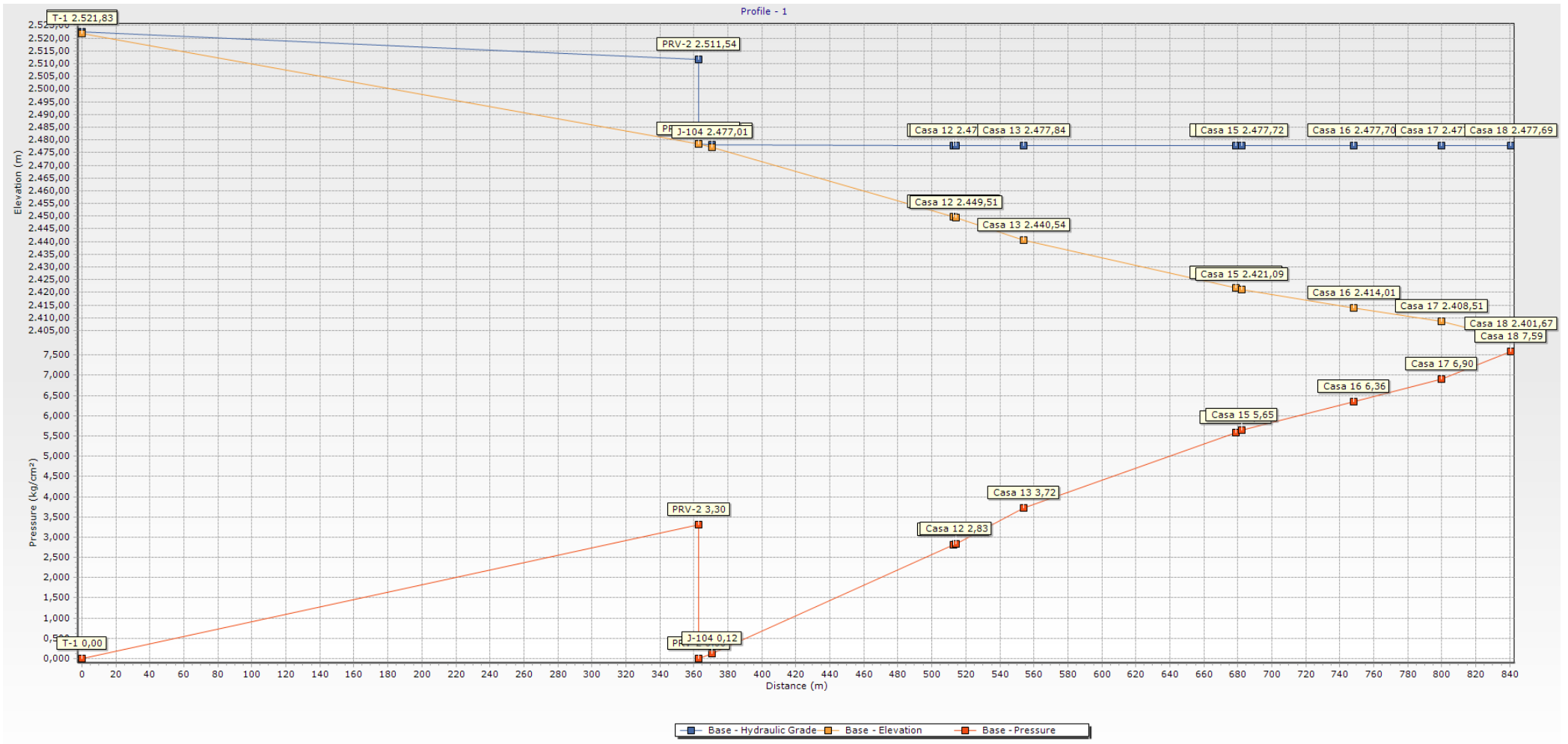
Nota. Fuente: elaboración propia

Figura 18. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico de la Línea 2



Nota. Fuente: elaboración propia

Figura 19. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico de la Línea 3



Nota. Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Resultados de la simulación del sistema de distribución actual (nodos).

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN LOS NODOS							
Etiqueta	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión dinámica (kg/cm²)	Presión estática (kg/cm²)	Condición P. dinámica (<=3;>=0.7) (kg/cm²)	Condición P. estática (<=4) (kg/cm²)
ZONA DE PRESIÓN 1							
T-1	2.521,83	N.A	2.522,53	0,00	0,00	N.A	N.A
Casa 3	2.503,01	0,03419	2.521,64	1,86	1,95	Cumple	Cumple
Casa 2	2.504,00	0,00253	2.521,60	1,76	1,85	Cumple	Cumple
Casa 5	2.504,00	0,00455	2.521,55	1,75	1,85	Cumple	Cumple
Casa 4	2.504,00	0,00118	2.521,54	1,75	1,85	Cumple	Cumple
Casa 6	2.503,49	0,01162	2.521,41	1,79	1,90	Cumple	Cumple
Casa 7	2.499,31	0,01499	2.521,30	2,20	2,32	Cumple	Cumple
Casa 8	2.489,13	0,01701	2.521,23	3,20	3,33	No Cumple	Cumple
Casa 9	2.492,00	0,02341	2.521,20	2,91	3,05	Cumple	Cumple
ZONA DE PRESIÓN 2							
T. Ro. Presión	2.478,46	N.A	2.478,46	0,00	0,00	N.A	N.A
J-104	2.477,01	0,06248	2.478,23	0,12	0,15	Cumple	Cumple
Casa 10	2.473,48	0,00825	2.477,75	0,43	0,50	No Cumple	No Cumple
Casa 20	2.418,73	0,07932	2.473,54	5,47	5,96	No Cumple	No Cumple
Casa 25	2.416,55	0,00202	2.473,51	5,69	6,18	No Cumple	No Cumple
Casa 21	2.395,41	0,02088	2.473,21	7,77	8,29	No Cumple	No Cumple
Casa 22	2.390,04	0,03351	2.472,94	8,27	8,83	No Cumple	No Cumple
Casa 24	2.381,83	0,0133	2.472,92	9,09	9,65	No Cumple	No Cumple
Casa 23	2.381,38	0,01162	2.472,91	9,14	9,69	No Cumple	No Cumple
Casa 11	2.449,76	0,02391	2.477,89	2,81	2,86	Cumple	Cumple
Casa 12	2.449,51	0,00017	2.477,89	2,83	2,89	Cumple	Cumple
Casa 13	2.440,54	0,00674	2.477,84	3,72	3,78	No Cumple	Cumple
Casa 14	2.421,77	0,02105	2.477,72	5,58	5,66	No Cumple	No Cumple
Casa 15	2.421,09	0,00051	2.477,72	5,65	5,73	No Cumple	No Cumple
Casa 16	2.414,01	0,01111	2.477,70	6,36	6,43	No Cumple	No Cumple
Casa 17	2.408,51	0,00876	2.477,69	6,90	6,98	No Cumple	No Cumple
Casa 18	2.401,67	0,0069	2.477,69	7,59	7,66	No Cumple	No Cumple

Tabla 6. Resultados de la simulación del sistema de distribución actual (red)

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN LA RED							
Nodo inicial	Nodo final	Longitud (m)	Diámetro real (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
Casa 11	Casa 12	1	23	PVC	150	0,05524	0,1329
Casa 24	Casa 23	69	23	PVC	150	0,01162	0,028
Casa 2	Casa 5	27	23	PVC	150	0,07275	0,1751
Casa 20	Casa 25	12	23	PVC	150	0,08134	0,1958
Casa 12	Casa 13	40	23	PVC	150	0,05507	0,1325
Casa 13	Casa 14	125	23	PVC	150	0,04833	0,1163
Casa 14	Casa 15	3	23	PVC	150	0,02728	0,0657
Casa 7	Casa 8	101	23	PVC	150	0,04042	0,0973
Casa 8	Casa 9	139	23	PVC	150	0,02341	0,0563
Casa 25	Casa 21	124	23	PVC	150	0,07932	0,1909
Casa 6	Casa 7	89	23	PVC	150	0,0554	0,1334
Casa 3	Casa 2	15	23	PVC	150	0,07528	0,1812
Casa 5	Casa 4	7	23	PVC	150	0,0682	0,1642
Casa 4	Casa 6	69	23	PVC	150	0,06702	0,1613
Casa 21	Casa 22	199	23	PVC	150	0,05844	0,1406
Casa 22	Casa 24	79	23	PVC	150	0,02492	0,06
Casa 15	Casa 16	66	23	PVC	150	0,02678	0,0644
Casa 16	Casa 17	52	23	PVC	150	0,01566	0,0377
Casa 17	Casa 18	41	23	PVC	150	0,0069	0,0166
PRV-2	J-104	8	23	PVC	150	0,31054	0,7474
J-104	Casa 11	142	23	PVC	150	0,07915	0,1905
J-104	Casa 10	49	23	PVC	150	0,16891	0,4065
PRV-2	T-1	363	23	PVC	150	-0,31054	0,7474
Casa 3	T-1	203	23	PVC	150	-0,10946	0,2635
Casa 10	Casa 20	471	23	PVC	150	0,16066	0,3867

La "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL", CO 10.7-602 propone ciertas especificaciones técnicas con las que debe cumplir el sistema de distribución:

- ✓ La red puede ser diseñada a partir de ramales abiertos, mallas o una combinación de los dos sistemas.
- ✓ La presión estática máxima será de 4 kg/cm^2
- ✓ La presión dinámica máxima será de 3 kg/cm^2
- ✓ La presión dinámica mínima será de 0.7 kg/cm^2
- ✓ El diámetro nominal mínimo de los conductos debe ser de 19 mm (3/4").
- ✓ Se debe disponer de válvulas que permitan independizar sectores, sin necesidad de suspender el servicio en su totalidad.

Gracias a la simulación realizada se conoce que el sistema de distribución actual no cumple con algunos de los criterios planteados por la normativa. La *Tabla 5* demuestra que en los puntos bajos de la localidad se manejan presiones estáticas de hasta 10 kg/cm^2 , sobrepasando por mucho el límite de 4 kg/cm^2 permitido por la normativa. También es importante destacar que la cámara rompe presión se encuentra muy cerca de la *Casa 10* provocando que su presión dinámica sea menor a los 0.7 kg/cm^2 permitidos.

En las *Figuras 17, 18 y 19* se presenta la variación de la línea de gradiente hidráulico, elevación y presión de cada una de las líneas de distribución. En las ilustraciones destaca principalmente el aumento gradual de la presión en consecuencia de la accidentada topografía del sector, también las pequeñas pérdidas de energía y el funcionamiento de la cámara rompe presión para las líneas 2 y 3, que resulta ser insuficiente para cumplir con el rango de presiones máximas permitidas. En la *Tabla 6* se muestran las velocidades manejadas en el sistema, que van desde los 0.016 m/s en los tramos finales de la red de distribución hasta los 0.75 m/s en el tramo inicial de la red. Vale la pena recalcar que la normativa no posee ningún apartado en donde se mencione intervalos de velocidades con los que se debe manejar un sistema de distribución de agua potable.

3.3. DETERMINACIÓN DE BASES DE DISEÑO

3.3.1. Población

La población de la comunidad Jarungo ha sido determinada mediante un censo realizado por los estudiantes proponentes de esta disertación en noviembre del año 2021, a través de una encuesta casa por casa cuyo formato es presentado en el Anexo N°1. En este estudio se contabilizó que el total de la población vegetativa es de 72 habitantes, mientras que la población flotante es de 8 habitantes, dando un total de 80 habitantes de los cuales el 100% posee cobertura del actual sistema de agua potable.

De acuerdo con los datos históricos del Censo Nacional de Población y Vivienda proporcionado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), la población del sector rural de la parroquia de Chillanes perteneciente al cantón Chillanes en donde se ubica la comunidad Jarungo se presenta en la *Tabla 7*.

Tabla 7. Población del sector rural de la parroquia Chillanes.

Año del censo	Población
1990	13.510
2001	11.809
2010	10.593

Con estos datos se puede evidenciar que la tasa de crecimiento poblacional de la parroquia Chillanes es negativa, en vista de que en un periodo de 20 años la población ha disminuido. Tomar en cuenta este criterio para la proyección de la población futura de la comunidad Jarungo no sería correcto, en vista de que según los pobladores de la comunidad en los últimos 5 años la cantidad de personas conectadas al sistema de distribución de agua ha aumentado.

Para realizar el rediseño del sistema de suministro de agua de la comunidad Jarungo no se utilizó una tasa de crecimiento derivada de los datos entregados por el INEC, debido a la tendencia de decrecimiento poblacional que presenta Chillanes, más bien se optó por ejecutar una proyección creciente de la población, pues los pobladores de la comunidad tienen planificada la conexión de nuevos hogares al sistema de suministro de agua.

Para la estimación de la población futura aplicamos la "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL", CO 10.7-602.

Este marco legal propone el uso del método geométrico para ejecutar la proyección futura de la población. Este modelo de proyección toma una tasa de crecimiento constante en base al último periodo censal, criterio que suele conducir a resultados exagerados si el crecimiento demográfico apenas esta comenzado y aún no alcanza su estabilización. Por lo tanto, el método es recomendable para poblaciones con una demografía en desarrollo y para medianos periodos de tiempo que van desde los 15 a 20 años.

El método aritmético puede ser una alternativa para ejecutar una proyección demográfica rural, pero su principal desventaja frente al método geométrico es que supone un crecimiento constante de la población, es decir, aumenta o disminuye el mismo número de personas en un determinado periodo de tiempo, por lo que suele ser útil para periodos de análisis cortos que van desde el medio año o 1 año.

Para el cálculo de la población futura se utilizó la expresión propuesta por la normativa en base al método geométrico, presentada a continuación:

$$Pf = Pa(1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

Pf = Población Futura

Pa = Población Actual

r = Tasa de crecimiento geométrico expresada como fracción decimal

n = Periodo de diseño (años)

La normativa dicta tomar como base datos estadísticos de población proporcionados por censos nacionales, pero en vista de lo explicado anteriormente no se puede utilizar este criterio para la proyección de la población de este proyecto. Sin embargo, en la *Figura 20* se especifican diferentes tasas de crecimiento poblacional determinadas por la normativa, que se pueden adoptar en función de la región en donde se ubique el proyecto, si en caso no existen datos de censo oficiales para la estimación.

Figura 20. *Tasa de crecimiento poblacional.*

REGION GEOGRAFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Nota. Adaptado de *Tasa de crecimiento poblacional* [Tabla 5.1], (p.29) por SENAGUA, 2016, (NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL). CC BY 2.0

De acuerdo con esta tabla nuestro proyecto deberá tomar una tasa de crecimiento poblacional (r) de 1.0 %, pero se debe tener en cuenta que la normativa menciona que en ningún caso la población futura calculada puede ser mayor que 1.25 veces la población presente.

Considerando que la población total del proyecto que incluye a la población vegetativa y flotante es de 80 habitantes, se debe tomar en cuenta el crecimiento poblacional que existirá hasta el momento de la finalización de la construcción del nuevo sistema de agua potable, pues desde este momento empieza el periodo de diseño que se debe considerar. La construcción del proyecto se tiene planificada hasta el año 2024, pues no será ejecutada inmediatamente después de la finalización de esta disertación por motivos económicos según los mismos pobladores. El marco legal adoptado menciona un periodo de diseño para sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos en el área rural de 20 años.

Para un cálculo rápido se puede proyectar directamente la población futura desde la población actual, aumentando al periodo de diseño los dos años correspondientes a la construcción del proyecto. Con estas consideraciones se obtiene una población futura proyectada después de la finalización de la construcción del proyecto de 100 habitantes, esta cantidad de habitantes es justamente 1.25 veces más que la población actual, por lo que no existe ningún problema en ser adoptada.

$$Pf = 80 * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{22}$$

$$Pf = 100 \text{ habitantes}$$

En la *Tabla 8* se presenta el crecimiento poblacional de Jarungo en cada uno de los 20 años del periodo de diseño hasta llegar al año horizonte del proyecto, considerando como año 0 el momento en donde terminará la construcción del nuevo sistema de agua potable planteado, que se estima que sea en el año 2024.

Tabla 8. *Crecimiento poblacional de la Comunidad Jarungo.*

No	Año	Población Total (Hab)
	2022	80
0	2024	82
1	2025	82
2	2026	83
3	2027	84
4	2028	85
5	2029	86
6	2030	87
7	2031	87
8	2032	88
9	2033	89
10	2034	90
11	2035	91
12	2036	92
13	2037	93
14	2038	94
15	2039	95
16	2040	96
17	2041	97
18	2042	98
19	2043	99
20	2044	100

3.3.2. Dotaciones

La "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL"; CO 10.7-602, propone que la dotación para sistemas de agua potable debe ser determinado a partir del nivel de servicio de abastecimiento de agua que presente la comunidad. Como niveles de servicio se entiende al grado de facilidad con el que los usuarios acceden al servicio que les brindan los sistemas de abastecimiento de agua. (SENAGUA, 2016). Esta categorización se presenta en la *tabla 5.2 de la normativa.*

Figura 21. 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 previstos 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
<p>Simbología utilizada:</p> <p>AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos</p>		

Nota. Adaptado de *Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos* [Tabla 5.2], (p.30) por SENAGUA, 2016, (NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL). CC BY 2.0

El nivel de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos que posee la comunidad Jarungo de acuerdo con la *Figura 21* sería *Ia*, pues actualmente cuenta con conexiones domiciliarias, un grifo por casa y su sistema de excretas corresponde a una letrina con arrastre de agua en algunos hogares.

Una vez conocido el nivel de servicio que posee el proyecto, la normativa nos presenta en la tabla 5.3 las dotaciones sugeridas de acuerdo con el nivel de servicio y el clima del sector.

Figura 22. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab*día)	CLIMA CALIDO (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Nota. Adaptado de *Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio* [Tabla 5.3], (p.31) por SENAGUA, 2016, (NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL). CC BY 2.0

Para el nivel de servicio que posee la comunidad Jarungo y su clima evidentemente frio la dotación recomendada para el diseño es de 60 L/Hab*día como se muestra en la *Figura 22*, una estimación bastante baja considerando la cantidad de aparatos sanitarios que poseen muchos de los hogares. Para mayor seguridad en cuanto a la estimación de la dotación se ha decidido determinar este dato por cuenta propia con ayuda de la encuesta de censo y necesidades de agua realizada a la comunidad.

El cálculo de la dotación requerida por habitante se ha realizado considerando la cantidad, el tipo de aparatos sanitarios y el número de habitantes que posee cada hogar. La dotación es la cantidad de agua que consume un habitante del hogar por día, por lo tanto, para actividades como el lavado de ropa o el lavado de platos, en donde el uso de agua es compartido por todos los usuarios, se ha determinado un valor promedio de tiempo de uso para un solo habitante, tomando los tiempos de uso que proponen los pobladores y dividiéndolo para la cantidad de personas que viven en el hogar. Para el resto de las actividades se ha considerado simplemente el uso por día, tomando en cuenta que en aparatos como lavadoras que generalmente no se usan todos los días se debe transformar la cantidad de días que se usa a la semana a un solo día, dividiendo para los 7 días de la semana este volumen de agua y obteniendo una fracción de este volumen que represente su uso al día. El detalle de la dotación promedio estimada se presenta en el *ANEXO N°2*.

Se ha determinado que la comunidad Jarungo necesita una dotación promedio de 118 L/Hab*día, un valor bastante lejano al propuesto por la normativa, pero mucho más

confiable, pues ha sido determinado con información específica de la comunidad. Considerando que la dotación calculada es un promedio y que sigue siendo una aproximación debido a que el tiempo y frecuencia de uso de cada aparato no es igual para todos los hogares, se ha decidido adoptar una dotación actual de 120 L/Hab*día para el diseño.

3.3.3. Caudales de diseño

Para determinar los caudales de diseño para el sistema de agua potable de la comunidad Jarungo se utilizará la "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL", CO 10.7-602.

3.3.3.1. Caudal medio diario (Q_m)

La normativa presenta la siguiente expresión para el cálculo del caudal medio diario, tomando en cuenta el factor de fugas del sistema y la dotación futura al final del periodo de diseño:

$$Q_m = \frac{f * (P * D)}{86400} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde:

$$Q_m = \text{Caudal medio diario} \left(\frac{L}{s} \right)$$

f = Factor de fugas

P = Población al final del periodo de diseño

$$D = \text{Dotación futura} \left(\frac{L}{\text{hab} * \text{día}} \right)$$

El factor de fugas (f) debe ser determinado con ayuda de la *Figura 23*, teniendo en cuenta el nivel de servicio que fue obtenido con ayuda de la *Figura 21*.

Figura 23. Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
la y lb	10 %
IIa y IIb	20 %

Nota. Adaptado de *Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable* [Tabla 5.4], (p.32) por SENAGUA, 2016, (NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL). CC BY 2.0

El porcentaje de fugas correspondiente al nivel servicio IIa es de 20%.

El factor de fugas (f) se determina con la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{1 - \frac{\% \text{ fugas}}{100}} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Tomando en cuenta un porcentaje de fugas igual a 20% se tiene que:

$$f = \frac{1}{1 - \frac{20}{100}}$$

$$f = 1.25$$

Para determinar la dotación futura se optó por considerar un aumento de la dotación per cápita de 1 L/Hab/día cada año, criterio típico utilizado por los consultores del país según el Ingeniero Fernando Castro profesor de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, sin embargo, se recalca que en la actualidad este aumento per cápita ha disminuido gracias a que los usuarios han concientizado sobre el uso del agua, así que se puede tomar como un criterio conservador. Por lo tanto, en el año horizonte del proyecto la dotación será de 142 L/Hab/día.

Entonces se determina el caudal medio diario:

$$Q_m = \frac{1.25 * \left(100 \text{ hab} * 142 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}\right)}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_m = 0.20 \frac{L}{s}$$

3.3.3.2. Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario se debe calcular con la siguiente expresión:

$$QMD = KMD * Q_m \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Donde:

$$QMD = \text{Caudal máximo diario} \left(\frac{L}{s}\right)$$

$KMD = \text{Factor de mayoración máximo diario}$

La normativa propone que el factor de mayoración máximo diario (KMD) debe tener un valor de 1.25 para todos los niveles de servicio.

$$QMD = 1.25 * 0.20 \frac{L}{s}$$

$$QMD = 0.25 \frac{l}{s}$$

3.3.3.3. Caudal máximo horario (QMH)

Para determinar el caudal máximo horario se presenta la siguiente ecuación:

$$QMH = KMH * Q_m \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

Donde:

$$QMH = \text{Caudal máximo horario} \left(\frac{l}{s}\right)$$

$KMH = \text{Factor de mayoración máximo horario}$

La normativa propone que el factor de mayoración máximo horario (KMH) debe tener un valor de 3 para todos los niveles de servicio.

$$Q_{MH} = 3 * 0.20 \frac{l}{s}$$

$$Q_{MH} = 0.60 \frac{l}{s}$$

3.3.3.4. Caudal para la planta de potabilización (Q_{pot})

La capacidad de la planta de potabilización debe ser de 1.10 veces el caudal máximo diario (QMD).

$$Q_{Pot} = 1.1 * 0.25 \frac{l}{s}$$

$$Q_{Pot} = 0.28 \frac{l}{s}$$

3.3.3.5. Caudal de diseño (Q_{dis})

La normativa propone que el caudal de diseño para sistemas de conducción que no requieran bombeo es de 1.10 veces el caudal máximo diario (QMD).

$$Q_{dis} = 1.1 * 0.25 \frac{l}{s}$$

$$Q_{dis} = 0.28 \frac{l}{s}$$

El resumen de los caudales calculados se presenta en la *Tabla 9*.

Tabla 9. Resumen de los caudales de diseño

Descripción	Cantidad	Unidad	Parámetro
<i>Dotación per cápita</i>	120	L/Hab/día	
<i>Dotación al final del periodo de diseño</i>	142	L/Hab/día	Crecimiento de un 1 l/Hab/día al año
<i>Caudal medio diario futuro (Q_m)</i>	0.20	L/s	20% de fugas
<i>Caudal máximo diario (QMD)</i>	0.25	L/s	1.25 factor de mayoración
<i>Caudal máximo horario (QMH)</i>	0.60	L/s	3 factor de mayoración

<i>Caudal de la planta de tratamiento (Qpot)</i>	0.28	L/s	1.10 veces el QMD
<i>Caudal de diseño conducción (Qdis)</i>	0.28	L/s	1.10 veces el QMD

3.4. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

3.4.1. Análisis socio económico y de servicios básicos e infraestructura

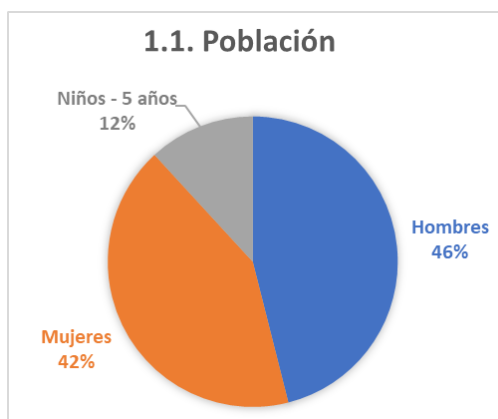
Para determinar el nivel socioeconómico de la comunidad Jarungo se realizaron encuestas en campo a cada casa del sector, mediante las cuales se recolectó información acerca de datos generales que caracterizan a la población, datos de carácter económico, vivienda, salud, servicios sanitarios tales como agua, disposición de excretas y disposición de basura, además de hábitos y costumbres, organización y participación de la comunidad. De esta forma se evaluarán los ingresos familiares, indicadores de pobreza, así como también el estado de salud de sus pobladores, modo de vida y desarrollo.

1. Datos generales

Número de casas encuestadas (familias) = 25

Tabla 10. *Población encuesta socioeconómica*

1.1. Población		
	Nº	%
Hombres	35	46.05%
Mujeres	32	42.11%
Niños - 5 años	9	11.84%
Total	76	100.00%



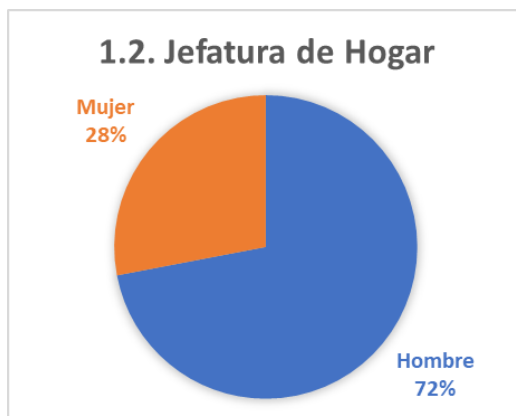
Análisis e interpretación

La población encuestada de un total de 25 casas fue de 76 personas, pero cabe recalcar que en esta encuesta también se incluye parte de la población flotante pues algunos de los encuestados afirman no vivir permanentemente en la comunidad o que solo son propietarios de terrenos a los que de igual forma se abastece de agua, pero no es consumida continuamente.

Se determinó de acuerdo con la *Tabla 10* que la población se conforma en su mayoría de hombres con un 46.05%, le siguen las mujeres con un 42.11% y por último los niños menores a 5 años con un 11.84%.

Tabla 11. *Jefatura de Hogar*

1.2. Jefatura de Hogar		
	Nº	%
Hombre	18	72%
Mujer	7	28%



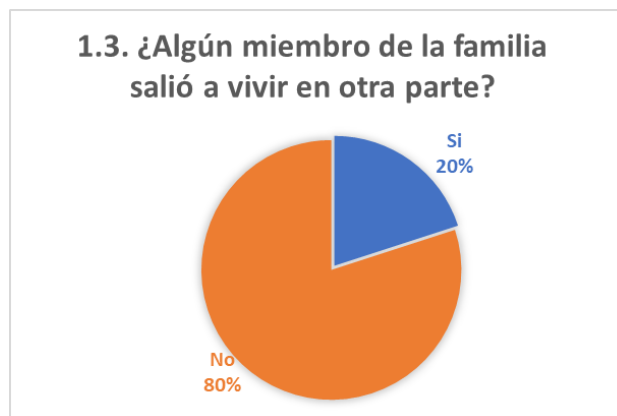
Análisis e interpretación

En cuanto a la jefatura del hogar se observa en la *Tabla 11* que en su mayoría son hombres con un 72%, mientras que las mujeres son un 28%.

Tabla 12. *Migración*

1.3. En los últimos 2 años, ¿algún miembro de la familia salió a vivir en otra parte o fuera del país?		
	Nº	%
Si	5	20%

No	20	80%
Total	25	100%
A donde	Quito, Guayaquil, Riobamba	

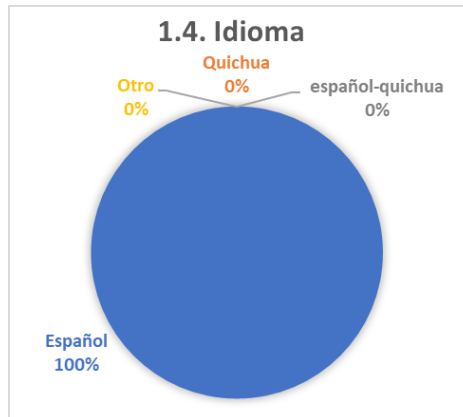


Análisis e interpretación

De acuerdo con la *Tabla 12* en la comunidad el 20% de familias aseguró que algún miembro del hogar emigró de la comunidad y que además fue hacia las ciudades, esto nos muestra que hay una disminución de la población joven desde el sector rural al urbano probablemente en busca de mejores condiciones de vida o económicas. Aproximadamente en los últimos 5 años han migrado alrededor de 8 personas según la representante de la comunidad, que equivale a un 10% de la población total.

Tabla 13. *Idioma*

1.4. Idioma		
	Nº	%
Español	25	100%
Quichua	0	0%
Español-quichua	0	0%
Otro	0	0%
Total	25	100.00%

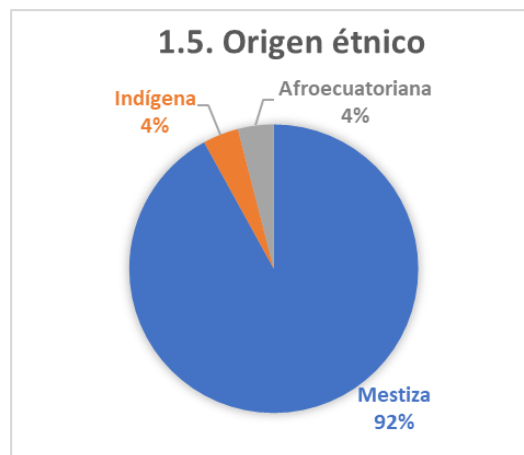


Análisis e interpretación

En la *Tabla 13* se evidencia que el idioma utilizado por toda la población de la comunidad de Jarungo es el español.

Tabla 14. *Origen étnico*

1.5. Origen étnico		
	Nº	%
Mestiza	23	92%
Indígena	1	4%
Afroecuatoriana	1	4%
Otro	0	0%
Total	25	100.00%

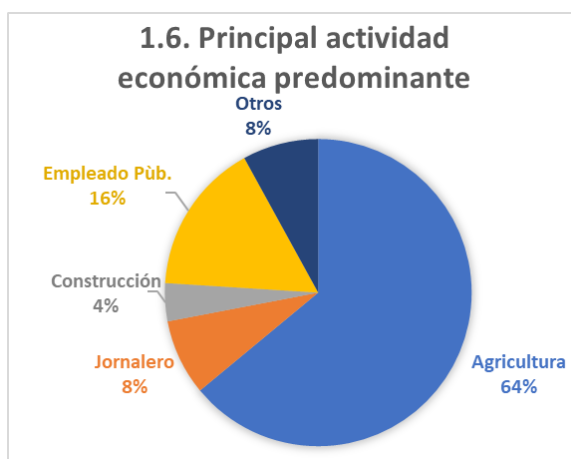


Análisis e interpretación

En cuanto al origen étnico de la población de acuerdo la *Tabla 14* la mayoría se identifica como mestiza con un 92%, siendo la minoría la indígena y la afroecuatoriana con un 4% para ambas.

Tabla 15. *Principal actividad económica predominante por familia*

1.6. Principal actividad económica predominante por familia		
	Nº	%
Agricultura	16	64.00%
Jornalero	2	8.00%
Construcción	1	4.00%
Empleado Público	4	16.00%
Carpintería	0	0.00%
Zapatería	0	0.00%
Otros	2	8.00%
Total familias	25	100.00%



Análisis e interpretación

De acuerdo a la *Tabla 15* y debido a que la comunidad Jarungo es rural, un 64% de las familias del sector se dedica a la agricultura como su principal fuente de ingresos económicos, la actividad que le sigue es de empleado público con un 16%, cabe recalcar que parte de esta cifra es población flotante pues algunos propietarios no residen permanentemente en la comunidad, después esta la actividad de jornalero con un 8% y por último actividades en la construcción con un 4% de la población, además observamos que un 8% de las familias realiza actividades económicas no especificadas en la encuesta.

Tabla 16. *Ocupación de la población*

1.7. Ocupación (de cada uno de los miembros)		
	Nº	%
Estudia	16	21.05%
Trabaja	31	40.79%
Estudia y trabaja	7	9.21%
Q. Domésticos	15	19.74%
Desempleados	7	9.21%
Total	76	100.00%

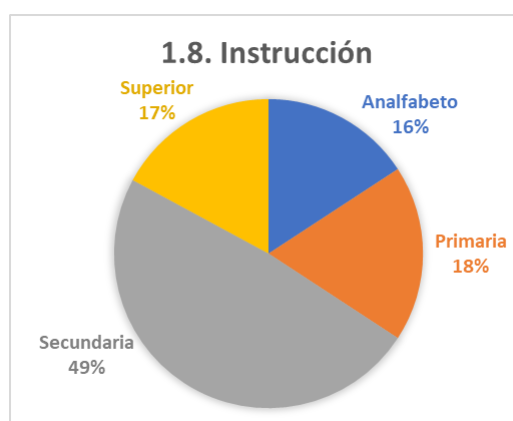


Análisis e interpretación

En cuanto a la ocupación de la población, se determinó de acuerdo con la *Tabla 16* que el 40.79% de la población trabaja, el 19.74% se dedica a los quehaceres domésticos, seguidamente con un 9.21% están los que estudian y trabajan, y por último con un 9.21% los desempleados, aunque cabe recalcar que dentro de este último ítem un habitante aseguro ser jubilado.

Tabla 17. *Instrucción de la población*

1.8. Instrucción (de cada uno de los miembros)		
	Nº	%
Analfabeto	12	15.79%
Primaria	14	18.42%
Secundaria	37	48.68%
Superior	13	17.11%
Total	76	100.00%



Análisis e interpretación

En cuanto a la instrucción de la población, de acuerdo con la *Tabla 17* podemos concluir que el 17.11% ha completado algún estudio de índole superior, mientras que la

mayoría con un 48.68% tiene completada la educación secundaria, a continuación, un 18.42% ha completado la primaria y por último el 15.79% es analfabeta, aunque como se determinó anteriormente el 11.84% de la población es menor a 5 años por lo que en realidad solo el 3.95% es analfabeta por carencia de educación.

Tabla 18. *Ingreso y gasto promedio familiar.*

1.9. Ingreso promedio de la familia (USD)	
MENSUAL	271.74
ANUAL	2,634.55
1.10. Gastos promedio familiar (USD)	
MENSUAL	201.00
ANUAL	2,106.67

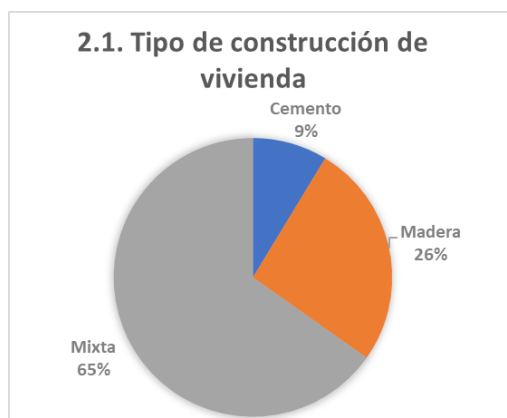
Análisis e interpretación

Para conocer los ingresos y gastos económicos de los habitantes de la comunidad de Jarungo se preguntó el ingreso promedio y gasto promedio de las familias tanto mensual como anual, ya que nos encontramos que algunas familias venden sus productos agrícolas algunos meses y el resto de meses no cuentan con ingresos significativos, con estos datos se realizó un promedio de todas las respuestas y se determinó de acuerdo a la *Tabla 18* que las familias que ganan mensualmente perciben USD 271.74 mientras que las familias que ganan anualmente perciben USD 2634.55, debido a que el valor mensual es menor al Salario Básico Unificado de USD 425 se concluye que el sector cuenta con ingresos escasos y una parte de ella vive en pobreza.

2. Vivienda

Tabla 19. *Tipo de construcción de la vivienda*

2.1. Tipo de construcción de la vivienda		
	N°	%
Cemento	2	8.70%
Madera	6	26.09%
Mixta	15	65.22%
Caña Guadúa	0	0.00%
Adobe	0	0.00%
Total	23	100.00%

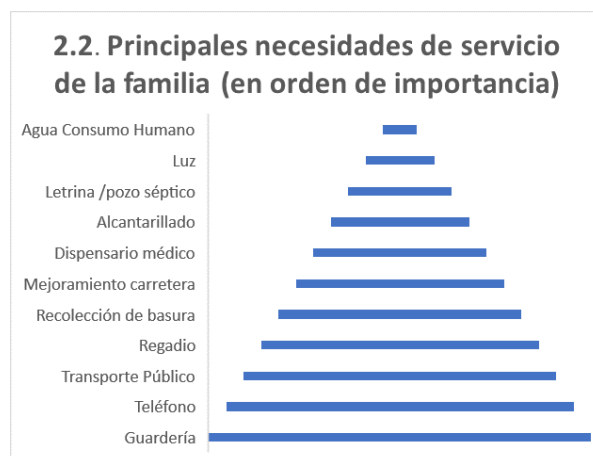


Análisis e interpretación

En cuanto el tipo de construcción de la vivienda se observa en la *Tabla 19* que la mayoría con un 65.22% posee vivienda mixta, es decir compuestas de cemento, madera y bloque de hormigón, también dentro de este grupo encontramos 2 casas hechas por el MIDUVI compuestas de bloque de hormigón y como cubierta plancha de fibrocemento. En cambio, el 26.09% están hechas de madera y por último el 8.70% hechas de cemento y bloque de hormigón.

Tabla 20. *Necesidades de servicio de la familia*

2.2. Principales necesidades de servicio de la familia (en orden de importancia)	
Agua Consumo Humano	1
Luz	2
Letrina /pozo séptico	3
Alcantarillado	4
Dispensario médico	5
Mejoramiento carretero	6
Recolección de basura	7
Regadío	8
Transporte Público	9
Teléfono	10
Guardería	11

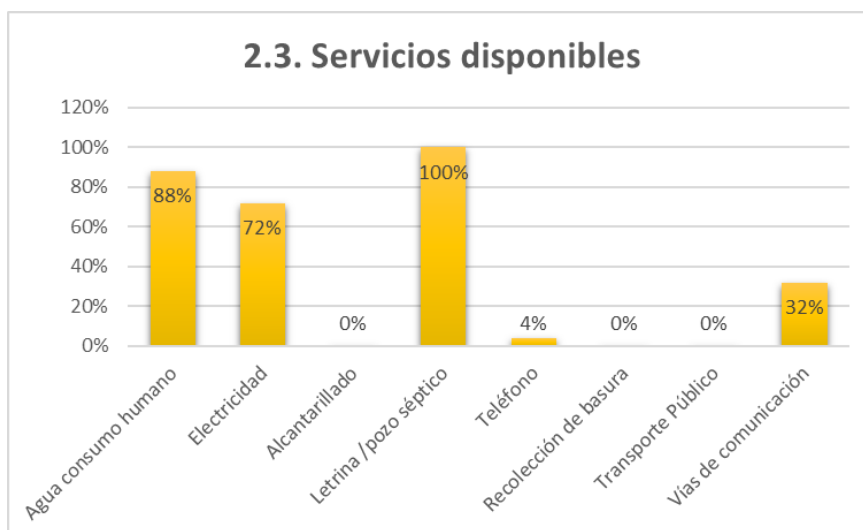


Análisis e interpretación

Se solicitó a los habitantes enumerar en orden de importancia las necesidades de diversos servicios independientemente si cuentan o no con los mismos, y se realizó un promedio de sus respuestas para poder jerarquizarlos; de acuerdo a la *Tabla 20* encontramos lógicamente que su principal necesidad es agua para su consumo, seguido de energía eléctrica, en tercer lugar contar con letrinas o pozo séptico, en cuarto contar con alcantarillado, la razón por la que la población considera más importante a las letrinas que el alcantarillado se debe primero a que están acostumbrados a este tipo de eliminación de excretas y segundo porque parte de la población conoce que es difícil contar con alcantarillado dentro del sector rural y no lo consideran necesario; a continuación tenemos la necesidad de un dispensario médico aunque la población asegura bajar al área urbana de Chillanes para acceder a centros de salud, después tenemos los ítems de mejoramiento de carretera, recolección de basura, regadío, transporte público, teléfono y por ultimo guardería.

Tabla 21. *Servicios disponibles*

2.3. Servicios disponibles		
	Nº	%
Agua consumo humano	22	88%
Electricidad	18	72%
Alcantarillado	0	0%
Letrina /pozo séptico	25	100%
Teléfono	1	4%
Recolección de basura	0	0%
Transporte Público	0	0%
Vías de comunicación	8	32%
# de Casas encuestadas	25	



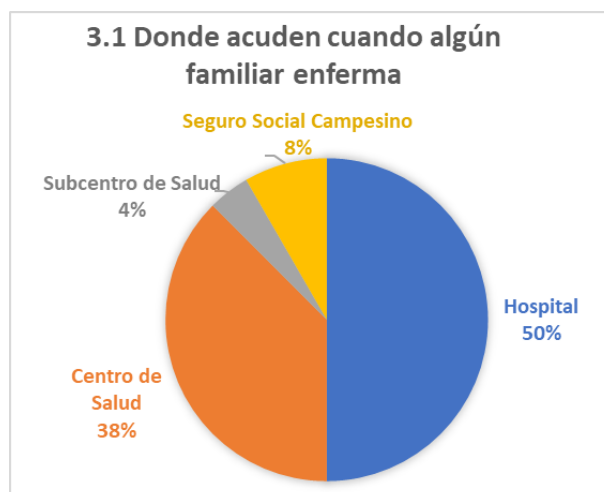
Análisis e interpretación

En cuanto a los servicios disponibles dentro de la comunidad Jarungo se tomó como referencia el total de las 25 casas encuestadas, y se encontró como se observa en el *Tabla 21* que el 88% cuenta con agua para su consumo dentro de sus hogares o terrenos. El 72% cuenta con electricidad, dentro de este ítem se aclara que el 100% de los hogares cuentan con este servicio y la falta de este se debe únicamente a las propiedades que son solo terrenos, por lo que este servicio está cubierto completamente en la comunidad. La comunidad no cuenta con un servicio de alcantarillado por lo que todos sus pobladores optan por una letrina o pozo séptico, el 4% posee servicio de teléfono fijo, además carecen totalmente de los servicios de recolección de basura y transporte público, y el 32% posee acceso mediante vías de comunicación de cuarto orden.

3. Salud

Tabla 22. *Disponibilidad centro de salud*

3.1. ¿Cuándo algún familiar enferma acuden al?		
	Nº	%
Hospital	12	50.00%
Centro de Salud	9	37.50%
Subcentro de Salud	1	4.17%
Seguro Social Campesino	2	8.33%
Otros	0	0.00%
Total	24	100.00%

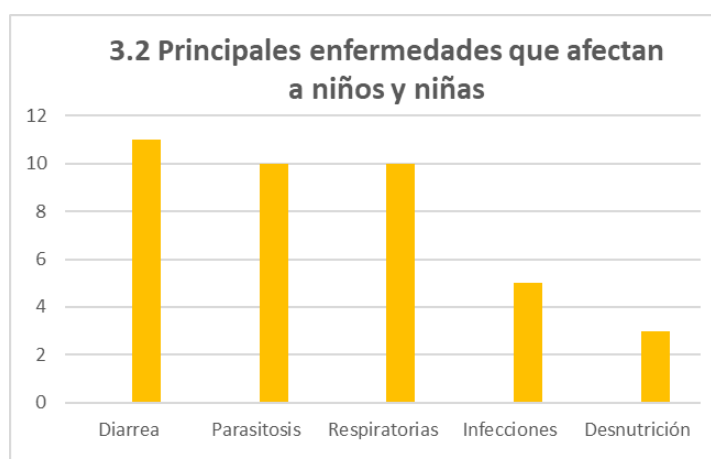


Análisis e interpretación

En cuanto al tipo de centro de salud al que acuden cuando algún familiar enferma se puede observar en la *Tabla 22* que el 50% acude al hospital ubicado en el área urbana de Chillanes y que se encuentra a una distancia entre 15 a 20 minutos en carro, el 37.50% acude a un centro de salud, el 8.33% al seguro social campesino y por último el 4.17% a un subcentro de salud.

Tabla 23. *Enfermedades que afectan a los niños*

3.2. Principales enfermedades que afectan a niños de la familia	
	Nº
Diarrea	11
Parasitosis	10
Respiratorias	10
Infecciones	5
Desnutrición	3



Análisis e interpretación

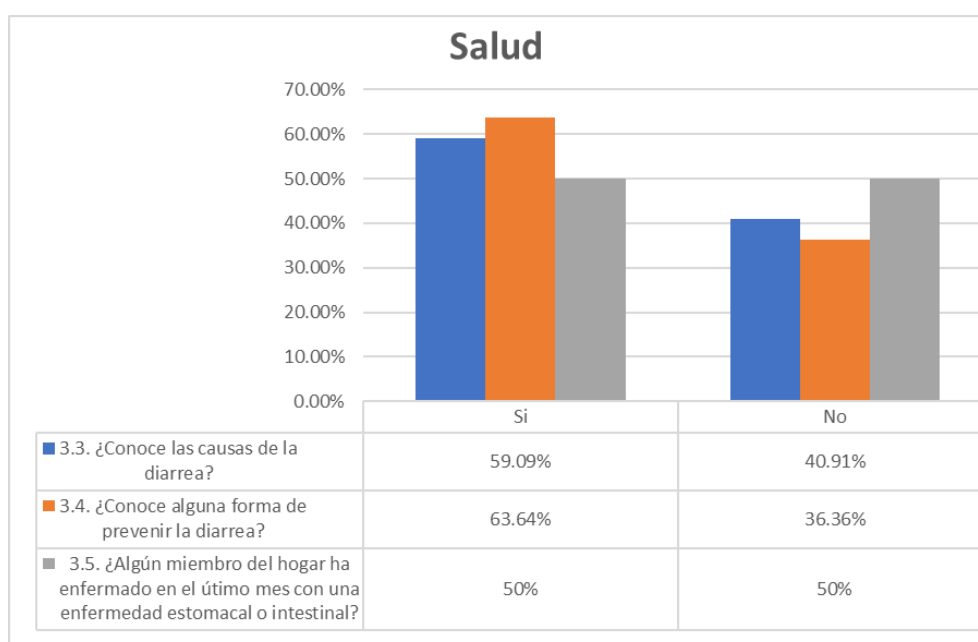
Al preguntar sobre las enfermedades que afectan a los niños se observa en la *Tabla 23* que 11 encuestados afirmaron la diarrea, 10 la parasitosis y enfermedades respiratorias, 5 las infecciones y 3 la desnutrición. Por lo que se concluye que la comunidad debe tomar medidas que permitan mejorar el estado de salud de los niños como el mejoramiento de la calidad microbiológica del agua mediante desinfección o dar a conocer hábitos de limpieza que prevengan las enfermedades.

Tabla 24. *Salud - Diarrea*

3.3. ¿Conoce las causas de la diarrea?		
	Nº	%
Si	13	59.09%
No	9	40.91%
Total	22	100.00%

3.4. ¿Conoce alguna forma de prevenir la diarrea?		
	Nº	%
Si	14	63.64%
No	8	36.36%
Total	22	100.00%

3.5. ¿Algún miembro del hogar ha enfermado en el último mes con una enfermedad estomacal o intestinal?		
	Nº	%
Si	11	50%
No	11	50%
Total	22.00	100%

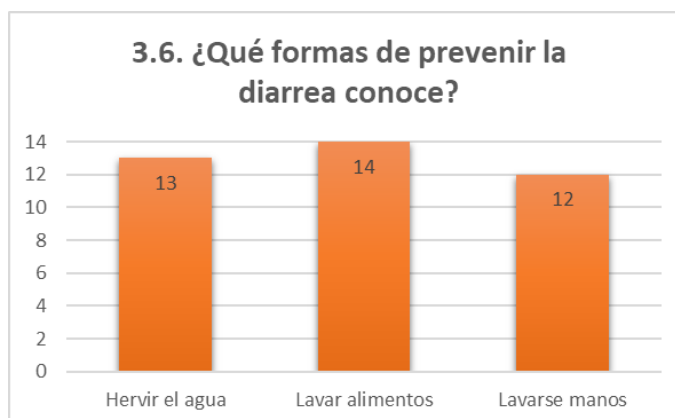


Análisis e interpretación

Una de las principales enfermedades causadas por la falta de calidad microbiológica del agua es la diarrea, por lo que se realizaron diversas preguntas que permitan dar a conocer si la comunidad ha sido afectada en gran medida por esta y si conocen formas de prevenirla. Se observa en la *Tabla 24* que el 59.09% si conocen sus causas mientras el 40.91% no, el 63.64% conocen formas de prevenirla mientras el 36.36% no y por último que el 50% se ha enfermado en el último mes con alguna enfermedad estomacal o intestinal. Por lo que se concluye que en la comunidad es necesario mejorar la calidad microbiológica del agua mediante desinfección como también dar a conocer a sus habitantes las causas y formas de prevenir enfermedades.

Tabla 25. *Prevención diarrea*

3.6. ¿Qué formas de prevenir la diarrea conoce?	
Hervir el agua	13
Lavar alimentos	14
Lavarse manos	12



Análisis e interpretación

De acuerdo con la *Tabla 25* sobre las formas de prevenir la diarrea que conoce la comunidad, 14 encuestados respondieron lavar los alimentos, 13 hervir el agua y 12 lavarse las manos, por lo que a comparación de las 25 encuestas que se realizó se observa que una gran cantidad de personas desconoce que con estas actividades se puede prevenir la diarrea o que simplemente realizan estas actividades sin conocer claramente su objetivo.

4. Servicios sanitarios

4.1. Agua

Tabla 26. *Tipo de abastecimiento de agua*

4.1.1. La familia se abastece de agua mediante	
Red pública	0
Grifos públicos	0
Pozo manual	0
Pozo con bomba	0
Vertientes	22
Acequia	0
Río	0
Tanquero	0
Total	22

Análisis e interpretación

Ya que toda la comunidad de Jarungo se abastece del sistema actual de agua para consumo humano, dicho sistema tiene como captación una vertiente por lo que 22 casas se abastecen de este tipo de agua, mientras que 3 casas aun no tienen instalación de agua en sus propiedades como se muestra en la *Tabla 26*.

Tabla 27. *Servicio de agua*

4.1.2. ¿Está satisfecho o satisfecha con el servicio que recibe actualmente?		
	Nº	%
Si	18	81.82%
No	4	18.18%
Total	22	100.00%

4.1.3. ¿La calidad de agua que recibe es buena (turbiedad o color)?		
	Nº	%
Si	15	68.18%
No	7	31.82%
Total	22	100.00%

4.1.4. ¿Recibe el agua en forma continua y cantidad suficiente?		
	Nº	%

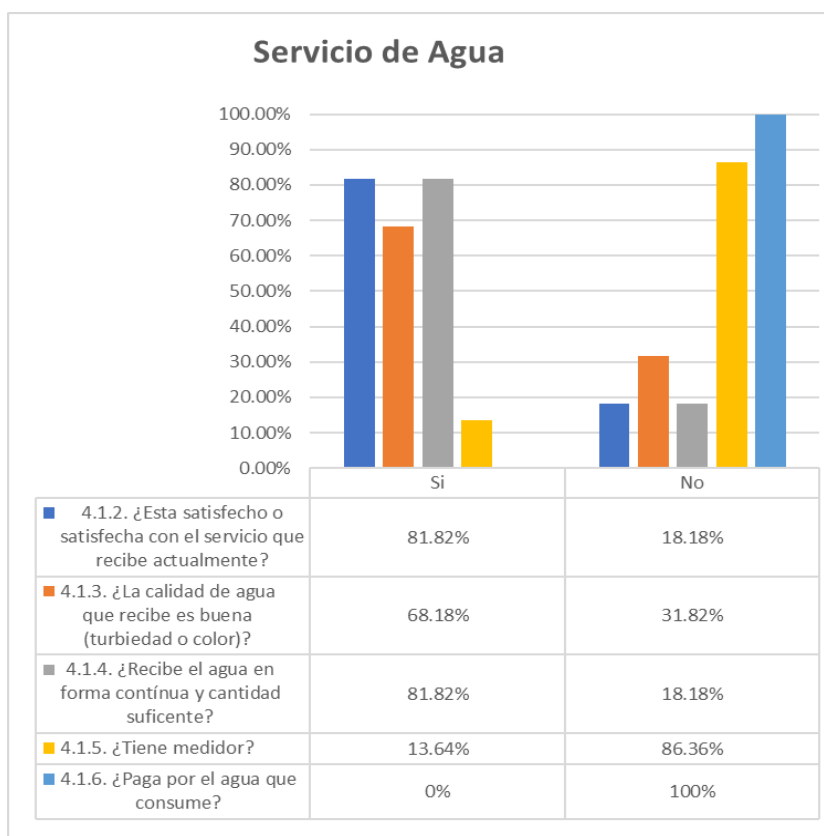
Si	18	81.82%
No	4	18.18%
Total	22	100.00%

4.1.5. ¿Tiene medidor?

	N°	%
Si	3	13.64%
No	19	86.36%
Total	22	100.00%

4.1.6. ¿Paga por el agua que consume?

	N°	%
Si	0	0%
No	22	100%
Total	22	100%



Análisis e interpretación

Para evaluar la condición del sistema actual de abastecimiento de agua se realizaron preguntas que permitan valorar el actual servicio de agua y la conformidad de los habitantes de la comunidad con el mismo, tal como se observa en la *Tabla 27*. Se encontró que el 81.82% está satisfecho con el servicio actual mientras que el 18.18% no, el 68.18% afirmó que la calidad del agua en cuanto a turbiedad y color es buena mientras el 31.82% no, el

81.82% recibe agua de forma continua y con cantidad suficiente mientras que el 18.18% no, el 13.64% cuenta con medidor mientras que el 86.36% no, y por último nadie paga por el agua que consume ya que los habitantes pagaron por construir el sistema actual y es de su propiedad. Concluimos entonces que una parte de la población no está satisfecha con el actual servicio debido a que no reciben agua en forma continua o con cantidad y presión suficientes, esto se debe a que hay ciertos puntos en la distribución actual que están mal diseñados, por lo que es necesario rediseñar la distribución asegurando la presión en cada punto de la red; además de proponer el mejoramiento en el diseño de la captación y la limpieza del mismo con mayor continuidad debido a que el agua a veces presenta turbiedad.

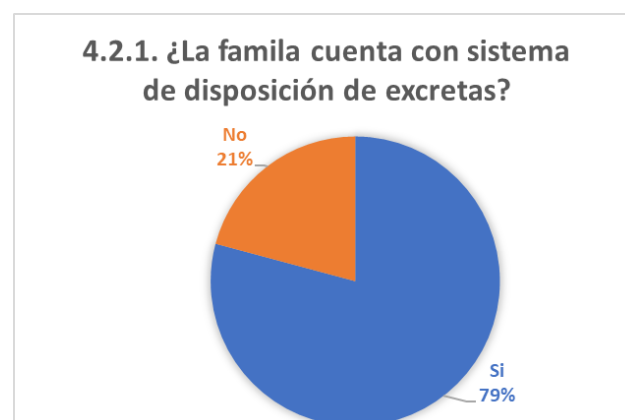
Tabla 28. *Consumo mensual de agua*

4.1.7. ¿Qué cantidad de agua consume mensualmente?	
	m ³ MES
Promedio	7.07

4.2. Disposición de excretas

Tabla 29. *Servicio de disposición de excretas*

4.2.1. ¿La familia cuenta con sistema de disposición de excretas?		
	Nº	%
Si	19	79.17%
No	5	20.83%
Total	24	100.00%

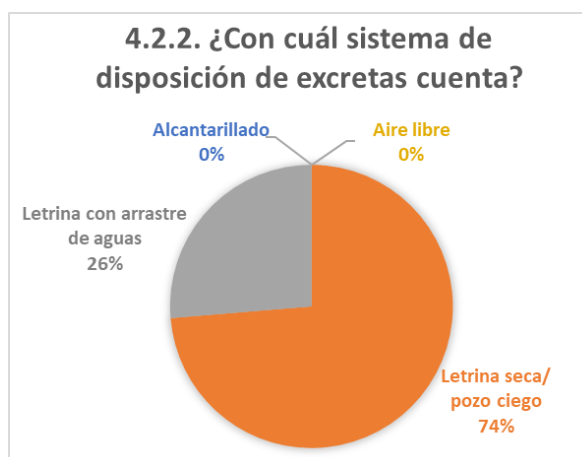


Análisis e interpretación

De acuerdo con la *Tabla 29* respecto a la disponibilidad de un sistema de disposición de excretas, se encontró que el 79.17% de la población si cuenta con uno, mientras que el 20.83% no, pero cabe recalcar que en este último valor se incluye a los habitantes flotantes que poseen únicamente un terreno y no residen permanentemente en la comunidad.

Tabla 30. *Sistema de disposición de excretas.*

4.2.2. ¿Con cuál sistema de disposición de excretas cuenta?		
	Nº	%
Alcantarillado	0	0.00%
Letrina seca/ pozo ciego	14	73.68%
Letrina con arrastre de aguas	5	26.32%
Aire libre	0	0.00%
Total	19	100.00%



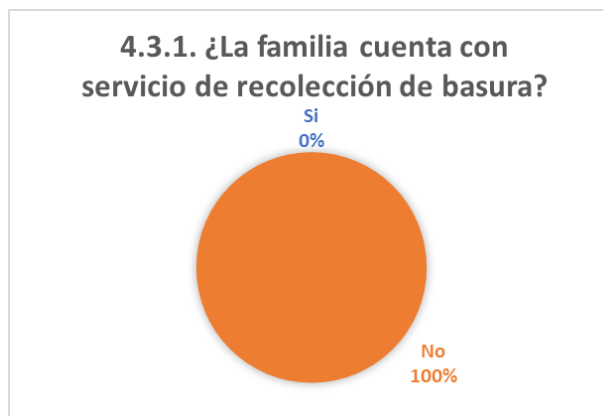
Análisis e interpretación

En la *Tabla 30* se observa que dentro de la población que si cuenta con un sistema de disposición de excretas el 73.68% cuenta con una letrina seca o pozo ciego, mientras que el 26.32% con una letrina con arrastre de aguas.

4.3. Disposición de basura

Tabla 31. *Servicio de recolección de basura*

4.3.1. ¿La familia cuenta con servicio de recolección de basura?		
	Nº	%
Si	0	0%
No	22	100%
Total	22	100%

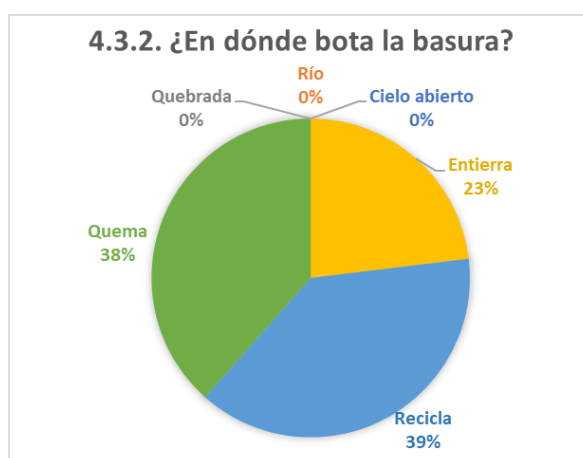


Análisis e interpretación

Como se observa en la *Tabla 31* ninguna familia de la comunidad Jarungo cuenta con un sistema de recolección de basura, esto se debe a que al ser una comunidad rural es muy difícil acceder a este servicio y sus pobladores cuentan con otras formas para manejar la basura.

Tabla 32. *Manejo de la basura*

4.3.2. ¿Si no cuenta con servicio de recolección de basura ¿en dónde la bota?		
	Nº	%
Cielo abierto	0	0.00%
Río	0	0.00%
Quebrada	0	0.00%
Entierra	6	23.08%
Recicla	10	38.46%
Quema	10	38.46%
Total	26	100.00%

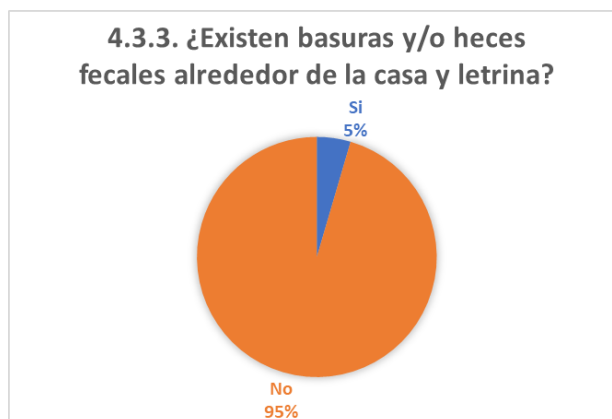


Análisis e interpretación

En la *Tabla 32* se muestran las formas en que los pobladores manejan la basura, entre las más usadas son, primero quemarla con un 38.46%, reciclarla igualmente con un 38.46%, y por último un 23.08% opta por enterrarla. Se puede observar además que nadie opta por botar la basura a cielo abierto, a un río o a una quebrada, ya que estos métodos pueden provocar enfermedades en la comunidad ya sea por descomposición de la basura al aire libre o por contaminación del agua.

Tabla 33. *Existencia de basura alrededor de la casa.*

4.3.3. ¿Existen basuras y/o heces fecales alrededor de la casa y letrina?		
	Nº	%
Si	1	4.55%
No	21	95.45%
Total	22	100.00%



Análisis e interpretación

De acuerdo con la *Tabla 33* el 95.45% de las familias no tienen basuras y/o heces fecales alrededor de la casa y letrina, mientras que el 4.55% si demuestra falta de limpieza alrededor de su hogar, por lo que se concluye que la mayoría de la población si mantiene un adecuado manejo de la basura y limpieza en su hogar.

5. Hábitos y costumbres

Tabla 34. *Hábitos y costumbres para el uso de agua.*

5.1. ¿La familia se lava las manos antes de comer?		
	Nº	%
Si	22	91.67%
No	2	8.33%
Total	24	100.00%

5.2. ¿La familia lava los alimentos antes de comerlos?		
	Nº	%
Si	23	96%
No	1	4%
Total	24	100%

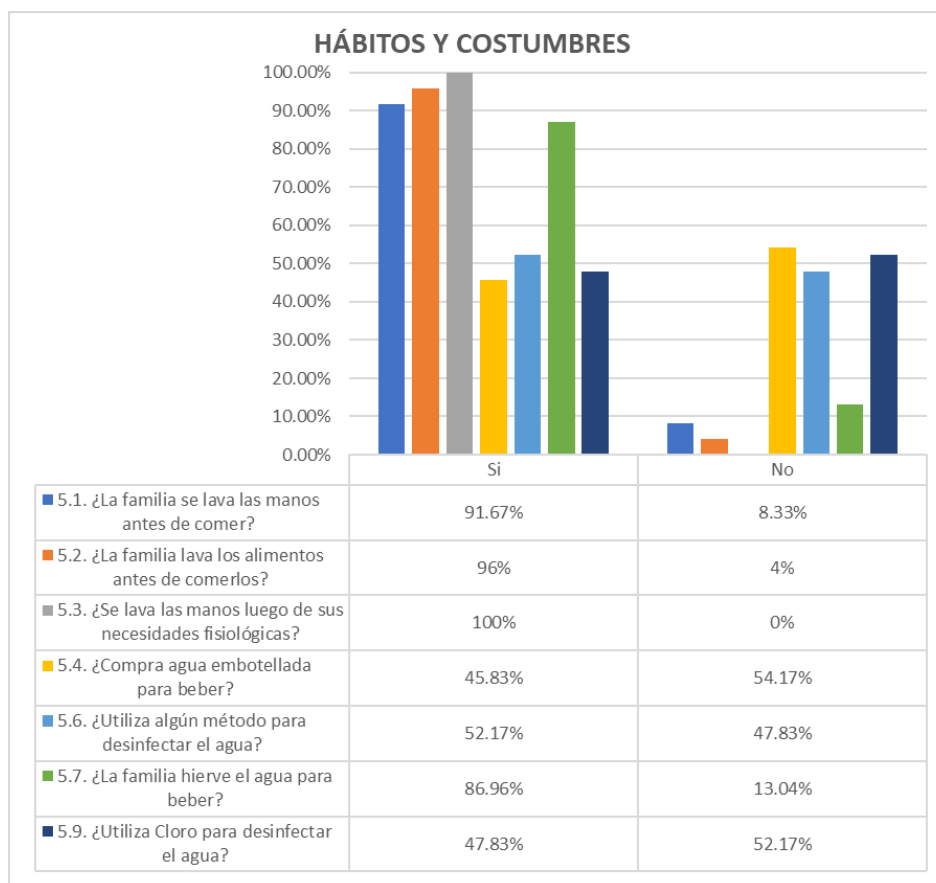
5.3. ¿Se lava las manos luego de sus necesidades fisiológicas?		
	Nº	%
Si	24	100%
No	0	0%
Total	24	100%

5.4. ¿Compra agua embotellada para beber?		
	Nº	%
Si	11	45.83%
No	13	54.17%
Total	24	100.00%

5.6. ¿Utiliza algún método para desinfectar el agua?		
	Nº	%
Si	12	52.17%
No	11	47.83%
Total	23	100.00%

5.7. ¿La familia hierve el agua para beber?		
	Nº	%
Si	20	86.96%
No	3	13.04%
Total	23	100.00%

5.9. ¿Utiliza Cloro para desinfectar el agua?		
	Nº	%
Si	11	47.83%
No	12	52.17%
Total	23	100.00%



Análisis e interpretación

Se realizaron preguntas que nos permitan conocer los hábitos y costumbres que tiene la comunidad respecto al uso del agua tal como se muestra en la *Tabla 34*. Se observa que, en cuanto a actividades de higiene, el lavarse las manos antes de comer el 91.67% si realiza esta actividad mientras el 8.33% no, lavar los alimentos antes de comerlos el 96% si realiza esta actividad mientras el 4% no, y lavarse las manos luego de sus necesidades fisiológicas el 100% si realiza esta actividad. Lo que demuestra que la población en su mayoría si mantiene buenos hábitos de higiene a pesar de que algunos no conocen el verdadero fin de estos y sus beneficios, tal como se observa en preguntas anteriores.

Respecto a hábitos y costumbres que involucran a la calidad del agua que consumen se encontró que el 45.83% compra agua embotellada para beber cuando les es posible mientras que el 54.17% no, el 52.17% utiliza algún método para desinfectar el agua mientras el 47.83% no, aunque cabe recalcar que la gente entiende como método para desinfectar el agua el agregar algún componente al mismo, además el 86.96% hierven el agua para beber ya que la gente considera que es el método más fácil y a la vez eficaz para reducir microorganismos perjudiciales para su salud mientras que el 13.04% no realiza esta

actividad, y por último el 47.83% utiliza cloro comercial de uso doméstico para desinfectar el agua mientras que el 52.17% no, aunque esta práctica no garantiza que la gente utilice una cantidad de cloro que permita una concentración de cloro adecuada para la salud, y además al ser el agua de origen subterráneo es probable que requiera de una menor concentración de cloro.

Tabla 35. *Cantidad de consumo de agua.*

5.5. ¿Qué cantidad de agua embotellada compra?		
	litros	costo USD
Diario	4.75	2.75
semanal	10	6
quince días	0	0
mes	0	0

5.8. ¿Si la familia hierve el agua, cuantos litros al día?	
Cantidad	lts/día
	7.69

Análisis e interpretación

De las 11 familias que compran agua embotellada para beber se preguntó además que cantidad compran y cada que tiempo, y se realizó un promedio de las respuestas, en la *Tabla 35* se muestran los resultados en donde se observa que algunos compran diariamente una cantidad aproximada de 4.75 litros a un costo de 2.75 USD, mientras que otros compran semanalmente aproximadamente 10 litros a un precio de 6.00 USD. En cambio, de las 20 familias que hierven el agua se preguntó qué cantidad y se realizó un promedio de las respuestas, en donde se encontró que aproximadamente hierven 7.69 litros diarios. Además, hay que mencionar que algunas familias recurren a ambos métodos para consumir agua, es decir cuando pueden la compran embotellada y cuando no recurren a hervirla.

6. Organización

En cuanto a la organización de la comunidad según el GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES (2012) existe una concesión de agua para riego con la PRE JUNTA DE AGUAS RECINTO JARUNGO y que consta dentro del Inventario de Recursos Hídrico de la SENAGUA, la misma que tiene una vertiente como fuente con un caudal de 0.13L/s para 2 familias beneficiadas, esta misma organización actualmente solicita la extensión de

la concesión para cubrir con otra vertiente el actual proyecto de Abastecimiento de agua para consumo humano a un total de 26 propiedades.

Además, la comunidad pertenece a la asociación agrícola “Asociación Tres de Mayo” el cual es parte de la organización social “Corporación de Productores Agropecuarios y Comercialización Santa Rita de Casia Chillanes” (CORPACH) el cual tiene como finalidad gestionar la producción y comercialización de mora, fréjol, maíz y otros productos agrícolas y ganaderos (GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CHILLANES, 2012).

7. Participación de la comunidad

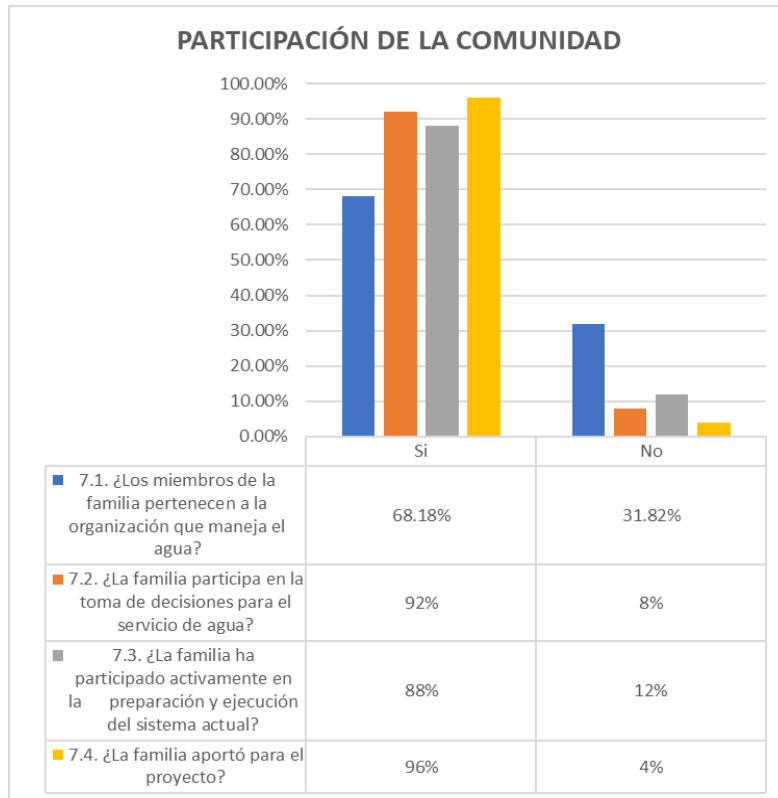
Tabla 36. *Participación de la comunidad*

7.1. ¿Los miembros de la familia pertenecen a la organización que maneja el agua?		
	Nº	%
Si	15	68.18%
No	7	31.82%
Total	22	100.00%

7.2. ¿La familia participa en la toma de decisiones para el servicio de agua?		
	Nº	%
Si	23	92%
No	2	8%
Total	25	100%

7.3. ¿La familia ha participado activamente en la preparación y ejecución del sistema actual?		
	Nº	%
Si	22	88%
No	3	12%
Total	25	100%

7.4. ¿La familia aportó para el proyecto?		
	Nº	%
Si	24	96%
No	1	4%
Total	25	100%

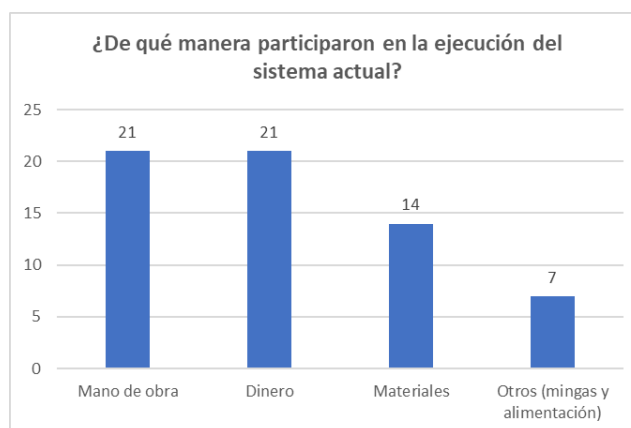


Análisis e interpretación

Para conocer la participación de la comunidad se realizaron preguntas que nos permitan conocer como sus habitantes han aportado en la ejecución del sistema actual de abasteciendo de agua, como se muestra en la *Tabla 36* el 68.18% afirma que la familia pertenece a la organización que maneja el agua dentro de la comunidad mientras el 31.82% no, sin embargo las familias que no pertenecen aseguran que también requieren del recurso por lo que se han integrado para este proyecto, el 92% asegura que la familia participa en la toma de decisiones para el servicio de agua mientras que el 8% no, el 88% de familias han participado activamente en la preparación y ejecución del sistema actual mientras que el 12% no, y por último dentro de las familias que si participaron encontramos que el 96% aportó de forma económica para la realización del proyecto.

Tabla 37. Participación en la construcción del sistema actual

7.5. ¿De qué manera participaron en la ejecución del sistema actual?	
	N°
Mano de obra	21
Dinero	21
Materiales	14
Otros (mingas y alimentación)	7
Total	63



Análisis e interpretación

Dentro de las familias que si aportaron para la ejecución del sistema actual de abastecimiento de agua se observa de acuerdo con la *Tabla 37* que 21 familias aportaron con mano de obra, esto debido a que para la comunidad les resulta mejor ejecutar algunas actividades ellos mismos ya que asumieron económicamente todos los costos para la construcción del actual sistema, también 21 familias aportaron con dinero, 14 con materiales y 7 familias participaron en las mingas o con alimentación.

Tabla 38. Aporte económico para la construcción del sistema actual de abastecimiento de agua.

7.6. Si la familia contribuyó con dinero en efectivo para la ejecución del sistema de agua. ¿cuánto pago?	
Cantidad	USD
	\$544,29
TOTAL	\$11.430,00

Análisis e interpretación

Para conocer la cantidad monetaria que la comunidad invirtió en la ejecución y construcción del actual sistema de abastecimiento de agua se preguntó cuánto dinero pagaron las 21 familias que aportaron económicamente y se realizó un promedio, como se observa en la *Tabla 38* se calculó una aportación promedio de USD 544,29 por familia, con una suma total de USD 11.430, por lo que se concluye que la comunidad invirtió una cantidad considerable en la construcción del sistema actual y se optará por recomendar el rediseño de los elementos del sistema que lo requieran y el uso del tanque de almacenamiento y tanque rompe presión ya existentes, sacando estos elementos del presupuesto a realizarse y excluyendo dentro del costo total a los análisis de precios unitarios que tengan que ver con mano de obra ya que los mismos habitantes de la comunidad los realizan.

4. CAPÍTULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la comunidad Jarungo constará de obras que permitan que el agua sea conducida desde la fuente natural de abastecimiento hasta cada punto de consumo, asegurando la cantidad y calidad de la misma, para lo cual se realizó un estudio de campo para una evaluación del sistema actual de abastecimiento de agua, con la finalidad de rediseñarlo haciendo uso de los elementos ya existentes o proponiendo la reconstrucción de estos si es necesario, además de proponer la colocación de las estructuras faltantes, para lo cual se calculó cada uno de los elementos que lo componen, los cuales constan de la captación, conducción, tratamiento, reserva, y por último el sistema de distribución (Barreto, 2018).

El diseño de la captación se ha determinado en base a las características de la fuente de abastecimiento, tales como su ubicación, tipo, caudal y calidad del agua. Además de estimar dentro del capítulo de Reserva y sistema de distribución si la dotación de agua cuenta con una cantidad suficiente para abastecer a la población y dentro del Diseño del sistema de tratamiento la calidad del recurso mediante un análisis físico químico y microbiológico del agua para determinar si cumple con los estándares de aceptación por la Norma INEN – 1108.

4.1. CAPTACIÓN

La captación actual consta únicamente de un tanque abierto por el cual se capta el agua subterránea, el mismo consta con un sistema de sedimentación para las partículas en suspensión presentes, para la limpieza de este se ha instalado una tubería de limpieza en el fondo del tanque por el cual se retiran todos los sedimentos acumulados. Para la captación se propone un rediseño total de la estructura, ya que la actual captación no considera ninguna forma de protección para la fuente ni asegura la calidad del agua.

4.1.1. Estudio de la fuente

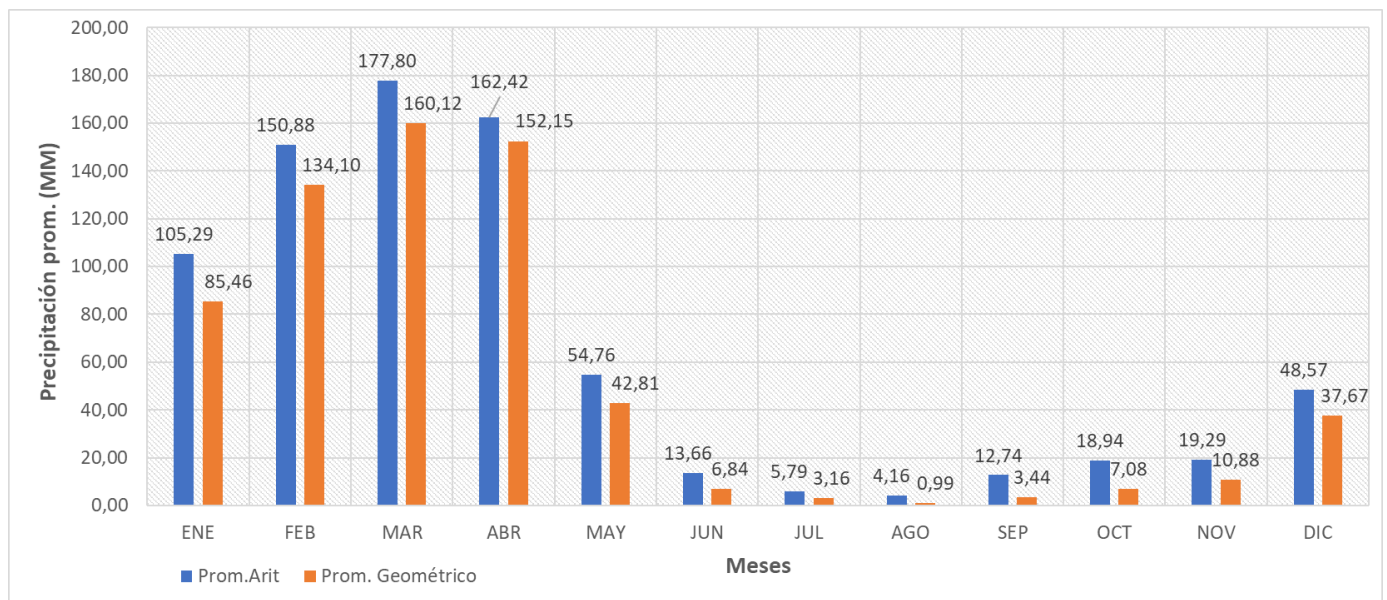
La fuente de abastecimiento de agua es un manantial de ladera concentrado por el cual fluye agua subterránea hacia la superficie por efecto de la gravedad, el término ladera se atribuye porque al agua aflora de manera horizontal y el término concentrado ya que el afloramiento se da en un solo punto (Agüero, 1997).

4.1.1.1. Registro pluviométrico del sector

Con ayuda de los datos históricos recabados por la estación pluviométrica Chillanes desde el año 1990 hasta el año 2008 se determinó cuáles son los meses de mayor pluviosidad en el sector, que corresponden a febrero, marzo y abril, por lo que se optó por aforar la fuente en estos tres meses en donde el caudal proveído por el manantial alcanza valores máximos.

La época de estiaje se da en los meses de julio, agosto y septiembre como se observa *Figura 24*, por lo que se debe procurar que en esta época del año el caudal disponible sea mayor al demanda por la población para que no existan problemas de abastecimiento, así pues, la segunda tanda de aforos se realizó en estos meses.

Figura 24. Precipitación promedio mensual, estación pluviométrica Chillanes



Nota. Adaptación propia, registro pluviométrico de la estación Chillanes, INAMHI

4.1.1.2. Aforo de la fuente

El método utilizado para el aforo de la fuente fue el *método volumétrico*, alternativa que consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente con un volumen previamente determinado. Se obtiene el caudal de aforo mediante la relación entre el volumen llenado y el tiempo en que demoró en llenarse, generalmente en unidades de L/s. Para fines de esta disertación, este proceso se realizó con ayuda de un recipiente de 4.50 L y se tomó el tiempo en tres distintas ocasiones para cada aforo realizado, luego se procedió a

obtener un promedio de los tres tiempos obtenidos, para aplicar la relación entre el volumen conocido y el promedio del tiempo.

El manantial tiene un caudal variable de acuerdo con la época del año, en la *Tabla 39* se muestra el aforo o medición del flujo del manantial en diferentes meses de acuerdo con el criterio pluviométrico previamente explicado. Durante la época de estiaje se obtuvo un caudal mínimo de 0.55 L/s correspondiente al mes de julio, esto nos permite conocer si el caudal mínimo disponible es suficiente para abastecer las necesidades de la población. En cambio, en época de mayor crecida se aforó un caudal de 1.48 L/s en el mes de marzo, el cual se utilizará para el diseño de la captación.

Tabla 39. *Caudales aforados de la Vertiente*

CAUDALES AFORADOS DE LA VERTIENTE						
FECHA DEL AFORO	12-feb-22	20-mar-22	16-abr-22	9-jul-22	11-ago-22	17-sep-22
CAUDAL AFORADO (L/s)	1.33	1.48	1.42	0.55	0.61	0.67

4.1.2. Diseño hidráulico de la captación

Para el diseño hidráulico de la captación se utilizará el modelo propuesto por la “*GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CAPTACIÓN DE MANANTIALES*” destinado para fuentes de agua de origen subterráneo de una vertiente de afloramiento horizontal. Las obras de la captación se diseñarán tomando a consideración que la fuente no se puede contaminar con basuras, sedimentos, residuos biológicos, entre otros; además de que el abastecimiento del agua debe ser ininterrumpido.

El sistema de captación de un manantial de ladera concentrado está conformado de tres partes: *Cámara de protección del afloramiento, Cámara húmeda y Cámara seca*; la primera recámara consta de una losa de concreto que cubre al afloramiento evitando contacto con cualquier clase de evento externo y protegiéndolo de la contaminación, el sistema de protección de la vertiente también propone la colocación de material granular clasificado, con el objetivo de evitar el socavamiento de las cámaras adyacentes y retener cualquier clase de material en suspensión. La segunda recámara nos permite regular el caudal captado con ayuda de una tubería de rebose; y la tercera recámara protege a la válvula de salida.

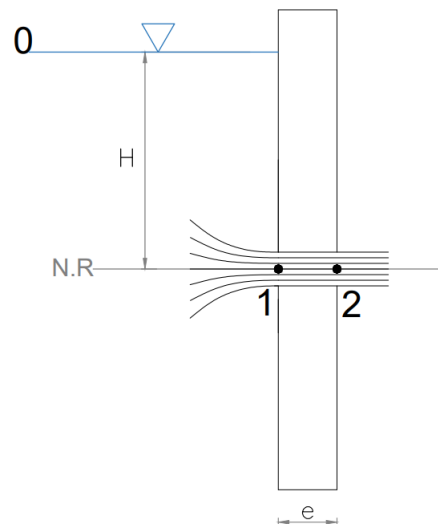
Según Agüero (1997), el dimensionamiento de la captación parte de conocer el caudal máximo de la fuente, el cual pertenece al mes de marzo en este caso con un aforo de 1.48 L/s, esto para que el diámetro de los orificios a la entrada de la cámara húmeda permita el paso eficiente del caudal máximo disponible. Además, el dimensionamiento del área del orificio se estima en base a una velocidad de entrada y un coeficiente de contracción de orificios.

4.1.2.1. Cálculo de la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda

Se calcula la velocidad de entrada y la pérdida de carga en el orificio, para lo cual aplicamos Bernoulli entre el punto 0 y 1 de acuerdo con la *Figura 25*.

$$\frac{P_0}{\gamma} + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Figura 25. Carga de agua en los orificios



Nota. Fuente: Elaboración propia

En el sistema hidráulico planteado se deduce que:

$P_0 = 0 \text{ Pa}$, se encuentra en contacto con la atmósfera.

$V_0 = 0 \frac{m}{s}$, la velocidad es despreciable en este punto.

$P_1 = 0 \text{ Pa}$, se encuentra en contacto con la atmósfera.

$h_1 = 0 \text{ m}$, altura del punto 1 desde el nivel de referencia.

$h_0 = H$, altura del punto 0 desde el nivel de referencia.

Por lo que obtenemos la siguiente expresión:

$$H = \frac{V_1^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Donde:

H = Carga sobre el orificio para producir la velocidad de paso (m)

V_1 = velocidad de entrada al orificio $\left(\frac{m}{s}\right)$

Entre los puntos 1 y 2 mostrados en la *Figura 25* aplicamos el principio de continuidad:

$$Q_1 = Q_2$$

$$Cd * A_1 * V_1 = A_2 * V_2$$

Como $A_1 = A_2$, nos queda

$$V_1 = \frac{V_2}{Cd} \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

Donde:

Cd = coeficiente de descarga o gasto

V_2 = velocidad de paso $\left(\frac{m}{s}\right)$

Reemplazando la (*Ecuación 4.3*) en (*Ecuación 4.2*), tenemos que:

$$H = \frac{V_2^2}{Cd^2 * 2g} \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Despejando para obtener la velocidad de paso:

$$V_2 = \sqrt{H * 2g * Cd^2} \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Agüero (1997) recomienda los siguientes criterios para el diseño de la *Cámara de protección del afloramiento*:

Considerar que el coeficiente de gasto es igual a 0.6.

$$Cd = 0.6$$

La altura mínima entre el afloramiento y los orificios de entrada debe ser de:

$$h_{min} = 0.5 \text{ m}$$

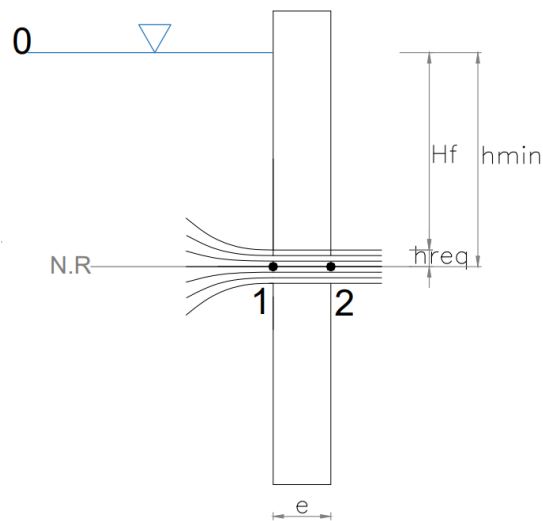
Tomando en cuenta lo propuesto por Agüero se calcula la *velocidad de paso* con la (Ecuación 4.5).

$$V_2 = 1.88 \text{ m/s}$$

Se recomienda utilizar una velocidad de paso con un valor máximo de 0.6 m/s, entonces con ayuda de la (Ecuación 4.4) y el dato sugerido obtenemos la carga de agua sobre el orificio para producir esta velocidad a la salida.

$$h_{req} = 0.051 \text{ m}$$

Figura 26. Carga de agua sobre el orificio



Nota. Fuente: Elaboración propia

Con esto se deduce que una carga de agua de 5.10 cm es suficiente para obtener una velocidad de paso de 0.6 m/s, pero hay que recordar que la altura mínima sugerida entre el afloramiento y los orificios de salida es de 50 cm, por lo que la única manera de que los requisitos mínimos de altura y velocidad cumplan al mismo tiempo es producir una pérdida de carga lo suficientemente grande para disminuir los 50 cm de carga inicial hasta los 5.10 cm requeridos para obtener la velocidad de paso recomendada.

La pérdida de carga requerida se calcula a continuación de acuerdo con la *Figura 26*:

$$H_f = h_{min} - h_{req}$$

$$H_f = 0.5 - 0.051$$

$$H_f = 0.45 \text{ m}$$

Agüero (1997) recomienda considerar un valor experimental para la pendiente del gradiente hidráulico a lo largo de la *Cámara de protección del afloramiento* de 0.30. Con este valor consideramos la pérdida de energía que se producirá al momento de que el agua circule a través del material filtrante gradado hasta su salida por los orificios.

$$\frac{H_f}{L} = 0.3$$

$$L = \frac{0.45 \text{ m}}{0.3}$$

$$L = 1.50 \text{ m}$$

Entonces la *Cámara de protección del afloramiento* debe poseer una longitud de 1.50 m para que la velocidad de paso por los orificios sea igual a 0.60 m/s. Esta longitud de la recamará también permitirá retener una gran cantidad de sedimentos suspendidos al momento de captar el recurso.

4.1.2.2. Cálculo del ancho de la pantalla (b)

El ancho de la pantalla está condicionado al número de orificios y su diámetro, los mismos que permitirán el paso del agua hacia la cámara húmeda y se diseñarán en base al caudal máximo de la fuente.

Cálculo del diámetro de los orificios de entrada (D)

En el cálculo del diámetro de los orificios de entrada se utilizarán las siguientes ecuaciones.

$$Q_{\text{máx}} = V * A * Cd$$

$$A = \frac{Q_{\text{máx}}}{Cd * V} \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

Donde:

$Q_{\text{máx}}$ = Caudal máximo de la fuente (L/s)

Para el diámetro de los orificios se considera la siguiente ecuación

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Valores considerados para el diseño:

$$Q_{\text{máx}} = 1.48 \text{ L/s} = 0.00148 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ valor máximo aforado}$$

$$Cd = 0.6$$

$$V \text{ de paso} = 0.6 \text{ m/s}$$

Obtenemos el área de la tubería de entrada con la ecuación (Ecuación 4.6)

$$A = 41.11 \text{ cm}^2$$

Obtenemos el diámetro de los orificios con la ecuación (Ecuación 4.7)

$$D = 7.23 \text{ cm} = 2.85 \text{ in}$$

Cálculo del número de orificios

Se recomienda usar diámetros (D) iguales o menores a 2". Debido a que en el cálculo inicial se obtuvo un diámetro mayor, se aumentara el número de orificios para completar el área requerida, tomando para el diseño un diámetro de 1½". Para lo cual utilizaremos la siguiente expresión.

$$\# \text{Orificios} = \frac{\text{Área del diametro calculado}}{\text{Área del diametro asumido}} + 1 \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

Tabla 40. *Cálculo del número de orificios de la captación*

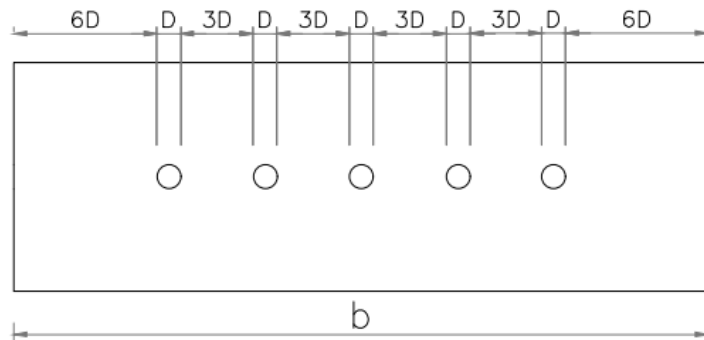
D calculado (in)	Área diámetro calculado (in ²)	Diámetro diseño (in)	Área diámetro diseño	#Orificios calculados	#Orificios necesarios
2.85	6.37	1.50	1.77	4.61	5

En la *Tabla 40* se evidencia las características de los orificios calculados.

Distribución de los orificios

Para un eficiente paso del agua los orificios se distribuirán como se muestra en la *Figura 27*, con ello se determina el ancho de la pantalla de acuerdo con la siguiente ecuación.

Figura 27. Distribución de los orificios



Nota. Fuente: Elaboración propia

$$b = 2(6D) + \#Orificios(D) + 3D(\#Orificios - 1) \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Donde

b = ancho de la pantalla

D = diámetro de los orificios (in)

Reemplazando los valores obtenidos anteriormente en la (Ecuación 4.9) obtenemos el ancho de la pantalla:

$$b = 2(6 * 1.5in) + 5 * (1.5in) + 3 * 1.5in(5 - 1)$$

$$b = 43.5 \text{ in}$$

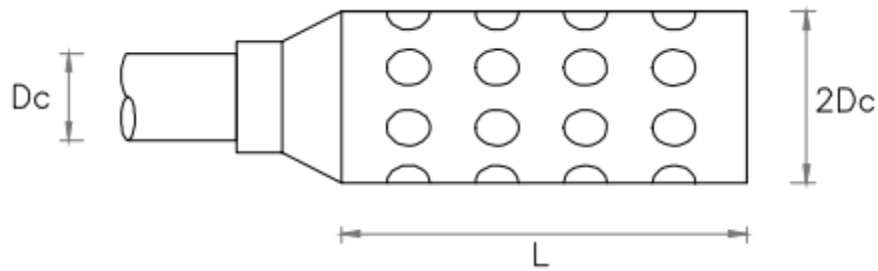
$$b = 110.5 \text{ cm}$$

4.1.2.3. Dimensionamiento de la canastilla

Las consideraciones para el diseño de la canastilla se muestran en la Figura 28

- ✓ El diámetro de la canastilla (D_{ca}) debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (D_c).
- ✓ El área total de las ranuras (A_t) debe ser el doble del área de la tubería de la línea de conducción (A_c).
- ✓ La longitud de la canastilla (L) debe estar entre $3D_c$ a $6D_c$.

Figura 28. Dimensionamiento de la canastilla



Nota. Fuente: Elaboración propia

Se utilizarán las siguientes ecuaciones

$$D_{ca} = 2D_c$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} D_c^2$$

$$A_t = 2A_c$$

En la *Tabla 41* se observa las características de la canastilla diseñada.

Tabla 41. Diámetro de la canastilla y área de las ranuras para la captación.

Diámetros para PVC				
D. Conducción (Dc)	1.00	in	32.00	mm
D. Canastilla (Dca)	2.00	in	63.00	mm
Áreas				
A. Conducción (Ac)	0.79	in ²	8.04	cm ²
A. Ranuras (At)	1.57	in ²	16.08	cm ²

Cálculo de la longitud de la canastilla

$$L = 3D_c - 6D_c$$

$$L = 3(32\text{mm}) = 9.6\text{ cm}$$

$$L = 6(32\text{ mm}) = 19.2\text{ cm}$$

$$L = 15\text{cm}$$

Cálculo del número de ranuras

Para el dimensionamiento de las ranuras se considerará una superficie circular por facilidad constructiva, pues los orificios pueden ser realizados mediante una varilla de acero de 8 mm.

Para determinar el número de ranuras se usa la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranura}} + 1 \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

$$\text{Diámetro ranura} = 8\text{mm}$$

$$\text{Área de ranura} = 0.5027\text{cm}^2$$

$$\text{Área total de ranuras} = 16.08\text{cm}^2$$

Reemplazando los datos en la ecuación (Ecuación 4.10) obtenemos el número de ranuras necesarias.

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = 32$$

4.1.2.4. Altura de la cámara húmeda

Para la altura total de la cámara húmeda utilizaremos la siguiente ecuación, y las dimensiones se muestran en la *Figura 29*.

$$H_t = A + B + H + D + E \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

Donde

A = altura que permite la sedimentación, mínima de 10cm

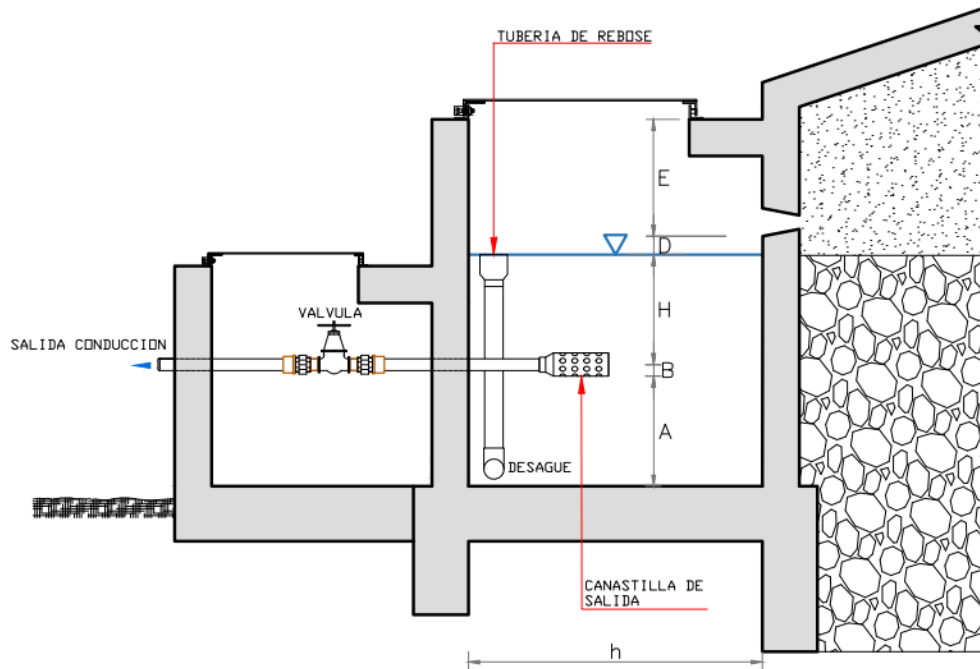
B = la mitad del diámetro de la canastilla de salida

H = altura de agua sobre la canastilla

D = desnivel entre nivel de ingreso del agua y nivel del agua en cámara

E = Borde libre, mínimo 30cm

Figura 29. Altura de la cámara húmeda



Nota. Fuente: Elaboración propia

Cálculo de altura de agua sobre la canastilla (H)

La carga de agua permitirá que el caudal de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción, se recomienda una altura mínima de 30cm y se determinará mediante la siguiente ecuación.

$$H = \frac{Q_{m\acute{a}x}^2}{Cd^2 * 2g * A^2} \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 1.48 \text{ L/s} = 0.00148 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Cd = 0.6$$

$$A = 19.63 \text{ cm}^2 = 0.001963 \text{ m}^2, \text{ \u00e1rea de la tuber\u00eda de captaci\u00f3n.}$$

Reemplazando los valores obtenidos anteriormente en la (Ecuaci\u00f3n 4.12) obtenemos la carga de agua.

$$H = \frac{(0.00148 \text{ m}^3/\text{s})^2}{0.6^2 * 2 * (9.81\text{m/s}) * (0.001963\text{m}^2)^2}$$

$$H = 0.0804 \text{ m}$$

$$H = 8.04 \text{ cm}$$

Como el valor mínimo recomendado para H es de 30cm, se utilizará este valor.

$$H = 30 \text{ cm}$$

Valores considerados:

$$A = 30 \text{ cm}$$

$$B = 3.15 \text{ cm, la mitad del diámetro de la canastilla de 63mm}$$

$$H = 30 \text{ cm, mínimo}$$

$$D = 5 \text{ cm, mínimo}$$

$$E = 30 \text{ cm, mínimo}$$

Obtenemos la altura total de la cámara húmeda con la (Ecuación 4.11)

$$H_t = 30 \text{ cm} + 3.15 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 5 \text{ cm} + 30 \text{ cm}$$

$$H_t = 98.15 \text{ cm}$$

Para el diseño se optará por una altura de 100cm, donde los 1.85cm faltantes en el diseño se adicionarán a la dimensión del borde libre (E)

$$H_t = 1.00 \text{ m}$$

Para las dimensiones en planta de la sección interna de la cámara húmeda se utilizarán las siguientes dimensiones.

$$b = 1.10 \text{ m, obtenido del cálculo del ancho de la pantalla}$$

$$h = 0.8 \text{ m, asumido en base al espacio disponible para la implantación}$$

4.1.2.5. Rebose y limpieza

Para el diámetro de la tubería de rebose y limpieza consideramos el caudal máximo aforado de la fuente y se recomienda pendientes entre 1% a 1.5%. Se determinará el diámetro mediante la ecuación de Hazen – Willians con un valor de C=140 para PVC.

$$D = 4.63 * \frac{Q^{0.38}}{C^{0.38} * S^{0.21}} \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

Donde:

$$D = \text{Diámetro en pulgadas}$$

Q = caudal máximo de la fuente en L/s

S = pérdida de carga unitaria en m/m

Datos considerados:

$Q_{\text{máx}} = 1.48 \text{ L/s}$

$S = 0.015 \text{ m/m}$, pérdida recomendada experimentalmente por los accesorios a usar

Reemplazando los datos en la ecuación (Ecuación 4.13) obtenemos el diámetro de la tubería de rebose y limpieza.

$$D = 4.63 * \frac{(1.48 \text{ L/s})^{0.38}}{(140)^{0.38} * (0.015 \text{ m/m})^{0.21}}$$

$$D = 1.99 \text{ in}$$

Para caudales entre 1.0 L/s - 2.0 L/s el diámetro mínimo es de 1.5 in, como el diámetro calculado es mayor al mínimo se asume un diámetro comercial de 2" de tubería de desagüe.

$$D = 2.00 \text{ in}$$

4.1.2.6. Material filtrante

La Organización Panamericana de la Salud en su documento titulado "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE FILTRACIÓN DE MÚLTIPLES ETAPAS", recomienda utilizar la granulometría tipo mostrada en la *Tabla 42* al momento de colocar el material filtrante grueso en la cámara de captación de un manantial de afloramiento horizontal.

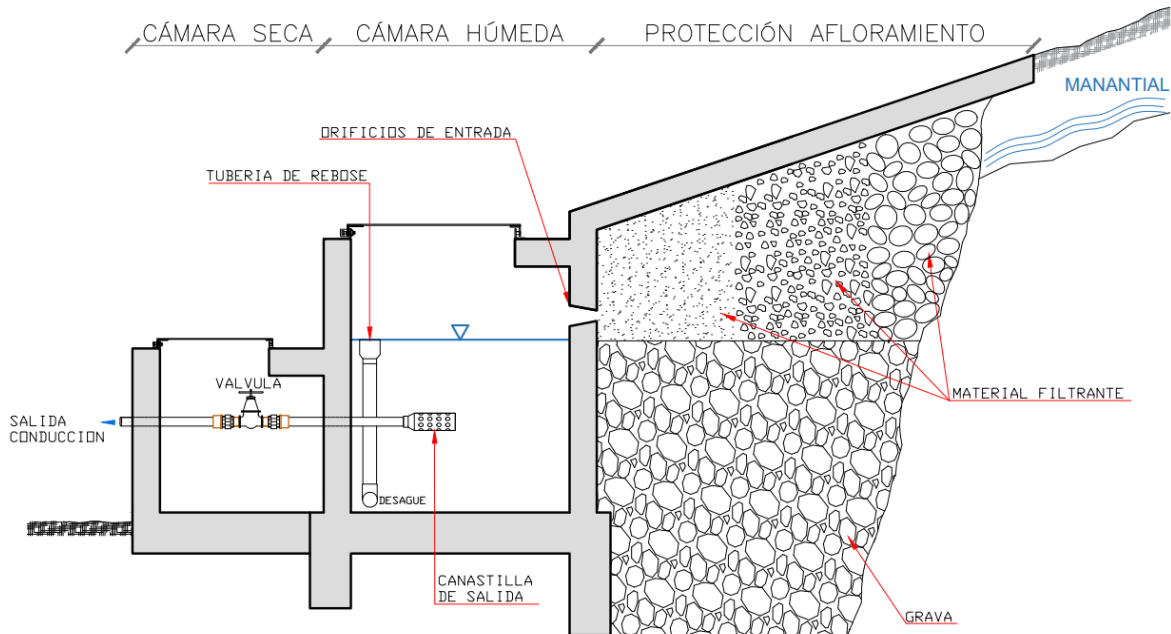
Tabla 42. *Material filtrante de la captación*

Posición en la cámara	Espesor del estrato (m)	Tamaño de la grava (mm)
Entrada	0,20	13--25
Intermedio	0,20	6--13
Salida	0,20	3--6

La grava debe disminuir de diámetro de acuerdo con el sentido de circulación del agua.

En la *Figura 30* se muestra un esquema de la estructura de captación diseñada, en donde se puede identificar la protección del afloramiento, la cámara húmeda y la cámara seca.

Figura 30. *Esquema en elevación de la Captación*



4.2. CONDUCCIÓN

4.2.1. Tipo de conducción

La línea de conducción permite transportar el agua desde la captación hasta el sistema de reserva-tratamiento. El sistema de conducción propuesto constará de dos partes, una que funcionará a presión y otra que conducirá el agua a flujo libre. El tramo que funcionará a flujo libre será el que desembocará en el sistema de reserva-tratamiento, mientras que el tramo a presión conducirá el agua desde la captación hasta el *Tanque de control*.

4.2.2. Criterios y normas para el diseño hidráulico de la conducción

La "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL" avala el diseño de una conducción que funcione en la condición de flujo libre, y propone que debe cumplir con los siguientes parámetros:

- ✓ La tubería debe funcionar parcialmente llena durante el 100% de tiempo,

evitando manejar velocidades demasiado bajas para evitar cualquier clase de sedimentación en la solera del canal, o velocidades tan altas que provoquen abrasión en la estructura (SENAGUA, 2016).

- ✓ Deben existir sitios que permitan la inspección de la línea de conducción sin contaminar el recurso (SENAGUA, 2016).

4.2.3. Diseño hidráulico de la conducción

4.2.3.1. Tramo de conducción a presión (Captación – Tanque de control)

A la salida de la captación el agua será conducida a través de un pequeño tramo de tubería a presión hasta llegar al *Tanque de control*, mismo que permitirá derivar el recurso a un canal de regulación con ayuda de un vertedero. El diámetro de la tubería de este tramo a presión se determinará con el objetivo de que la velocidad de salida del agua sea la necesaria para que la trayectoria parabólica teórica del chorro se encuentre dentro del *tanque de control*.

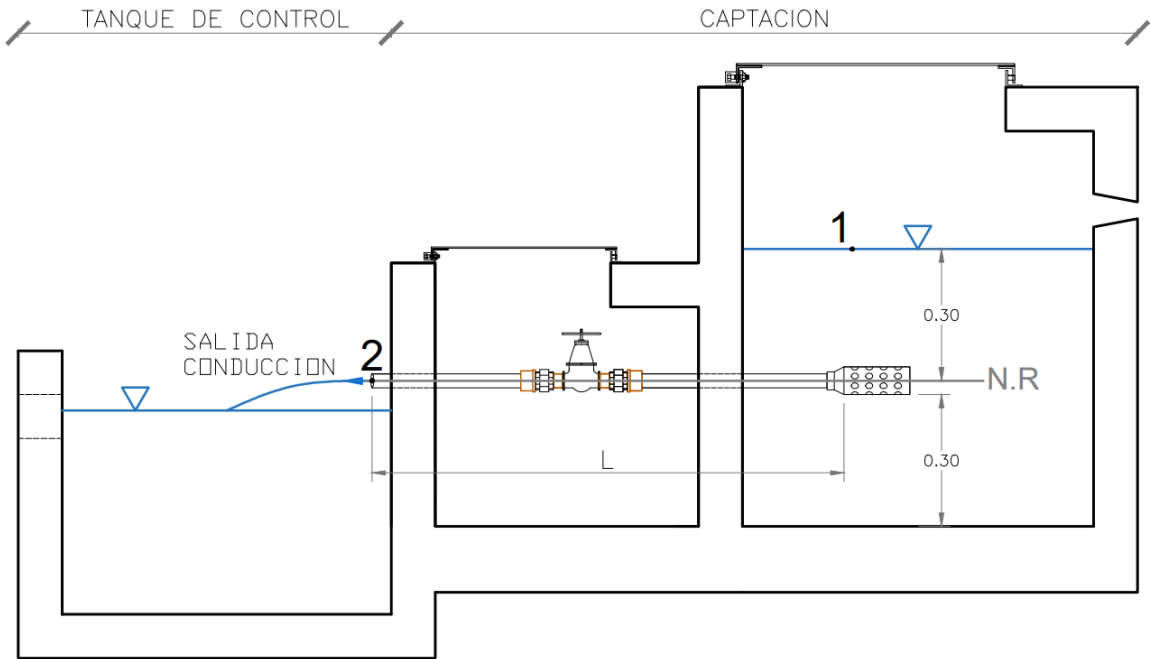
Diseño del tramo de tubería a presión

Se determinará la pérdida necesaria para producir una velocidad de salida adecuada del tramo de tubería a presión hacia el *tanque de control* con ayuda de la (Ecuación 4.14).

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_f = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

Se considera el siguiente sistema hidráulico entre la Captación y el Tanque de control mostrado en la *Figura 31*.

Figura 31. Tramo captación - Tanque de control



Nota. Fuente: Elaboración propia

Con el modelo propuesto se deduce que:

$v_1 = 0 \frac{m}{s}$, la velocidad es despreciable en este punto.

$v_2 = 0.6 \frac{m}{s}$, velocidad inicial asumida.

$z_1 = 0.30 \text{ m}$, altura del punto 1 desde el nivel de referencia.

$z_2 = 0 \text{ m}$, altura del punto 2 desde el nivel de referencia.

$P_1 = 0 \text{ Pa}$, se encuentra en contacto con la presión atmosférica.

$P_2 = 0 \text{ Pa}$, se encuentra en contacto con la presión atmosférica.

Utilizando la expresión (Ecuación 4.14) se obtiene que:

$$h_f = 0.28 \text{ m}$$

Entonces se debe encontrar el diámetro necesario para provocar esta pérdida de carga, para esto se asumirá que la longitud del tramo a presión debe ser máximo de 1 metro, en vista de que aún se debe colocar el *Tanque de control* y el *Canal regulador*.

El diámetro necesario para provocar esta disminución de la carga hidráulica se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$D^{4.87} = 10.67 * \left(\frac{Q_{max}}{C_{hw}} \right)^{1.852} * \left(\frac{L}{hf} \right) \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

Para el diseño se consideró inicialmente el máximo caudal aforado que tiene un valor de 1.48 L/s. Utilizando la (Ecuación 4.15) se obtiene:

$$D^{4.87} = 10.67 * \left(\frac{0.00148 \left(\frac{m^3}{s} \right)}{150} \right)^{1.852} * \left(\frac{1 (m)}{0.28(m)} \right)$$

$$D = 0.02636 m = 26,36 mm$$

El diámetro comercial disponible para este requerimiento corresponde al de una Tubería de PVC-presión de 32 mm con un espesor de pared de 2.4 mm, consiguiendo un diámetro real de 27.2 mm.

Utilizando el diámetro comercial se obtiene que la pérdida real que se producirá en la tubería es de:

$$hf = 10.67 * \left(\frac{0.00148 \left(\frac{m^3}{s} \right)}{150} \right)^{1.852} * \left(\frac{1 (m)}{(0.0272 (m))^{4.87}} \right)$$

$$hf = 0.24 m$$

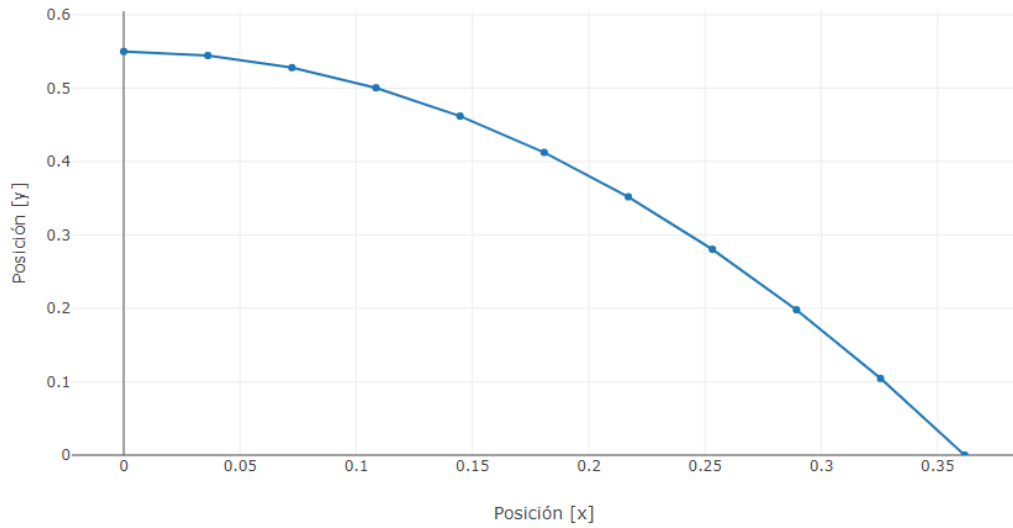
Por lo tanto, utilizando la (Ecuación 4.14) y reemplazando la pérdida real (hf) obtenemos la velocidad de salida real (v_2):

$$v_2 = 1.08 \frac{m}{s}$$

Con la velocidad de salida y la altura de caída del chorro (0.55 m hasta la solera del *tanque del control*) se puede aproximar teóricamente la trayectoria de este, considerando un modelo parabólico al momento de su caída.

Si consideramos que el *tanque de control* se encuentra vacío, se puede calcular la trayectoria del chorro con ayuda de la calculadora de movimiento parabólico online *Calcuvio* como se muestra en la *Figura 32*.

Figura 32. Posición en función del tiempo (Caudal máximo aforado)



Nota. Adaptado de *Posición en función del tiempo* [Imagen], por Calcuvio, (s.f), Calculadora de movimiento parabólico (<https://www.calcuvio.com/movimiento-parabolico>). CC BY 2.

Gracias al software se conoce que en un tiempo de 0.33 s del movimiento:

Posición vertical de la partícula = 0 m

Posición horizontal de la partícula = 0.36 m

Si se considera el caudal mínimo aforado que tiene un valor de 0.55 L/s y el diámetro comercial previamente calculado se obtiene la siguiente pérdida:

$$hf = 10.67 * \left(\frac{0.00055 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)}{150} \right)^{1.852} * \left(\frac{1 \text{ (m)}}{(0.0272 \text{ (m)})^{4.87}} \right)$$

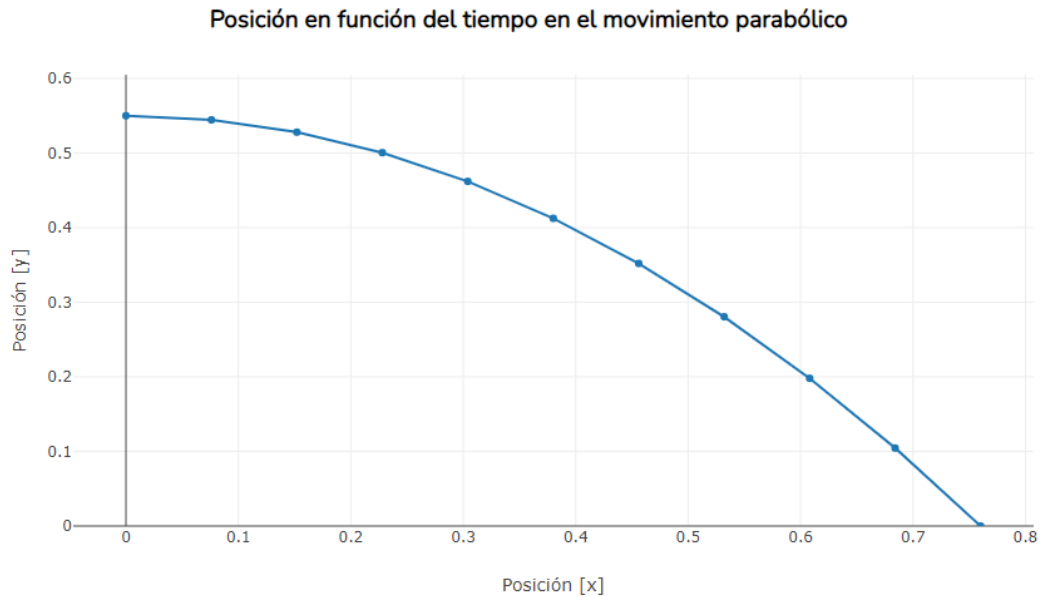
$$hf = 0.038\text{ m}$$

Y se calcula la velocidad teórica de salida de la tubería con ayuda de la (Ecuación 4.14):

$$v_2 = 2.27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Entonces podemos determinar la trayectoria parabólica teórica del chorro de agua con esta velocidad, si el *tanque de control* estuviera vacío, utilizando la aplicación online de Calcuvio mostrada en la *Figura 33*.

Figura 33. *Posición en función del tiempo (Caudal mínimo aforado)*



Nota. Adaptado de *Posición en función del tiempo* [Imagen], por Calcuvio, (s.f), Calculadora de movimiento parabólico (<https://www.calcuvio.com/movimiento-parabolico>). CC BY 2.

En donde se obtiene que en un tiempo de 0.33 s del movimiento:

Posición vertical de la partícula = 0 m

Posición horizontal de la partícula = 0.75 m

Con estos resultados se deduce que la velocidad teórica de salida de la tubería de conducción a presión aumenta mientras menor es la cantidad de caudal que por aquí circula, en consecuencia de que se reducen las pérdidas por fricción.

Entonces se podría concluir que una longitud de 0.75 m del *tanque de control* es más que suficiente para que el chorro de agua que proviene del tramo de conducción a presión caiga dentro de la estructura. La dimensión escogida es algo conservadora pues hay que tener en cuenta que muy probablemente el tanque no este vacío cuando se tenga el mínimo caudal de aforo, por lo que la posición final horizontal del chorro se vería reducida.

Una solución practica también puede ser colocar un codo de 90° a la salida de la tubería a presión, provocando que el agua escurra verticalmente sobre el *tanque de control* y no exista una trayectoria parabólica a la salida.

4.2.3.2. *Tanque de control y vertedero de derivación*

El tanque de control es una estructura propuesta con el fin de cumplir con cuatro tareas importantes antes de llegar al sistema de distribución.

- ✓ Recibir y derivar un determinado caudal al *Canal regulador* con ayuda de un vertedero.
- ✓ Mantener en funcionamiento permanente el sistema de distribución al momento del mantenimiento del tanque de reserva, con la ayuda de un sistema bypass.
- ✓ Funcionar como tanque clorador al momento del mantenimiento del sistema de reserva y tratamiento.
- ✓ Regular o impedir el paso de caudal al tanque de reserva.

Su diseño consta de un cajón de hormigón con un vertedero a su salida, con el objetivo de escurrir el agua al *Canal Regulador*. Las dimensiones propuestas son las siguientes:

L (largo) = 0.75 m, longitud conservadora para la trayectoria del chorro

B (ancho) = 0.90 m, por la disposición del espacio

h (altura) = 0.60 m para permitir una descarga libre de la tubería de conducción a presión hacia el tanque de control

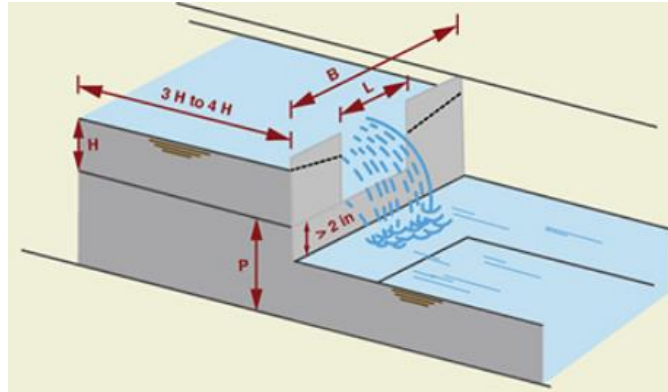
Diseño del vertedero

El vertedero es una estructura hidráulica que consiste en una pared transversal a un canal sobre el cual pasa agua debido a la existencia de una carga hidráulica aguas arriba, el fin de este vertedero es el de derivar un cierto caudal hacia el *canal de regulación*.

El vertedero que se diseñará será uno rectangular con dos contracciones.

En la *Figura 34* se muestra un esquema sobre el flujo de agua a través del vertedero rectangular en donde se muestra que al existir contracciones la longitud de la cresta L es menor al ancho del canal.

Figura 34. Vertedero rectangular con contracciones



Nota. Adaptado de *Cálculo de la descarga a través de un vertedero rectangular* [Imagen], por Ponce V., 2022, (<http://uon.sdsu.edu/enlinearectangular.php>). CC BY 2.0

Cálculo de la descarga Q

Según Sotelo (2015), la fórmula general de descarga en vertederos rectangulares con contracciones es la siguiente:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} * C_D * \left(L - \frac{2H}{10} \right) * H^{\frac{3}{2}} \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

Donde:

$$Q = \text{caudal} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

L = longitud de la cresta del vertedero (m)

H = carga hidráulica del vertedero (m)

C_D = coeficiente de descarga

Cálculo de coeficiente de descarga C_D

La fórmula para calcular el coeficiente de descarga C_D según la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos para vertederos con 2 contracciones laterales es la siguiente (Ngamalieu Nengoue, 2015):

$$C_D = \left[0.578 + 0.037 \left(\frac{L}{B} \right)^2 + \frac{3.615 - 3 * \left(\frac{L}{B} \right)^2}{1000H + 1.6} \right] * \left[1 + \frac{L}{2B} * \left(\frac{H}{H + P} \right)^2 \right] \quad (\text{Ecuación 4.17})$$

Donde:

L = longitud de la cresta del vertedero (m)

B = ancho del canal

H = carga hidráulica del vertedero (m)

P = altura del paramento del vertedero

Debido a que se requiere que el vertedero sea diseñado para que el caudal máximo aforado pase sobre este sin desbordar, se realizaron algunas iteraciones variando las dimensiones de L y H en la (Ecuación 4.17) para luego encontrar con la (Ecuación 4.16) el caudal que pasa sobre el vertedero.

Las iteraciones finalizaron cuando se logró los siguientes objetivos:

- ✓ Un caudal cercano al máximo aforado, no necesariamente este valor exacto, pues hay que considerar que las dimensiones del vertedero sean de fácil construcción y no requieran de un alto grado de precisión.
- ✓ Evitar sobredimensionar la estructura para caudales excesivamente mayores al máximo aforado.

Con estos criterios se obtuvo las siguientes dimensiones para el vertedero:

$$B = 0.90 \text{ m}$$

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

$$L = 0.05 \text{ m}$$

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

Reemplazando los datos en la (Ecuación 4.17) obtenemos el coeficiente de descarga.

$$C_D = 0.61$$

Finalmente, mediante la (Ecuación 4.16) obtenemos la descarga Q .

$$Q = 1.72 \text{ L/s}$$

El caudal máximo aforado de 1.48 L/s es menor, por lo que la carga hidráulica no rebosará sobre la contracción del vertedero.

4.2.3.3. Canal de regulación

Estructura ubicada a la entrada del tanque de almacenamiento que tendrá la funcionalidad de una válvula reguladora de caudal, transportando por el canal únicamente el caudal de diseño y desbordando todo el exceso de agua. Su funcionamiento es totalmente hidráulico por lo que no necesita de mantenimiento frecuente o personal de operación especializado, al contrario de una válvula reguladora de caudal.

Diseño del canal de regulación

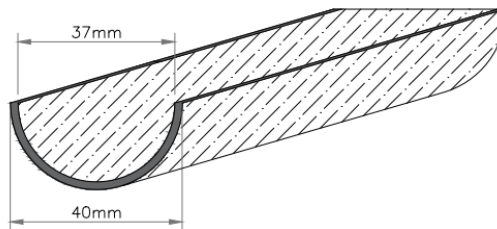
Para el dimensionamiento del canal se utilizará la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$S = \left(\frac{Q * n}{A * R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 4.18})$$

Para la construcción del canal se utilizará una tubería de PVC para presión de 40 mm de diámetro cortada por la mitad con un espesor de pared de 1.5 mm, por lo que el diámetro interno total de la tubería tendrá un valor de 37 mm como se muestra en la *Figura 35*.

Figura 35. Diámetro del canal de regulación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Se encuentra las propiedades geométricas del canal:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A = \frac{\pi}{8} (0.037 \text{ m})^2$$

$$A = 0.00054 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{\pi D}{2}$$

$$P = \frac{\pi * 0.037 \text{ (m)}}{2}$$

$$P = 0.058 \text{ m}$$

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

$$R = \frac{0.00054 \text{ m}^2}{0.058 \text{ m}}$$

$$R = 0.010 \text{ m}$$

Con ayuda de la expresión (Ecuación 4.18) se determina la pendiente necesaria para conducir el caudal de diseño. Se utiliza un coeficiente de rugosidad de Manning (n) para PVC de 0.009.

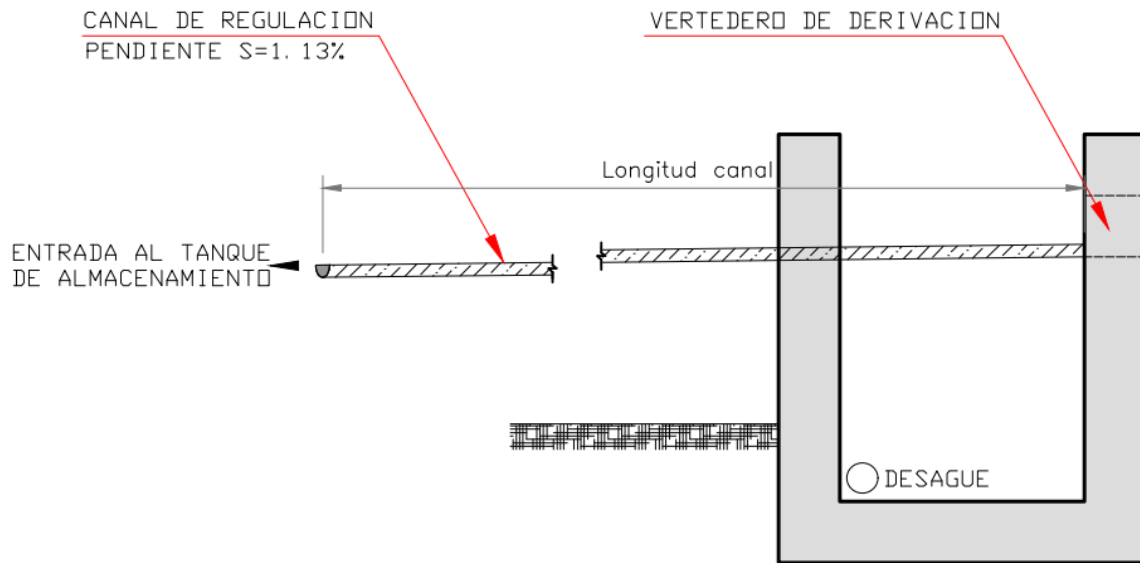
$$S = \left(\frac{0.00028 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * 0.009}{0.00054 \text{ (m}^2) * 0.010 \text{ (m)}^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S = 0.0113$$

$$S(\%) = 1.13 \%$$

En la *Figura 36* se presenta un esquema del *canal de regulación* y del *tanque de excesos*. El *tanque de excesos* permitirá recibir el exceso que se derivará desde el *canal de regulación*, ya que todos los caudales aforados son mayores al caudal de diseño. Este caudal excedente se evacuará por medio de un desagüe colocado en el *tanque de excesos* que se conectará al sistema de desagüe de la captación y evacuará en la acequia en donde actualmente desemboca el rebose del tanque de almacenamiento.

Figura 36. Esquema del canal de regulación y tanque de excesos



Nota. Fuente: Elaboración propia

4.3. DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO

4.3.1. Estudio de la calidad del agua

El agua destinada para consumo humano debe ser incolora, inolora, insabora y libre de compuestos que puedan causar corrosión o incrustaciones en el sistema de distribución de agua e instalaciones sanitarias. Para lo cual se debe cumplir con los requisitos físico - químicos que se establecen en la Norma INEN -1108.

En la *Tabla 43* se muestran los resultados del análisis físico - químico y su respectiva comparación con la Norma INEN – 1108, los análisis fueron realizados en un laboratorio acreditado y los resultados se muestran en el ANEXO 5.

Tabla 43. Análisis Físico - Químico del agua de Jarungo

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO					
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE %U (K=2)	LIMITE PERMITIDO NTE - 1108	CONDICIÓN
Arsénico	mg/L	< 0.002	± 10.12%	0.01	Cumple
Cadmio	mg/L	< 0.002	± 10.75%	0.003	Cumple
Cloro libre residual (cloro activo)	mg/L	< 0.1	± 9%	0.3 - 1.5	No cumple
Cobre	mg/L	< 0.012	± 8.23%	2	Cumple

Color Aparente	Unidades de color	<	5	± 39%	15	Cumple
Cromo Total	mg/L	<	0.002	± 8.56%	0.05	Cumple
Fluoruros	mg/L	<	0.25	± 18%	1.5	Cumple
Mercurio	mg/L	<	0.002	± 13.48%	0.006	Cumple
N-Nitratos	mg/L		0.263 8	± 36%	50	Cumple
N-Nitritos	mg/L	<	0.02	± 24%	3	Cumple
pH	Unidades de pH	<	6.6	± 0.17 Unid. De pH	6.5 - 8.0	Cumple
Plomo	mg/L	<	0.002	± 14.26%	0.01	Cumple
Turbidez	N.T.U	<	0.44	± 19%	5	Cumple

En la *Tabla 44* se muestran los resultados del análisis microbiológico y su comparación con la Norma INEN – 1108, los análisis fueron realizados en un laboratorio acreditado y los resultados se muestran en el ANEXO 6.

Tabla 44. *Análisis Microbiológico del agua de Jarungo*

ÁNALISIS MICROBIOLÓGICO					
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE %U (K=2)	LÍMITE PERMITIDO NTE - 1108	CONDICIÓN
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 1.8	-	Ausencia ^b	No cumple
Cryptosporidium	AUS-PRES	Ausencia	N.A ^a	Ausencia	Cumple
Giardia	AUS-PRES	Ausencia	N.A ^a	Ausencia	Cumple

^a N.A: No aplica

^b Ausencia corresponde a "< 1.1 NMP/100mL"

4.3.2. Necesidades de tratamiento

De acuerdo con los análisis de calidad de agua realizados se determinó que dentro de los requisitos fisicoquímicos el único parámetro fuera del rango propuesto por la normativa es del *cloro libre residual*, ya que los límites permitidos por la NTE – 1108 son entre 0.3 - 1.5 mg/L y en los resultados se obtuvo un valor inferior a 0.1 mg/L; en cuanto a los análisis microbiológicos se encontró que el parámetro que no cumple es el de los *coliformes fecales* ya que el límite permitido es la Ausencia, en donde Ausencia corresponde a valores inferiores a 1.1 NMP/1000mL, y en los resultados se obtuvo que este valor es inferior a 1.8 NMP/1000mL.

Se propone un sistema de tratamiento de desinfección mediante cloración debido a que este método nos permitirá cumplir simultáneamente con ambos parámetros, aumentando la cantidad de cloro libre residual y removiendo los coliformes fecales presentes. Es seguro el uso de este método debido a que la turbiedad del agua ensayada es inferior a 0.44 N.T.U (Unidades Nefelométricas de Turbiedad) cumpliendo con el requerimiento máximo propuesto que es de 1 N.T.U para que la implementación de un sistema de cloración sea seguro, además dado que el agua es de origen subterráneo y se comprueba su excelente calidad microbiológica y fisicoquímica, estaríamos cumpliendo con la desinfección como un requisito mínimo de tratamiento para agua destinada a consumo humano, de esta forma aseguramos la calidad microbiológica del agua y además que esta cuente con cloro residual que permita mantener el efecto desinfectante al momento de circular en la red de distribución.

4.3.3. Diseño del sistema de tratamiento

El diseño del sistema de tratamiento se realizará con ayuda del "MANUAL PARA LA CLORACIÓN DE AGUA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL ÁMBITO RURAL ". Publicado por la Cooperación Alemana, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

4.3.3.1. Tipo de tratamiento

El sistema de tratamiento propuesto se conoce como Cloración por goteo auto compensante, es conveniente para sistemas de abastecimiento de agua rurales por las siguientes razones:

- ✓ El sistema mantiene una dosis constante de cloro por largos periodos de tiempo, evitando las recargas e inspecciones frecuentes (Cooperación Alemana, 2017).
- ✓ El sistema de cloración por goteo auto compensante es confiable y utilizado ampliamente en sistemas de abastecimiento de agua potable rurales (Cooperación Alemana, 2017).
- ✓ Su construcción, operación y mantenimiento es sencilla y no requiere de personal especializado (Cooperación Alemana, 2017).
- ✓ El equipo para su ensamblaje es económico y de fácil acceso (Cooperación Alemana, 2017).

- ✓ El desinfectante utilizado en el sistema se puede encontrar fácilmente en el mercado y en dosis correctas no presenta ninguna amenaza para la salud (Cooperación Alemana, 2017).

4.3.3.2. *Funcionamiento del sistema de cloración por goteo auto compensante*

El método de cloración por goteo se basa en la aplicación de un caudal constante sobre la cámara de cloración o tanque de almacenamiento, que contiene una determinada concentración de cloro. Esta cantidad de cloro debe ser la suficiente para cubrir la demanda de cloro necesaria y producir una cierta cantidad de cloro residual libre.

El sistema de cloración se compone de los siguientes elementos:

Gotero auto compensante: Permite la dosificación del cloro. Este elemento es de fácil obtención y bastante económico, permite mantener un caudal constante de goteo que va desde los 2,4 y 8 L/h (Cooperación Alemana, 2017).

Figura 37. *Gotero auto compensante.*



Nota. Adaptado de *Gotero autocompensado PCDS 2 l/h* [Imagen], por Riego Ecuador, S.F, Riego Ecuador (<https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/gotero-pcdfs>). CC BY 2.0

Tanque clorador: Tanque de polietileno que se usa generalmente para el almacenamiento de agua en los hogares. Es el dispositivo que almacena la mezcla utilizada para la desinfección (Cooperación Alemana, 2017).

Figura 38. *Tanque clorador*



Nota. Adaptado de *Tanque Elevado de almacenamiento 600 Litros* [Imagen], por Rotoplas, S.F, Rotoplas (<https://rotoplas.com.ec/producto/tanque-elevado-de-almacenamiento-600-litros-2/>). CC BY 2.0

Válvula de línea: Válvula que tiene la función de cerrar el caudal de flujo en el sistema de cloración, para mantenimiento del tanque o regulación del sistema de dosificación (Cooperación Alemana, 2017).

Figura 39. *Válvula de línea.*



Nota. Adaptado de *Tanque Elevado de almacenamiento 600 Litros* [Imagen], por Rotoplas, S.F, Rotoplas (<https://rotoplas.com.ec/producto/tanque-elevado-de-almacenamiento-600-litros-2/>). CC BY 2.0

Filtro de discos de 120 micrones: Accesorio que se utiliza para filtrar los restos del desinfectante utilizado o cualquier clase de sedimento que pueda encontrarse en el tanque clorador, con la finalidad de evitar el estancamiento de la manguera que lleva el desinfectante (Cooperación Alemana, 2017).

Figura 40. *Filtro de discos de 120 micrones*



Nota. Adaptado de *Filtro anillos PEQ 1 1/2" - FLF* [Imagen], por Riego Ecuador, S.F, Riego Ecuador (<https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/filtro-anillos-peq>). CC BY 2.0

Manguera de polietileno: Manguera que permite conducir la mezcla desde el tanque clorador hasta la cámara de desinfección, suele ser de un diámetro de ¼ de pulgada (Cooperación Alemana, 2017).

Figura 41. *Manguera de polietileno*.



Nota. Adaptado de *Manguera Polietileno Negra CED-80 de 1 1/4" 100 M Diámetro de 32 MM* [Imagen], por RACSA, S.F, RACSA (<https://www.racsariego.com/product/manguera-polietileno-negra-ced-80-de-1-1-4-100-m-diametro-de-32-mm/?v=0b98720dcb2c>). CC BY 2.0

4.3.3.3. *Diseño del sistema de tratamiento*

Para el cálculo de la cantidad de desinfectante necesario se utiliza la siguiente expresión:

$$P \text{ (kg)} = \frac{3600 * V * Q * D}{q * \% * 10^6} \quad (\text{Ecuación 4.19})$$

Donde:

P = Peso del cloro a disolver en kg

V = Volumen del tanque clorador en L

D = Dosis de cloro a aplicar en mg/L

Q = Caudal de agua a desinfectar en L/s

q = Caudal de la solución clorada a aplicar a L/h

% = Concentración de cloro en la solución clorada en %

El volumen del tanque clorador (V) ha sido escogido en base a la disponibilidad del mercado, en donde se ha encontrado tanques de almacenamiento de 200 litros y 600 litros. La Cooperación Alemana recomienda tanques de 750 litros, pues este volumen generalmente requiere de pocas recargas del desinfectante al mes. Por lo que el volumen elegido será de 600 litros, el más cercano al sugerido por el manual y que está disponible en el país.

La Cooperación Alemana realiza la siguiente acotación en cuanto a la dosificación del cloro en aguas subterráneas: “En sistemas de agua potable cuya fuente de abastecimiento es el agua subterránea sin material disuelto, la dosis de cloro es muy cercana a 0.50 mg/L porque se requiere una cantidad muy pequeña para cubrir la demanda de cloro” (Cooperación Alemana, 2017). Los análisis de calidad de agua realizados corroboran lo mencionado por la Cooperación Alemana, pues la demanda de cloro necesaria únicamente debe cubrir la cantidad mínima de cloro residual propuesto por la normativa, que es de 0.3 mg/L. Esta cantidad de cloro también permitirá combatir la presencia de coliformes fecales en el agua.

El caudal de agua a desinfectar (Q) será el caudal máximo diario (QMD), pues es el caudal de ingreso al sistema de abastecimiento, el cual funcionará como receptor del desinfectante.

Para el caudal de la solución clorada (q) se ha elegido un gotero auto compensante que proporcione un caudal 2 L/h en vista de que este caudal de goteo es óptimo para tiempos de recarga más prolongados.

El desinfectante elegido es el hipoclorito de calcio, pues contiene una mayor concentración de cloro frente al hipoclorito de sodio, como consecuencia aumenta su efectividad al momento de combatir bacterias. Su presentación en polvo facilita el manejo y

aplicación. En el mercado local es posible encontrar hipoclorito de calcio con una concentración de cloro del 65%.

Con la (Ecuación 4.19) se calcula el peso de hipoclorito de calcio:

$$P \text{ (kg)} = \frac{3600 * 600 \text{ (L)} * 0.28 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right) * 0.5 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}{2 \left(\frac{\text{L}}{\text{h}}\right) * 65\% * 10^6}$$

$$P \text{ (kg)} = 0.23 \text{ kg de hipoclorito de calcio}$$

Se necesita 230 gramos (0.23 kg) de hipoclorito de calcio para suplir la demanda de cloro.

Para calcular que cantidad de días durará la mezcla se utiliza la siguiente expresión:

$$T \text{ (días)} = \frac{V}{q * 24 \text{ (h)}} \quad (\text{Ecuación 4.20})$$

Donde:

V = Volumen del tanque clorador en L

q = Caudal de la solución clorada a aplicar a L/h

Aplicando la expresión (Ecuación 4.20):

$$T \text{ (días)} = \frac{600 \text{ (L)}}{2 \left(\frac{\text{L}}{\text{h}}\right) * 24 \text{ (h)}}$$

$$T \text{ (días)} = 12.5 \text{ días}$$

Por lo que se deberá recargar al tanque de cloración cada 13 días.

4.3.3.4. Procedimiento para colocar el desinfectante

1. Cerrar la válvula que conecta al tanque clorador con el gotero.
2. Colocar 450 litros de agua limpia en el tanque clorador.
3. Preparar los 230 gramos (0.23 kilogramos) de hipoclorito de calcio.

4. En baldes de 20 litros agregar los 230 gramos de hipoclorito calcio y diluir con 15 litros de agua. La mezcla se debe realizar hasta lograr la disolución completa del hipoclorito de calcio.
5. Agregar la mezcla en el tanque clorador.
6. Colocar agua limpia en el tanque clorador hasta quedar a 20 centímetros por debajo del nivel máximo de agua.
7. Abrir la válvula de conexión del tanque clorador hasta el gotero.

4.4. RESERVA Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

4.4.1. Cuantificación de volúmenes de reserva

La cuantificación del volumen de reserva en el tanque de almacenamiento se realizará en base al criterio propuesto por la "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL", CO 10.7-602.

La normativa menciona que la capacidad de almacenamiento del tanque de reserva será del 50% del volumen medio diario futuro.

El caudal medio diario futuro calculado tiene un valor de:

$$Qm = 0.20 \frac{l}{s}$$

Se determina el volumen medio diario futuro, considerando el volumen producido en un día de almacenamiento:

$$Vm = 0.20 \left(\frac{l}{s} \right) \cdot 86400 (s)$$

$$Vm = 17280 l$$

La capacidad de almacenamiento debe ser el 50% del volumen medio diario futuro.

$$Valm = 17280 (l) \cdot 0.50$$

$$Valm = 8640 (l)$$

$$\mathbf{Valm = 8.64 (m^3)}$$

Este volumen de almacenamiento no puede ser considerado pues la normativa indica que la capacidad de almacenamiento mínima del tanque de reserva debe ser de $10 m^3$.

El tanque de almacenamiento construido posee una capacidad útil de $20.31 m^3$, capacidad mayor a la mínima requerida por la normativa, por lo tanto, la estructura puede utilizarse para el nuevo sistema de distribución propuesto.

4.4.2. Criterios de diseño

Para el diseño del sistema de distribución se considerará los criterios propuestos por la "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL", CO 10.7-602.

La normativa propone cinco criterios que se deben considerar al momento de realizar el diseño de la red distribución:

- ✓ El diseño de la red debe realizarse para el caudal máximo horario (QMH) (SENAGUA, 2016).
- ✓ La red puede diseñarse con ramales abiertos o mallas (SENAGUA, 2016).
- ✓ La presión estática debe tener un valor máximo de $4 kg/cm^2$ la presión dinámica máxima será de $3 kg/cm^2$ y la presión dinámica mínima será $0.7 kg/cm^2$ (SENAGUA, 2016).
- ✓ El diámetro mínimo de la red de distribución será de 19 mm (SENAGUA, 2016).
- ✓ Se debe colocar válvulas de manera que se permita independizar sectores para operación o mantenimiento evitando suspender el servicio para toda la localidad (SENAGUA, 2016).

4.4.3. Diseño del sistema de distribución

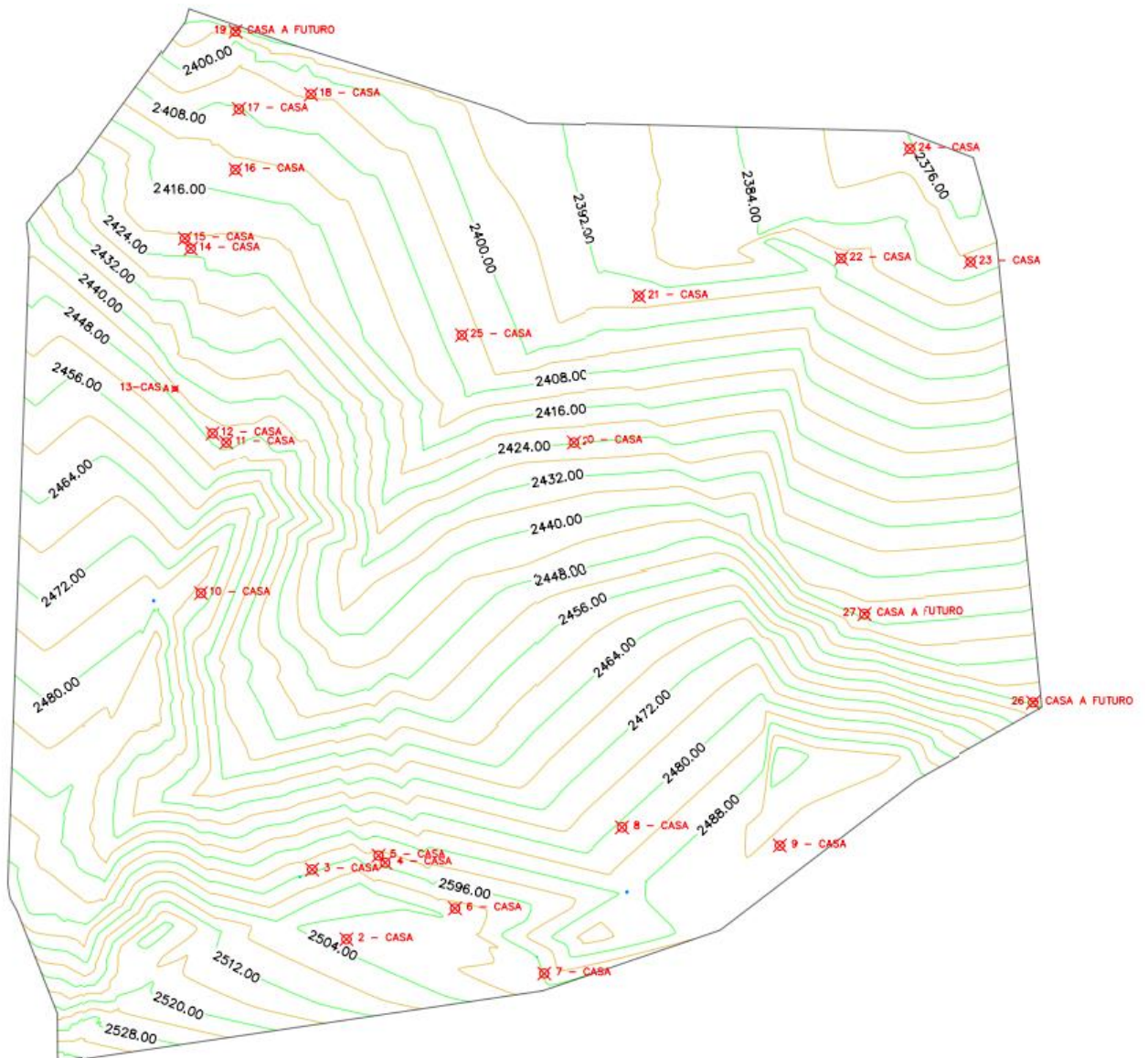
4.4.3.1. Trazado de la red de distribución

El trazado de la red de distribución de la comunidad Jarungo se ha realizado en base a tres aspectos importantes:

- ✓ Evitando que la red se coloque en zonas con pendientes excesivas.
- ✓ Evitando en lo posible que la línea de distribución pase por terrenos privados.
- ✓ Buscando el menor recorrido posible.

Sin embargo, el trazado de la red se ve principalmente condicionado por la ubicación de los domicilios en la localidad (Ver *Figura 42*). La población rural de la sierra ecuatoriana se caracteriza por asentarse en territorios con topografía bastante accidentada, en donde los hogares están generalmente distribuidos de forma dispersa a lo largo del terreno. En estas situaciones es común encontrar redes de distribución de agua para consumo humano de gran extensión que involucran pocas viviendas distanciadas entre sí, por lo que es imposible pensar en la construcción de una red de distribución cerrada.

Figura 42. *Distribución de los domicilios en la comunidad Jarungo.*

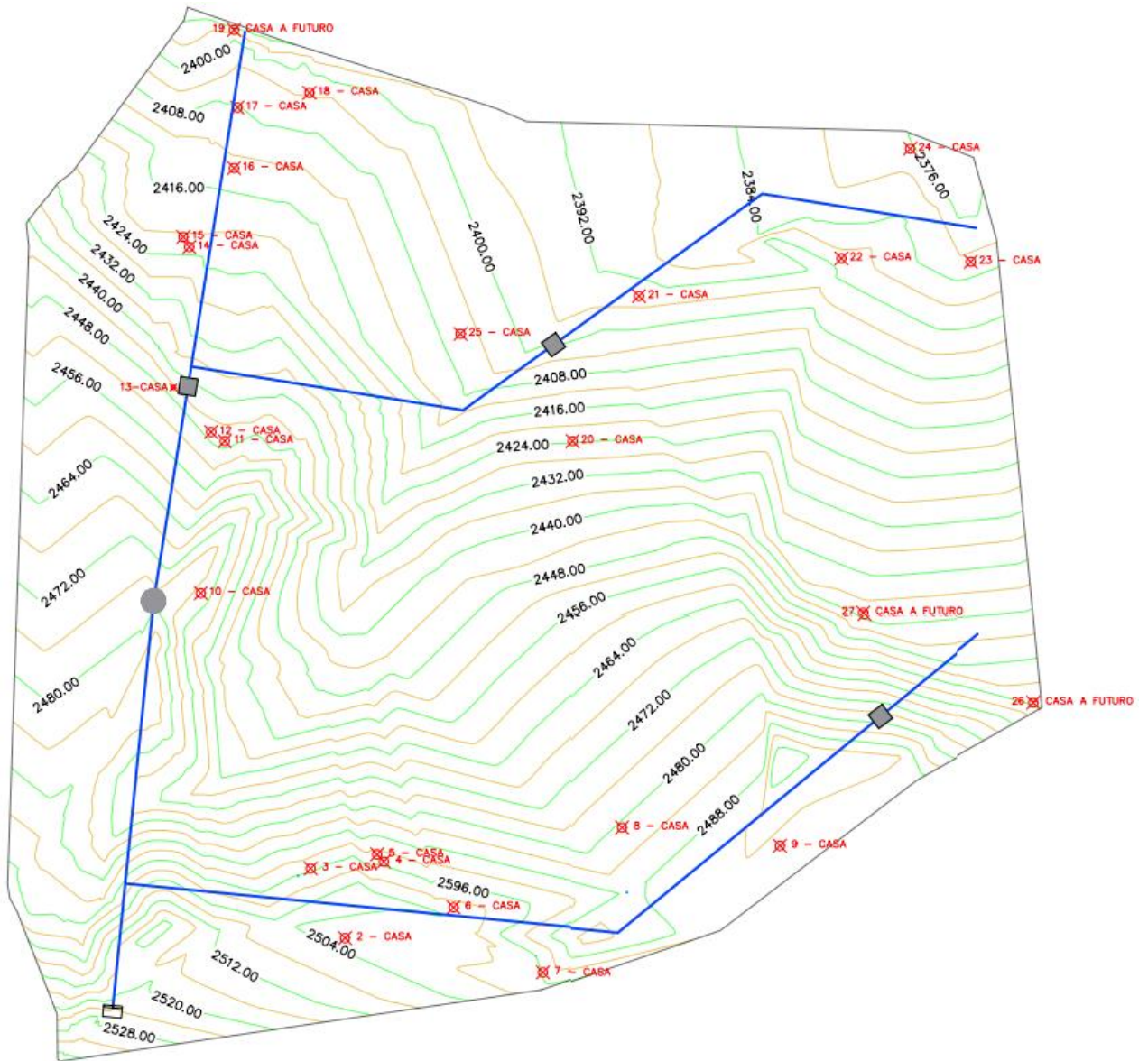


Nota. Fuente: Elaboración propia

La red de distribución se ha trazado con el criterio de estar lo más cerca posible de cada domicilio, esto para evitar conexiones domiciliarias largas que conlleven a excesivas pérdidas de presión.

El trazado de la nueva red de distribución también está condicionado para utilizar las estructuras existentes, como es el tanque de almacenamiento y la cámara rompe presión.

Figura 43. Red de distribución propuesta



Nota. Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 43* se presenta la red de distribución propuesta, la línea fue creada considerando que se utilizará tubería de PVC para su construcción, por lo que será indispensable el uso de accesorios como codos o tee que permitan ramificaciones y cambios de dirección.

La nueva red de distribución será colocada a una profundidad de 0.60 metros desde la corona del tubo. Esta profundidad ha sido elegida debido a que en el lugar en donde se colocará la tubería no existe tráfico vehicular.

4.4.3.2. *Determinación de caudales en los nodos*

Para el diseño de la red de distribución se utilizará el caudal máximo horario (QMH) al final del periodo de diseño, el cual tiene un valor de 0.60 l/s, este valor debe ser repartido para todos los nodos del sistema de distribución.

Para determinar qué cantidad del caudal máximo horario le corresponde a cada nodo, primero se debe determinar qué cantidad de caudal circula por cada tramo de la línea de distribución. Esto se logra obteniendo un caudal unitario en función de la longitud de cada tramo. En la *Tabla 45* se muestra el caudal unitario calculado por cada metro de tubería.

Tabla 45. *Caudal máximo horario unitario*

QMH (L/s)	0,60
Longitud total de la tubería (m)	2435
Q unitario (L/s) /m	0,000246

En la *Tabla 46* se muestra el caudal máximo horario repartido en cada tramo de la red de distribución, multiplicando la longitud de cada tramo de la línea por el caudal unitario previamente obtenido. Con este método se logra repartir el caudal máximo horario a lo largo de la red de distribución en función de la longitud de cada tramo.

La *Tabla 47* muestra el caudal que le corresponde a cada nodo de la red de distribución, que se obtiene con ayuda del caudal que circula por cada tramo.

Tabla 46. *Demanda en cada tramo del sistema de distribución propuesto.*

TRAMO	Longitud (m)	Q (L/s)
T1-J5	111	0,02735
J5-CASA3	160	0,03943
CASA3-CASA2	36	0,00887
CASA2-CASA5	21	0,00517
CASA5-CASA4	7	0,00172
CASA4-CASA6	64	0,01577
CASA6-CASA7	84	0,02070
CASA7-CASA8	125	0,03080
CASA8-CASA9	93	0,02292
CASA9-CASA1a	189	0,04657
CASA1a-CASA2a	64	0,01577
J5-CASA10	308	0,07589
CASA10-CASA11	89	0,02193
CASA11-CASA12	4	0,00099
CASA12-CASA13	34	0,00838
CASA13-J-64	78	0,01922
J64-CASA25	228	0,05618
CASA25-CASA20	110	0,02710
CASA20-CASA21	80	0,01971
CASA21-CASA22	161	0,03967
CASA22-CASA24	83	0,02045
CASA24-CASA23	67	0,01651
J64-CASA14	46	0,01133
CASA14-CASA15	5	0,00123
CASA15-CASA16	67	0,01651
CASA16-CASA17	53	0,01306
CASA17-CASA18	25	0,00616
CASA18-CASA3a	43	0,01060
TOTAL		0,60

Tabla 47. Caudal existente en cada nodo del sistema de distribución propuesto.

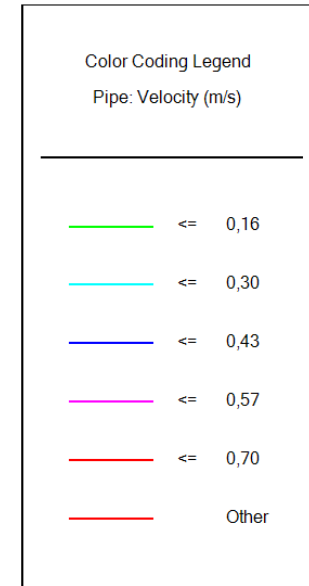
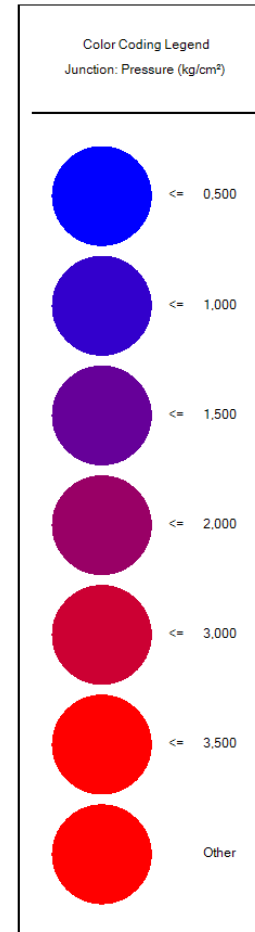
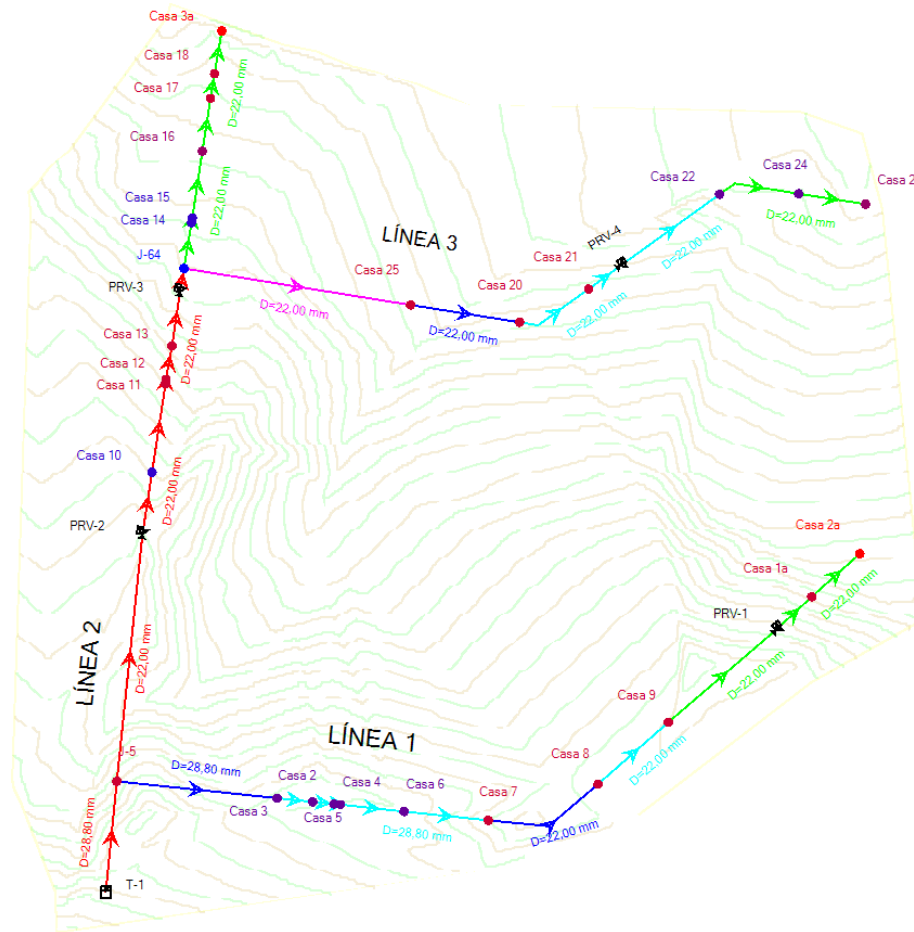
CAUDAL EN CADA NODO	
NUDO	Q(L/s)
J5	0,02735
CASA3	0,03943
CASA2	0,00887
CASA5	0,00517
CASA4	0,00172
CASA6	0,01577
CASA7	0,02070
CASA8	0,03080
CASA9	0,02292
CASA 1a	0,04657
CASA 2a	0,01577
CASA10	0,07589
CASA11	0,02193
CASA12	0,00099
CASA13	0,00838
J64	0,01922
CASA25	0,05618
CASA20	0,02710
CASA21	0,01971
CASA22	0,03967
CASA24	0,02045
CASA23	0,01651
CASA14	0,01133
CASA15	0,00123
CASA16	0,01651
CASA17	0,01306
CASA18	0,00616
CASA3a	0,01060
TOTAL	0,60

4.4.3.3. Modelo de simulación del sistema de distribución propuesto

Con la ayuda de WaterCAD se ha realizado un modelo del funcionamiento hidráulico del sistema de distribución propuesto, la línea de distribución se ha importado desde AutoCAD y con ayuda del complemento T-Rex de WaterCAD se ha asignado una cota a cada nodo de la red, de igual manera se ha asignado a cada nodo la demanda calculada a través del caudal máximo horario unitario.

El modelo del nuevo sistema de distribución propuesto se presenta en la *Figura 44*.

Figura 44. Modelo del sistema de distribución propuesto.



Nota. Fuente: Elaboración propia

4.4.3.4. Elección de diámetros de la red distribución

Para llegar al sistema de distribución expuesto se tuvo que realizar varias iteraciones en los diámetros de algunos de los tramos de la red. Los problemas se presentaron sobre todo en la línea de distribución que inicia en el nodo J-5 y termina en el nodo Casa 3a (Línea 2) puesto a que existían sub-presiones, por lo que la línea de gradiente hidráulico quedaba por debajo de la cota del terreno. La solución que se utilizó para este problema fue la de aumentar el diámetro de la tubería utilizada en el tramo, a razón de disminuir las pérdidas por fricción y disminuir la pendiente de la línea de gradiente hidráulico hasta que quede por encima de la cota del terreno.

La gama de diámetros utilizados para la simulación de la red de distribución se escogió en base a la “NTE INEN 1373 TUBERÍA PLÁSTICA. TUBOS Y ACCESORIOS DE POLI (CLORURO DE VINILO) (PVC) NO PLASTIFICADO PARA PRESIÓN. REQUISITOS”. Cuarta revisión.

En la normativa en mención se especifica los diámetros nominales y espesores de la gama de tuberías para presión disponibles en el país. La elección de los diámetros nominales para el diseño de la red distribución se realizó en base a la *Tabla 2. Espesores Nominales*.

Para el modelo de la línea de distribución realizado en WaterCAD se utilizó el diámetro real de la tubería, en vista de que el cálculo hidráulico realizado por el software no discrimina el espesor del tubo, por lo tanto, se presentaría resultados erróneos al no considerar únicamente el diámetro útil de la tubería. La descripción de los diámetros utilizados se presenta en la *Tabla 48*.

Tabla 48. *Diámetros y presiones utilizados en la red de distribución.*

D. Nominal (mm)	Presión Nominal (MPa)	Espesor (mm)	D. Real (mm)
25	1,6	1,5	22
32	1,25	1,6	28,8

Siguiendo el criterio propuesto por la normativa, en ningún tramo de la red distribución se utiliza un diámetro real menor a 19 mm.

4.4.3.5. Cámaras rompe-presión

En la evaluación del sistema de distribución que posee actualmente la comunidad Jarungo se determinó que en los puntos bajos de la localidad existen presiones estáticas que

se acercan a los 10 kg/cm^2 sobrepasando por mucho los 4 kg/cm^2 permitidos por la normativa. El rediseño de la línea de distribución se realizó en base al criterio del rango de presiones permitidas, por lo que fue necesario colocar tres cámaras rompe presiones adicionales al ya existente.

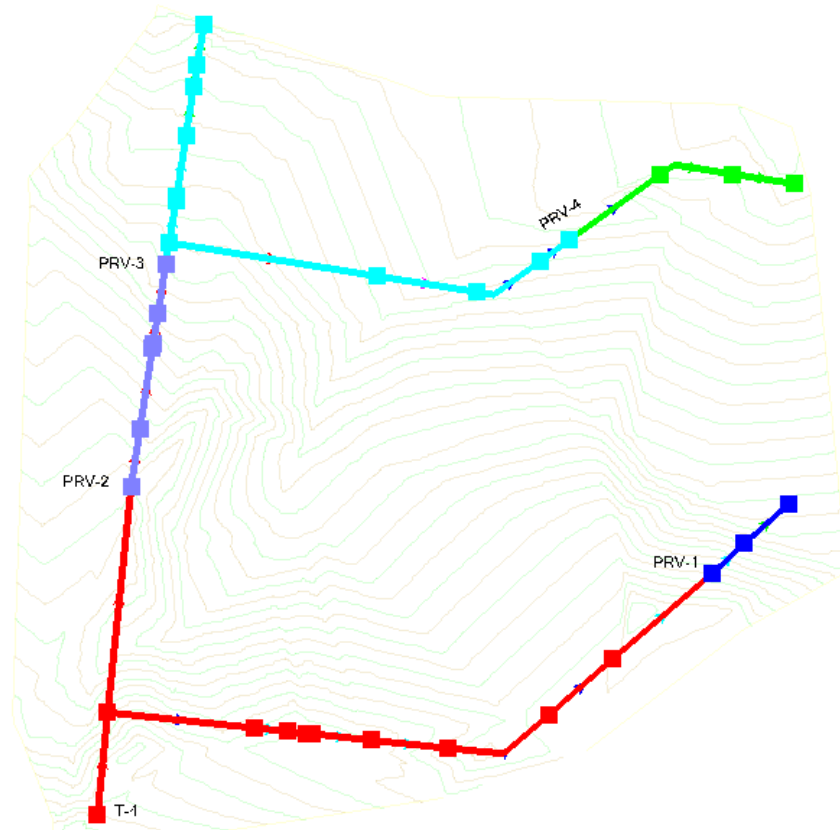
Hay que tener en cuenta dos aspectos importantes para esta decisión, el primero es que el área de distribución ha aumentado, como consecuencia existen nuevos puntos de demanda en cotas mucho más bajas que en el área de distribución actual. El segundo factor para considerar es que la red de distribución propuesta está diseñada bajo los criterios de diseño sugeridos por la SENAGUA, por lo que indicadores como la presión de servicio deben ser controlados dentro de un rango, algo que no se respetó para la construcción del sistema actual.

La ubicación de las cámaras rompe-presión dentro de la red de distribución se basaron en tres criterios sumamente importantes:

- ✓ Controlar que las presiones estáticas y dinámicas en los puntos de distribución se encuentren dentro del rango permitido.
- ✓ Mantener lo más lejos posible a las cámaras rompe-presión de los puntos de servicio, con el fin de evitar presiones bajas en los domicilios.
- ✓ Optimizar la influencia de cada zona de presión, disminuyendo lo máximo posible la construcción de estas estructuras.

La inclusión de cuatro cámaras rompe-presión en el sistema de distribución ha provocado que se creen cinco distintas zonas de presión en la red, representadas en la *Figura 45*.

Figura 45. Zonas de presión del sistema de distribución.



Nota. Fuente: Elaboración propia

4.4.3.6. Análisis del sistema de distribución propuesto

Tabla 49. Resultados de la simulación en los nodos de la red de distribución propuesta

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN LOS NODOS							
Etiqueta	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente hidráulico (m)	Presión dinámica (kg/cm ²)	Presión estática (kg/cm ²)	Condición P. dinámica	Condición P. estática
ZONA DE PRESIÓN 1							
T1	2.521,83	N.A	2.522,53	0,00	0,00	N.A	N.A
Casa 3	2.503,01	0,03943	2.517,96	1,49	1,95	Cumple	Cumple
Casa 2	2.504,00	0,00887	2.517,84	1,38	1,85	Cumple	Cumple
Casa 5	2.504,00	0,00517	2.517,78	1,38	1,85	Cumple	Cumple
Casa 4	2.504,00	0,00172	2.517,76	1,37	1,85	Cumple	Cumple
Casa 6	2.503,03	0,01577	2.517,59	1,45	1,95	Cumple	Cumple
Casa 7	2.490,89	0,0207	2.517,40	2,65	3,16	Cumple	Cumple
Casa 8	2.489,13	0,0308	2.516,65	2,75	3,34	Cumple	Cumple
Casa 9	2.491,43	0,02292	2.515,53	2,41	3,11	Cumple	Cumple
ZONA DE PRESIÓN 2							
PRV-1	2.476,17	N.A	2.476,17	0,00	0,00	N.A	N.A
Casa 1a	2.455,14	0,04657	2.475,84	2,07	2,10	Cumple	Cumple
Casa 2a	2.442,92	0,01577	2.475,81	2,94	3,32	Cumple	Cumple

ZONA DE PRESIÓN 3							
PRV-2	2.478,46	N.A	2.478,46	0,00	0,00	N.A	N.A
Casa 10	2.467,63	0,07589	2.475,30	0,77	1,08	Cumple	Cumple
Casa 11	2.451,01	0,02193	2.472,38	2,13	2,74	Cumple	Cumple
Casa 12	2.450,23	0,00099	2.472,25	2,20	2,82	Cumple	Cumple
Casa 13	2.441,45	0,00838	2.471,29	2,98	3,70	Cumple	Cumple
ZONA DE PRESIÓN 4							
PRV-3	2.431,34	N.A	2.431,34	0,00	0,00	N.A	N.A
Casa 14	2.422,20	0,01133	2.430,43	0,82	0,91	Cumple	Cumple
Casa 15	2.421,41	0,00123	2.430,43	0,90	0,99	Cumple	Cumple
Casa 16	2.413,45	0,01651	2.430,16	1,67	1,79	Cumple	Cumple
Casa 17	2.408,12	0,01306	2.430,07	2,19	2,32	Cumple	Cumple
Casa 18	2.405,22	0,00616	2.430,06	2,48	2,61	Cumple	Cumple
Casa 3a	2.395,74	0,0106	2.430,05	2,98	3,55	Cumple	Cumple
Casa 25	2.406,19	0,05618	2.419,79	1,36	2,51	Cumple	Cumple
Casa 20	2.404,51	0,0271	2.417,16	1,26	2,68	Cumple	Cumple
Casa 21	2.399,34	0,01971	2.415,95	1,66	3,20	Cumple	Cumple
ZONA DE PRESIÓN 5							
PRV-4	2.394,74	N.A	2.394,74	0,00	0,00	N.A	N.A
Casa 22	2.383,68	0,03967	2.393,54	0,98	1,10	Cumple	Cumple
Casa 24	2.383,59	0,02045	2.393,32	0,97	1,11	Cumple	Cumple
Casa 23	2.377,18	0,01651	2.393,28	1,61	1,75	Cumple	Cumple

Tabla 50. Resultados de la simulación en las tuberías de la red de distribución propuesta

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN LA RED							
Nodo inicial	Nodo final	Longitud (m)	Diámetro real (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
T-4	J-5	111	28,8	PVC	150	0,600	0,92
J-5	PRV-2	246	22	PVC	150	0,365	0,96
J-5	Casa 3	160	28,8	PVC	150	0,208	0,32
Casa 3	Casa 2	36	28,8	PVC	150	0,168	0,26
Casa 2	Casa 5	21	28,8	PVC	150	0,159	0,24
Casa 5	Casa 4	7	28,8	PVC	150	0,154	0,24
Casa 4	Casa 6	64	28,8	PVC	150	0,153	0,23
Casa 6	Casa 7	84	28,8	PVC	150	0,137	0,21
Casa 7	Casa 8	125	22	PVC	150	0,116	0,31
Casa 8	Casa 9	93	17	PVC	150	0,085	0,38
Casa 1a	Casa 2a	64	17	PVC	150	0,016	0,07
PRV-2	Casa 10	62	22	PVC	150	0,365	0,96
Casa 10	Casa 11	89	22	PVC	150	0,289	0,76
Casa 11	Casa 12	4	22	PVC	150	0,267	0,70
Casa 12	Casa 13	34	22	PVC	150	0,266	0,70
Casa 14	Casa 15	5	22	PVC	150	0,048	0,13
Casa 15	Casa 16	67	17	PVC	150	0,046	0,20
Casa 18	Casa 3a	43	17	PVC	150	0,011	0,05
Casa 16	Casa 17	53	17	PVC	150	0,030	0,13
Casa 17	Casa 18	25	17	PVC	150	0,017	0,07
J-64	Casa 14	46	17	PVC	150	0,059	0,26
J-64	Casa 25	228	17	PVC	150	0,180	0,79

Casa 25	Casa 20	110	17	PVC	150	0,123	0,54
Casa 20	Casa 21	80	17	PVC	150	0,096	0,42
Casa 22	Casa 24	83	17	PVC	150	0,037	0,16
Casa 24	Casa 23	67	17	PVC	150	0,017	0,07
Casa 13	PRV-3	54	22	PVC	150	0,258	0,68
PRV-3	J-64	24	22	PVC	150	0,258	0,68
Casa 21	PRV-4	39	17	PVC	150	0,077	0,34
PRV-4	Casa 22	122	17	PVC	150	0,077	0,34
Casa 9	PRV-1	141	17	PVC	150	0,062	0,27
PRV-1	Casa 1a	48	17	PVC	150	0,062	0,27

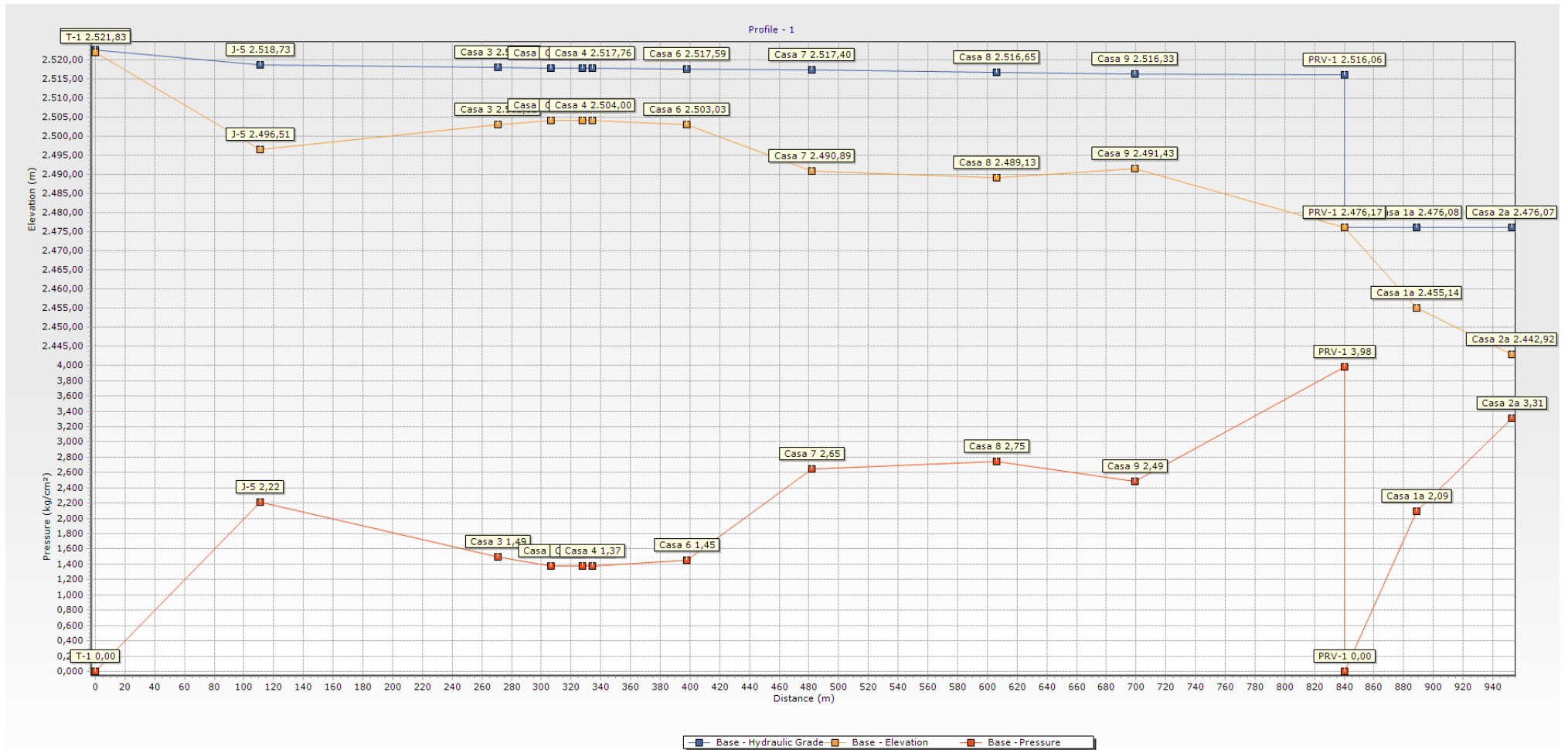
La *Tabla 49* muestra los resultados en los nodos de la simulación realizada, es importante destacar que las presiones que se manejan en este nuevo sistema de distribución se encuentran dentro del rango permitido por la normativa, gracias a la creación de cinco distintas zonas de presión.

En la *Tabla 50* se indica los resultados de la simulación en la red de tuberías, en donde se puede evidenciar que se utilizó el diámetro real para el cálculo hidráulico que realizó el software. También es importante destacar las velocidades con las que se está manejando el sistema de distribución propuesto, en vista de que han aumentado en comparación con el sistema de distribución actual, sin embargo, la normativa no determina un rango de velocidades para un sistema de distribución de agua potable.

La importancia de la velocidad con la que se distribuye el recurso radica en que con bajas velocidades existe una mayor probabilidad de proliferación de bacterias y de contaminación en la red de distribución, por lo que por experiencia se recomienda velocidades cercanas a 1.5 m/s, velocidad capaz de impedir toda clase de acumulación de organismos.

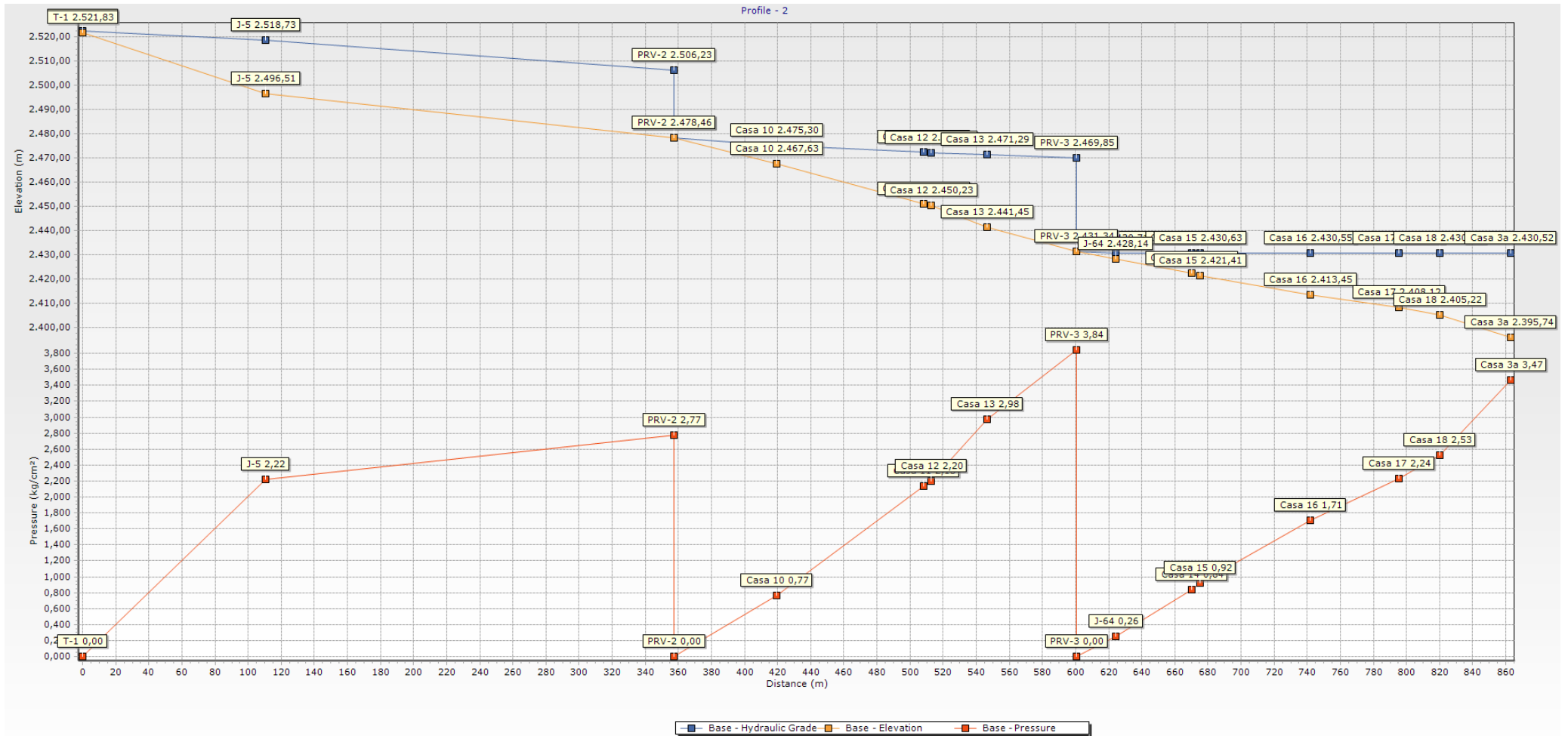
El sistema de distribución propuesto maneja velocidades por debajo de los 1.5 m/s recomendados, esto en consecuencia de que el caudal máximo horario utilizado para el diseño es demasiado bajo para manejar velocidades cercanas a este valor, sin embargo, se ha intentado aumentar lo máximo posible a este factor con la disminución del diámetro de la tubería sobre todo en los tramos finales de la distribución, en donde se encuentran las velocidades más bajas. Pero hay que tener en cuenta que este proceso conlleva a aumentar pérdidas por fricción y está limitado a un diámetro mínimo que es de 19 mm.

Figura 46. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico Línea 1



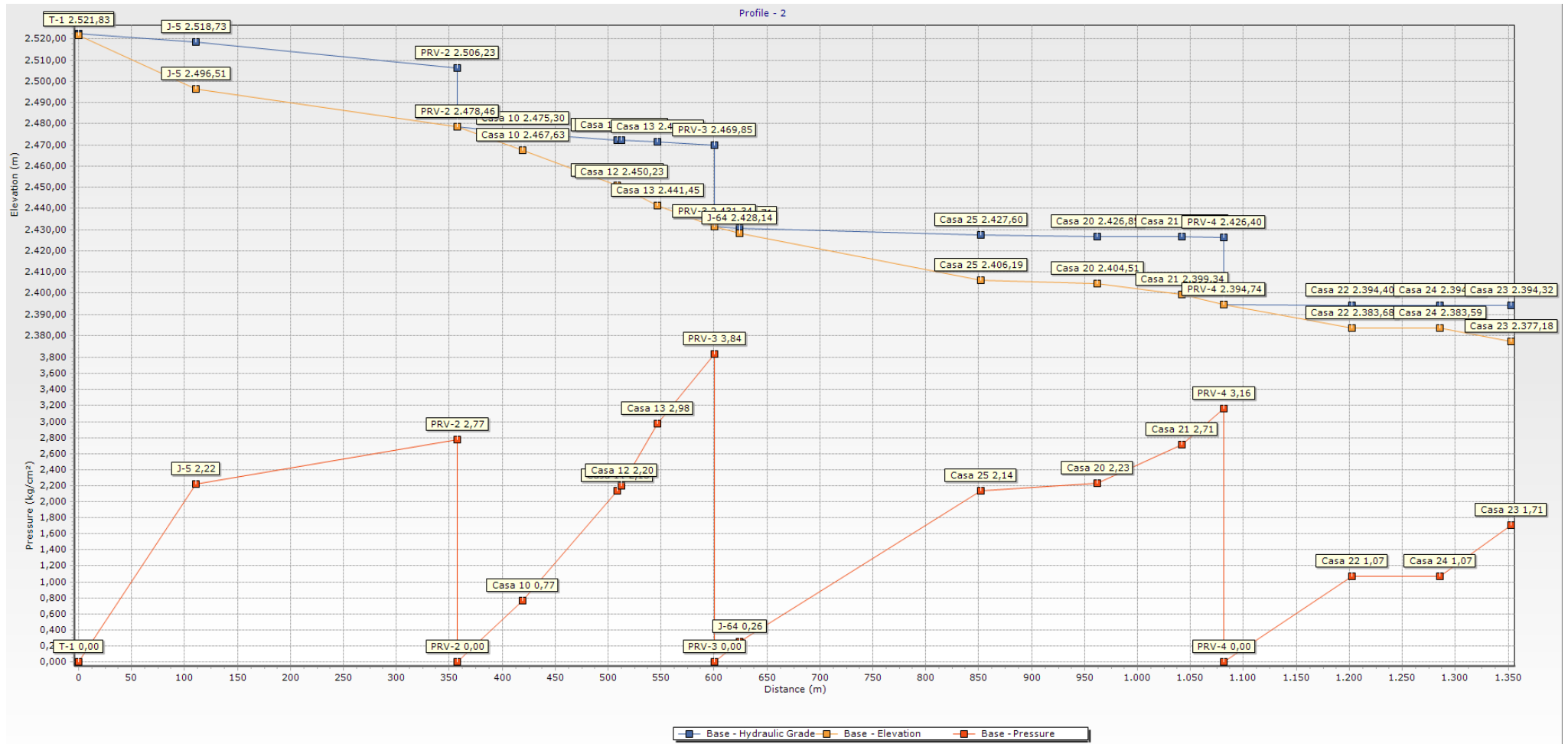
Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico Línea 2



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 48. Perfil de elevación, presión y gradiente hidráulico Línea 3



Nota. Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 46*, *Figura 47* y *Figura 48* se presenta un esquema de la línea de gradiente hidráulico, línea del terreno y la presión dinámica manejada en cada una de las líneas de distribución con respecto al tanque de almacenamiento.

La línea de gradiente hidráulico de todas las líneas de distribución se encuentra sobre la línea de cota del terreno, por lo que no existe ningún caso de sub-presión en los puntos de distribución, ni tampoco en los tramos de la red.

En estos gráficos también se puede evidenciar las presiones máximas de trabajo dentro de la red de tuberías, que deben ser menores a las presiones de trabajo propuestas por el fabricante. Las presiones máximas dentro de la red de distribución se encuentran en los tramos mostrados en la *Tabla 51*.

Tabla 51. *Presiones máximas de trabajo en la red de distribución.*

TRAMO	Presión máxima en el tramo (kg/cm²)	Diámetro nominal del tramo (mm)	Presión Nominal soportada (kg/cm²)
Casa 6 -Casa 7	2.65	32	12.75
Casa 9-PRV-1	3,98	25	16

4.4.3.7. *Conexiones domiciliarias*

Según la "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL" las conexiones domiciliarias deben realizarse de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- ✓ Cada hogar debe poseer una sola conexión domiciliaria (SENAGUA, 2016).
- ✓ La conexión domiciliaria debe ser económicamente viable para el medio rural y asegurar un acoplamiento perfecto a la red matriz (SENAGUA, 2016).
- ✓ La colocación del medidor es indispensable a menos de que se presente una justificación para suprimir su uso, previamente aprobado por el IEOS (SENAGUA, 2016).

La conexión domiciliaria se realizará con ayuda de una Manguera de agua reforzada de ½", que se acoplará a la red matriz por medio de una Tee Reductora PVC gracias a un

adaptador Neplo flex. El detalle completo de la conexión domiciliaria se presenta en los planos hidrosanitarios del sistema de distribución.

La colocación de medidores en el sistema de agua para consumo humano de la comunidad Jarungo no será considerado para esta disertación, debido a que es un trámite que debe ser previamente aprobado y justificado por la institución gubernamental competente y los pobladores de la comunidad.

4.4.4. Diseño hidráulico del tanque rompe presión

Dado que en el rediseño de la red de distribución la diferencia de desnivel entre el reservorio y el punto más bajo de la red es de aproximadamente 146 m, y según la SENAGUA (2016) la presión estática máxima en las tuberías es de 4 kg/cm^2 , es decir 40m de desnivel, se ha considerado necesario diseñar tanques rompe presión para la red de distribución.

Para el diseño de la cámara rompe presión (CRP) se seleccionó el Tipo 7 ya que este se emplea en una Red de Distribución, la ubicación de cada tanque dentro de la red de distribución se ha determinado de acuerdo con la topografía del terreno con el fin de que las tuberías no sobrepasen los 4 kg/cm^2 . Aunque su función principal es la de romper la presión también regulará el abastecimiento de agua mediante una válvula flotadora.

4.4.4.1. Cálculo de la Altura de la Cámara Rompe Presión (Ht)

Según la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018), la altura de la cámara se diseñará en base a los siguientes criterios.

- ✓ La altura mínima en la salida es de 10cm.
- ✓ El borde libre mínimo es de 40cm.
- ✓ La carga de agua se calculará aplicando la ecuación de Bernoulli de forma que se asegure que el caudal de salida pueda fluir.

Para calcular la altura total de la cámara rompe presión se utilizará la siguiente ecuación y sus dimensiones se muestran en la *Figura 49*.

$$H_t = A + B + H \quad (\text{Ecuación 4. 21})$$

Donde:

A = altura hasta la canastilla que permite la sedimentación, mínima de 10cm

B = borde libre, mínimo de 40 cm

H = carga de agua necesaria para que el caudal de salida de la cámara rompa presión pueda fluir por la tubería, la altura mínima es de 40cm y facilitará el paso de todo el caudal por la Red de Distribución.

Para calcular *H* se utilizará la siguiente ecuación anteriormente deducida en el diseño hidráulico de la captación:

$$H = \frac{QMH^2}{Cd^2 * 2g * A_o^2}$$

Donde:

QMH = caudal máximo horario en el tramo más crítico

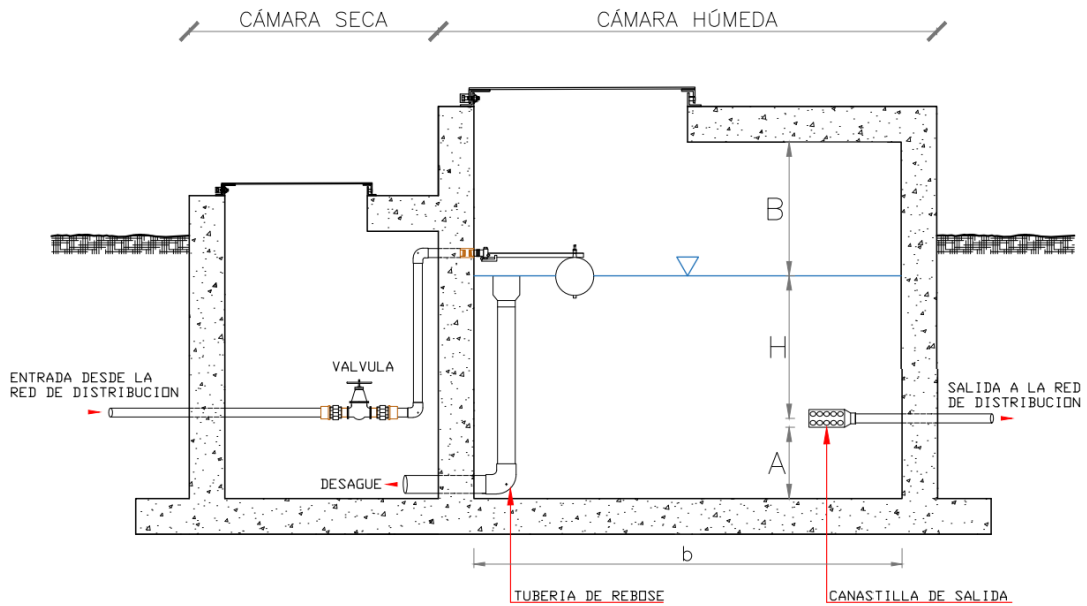
A_o = área de la tubería de salida a la línea de distribución, se utilizará el diámetro real de la tubería de salida a la red de distribución que fue anteriormente diseñada y es de 22mm, perteneciente a una tubería de PVC de 25mm de diámetro nominal.

Cd = coeficiente de descarga o gasto, representa las pérdidas por el paso del agua a través de la tubería, se utilizará un valor de 0,8 por lo que la ecuación se reduce.

$$H = \frac{1.56 * QMH^2}{2g * A^2} \quad (\text{Ecuación 4. 22})$$

En la *Figura 49* se muestra el esquema del tanque rompe presión a diseñarse.

Figura 49. Esquema del tanque rompe presión



Nota. Fuente: Elaboración propia

Se considera que:

$$QM_H = 0.07589 \text{ L/s, del tramo J5-CASA10}$$

$$A_o = 0.00038 \text{ m}^2, \text{ diámetro real de } 22 \text{ mm}$$

Reemplazando los valores obtenidos anteriormente en la (Ecuación 4.21) obtenemos la carga de agua.

$$H = 0.32 \text{ cm}$$

Dado que la carga mínima es de 40cm se escogerá este valor.

$$H = 40 \text{ cm}$$

Se asumirá un valor de $A = 20 \text{ cm}$, altura que permitirá la sedimentación.

Reemplazando A y los datos mínimos de B y H en la (Ecuación 4.20) obtenemos la altura total de la cámara rompe presión.

$$H_t = 20 \text{ cm} + 40 \text{ cm} + 40 \text{ cm}$$

$$H_t = 1.00 \text{ m}$$

4.4.4.2. Dimensionamiento de la sección de la base para la Cámara Rompe Presión

Según la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018), para el dimensionamiento de la base de la cámara rompe presión se considerarán los siguientes criterios.

- ✓ La tubería de entada a la cámara debe estar por encima del nivel del agua, además de disponer de un flotador o regulador de nivel de aguas que permita el cierre automático cuando se encuentre llena la cámara o en periodos de ausencia de flujo.
- ✓ El diámetro de la tubería de entrada es el calculado en el diseño de la red de distribución y descarga una altura de agua desde el nivel de la tubería de rebose hasta el nivel de la tubería de entrada en un tiempo de descarga a calcularse.
- ✓ El volumen de almacenamiento máximo de la cámara rompe presión se calcula multiplicando el valor del área de la base por la altura total de agua.

4.4.4.3. Cálculo del tiempo de descarga de la altura de agua H

Para calcular el tiempo de descarga de la altura de agua H se utilizará la siguiente ecuación:

$$t = \frac{2 * A_b * H^{0.5}}{Cd * A_o * (2g)^{0.5}} \quad (\text{Ecuación 4.23})$$

Donde:

A_b = área de la sección interna de la base.

b = largo de la sección interna de la base.

a = ancho de la sección interna de la base.

H = altura de agua necesaria para facilitar el paso de todo el caudal por la Red de Distribución.

Cd = coeficiente de descarga o gasto, representa las pérdidas por el paso del agua a través de la tubería, se utilizará un valor de 0,8.

A_o = área de la tubería de salida de la línea de distribución.

Datos considerados:

$$b = 1.20m, \text{ por espacio de la implantación}$$

$$a = 1.20m, \text{ por espacio de la implantación}$$

$$A_b = 1.44 m^2$$

$$H = 40 \text{ cm}$$

$$Cd = 8$$

$$A_o = 0.00038 m^2, \text{ diámetro de } 22 \text{ mm}$$

Reemplazando estos datos en la (Ecuación 4.23) obtenemos el tiempo de descarga a la Red de distribución.

$$t = 1352 \text{ seg}$$

$$t = 22.54 \text{ min}$$

Calculamos el volumen de almacenamiento máximo con la siguiente ecuación.

$$Vmáx = A_b * Ha \quad (\text{Ecuación 4.24})$$

Donde:

Ha = Altura total de almacenamiento de agua en la cámara rompe presión hasta el nivel de la tubería de rebose.

$$Ha = A + H = 60cm$$

Reemplazando estos datos en la (Ecuación 4.24) obtenemos el volumen de almacenamiento máximo.

$$Vmáx = 0.86 m^3$$

Entonces las dimensiones para la Cámara rompen presión son las siguientes.

$$\text{Sección interna de la base} = 1.20 m \times 1.20 m$$

$$\text{Altura (Ht)} = 1.0 m$$

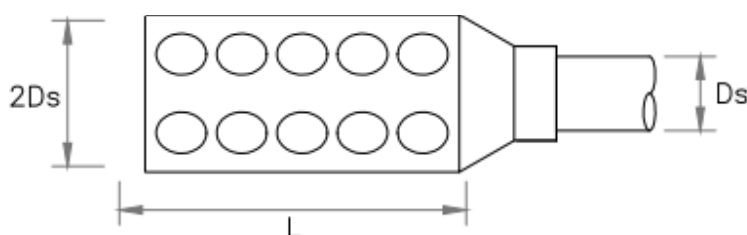
4.4.4.4. Dimensionamiento de la Canastilla.

Para la tubería de salida se dispondrá de una canastilla con el fin de impedir el ingreso de objetos a la tubería como la mostrada en la Figura 50, para su dimensionamiento se

utilizarán los siguientes criterios dispuestos por la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018).

- ✓ El diámetro de la canastilla (D_{ca}) debe ser 2 veces el diámetro nominal de la tubería de salida hacia la Red de Distribución (D_s).
- ✓ El área total de las ranuras (A_t) debe ser el doble del área de la tubería de la línea de distribución (A_s).
- ✓ La longitud de la canastilla (L) debe estar entre $3D_s$ a $6D_s$.

Figura 50. Canastilla de salida del tanque rompe presión.



Nota. Fuente: Elaboración propia

Se utilizarán las siguientes ecuaciones para el cálculo, y los resultados se muestran en la *Tabla 52*.

$$D_{ca} = 2D_s$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} D_s^2$$

$$A_t = 2A_s$$

Tabla 52. Diámetro de la canastilla y área de las ranuras para el tanque rompe presión.

Diámetros para PVC				
D. Tubería de salida (D_s)	3/4	in	25.00	mm
D. Canastilla (D_{ca})	1.5	in	50.00	mm
Áreas				
A. Tubería de salida (A_s)	0.44	in^2	4.91	cm^2
A. Ranuras (A_t)	0.88	in^2	9.82	cm^2

4.4.4.5. Cálculo de la longitud de la canastilla

$$L_1 = 3 * D_c = 6.6 \text{ cm}$$

$$L_2 = 6 * D_c = 13.2 \text{ cm}$$

$$L_{\text{diseño}} = 10 \text{ cm}$$

4.4.4.6. Cálculo del número de ranuras

Para el dimensionamiento de las ranuras se considerará una superficie circular por facilidad constructiva, pues los orificios pueden ser realizados mediante una varilla de acero de 8 mm.

Para determinar el número de ranuras se usa la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranura}} + 1 \quad (\text{Ecuación 4.25})$$

$$\text{Diámetro ranura} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Área de ranura} = 0.5027 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área total de ranuras (At)} = 9.82 \text{ cm}^2$$

Reemplazando los datos en la (Ecuación 4.25) obtenemos el número de ranuras necesarias.

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = 20$$

4.4.4.7. Cálculo del diámetro de tubería del Cono de Rebose y Limpieza.

Según la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018), para el cálculo del diámetro de tubería del cono de rebose y limpieza se considerarán los siguientes criterios.

- ✓ El rebose y tubería de limpieza funcionan por separado.
- ✓ La tubería de rebose y limpieza tienen el mismo diámetro y se calculará con la siguiente ecuación.

$$D = \frac{0.71 * QMH^{0.38}}{S^{0.21}} \quad (\text{Ecuación 4.26})$$

Donde:

QMH = caudal máximo horario, es el caudal de salida a la red de distribución (en L/s)

S = pérdida de carga unitaria (en m/m)

Datos considerados:

$$Q_{MH} = 0.07589 \text{ L/s}$$

$$S = 0.015 \text{ m/m, asumido}$$

Reemplazando los datos en la (Ecuación 4.26) obtenemos el diámetro de la tubería del Cono de Rebose y Limpieza.

$$D = 0.64 \text{ in}$$

Para caudales entre 0 L/s - 1.0 L/s el diámetro mínimo es de 1.0 in, debido a que el caudal máximo horario es de 0.07589 L/s se escogerá un diámetro comercial de 2" (50 mm) de tubería de desagüe ya que es el mínimo existente en el mercado.

$$D = 2.0 \text{ in}$$

5. CAPÍTULO V: DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CAPTACIÓN

Para el diseño estructural se considerará que los muros de la cámara húmeda estarán sometidos al empuje hidrostático por la carga de agua captada mediante los orificios y serán diseñados de acuerdo con la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018), propuesto por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. Las especificaciones del diseño se muestran en la *Tabla 53*.

5.1.1. Dimensionamiento y especificaciones iniciales

Tabla 53. *Dimensionamiento y especificaciones iniciales de la cámara húmeda.*

Dimensiones y especificaciones iniciales			
Ancho de la sección interna de la base	B =	0.80 ^a	m
Largo de la sección interna de la base	L =	0.90 ^a	m
Altura máxima del agua	h =	0.63	m
Borde libre	BL =	0.37	m
Altura total	Ht =	1.00 ^a	m
Peso específico del agua	γ_a =	1000	kg/m ³
Peso específico del concreto	γ_c =	2400	kg/m ³
Resistencia del concreto	f_c =	250 ^b	kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia acero	f_y =	4200	kg/cm ²

^a Las dimensiones calculadas en el diseño hidráulico corresponden a las secciones internas de la cámara húmeda de la captación, sin contar aún con el espesor.

^b La resistencia del hormigón de 250 kg/cm² se seleccionó ya que se requiere de una mayor resistencia para la estructura de la captación y al ser construido en una zona rural es muy difícil conseguir resistencias mayores.

5.1.2. Análisis y diseño estructural de las paredes correspondientes a la cámara húmeda de la captación.

Los muros se diseñarán en base a la longitud menor B, y los momentos se calcularán mediante los coeficientes (k) para el cálculo de momentos de un tanque con tapa libre y fondo empotrado propuestos por la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018), en donde se debe cumplir que:

$$0.5 \leq k \leq 3$$

Donde:

$$k = \frac{B}{h - h_e} \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

h_e = profundidad de la cimentación

Para cumplir con los límites para k se ha determinado un valor de $h_e = 0.2m$

$$k = \frac{0.80}{0.63 - 0.2} = 1.86$$

$$k \approx 2$$

Los valores de los coeficientes para $k = 2$ se muestran en la *Tabla 54*.

Tabla 54. Valores de los coeficientes (k) para el cálculo de momentos de un tanque de tapa libre y fondo empotrado

k	x	$y = 0$		$y = B/4$		$y = B/2$	
		$k. M_x$	$k. M_y$	$k. M_x$	$k. M_y$	$k. M_x$	$k. M_y$
2.00	0	0.000	0.027	0.000	0.009	0.000	-0.060
	1/4	0.013	0.023	0.006	0.010	-0.012	-0.059
	1/2	0.015	0.016	0.010	0.010	-0.010	-0.049
	3/4	-0.008	0.003	-0.002	0.003	-0.005	-0.027
	1	-0.086	-0.017	-0.059	-0.012	0.000	0.000

Nota. Adaptado de VALORES DE LOS COEFICIENTES (k) PARA EL CALCULO DE MOMENTOS - TAPA LIBRE Y FONDO EMPOTRADO, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural (<https://civilgeeks.com/2018/07/23/norma-tecnica-de-diseno-opciones-tecnologicas-para-sistemas-de-saneamiento-en-el-ambito-rural/>.) CC BY 2.0

Momentos en los muros

La ecuación por utilizar será la siguiente:

$$M = k * \gamma a * (h - h_e)^3 \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

$$M = k * 1000 * (0.63 - 0.2)^3$$

$$M = k * 79.5$$

Mediante la (Ecuación 5.2) calculamos los valores de los momentos M_x y M_y mostrados en la *Tabla 55* para diferentes longitudes de "y" y "x" mediante los coeficientes anteriormente especificados en la *Tabla 54*.

Tabla 55. *Momentos en los muros*

<i>k</i>	<i>x</i>	<i>y</i> = 0		<i>y</i> = B/4		<i>y</i> = B/2	
		<i>M_x</i> (kg*m)	<i>M_y</i> (kg*m)	<i>M_x</i> (kg*m)	<i>M_y</i> (kg*m)	<i>M_x</i> (kg*m)	<i>M_y</i> (kg*m)
2.00	0	0.000	2.147	0.000	0.716	0.000	-4.770
	1/4	1.034	1.829	0.477	0.795	-0.954	-4.691
	1/2	1.193	1.272	0.795	0.795	-0.795	-3.896
	3/4	-0.636	0.239	-0.159	0.239	-0.398	-2.147
	1	-6.838	-1.352	-4.691	-0.954	0.000	0.000

M_{máx} = momento máximo absoluto = 6.84 kg * m

Cálculo del espesor de la pared

$$e = \left(\frac{6 * M_{máx}}{f_t} \right)^{0.5} \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

Donde:

M_{máx} = momento máximo absoluto en kg * m

f_t = esfuerzo de tracción por flexión en $\frac{kg}{cm^2}$

$$f_t = 0.85\sqrt{f'c}$$

$$f_t = 0.85\sqrt{250}$$

$$f_t = 13.44 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando los datos en la (Ecuación 5.3) obtenemos el espesor del muro

$$e = \left(\frac{6 * 6.84}{13.44} \right)^{0.5}$$

$$e = 1.75 \text{ cm}$$

Para el diseño de los muros se asume un espesor mínimo de 10cm, el cual según la *ACI 318-19*, *Tabla 20.6.1.3.3* cumple con el recubrimiento mínimo de varillas de 4cm para elementos expuestos a la intemperie y diámetros de varilla inferiores o igual a 16mm, por lo

que al ser necesario 2 recubrimientos de 4cm y el espesor mismo de la varilla es necesario contar con un espesor mínimo de 10 cm.

$$e = 10\text{cm}$$

Cálculo del área de acero vertical y horizontal

Máximo momento para armadura vertical

$$M_x = 6.84 \text{ kg} * m$$

Máximo momento para armadura horizontal

$$M_y = 4.77 \text{ kg} * m$$

Peralte efectivo

$$d = e - r$$

Donde

r = recubrimiento en muro, se asumirá un valor de 4cm

$$d = 10 - 4$$

$$d = 6\text{cm}$$

Para calcular el área de acero utilizamos la ecuación proporcionada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento, 2018).

$$A_s = \frac{M}{f_s * j * d} \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

Donde:

f_s = fatiga de trabajo

j = factor menor a 1 que proporciona la ubicación de la fuerza

a compresión desde el eje neutro en la teoría elástica

$$f_s = 0.4 * f_y$$

$$f_s = 0.4 * 4200 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

Donde:

k = factor menor a 1 que aproxima la posición del eje neutro

El factor k se calcula con la siguiente expresión:

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n * f_c}}$$

n = relación modular entre el módulo de elasticidad del acero y el módulo de elasticidad del hormigón

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{f'_c}}$$

$$f_c = 0.4 * f'_c$$

Reemplazamos los datos en las fórmulas anteriores obtenemos la variable j .

$$f_c = 0.4 * 250 = 100$$

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{250}} = 8.85$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1680}{8.85 * 100}} = 0.345$$

$$j = 1 - \frac{0.345}{3} = 0.88$$

Obtenemos mediante la (Ecuación 5.4) el área de acero vertical

$$A_{sv} = \frac{M_x}{f_s * j * d}$$

$$A_{sv} = \frac{6.84 * 100 \text{ (kg * cm)}}{1680 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) * 0.88 * 6 \text{ cm}} = 0.08 \text{ cm}^2$$

Obtenemos mediante la (Ecuación 5.4) el área de acero horizontal

$$A_{sh} = \frac{M_y}{f_s * j * d}$$

$$A_{sh} = \frac{4.77 * 100 \text{ (kg * cm)}}{1680 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) * 0.88 * 6 \text{ cm}} = 0.05 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero mínimo

Para cumplir el requisito de acero mínimo utilizamos la siguiente ecuación para una franja de análisis de 100 cm (1 m) proporcionada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$A_{s_{min}} = \rho * 100(cm) * e \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

Donde:

e = espesor del muro

ρ = cuantía de acero

$$\rho = \frac{0.7 * \sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$\rho = \frac{0.7 * \sqrt{250}}{4200} = 0.00264$$

Reemplazamos r en la (Ecuación 5.5) para obtener el área de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = 0.00264 * 100cm * 10cm = 2.64cm^2$$

Debido a que el acero mínimo es mayor al calculado para las 2 direcciones, escogemos el acero mínimo para el armado del refuerzo tanto vertical como horizontal de los muros.

Entonces para las paredes de longitud $B= 0.80m$ y altura de $Ht=1.00m$ se debe colocar el refuerzo de las siguientes maneras:

Refuerzo vertical con 4 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC110: 1Ø12mm@22cm

Refuerzo horizontal con 4 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC111: 1Ø12mm@26cm

Para las paredes de longitud $L= 0.90m$ se utilizará de igual forma el criterio de acero mínimo debido a que los momentos son muy pequeños y de igual forma el acero mínimo será suficiente para cumplir los requerimientos.

Refuerzo vertical con 4 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC112: 1Ø12mm@26cm

Refuerzo horizontal con 4 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC113: 1Ø12mm@26cm

Chequeo por esfuerzo cortante

Cálculo fuerza cortante máxima

Para calcular la fuerza cortante máxima se utilizará la ecuación recomendada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento, 2018).

$$V_c = \frac{\gamma_a * (h - h_e)^2}{2} \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

$$V_c = \frac{1000 * (0.63 - 0.2)^2}{2} = 92.45 \text{ kg}$$

Cálculo del esfuerzo cortante nominal

$$n_c = \frac{V_c}{j * 100 * d} \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

$$n_c = \frac{92.45 \text{ kg}}{0.88 * 100 \text{ cm} * 6 \text{ cm}} = 0.17 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo del esfuerzo permisible

$$n_{m\acute{a}x} = 0.02 * f'c \quad (\text{Ecuación 5.8})$$

$$n_{m\acute{a}x} = 0.02 * 250 = 5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se debe cumplir que:

$$n_{m\acute{a}x} > n_c$$

Como:

$$5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > 0.17 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{CUMPLE}$$

Chequeo por adherencia.

El chequeo por adherencia se lo realiza para verificar que las varillas de acero no fallen por falta de adherencia con el hormigón, sino que estas fallen por fluencia al ser sometidas a tracción. Para calcular de la adherencia se utilizará la siguiente ecuación recomendada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento, 2018).

$$u = \frac{Vc}{S_o * j * d} \quad (\text{Ecuación 5.9})$$

Donde:

Para varilla de 12mm se tiene que:

$$S_o = \frac{4}{\text{espaciamiento}}$$

$$S_o = \frac{4}{0.26m} = 15.38$$

$$u = \frac{92.45}{15.38 * 0.88 * 6} = 1.13 \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo de la adherencia permisible

$$u_{m\acute{a}x} = 0.05 * f'c \quad (\text{Ecuación 5.10})$$

$$u_{m\acute{a}x} = 0.05 * 250 = 12.5 \frac{kg}{cm^2}$$

Se debe cumplir que:

$$u_{m\acute{a}x} > u$$

Como:

$$12.5 \frac{kg}{cm^2} > 1.13 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{CUMPLE}$$

5.1.3. Análisis y diseño estructural de la losa de fondo

Para el diseño de la losa de fondo se considerará a la losa de fondo como una placa flexible y empotrada en los bordes.

Momento de empotramiento en el extremo

$$M1 = \frac{-W * L^2}{192} \quad (\text{Ecuación 5.11})$$

Donde:

$L =$ largo de la cámara húmeda

$$L = 0.9 \text{ m}$$

Momento en el centro

$$M2 = \frac{W * L^2}{384} \quad (\text{Ecuación 5.12})$$

$el =$ espesor asumido de la losa de fondo = 0.15m

Cálculo de W

$$W = \gamma a * h + \gamma c * el$$

$$W = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.63\text{m} + 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.15\text{m}$$

$$W = 990 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Reemplazando W en la (Ecuación 5.11) obtenemos el momento de empotramiento en el extremo.

$$M1 = \frac{-990 * 0.90^2}{192} = -4.18 \text{ kg} * \text{m}$$

Reemplazando W en la (Ecuación 5.12) obtenemos el momento en el centro.

$$M2 = \frac{990 * 0.9^2}{384} = 2.09 \text{ kg} * \text{m}$$

Para el diseño de losas planas rectangulares armadas en las 2 direcciones Timoshenko recomienda los siguientes coeficientes.

Para momento de empotramiento 0.529

Para momento en el centro 0.0513

Momento de empotramiento

$$Me = 0.529 * M1$$

$$M_e = 0.529 * (-4.18) = -2.21 \text{ kg} * m$$

Momento en el centro

$$M_c = 0.0513 * M_2$$

$$M_c = 0.0513 * (2.09) = 0.11 \text{ kg} * m$$

Máximo momento absoluto

$$M_{\text{máx}} = 2.21 \text{ kg} * m$$

Cálculo del espesor de la losa

Para calcular el espesor de la losa se utilizará la siguiente expresión recomendada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$el = \sqrt{\frac{6 * M_{\text{máx}}}{ft}}$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$ = máximo momento absoluto en $\text{kg} * m$

ft = esfuerzo de tracción por flexión en $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, calculado anteriormente

$$ft = 13.44 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando los datos obtenemos el espesor de la losa.

$$el = \sqrt{\frac{6 * 2.21}{13.44}} = 0.99 \text{ cm}$$

Para el diseño se asumirá un espesor de losa mínimo de 15cm, el cual según la *ACI 318-19* (20.6.1.3.4), cumple con el recubrimiento en la parte inferior de la losa mínimo de varillas de 7.5cm para elementos fundidos en sitio, construidos contra el suelo y permanentemente en contacto con él. En la parte superior de la losa el recubrimiento es de 4cm de acuerdo con la Tabla 20.6.1.3.3 al no estar en contacto con el suelo, por lo que al ser necesario recubrimientos de 4cm y 7.5 cm, además del diámetro de la varilla mismo es necesario contar con un espesor mínimo de 15cm.

$$el = 15 \text{ cm}$$

$$d = el - rl$$

Donde

rl = recubrimiento en losa de fondo, se asumirá un valor de 7.5cm ya que estará en contacto con el suelo.

$$d = 15 - 7.5 = 7.5 \text{ cm}$$

Cálculo del área de acero

$$As = \frac{M_{\text{máx}}}{fs * j * d}$$

Donde:

fs = fatiga de trabajo en $\frac{kg}{cm^2}$, calculado anteriormente

$$fs = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

j = 0.88, calculado anteriormente

$$As = \frac{2.21 * 100(\text{kg} * \text{cm})}{1680 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0.88 * 7.5 \text{ cm}} = 0.020 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero mínimo

Para cumplir el requisito de acero mínimo utilizamos la siguiente ecuación para una franja de análisis de 100 cm (1 m).

$$As_{\text{min}} = p * 100 * el$$

Donde:

p = 0.00264, calculado anteriormente

Reemplazando los datos obtenidos el área de acero mínimo:

$$As_{\text{min}} = 0.00264 * 100 \text{ cm} * 15 \text{ cm}$$

$$As_{\text{min}} = 3.95 \text{ cm}^2$$

Debido a que el acero mínimo es mayor al calculado, escogemos el acero mínimo para el armado del refuerzo de la losa plana rectangular armada en las 2 direcciones. Entonces para la losa de fondo rectangular que contiene a la cámara húmeda y la cámara seca de 1.70 m x 1.10 m se debe colocar los siguientes refuerzos.

Refuerzo en dirección corta con 7 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC114: 1Ø12mm@24cm

Refuerzo en dirección larga con 5 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC115: 1Ø12mm@22cm

5.1.4. Longitud de desarrollo

La longitud de desarrollo con gancho se calcula utilizando la siguiente expresión propuesta por la ACI 318-19 (25.4.2.2):

$$ldh = \frac{db * fy}{17 * \sqrt{f'c}} \quad (\text{Ecuación 5. 13})$$

Donde:

$fy =$ Resistencia a la fluencia del acero $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

$db =$ Diámetro de la varilla del refuerzo (cm)

$f'c =$ Resistencia a la compresión del hormigón $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

$$ld = \frac{1.2 (cm) * 4200 \left(\frac{kg}{cm^2}\right)}{17 * \sqrt{250 \frac{kg}{cm^2}}}$$

$$ld = 18.75 \text{ cm}$$

Se colocará una longitud de desarrollo para las paredes de la cámara húmeda y la losa de fondo de 19 cm con gancho de 90° con una longitud $12db$ igual a 15cm.

5.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE RESERVA-TRATAMIENTO

El diseño estructural del tanque de almacenamiento se realizará con ayuda del método de las secciones, método que considera que los tanques están conformados por cuatro losas distintas: tapa, base y cuatro muros laterales. Estas losas resisten cargas uniformemente distribuidas de tipo rectangular o triangular según sea el caso, y pueden presentar flexión en una o dos direcciones dependiendo de su dimensionamiento (Arévalo y Barahona, 2013).

Para determinar los momentos y cortantes producidos en las paredes laterales del elemento se utilizará el método propuesto por la PCA (Portland Cement Association), mismo que utiliza una serie de tablas para determinar los valores de deflexión, cortante y momento que se producen a lo largo de la losa, considerando condiciones de dimensionamiento y empotramiento de la estructura (Arévalo y Barahona, 2013).

Para el diseño de la losa de cubierta y la losa de fondo del tanque se utilizará un modelo de losa en dos direcciones. Los momentos de diseño se obtendrán con ayuda de los coeficientes del *método 3* propuesto por la ACI para el análisis de losas en dos direcciones.

El diseño estructural del tanque se realizará en base a la ACI 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete.

Las especificaciones iniciales del diseño se muestran en la *Tabla 56*.

5.2.1. Dimensionamiento y especificaciones iniciales

Tabla 56. *Dimensionamiento y especificaciones iniciales del tanque de reserva*

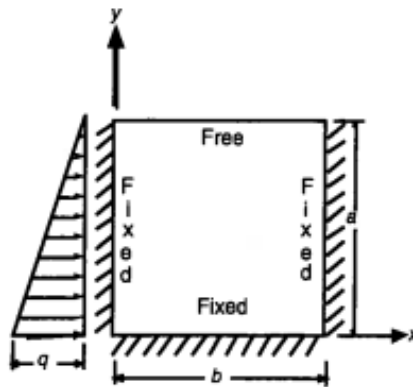
Dimensiones y especificaciones iniciales			
Longitud total de la pared	b =	4,12*	m
Ancho total de la pared	a =	3.13*	m
Altura máxima del agua	h =	1,95*	m
Borde libre	BL =	0,25	m
Altura total	H =	2,2	m
Peso específico del agua	γ_a =	1000	kg/m^3
Peso específico del concreto	γ_c =	2400	kg/m^3
Resistencia del concreto	f_c =	210*	kg/cm^2
Esfuerzo de fluencia acero	f_y =	4200	kg/cm^2

**Las dimensiones corresponden al tanque construido actualmente, la resistencia del hormigón se escogió al ser la más común al momento de fabricarse en sitio, y la que seguramente se utilizó para la construcción del tanque actual.*

5.2.2. Análisis y diseño estructural de las paredes del reservorio

Para el análisis y diseño de las paredes del reservorio se considerará un modelo de Muro Largo, el cual tiene la característica de que sus refuerzos principales se ubican en sentido vertical, es decir a favor de la longitud más corta, mientras que el refuerzo secundario en la dirección más larga de la losa es el necesario para cubrir el requisito de contracción y temperatura.

Figura 51. Condiciones de apoyo del tanque de reserva.



Nota. Adaptado de Case 3 [Imagen], por Portland Cement Association, 1991, Portland Cement Association (https://www.academia.edu/9140523/PCA_rectangular_concrete_tanks_Javeed_Munshi).
CC BY 2.0

En base a las tablas propuestas por la PCA se ha determinado que las condiciones de apoyo de la estructura corresponden al *Caso 3* (Ver *Figura 51*), ya que el tanque se encuentra libre en su superficie y empotrado en la parte inferior y lateral (Arévalo y Barahona, 2013).

1. Análisis de la pared de mayor longitud (*b*)

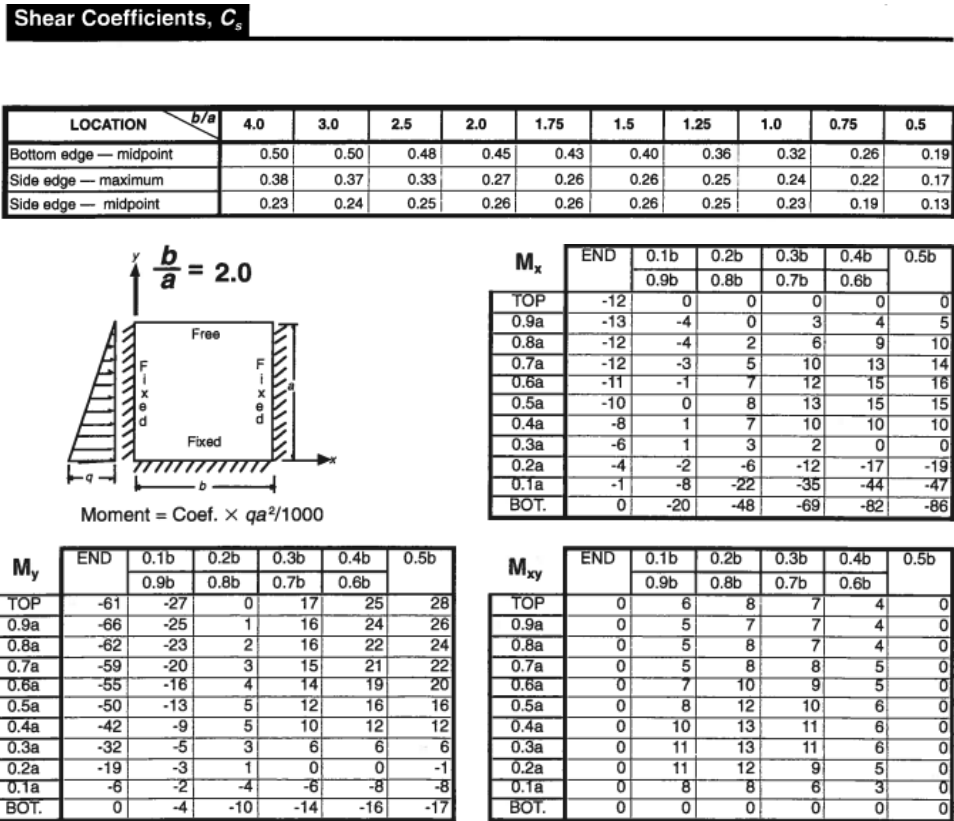
Para determinar los cortantes y momentos a los que se verá sometida la losa en análisis se utilizará la tabla del *Caso 3* en función de la relación entre la longitud de la pared y su altura.

$$\frac{b}{h} = \frac{4.12}{1.95} = 2.11$$

Se escoge la relación más cercana propuesta por las tablas del PCA, en este caso el valor más cercano es de 2.0. Entonces se utilizará los coeficientes del Caso 3 para una relación de 2.0.

Los coeficientes para determinar los momentos y cortantes a lo largo de la losa se presentan en la *Figura 52*.

Figura 52. Coeficientes para calcular momentos y cortantes para la pared de longitud b



Nota. Adaptado de Shear Coefficients y Moment Coefficients [Imagen], por Portland Cement Association, 1991, Portland Cement Association (https://www.academia.edu/9140523/PCA_rectangular_concrete_tanks_Javeed_Munshi).
CC BY 2.0

Los valores de momentos y cortantes por unidad de longitud se determinan con las siguientes expresiones propuestas por el PCA (Portland Cement Association):

$$V = C_s * q * a \quad (\text{Ecuación 5.14})$$

$$M = \frac{\text{Coef} * q * a^2}{1000} \quad (\text{Ecuación 5.15})$$

Donde:

$C_s, Coef =$ Coeficientes de cortante y momento

$q =$ Esfuerzo máximo producido por el agua $\left(\frac{kg}{m^2}\right)$

$a =$ Altura máxima del agua (m)

El esfuerzo producido por el agua (q) se determina con la siguiente expresión:

$$q = \gamma a$$

Donde:

$\gamma =$ Peso específico del agua $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

$a =$ Altura máxima del agua (m)

Por lo que:

$$q = \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) * (1.95 m)$$

$$q = 1950 \frac{kg}{m^2}$$

Con la (Ecuación 5.14) y (Ecuación 5.15) se puede determinar una matriz con todos los cortantes y momentos a lo largo del elemento en análisis como se presenta en la *Tabla 57, Tabla 58 y Tabla 59.*

Tabla 57. Cortantes en la losa de la pared de longitud b

	Cortantes (kg/m)									
Ubicación b/a	4	3	2,5	2	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,5
Fondo-Mitad	1901,25	1901,25	1825,20	1711,13	1635,08	1521,00	1368,90	1216,80	988,65	722,48
Borde lateral-Máxima	1444,95	1406,93	1254,83	1026,68	988,65	988,65	950,63	912,60	836,55	646,43
Borde lateral-Mitad	874,58	912,60	950,63	988,65	988,65	988,65	950,63	874,58	722,48	494,33

Tabla 58. Momentos alrededor del eje X en la losa de la pared de longitud b

Momentos sobre el eje x (kg m/m)						
Mx	0	0,1b - 0,9b	0,2b - 0,8b	0,3b - 0,7b	0,4b -0,6b	0,5b
Superior	-88,98	0	0	0	0	0
0,9h	-96,39	-29,66	0	22,24	29,66	37,07
0,8h	-88,98	-29,66	14,83	44,49	66,73	74,15
0,7h	-88,98	-22,24	37,07	74,15	96,39	103,81
0,6h	-81,56	-7,41	51,9	88,98	111,22	118,64
0,5h	-74,15	0	59,32	96,39	111,22	111,22
0,4h	-59,32	7,41	51,9	74,15	74,15	74,15
0,3h	-44,49	7,41	22,24	14,83	0	0
0,2h	-29,66	-14,83	-44,49	-88,98	-7,41	-140,88
0,1h	-7,41	-59,32	-163,13	-259,52	-326,25	-348,5
Fondo	0	-148,3	-355,91	-511,63	-608,02	-637,68

Tabla 59. Momentos alrededor del eje Y en la losa de la pared de longitud b

Momentos sobre el eje y (kg m/m)						
My	0	0,1b - 0,9b	0,2b - 0,8b	0,3b - 0,7b	0,4b -0,6b	0,5b
Superior	-452,31	-200,2	0	126,05	185,37	207,62
0,9h	-489,38	-185,37	7,41	118,64	177,96	192,79
0,8h	-459,72	-170,54	14,83	118,64	163,13	177,96
0,7h	-437,48	-148,3	22,24	111,22	155,71	163,13
0,6h	-407,82	-133,47	29,66	103,81	140,88	148,3
0,5h	-370,74	-96,39	37,07	88,98	118,64	118,64
0,4h	-311,42	-66,73	37,07	74,15	88,98	88,98
0,3h	-237,28	-37,07	22,24	44,49	44,49	44,49
0,2h	-140,88	-22,24	7,41	0	0	-7,41
0,1h	-44,49	-14,83	-29,66	-44,49	-59,32	-59,32
Fondo	0	-29,66	-74,15	-103,81	-118,64	-126,05

De las matrices presentadas se puede obtener el máximo valor de cortante y momento al que se ve sometido el muro y proceder al diseño estructural del reservorio. Los cortantes y momentos máximos absolutos del elemento se presentan en la *Tabla 60*.

Tabla 60. *Momento y Cortante máximos de la pared b*

Valores máximos de momento y cortante	
Mx (kg m/m)	-637,68
My (kg m/m)	-489,38
V (kg/m)	1901,25

1.1. Análisis por flexión

Dirección Vertical

El momento que provoca flexión sobre las fibras verticales de la losa es el que se encuentra sobre el eje x (Mx).

El cálculo del acero principal de refuerzo se determina con la siguiente expresión presentada por la NEC – Estructuras de hormigón armado:

$$As = \rho * b * d \quad (\text{Ecuación 5.16})$$

Donde:

ρ = *Cuantía de acero*

b = *Franja de análisis (cm)*

d = *Peralte efectivo(cm)*

La cuantía de acero no se presenta directamente en la ACI 318-19, pero se deduce con los enunciados (21.2.2.1), (22.2.2.3.1), (22.2.2.4.1) y (22.2.2.4.3) del código. La expresión deducida es la siguiente:

$$\rho = 0.85 * \left(\frac{f'c}{fy}\right) * \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2.36 * Ru}{f'c}\right)}\right) \quad (\text{Ecuación 5.17})$$

Donde:

$f'c$ = *Resistencia a la compresión del hormigón* $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

fy = *Resistencia a la fluencia del acero* $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$

$Ru = \text{Esfuerzo provocado por el momento flexionante} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$

Ru se calcula gracias al enunciado de la ACI 318-19 (22.2.2.4.1):

$$Ru = \frac{Mu}{\phi * b * d^2} \quad (\text{Ecuación 5.18})$$

Donde:

$Mu = \text{Momento último} (kg * m)$

$\phi = \text{Factor de mayoración de momento}$

$b = \text{Franja de análisis} (cm)$

$d = \text{Peralte efectivo} (cm)$

Para el diseño se considera una longitud de análisis de 100 cm (1 m) y se asume un espesor de pared de 20 cm (espesor real del tanque construido), con un recubrimiento de 5 cm.

$$d = 20 - 5 = 15 \text{ cm}$$

Utilizando la (Ecuación 5.18):

$$Ru = \frac{63768 (kg * cm)}{0.9 * 100 (cm) * (15 cm)^2}$$

$$Ru = 3.15 \frac{kg}{cm^2}$$

Con la (Ecuación 5.17):

$$\rho = 0.85 * \left(\frac{210 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)}{4200 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)} \right) * \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2.36 * 3.15 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)}{210 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)} \right)} \right)$$

$$\rho = 0.000759$$

Se determina el área de acero necesaria con la (Ecuación 5.16):

$$As = 0.000759 * 100(cm) * 15 (cm)$$

$$As = 1.14 \text{ cm}^2$$

El acero mínimo requerido para flexión se determina con la siguiente expresión presentada por la ACI 318-19 (9.6.1.2 (a)):

$$As_{min} = \frac{14}{fy} * b * d \quad (\text{Ecuación 5.19})$$

Donde:

$$fy = \text{Resistencia a la fluencia del acero} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

$$b = \text{Franja de análisis (cm)}$$

$$d = \text{peralte efectivo (cm)}$$

Entonces se calcula el acero mínimo requerido por la ACI 318-19:

$$As_{min} = \frac{14}{4200 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)} * 100 \text{ (cm)} * 15 \text{ (cm)}$$

$$As_{min} = 5 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} > As$$

Por lo que el área de acero requerida para los refuerzos verticales es de 5 cm^2 para una franja de 1 metro de análisis. Para la longitud total de la pared se debe colocar 19 varillas de 12 mm de la siguiente manera:

$$\mathbf{MC1: 1\emptyset 12mm@21cm}$$

La longitud de desarrollo con gancho se calcula utilizando la (Ecuación 5.13)

$$ld = \frac{1.2 \text{ (cm)} * 4200 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)}{17 * \sqrt{210 \frac{kg}{cm^2}}}$$

$$ld = 20.46 \text{ cm}$$

Se colocará una longitud de desarrollo de 21 cm con gancho de 90° con una longitud $12db$ igual a 15cm.

Dirección Horizontal

Para el cálculo de la armadura de acero en la dirección horizontal, se utilizará el momento producido sobre el eje y (M_y), el cual produce flexión sobre las fibras horizontales de la pared. Se considera el mismo espesor de pared y recubrimiento para el cálculo.

Utilizando la (*Ecuación 5.16*), (*Ecuación 5.17*) y (*Ecuación 5.18*), se determinó los siguientes valores para la armadura de acero en dirección horizontal:

$$Ru = 2.42 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\rho = 0.000582$$

$$As = 0.873 \frac{cm^2}{m}$$

Con la consideración de que el diseño de la pared se está realizando en base al modelo de Muro Largo, el acero mínimo de refuerzo en la dirección más larga es el necesario para resistir el requisito de contracción y temperatura.

La expresión para determinar el acero por contracción y temperatura al utilizar acero de grado 60 propuesta por la *ACI 318-19 (24.4.3.2)* se presenta a continuación:

$$As_{ct} = 0.0018 * b * h \quad (\mathbf{Ecuación\ 5.20})$$

Donde:

$b =$ Franja de análisis (cm)

$h =$ Peralte total (cm)

Aplicando la (*Ecuación 5.20*) se obtiene:

$$As_{ct} = 0.0018 * 100 (cm) * 20 (cm)$$

$$As_{ct} = 3.6 \frac{cm^2}{m}$$

$$\mathbf{As_{ct} > As}$$

Por lo que el área de acero requerida para el refuerzo horizontal es de 3.6 cm^2 considerando una franja de 1 metro de análisis. Para la longitud horizontal total se colocará 7 varillas de 12 mm de la siguiente manera:

MC2: 1Ø12mm@34cm

La longitud de desarrollo requerida se calcula con la (Ecuación 5.13):

$$ld = 20.46 \text{ cm}$$

Se colocará una longitud de desarrollo de 21 cm en forma de gancho de 90°.

Acero superior

El acero de refuerzo que se debe colocar en la parte superior de la losa para resistir los momentos internos de la pared debe cumplir como mínimo con el criterio de acero mínimo y acero por contracción y temperatura. Utilizando los momentos máximos absolutos para el armado inferior se determinó que el área de acero necesaria era la correspondiente al acero mínimo en la dirección vertical y el requerimiento por contracción y temperatura en la dirección horizontal. Entonces el acero superior al tener momentos menores a los máximos absolutos debe ser armado con los requerimientos mínimos, en este caso de la misma manera que el acero inferior de la losa.

1.2. Verificación a cortante

Se considera que todo el cortante va a ser resistido por la sección de concreto.

El cortante nominal máximo de diseño se encuentra a partir de las tablas del PCA y aplicando el factor de mayoración de cortante propuesto por la ACI que es de 0.75:

$$V_u = 1901,25 \text{ kg}$$
$$V_N = \frac{1901,25}{0.75} = 2535 \text{ kg}$$

La resistencia al esfuerzo cortante del hormigón se determina con la expresión de la ACI 318-19 (12.5.3.3) que se presenta a continuación:

$$V_c = 0.53 * \lambda * \sqrt{f'c} * b * d \quad (\text{Ecuación 5.21})$$

Donde:

$$f'c = \text{Resistencia a la compresión del hormigón} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$b = \text{Franja de análisis (cm)}$$

$$d = \text{peralte efectivo (cm)}$$

λ =Coeficiente que depende de la densidad del hormigón ($\lambda=1$ para un hormigón 2400 kg/cm^3 de la tabla 19.2.4.1)

Al considerar que la sección de hormigón es la que va a trabajar directamente para resistir el cortante se considera que $V_u=V_c$.

Por lo tanto, se puede determinar el peralte efectivo mínimo para resistir el cortante máximo nominal con la siguiente expresión, derivada de la (Ecuación 5.21).

$$d = \frac{\frac{V_u}{0.75}}{0.53 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b} \quad (\text{Ecuación 5.22})$$

Utilizando la (Ecuación 5.22) se determina el peralte efectivo mínimo:

$$d = \frac{2535 \text{ (kg)}}{0.53 * 1 * \sqrt{210 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)} * 100 \text{ (cm)}}$$

$$d = 3.30 \text{ cm}$$

$$d = d_{min}$$

El peralte efectivo utilizado es 15 cm por lo que es suficiente para resistir el cortante máximo provocado sobre la pared.

2. Análisis de la pared de menor longitud (a)

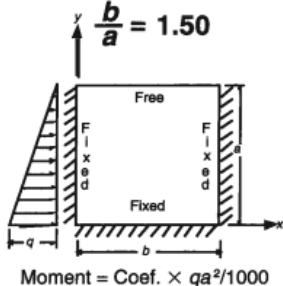
Para determinar los cortantes y momentos a los que se verá sometida la losa en análisis se utilizará la tabla del Caso 3 en función de la relación entre la longitud de la pared y su altura.

$$\frac{b}{h} = \frac{3.13}{1.95} = 1.61$$

Se escoge la relación más cercana propuesta por las tablas del PCA, en este caso el valor más cercano es de 1.5. Entonces se utilizará los coeficientes del Caso 3 (Ver Tabla 61) para una relación de 1.5.

Los coeficientes para cortantes no dependen de la relación entre dimensiones, por lo que son iguales a los utilizados para el diseño de la pared de mayor longitud.

Tabla 61. Coeficientes para calcular momentos y cortantes para la pared de longitud a



Moment = Coef. $\times qa^2/1000$

	END	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b
		0.9b	0.8b	0.7b	0.6b	
TOP	-7	0	0	0	0	0
0.9a	-9	-3	0	2	3	3
0.8a	-9	-3	1	4	6	7
0.7a	-9	-3	3	7	10	11
0.6a	-9	-2	5	10	13	14
0.5a	-9	0	7	12	14	15
0.4a	-8	0	7	11	13	14
0.3a	-6	1	5	7	8	8
0.2a	-4	-1	-1	-2	-4	-5
0.1a	-1	-4	-12	-20	-25	-27
BOT.	0	-13	-32	-48	-57	-61

	END	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b
		0.9b	0.8b	0.7b	0.6b	
TOP	-34	-21	-2	11	19	21
0.9a	-43	-19	-1	11	18	21
0.8a	-44	-18	0	11	18	20
0.7a	-44	-17	1	12	18	20
0.6a	-44	-15	2	12	17	19
0.5a	-43	-13	3	11	15	17
0.4a	-38	-10	4	10	13	13
0.3a	-30	-7	3	7	8	9
0.2a	-19	-4	1	3	3	3
0.1a	-6	-2	-2	-3	-4	-4
BOT.	0	-3	-6	-10	-11	-12

	END	0.1b	0.2b	0.3b	0.4b	0.5b
		0.9b	0.8b	0.7b	0.6b	
TOP	0	1	3	3	2	0
0.9a	0	0	2	2	1	0
0.8a	0	0	1	2	1	0
0.7a	0	1	2	3	2	0
0.6a	0	2	4	4	2	0
0.5a	0	4	6	5	3	0
0.4a	0	6	8	7	4	0
0.3a	0	8	9	8	4	0
0.2a	0	8	10	7	4	0
0.1a	0	7	7	5	3	0
BOT.	0	0	0	0	0	0

Nota. Adaptado de *Shear Coefficients y Moment Coefficients* [Imagen], por Portland Cement Association, 1991, Portland Cement Association (https://www.academia.edu/9140523/PCA_rectangular_concrete_tanks_Javeed_Munshi). CC BY 2.0

Con la (Ecuación 5.15). se determinó una matriz con los momentos que actúan sobre los distintos ejes a lo largo del elemento en análisis, como se evidencia en la *Tabla 62* y *Tabla 63*.

Tabla 62. Momentos alrededor del eje X en la losa de la pared de longitud a

Momentos sobre el eje x (kg m/m)						
M_x	0	0,1b - 0,9b	0,2b - 0,8b	0,3b - 0,7b	0,4b - 0,6b	0,5b
Superior	-51,9	0	0	0	0	0
0,9h	-66,73	-22,24	0	14,83	22,24	22,24
0,8h	-66,73	-22,24	7,41	29,66	44,49	51,9
0,7h	-66,73	-22,24	22,24	51,9	74,15	81,56
0,6h	-66,73	-14,83	37,07	74,15	96,39	103,81
0,5h	-66,73	0	51,9	88,98	103,81	111,22
0,4h	-59,32	0	51,9	81,56	96,39	103,81
0,3h	-44,49	7,41	37,07	51,9	59,32	59,32
0,2h	-29,66	-7,41	-7,41	-14,83	-29,66	-37,07
0,1h	-7,41	-29,66	-88,98	-148,3	-185,37	-200,2
Fondo	0	-96,39	-237,28	-355,91	-422,65	-452,31

Tabla 63. Momentos alrededor del eje Y en la losa de la pared de longitud a

My	Momentos sobre el eje y (kg m/m)					
	0	0,1b - 0,9b	0,2b - 0,8b	0,3b - 0,7b	0,4b -0,6b	0,5b
Superior	-252,11	-155,71	-14,83	81,56	140,88	155,71
0,9h	-318,84	-140,88	-7,41	81,56	133,47	155,71
0,8h	-326,25	-133,47	0	81,56	133,47	148,3
0,7h	-326,25	-126,05	7,41	88,98	133,47	148,3
0,6h	-326,25	-111,22	14,83	88,98	126,05	140,88
0,5h	-318,84	-96,39	22,24	81,56	111,22	126,05
0,4h	-281,77	-74,15	29,66	74,15	96,39	96,39
0,3h	-222,45	-51,9	22,24	51,9	59,32	66,73
0,2h	-140,88	-29,66	7,41	22,24	22,24	22,24
0,1h	-44,49	-14,83	-14,83	-22,24	-29,66	-29,66
Fondo	0	-22,24	-44,49	-74,15	-81,56	-88,98

Los máximos valores de cortante y momento a los que se ve sometida la pared se presentan a continuación:

Tabla 64. Momento y Cortante máximo de la pared a

Valores máximos de momento y cortante	
Mx (kg m/m)	452.31
My (kg m/m)	326.25
V (kg/m)	1901,25

Como se puede observar en la *Tabla 64* los momentos máximos absolutos encontrados en la losa son más pequeños que los obtenidos para la losa de mayor longitud (b), por lo que se deduce que la cuantía de acero calculado para la pared en análisis va a ser más pequeña. Entonces, si se utiliza el mismo espesor de pared y la franja de análisis, la cantidad de acero mínima es la que mandará en el diseño.

El armado inferior y superior de la pared de menor longitud se realizará con la cantidad de acero mínima y de acero por contracción y temperatura en la dirección vertical y horizontal respectivamente.

La armadura para la pared de dimensión (a) será de la siguiente manera:

Dirección horizontal

Se colocarán 7 varillas de 12 mm con la siguiente especificación:

MC3: 1Ø12mm@34cm

Dirección Vertical

Se colocarán 14 varillas de 12 mm de la siguiente manera:

MC4: 1Ø12mm@22cm

La longitud de desarrollo requerida se calcula con la (Ecuación 5.13):

$$ld = 20.46 \text{ cm}$$

Se colocará una longitud de desarrollo de 21 cm en forma de gancho de 90°.

5.2.3. Análisis y diseño estructural de la losa de cubierta

Análisis de cargas

Carga Muerta

La losa de cubierta del tanque de almacenamiento actual tiene un espesor de 20 cm, por lo que el análisis se realizará asumiendo este valor.

$$CM(\text{Peso propio}) = 0.20 \text{ (m)} * 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$CM(\text{Peso propio}) = 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga Viva

De acuerdo con la normativa NEC Cargas (No sísmicas) una losa de cubierta debe ser diseñada para una carga viva uniforme de 0.70 kN/m^2 , considerando que la estructura va a alojar sobre si en algún momento una persona para su mantenimiento, reparación o cualquier clase de estructura pequeña.

$$CV = 0.70 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

Combinación de cargas

Para la combinación de cargas se utilizará la Combinación 2 propuesta por la normativa NEC Cargas (No sísmicas). Esta combinación considera factores de mayoración para la carga viva y la carga muerta que se asentará sobre la losa.

$$Ct(CM + CV) = 1.2 * 480 \left(\frac{kg}{m^2} \right) + 1.6 * 70 \left(\frac{kg}{m^2} \right)$$

$$Ct(CM + CV) = 688 \left(\frac{kg}{m^2} \right)$$

Análisis de la losa de cubierta

Se sugiere utilizar un modelo de losa en dos direcciones si la relación entre la menor y mayor dimensión de la losa en análisis es mayor o igual a 0.5.

$$\frac{\text{Menor dimensión de la losa}}{\text{Mayor dimensión de la losa}} = \frac{3.13}{4.12} = 0.77 > 0.5$$

Se puede utilizar un modelo de losa en dos direcciones para el análisis de la pared de cubierta.

Para encontrar los momentos y cortantes de diseño de la losa se utilizará los coeficientes propuestos por la ACI para el método 3. El método nos permite determinar los momentos y cortantes en los apoyos de la losa, de acuerdo con la rigidez que se le proporciona a la estructura en sus extremos y a la relación de sus dimensiones.

Se debe determinar también las luces de cálculo para cada una de las direcciones la losa como se presenta en la *Tabla 65*.

Tabla 65. *Luces de la losa de cubierta.*

Luces de cálculo	
Luz de cálculo menor	
longitud [a] (m)	2.93
Luz de cálculo mayor	
longitud [b] (m)	3.92

Figura 53. Coeficientes para determinar el cortante en una losa en 2 direcciones.

TABLA C.13-8
RELACION DE LA CARGA w EN LAS DIRECCIONES ℓ_x Y ℓ_y PARA DETERMINAR
EL CORTANTE DE LA LOSA EN EL APOYO Y LA CARGA EN LOS APOYOS

Relación $m = \frac{\ell_x}{\ell_y}$		Caso								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		ℓ_x <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.00	w_x	0.50	0.50	0.17	0.50	0.83	0.71	0.29	0.33	0.87
	w_y	0.50	0.50	0.83	0.50	0.17	0.29	0.71	0.87	0.33
0.85	w_x	0.55	0.55	0.20	0.55	0.88	0.75	0.33	0.38	0.71
	w_y	0.45	0.45	0.80	0.45	0.14	0.25	0.67	0.82	0.29
0.80	w_x	0.60	0.60	0.23	0.60	0.88	0.79	0.38	0.43	0.75
	w_y	0.40	0.40	0.77	0.40	0.12	0.21	0.62	0.57	0.26
0.65	w_x	0.66	0.66	0.28	0.66	0.90	0.83	0.43	0.49	0.79
	w_y	0.34	0.34	0.72	0.34	0.10	0.17	0.57	0.51	0.21
0.60	w_x	0.71	0.71	0.33	0.71	0.92	0.86	0.49	0.55	0.83
	w_y	0.29	0.29	0.67	0.29	0.08	0.14	0.51	0.45	0.17
0.75	w_x	0.76	0.76	0.39	0.76	0.94	0.88	0.56	0.61	0.86
	w_y	0.24	0.24	0.81	0.24	0.06	0.12	0.44	0.39	0.14
0.70	w_x	0.81	0.81	0.45	0.81	0.95	0.91	0.62	0.68	0.89
	w_y	0.19	0.19	0.55	0.19	0.05	0.09	0.38	0.32	0.11
0.65	w_x	0.85	0.85	0.53	0.85	0.96	0.93	0.69	0.74	0.92
	w_y	0.15	0.15	0.47	0.15	0.04	0.07	0.31	0.26	0.08
0.60	w_x	0.89	0.89	0.61	0.89	0.97	0.95	0.76	0.80	0.94
	w_y	0.11	0.11	0.39	0.11	0.03	0.05	0.24	0.20	0.06
0.55	w_x	0.92	0.92	0.69	0.92	0.98	0.96	0.81	0.85	0.96
	w_y	0.08	0.08	0.31	0.08	0.02	0.04	0.19	0.15	0.05
0.50	w_x	0.94	0.94	0.76	0.94	0.99	0.97	0.86	0.89	0.97
	w_y	0.06	0.06	0.24	0.06	0.01	0.03	0.14	0.11	0.03

Nota: Un borde achurado indica que la losa continúa a través, o está restringida a momento por la rigidez, del apoyo. Un borde sin achurar indica que hay apoyo vertical, pero que este apoyo da una restricción a momento despreciable.

Nota. Adaptado de *Relación de la carga w en dos direcciones* [Imagen], por ACI, s.f, Documen.site (https://documen.site/download/2-losas-en-dos-direcciones-metodo-coeficientes_pdf). CC BY 2.0

Figura 54. Coeficientes para Momento positivo de carga muerta en una losa de 2 direcciones.

TABLA C.13-6
COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA MUERTA EN LA LOSA
(En las ecuaciones C.13-5 y C.13-6 se utiliza $w_1 = w_2$)

Relación $m = \frac{\ell_x}{\ell_y}$	Caso 1 ξ <input type="checkbox"/>	Caso 2 <input type="checkbox"/>	Caso 3 <input type="checkbox"/>	Caso 4 <input type="checkbox"/>	Caso 5 <input type="checkbox"/>	Caso 6 <input type="checkbox"/>	Caso 7 <input type="checkbox"/>	Caso 8 <input type="checkbox"/>	Caso 9 <input type="checkbox"/>	
1.00	$C_{\text{apoy D}}$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{\text{apoy D}}$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.033	0.018	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{\text{apoy D}}$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.016
0.85	$C_{\text{apoy D}}$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{\text{apoy D}}$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.046	0.045	0.032	0.029
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{\text{apoy D}}$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{\text{apoy D}}$	0.066	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{\text{apoy D}}$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{\text{apoy D}}$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{\text{apoy D}}$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{\text{apoy D}}$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{\text{hoyo D}}$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

Nota: Un borde achurado indica que la losa continua a través, o esta restringida a momento por la rigidez, del apoyo. Un borde sin achurar indica que hay apoyo vertical, pero que este apoyo da una restricción a momento despreciable.

Nota. Adaptado de *Coeficientes para momento positivo de carga muerta en la losa* [Imagen], por ACI, s.f, Documen.site (https://documen.site/download/2-losas-en-dos-direcciones-metodo-coeficientes_pdf). CC BY 2.0

Figura 55. Coeficientes para Momento positivo de carga viva en una losa de 2 direcciones.

TABLA C.13-7
COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA VIVA EN LA LOSA
 (En las ecuaciones C.13-5 y C.13-6 se utiliza $\eta_j = w_j$)

Relación $m = \frac{\ell_a}{\ell_b}$	Caso 1 ℓ_c	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
										ℓ_c
1.00	C_{ApML}	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.036	0.032	0.028	0.030
	C_{BpML}	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.036	0.030	0.028
0.95	C_{ApML}	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	C_{BpML}	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	C_{ApML}	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	C_{BpML}	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.026	0.029	0.024	0.022
0.85	C_{ApML}	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	C_{BpML}	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	C_{ApML}	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	C_{BpML}	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	C_{ApML}	0.061	0.046	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	C_{BpML}	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	C_{ApML}	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	C_{BpML}	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	C_{ApML}	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	C_{BpML}	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	C_{ApML}	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	C_{BpML}	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	C_{ApML}	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	C_{BpML}	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	C_{ApML}	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	C_{BpML}	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Nota: Un borde achurado indica que la losa continúa a través, o está restringida a momento por la rigidez, del apoyo. Un borde sin achurar indica que hay apoyo vertical, pero que este apoyo da una restricción a momento despreciable.

Nota. Adaptado de *Coeficientes para momento positivo de carga viva en la losa* [Imagen], por ACI, s.f, Documen.site (https://documen.site/download/2-losas-en-dos-direcciones-metodo-coeficientes_pdf). CC BY 2.0

Los momentos y cortantes últimos por unidad de longitud se determinan con las siguientes expresiones propuestas por la ACI (*método 3 -losas en dos direcciones*):

$$V_u = C_v * W_n * \frac{l_n}{2} \quad (\text{Ecuación 5.23})$$

$$M_u = C_m * W_n * l_n^2 \quad (\text{Ecuación 5.24})$$

Donde:

C_v y C_m = Coeficientes de cortante y momento

W_n = Carga distribuida uniforme $\left(\frac{kg}{m^2}\right)$

l_n = Luz de cálculo (m)

La relación entre dimensiones más cercana a la calculada es de 0.75, y el caso a utilizarse debe ser el Caso 1, pues los apoyos de la losa, en este caso el espesor de las paredes laterales no proporciona ninguna clase de rigidez adicional a la cubierta.

Utilizando la *Figura 53* y la (*Ecuación 5.23*) se puede determinar el valor de los cortantes de diseño en los apoyos de la losa para las dos direcciones:

$$V_{UA} = 0.76 * 688 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * \frac{2.93 (m)}{2}$$

$$V_{UA} = 1532 \left(\frac{kg}{m}\right)$$

$$V_{NA} = \frac{1532}{0.75} = 2042.67 \left(\frac{kg}{m}\right)$$

$$V_{UB} = 0.24 * 688 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * \frac{3.92 (m)}{2}$$

$$V_{UB} = 323.64 \left(\frac{kg}{m}\right)$$

$$V_{NB} = \frac{323.64}{0.75} = 431.52 \left(\frac{kg}{m}\right)$$

Con ayuda de la *Figura 54*, *Figura 55* y la (*Ecuación 5.24*) se encuentra los momentos de diseño por carga muerta y carga viva aplicada sobre la losa en sus dos direcciones:

$$M_{UA-CM} = 0.061 * 576 \left(\frac{kg}{m^2} \right) * (2.93 (m))^2$$

$$M_{UA-CM} = 301.64 kg * m$$

$$M_{NA-CM} = \frac{301.64}{0.9} = 335.16 kg * m$$

$$M_{UA-CV} = 0.061 * 112 \left(\frac{kg}{m^2} \right) * (2.93 (m))^2$$

$$M_{UA-CV} = 58.65 kg * m$$

$$M_{NA-CV} = \frac{58.65}{0.9} = 65.17 kg * m$$

$$M_{UB-CM} = 0.019 * 576 \left(\frac{kg}{m^2} \right) * (3.92 (m))^2$$

$$M_{UB-CM} = 168.17 kg * m$$

$$M_{NB-CM} = \frac{168.17}{0.9} = 186.86 kg * m$$

$$M_{UB-CV} = 0.019 * 112 \left(\frac{kg}{m^2} \right) * (3.92 (m))^2$$

$$M_{UB-CV} = 32.70 kg * m$$

$$M_{NB-CV} = \frac{32.70}{0.9} = 36.33 kg * m$$

Los momentos de diseño totales se encuentra sumando los momentos por carga viva y carga muerta en cada una de las direcciones.

A continuación, se detalla en la *Tabla 66* los cortantes y momentos totales que se utilizarán para el diseño a corte y flexión de las dos direcciones de la losa:

Tabla 66. *Cortantes y momentos para la losa de cubierta*

	Momento (kg*m/m)	Cortante (kg/m)
Dirección a	400,33	2042,67
Dirección b	124,69	431,52

1. Análisis por flexión

Dirección de menor longitud (a)

Para encontrar la cuantía de acero inferior necesaria para resistir el momento provocado en esta dirección se utilizará las expresiones (Ecuación 5.16), (Ecuación 5.17) y (Ecuación 5.18). Considerando el momento calculado para la dirección a, un espesor de losa de 20 cm y una franja de análisis de 100 cm (1 m) se obtiene los siguientes resultados:

$$Ru = 1.98 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\rho = 0.000475$$

$$As = 0.712 \frac{cm^2}{m}$$

El acero mínimo necesario para flexión se calcula con la expresión (Ecuación 5.19) de donde se obtiene:

$$Asmin = 5 \frac{cm^2}{m}$$

Se escoge el acero mínimo para el armado del refuerzo inferior en la dirección (a) de la losa de cubierta. Entonces se debe colocar 18 varillas de 12 mm longitudinalmente sobre la dirección a con la siguiente disposición:

MC5: 1Ø12mm@22cm

Dirección de mayor longitud (b)

El momento calculado para la dirección de mayor longitud es más pequeño que el de la dirección de menor longitud, por lo que se utilizará el criterio de acero de contracción y temperatura para esta dirección. Usando la (Ecuación 5.20) se obtiene el área por contracción y temperatura:

$$Asct = 3.6 \frac{cm^2}{m}$$

Se debe colocar 10 varillas de 12 mm longitudinalmente sobre la dirección b de la siguiente manera:

MC6: 1Ø12mm@32cm

Acero superior

La disposición del acero superior será de la misma manera que el acero inferior, en consecuencia, de que en el acero inferior se colocó las mínimas disposiciones.

Longitud de desarrollo

La longitud de desarrollo requerida se calcula con la (*Ecuación 5.13*):

$$ld = 20.46 \text{ cm}$$

Se colocará una longitud de desarrollo de 21 cm en forma de gancho de 90°.

2. Verificación a cortante

Se considera que todo el cortante va a ser resistido por la sección de concreto. Para la verificación se utilizará el cortante nominal máximo, que tiene un valor de 2042.67 kg/m.

Utilizando la (*Ecuación 5.22*) se determinó el peralte efectivo mínimo para resistir el cortante máximo:

$$d = 2.66 \text{ cm}$$

El peralte efectivo utilizado de 15 cm es suficiente para resistir el cortante máximo provocado.

5.2.4. Análisis y diseño estructural de la losa de fondo

El análisis y diseño de losa de fondo se realizará con ayuda del Método 3 de la ACI, considerando el modelo de una losa en dos direcciones.

Se considera que la losa de fondo tiene las mismas dimensiones que la losa de cubierta y que no posee en ninguno de sus extremos una estructura con rigidez considerable. Por lo tanto, los coeficientes para calcular los momentos y cortantes serán los utilizados para el diseño de la losa cubierta.

Análisis de cargas

Carga Muerta

La losa de fondo del tanque de almacenamiento posee actualmente un espesor de 20 cm.

$$CM(\text{Peso propio}) = 0.20 \text{ (m)} * 2400 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$CM(\text{Peso propio}) = 480 \frac{kg}{m^2}$$

Para determinar la carga muerta total que debe soportar la losa de fondo se debe incluir el peso de agua. Se conoce que la altura de agua máxima que puede retener el tanque es de 1.95 m.

$$CM(\text{Peso del agua}) = 1.95 \text{ (m)} * 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$CM(\text{Peso del agua}) = 1950 \frac{kg}{m^2}$$

Por lo tanto, la carga muerta total que debe soportar la losa de fondo es:

$$CMt(\text{Peso propio} + \text{Peso del agua}) = 480 \left(\frac{kg}{m^2} \right) + 1950 \left(\frac{kg}{m^2} \right)$$

$$CMt(\text{Peso propio} + \text{Peso del agua}) = 2430 \frac{kg}{m^2}$$

Carga Viva

Se considera el criterio propuesto por la normativa NEC Cargas (No sísmicas) de una carga viva uniforme mínimo de 0.70 kN/m^2 , tomando en cuenta el mantenimiento y reparación del tanque de almacenamiento en cualquier momento de su vida útil.

$$CV = 0.70 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Combinación de cargas

Para la combinación de cargas se utilizará la Combinación 2 propuesta por la normativa NEC Cargas (No sísmicas). Esta combinación considera factores de mayoración para la carga viva y la carga muerta que se asentará sobre la losa.

$$Ct(CMt + CV) = 1.2 * 2430 \left(\frac{kg}{m^2} \right) + 1.6 * 70 \left(\frac{kg}{m^2} \right)$$

$$Ct(CMt + CV) = 3028 \left(\frac{kg}{m^2} \right)$$

Cálculo de cortantes y momentos de diseño

Con ayuda de la expresión (Ecuación 5.23) y (Ecuación 5.24) se determina los siguientes cortantes y momentos de diseño:

$$V_{NA} = 4495.17 \left(\frac{kg}{m} \right)$$

$$V_{NB} = 1899.16 \left(\frac{kg}{m} \right)$$

$$M_{NA-CM} = 1696.72 \text{ kg} * m$$

$$M_{NA-CV} = 65.17 \text{ kg} * m$$

$$M_{NB-CM} = 945.96 \text{ kg} * m$$

$$M_{NB-CV} = 36.33 \text{ kg} * m$$

Los cortantes y momentos totales que se utilizarán para el diseño a corte y flexión se presentan en la *Tabla 67*.

Tabla 67. Cortantes y momentos para la losa de fondo.

	Momento (kg*m)	Cortante (kg/m)
Dirección a	1761.89	4495.17
Dirección b	982.29	1899.16

1. Análisis por flexión

Dirección de menor longitud (a)

Para encontrar la cuantía de acero inferior se utilizará las expresiones (Ecuación 5.16), (Ecuación 5.17) y (Ecuación 5.18). Considerando el momento calculado para la dirección a, un espesor de losa de 20 cm y una franja de análisis de 100 cm (1 m).

$$Ru = 8.70 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\rho = 0.00213$$

$$A_s = 3.20 \frac{cm^2}{m}$$

El acero mínimo necesario para flexión se calcula con la expresión (*Ecuación 5.19*) de donde se obtiene:

$$A_{smin} = 5 \frac{cm^2}{m}$$

Se escoge el acero mínimo para el armado del refuerzo inferior pues es mayor al acero calculado. Entonces se debe colocar 18 varillas de 12 mm longitudinalmente sobre la dirección a con la siguiente disposición:

MC7: 1Ø12mm@22cm

Dirección de mayor longitud (b)

El armado en la dirección de mayor longitud se realizará utilizando el criterio de contracción y temperatura. Usando la expresión (*Ecuación 5.20*) se obtiene el área de acero por contracción y temperatura:

$$A_{sct} = 3.6 \frac{cm^2}{m}$$

Se debe colocar 10 varillas de 12 mm longitudinalmente sobre la dirección b de la siguiente manera:

MC8: 1Ø12mm@32cm

Acero superior

La disposición del acero superior será de la misma manera que el acero inferior.

Longitud de desarrollo

La longitud de desarrollo requerida se calcula con la expresión (*Ecuación 5.13*):

$$l_d = 20.46 \text{ cm}$$

Se colocará una longitud de desarrollo de 21 cm en forma de gancho de 90°.

2. Verificación a cortante

Se considera que todo el cortante va a ser resistido por la sección de concreto. Para la verificación se utilizará el cortante nominal máximo, que tiene un valor de 4495.17 kg/m.

Utilizando la expresión (Ecuación 5.22) se determinó que el peralte efectivo mínimo para resistir el cortante máximo es:

$$d = 5.85 \text{ cm}$$

El peralte efectivo utilizado de 15 cm es suficiente para resistir el cortante máximo provocado.

5.2.5. Análisis y diseño estructural de la cimentación

El tanque de almacenamiento se encuentra cimentado sobre una zapata con las siguientes dimensiones:

$$B (\text{ancho}) = 4.50 \text{ m}$$

$$L(\text{longitud}) = 5.13 \text{ m}$$

Análisis de cargas

Carga Muerta

La cimentación debe ser capaz de resistir el peso total del tanque de reserva, por lo que se debe considerar el peso propio de la estructura de hormigón y el peso de agua máximo que almacenará el tanque.

El peso de la estructura de hormigón se puede obtener sumando cada una de las losas que componen el tanque.

$$CM(\text{Losa lateral mayor longitud}) = 4.12 \text{ (m)} * 2.20 \text{ (m)} * 0.20 \text{ (m)} * 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 2$$

$$CM(\text{Losa lateral de mayor longitud}) = 8701.44 \text{ kg}$$

$$CM(\text{Losa lateral menor longitud}) = 3.13 \text{ (m)} * 2.20 \text{ (m)} * 0.20 \text{ (m)} * 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 2$$

$$CM(\text{Losa lateral de menor longitud}) = 6610.56 \text{ kg}$$

$$CM(\text{Losa de cubierta y fondo}) = 4.12 (m) * 3.13 (m) * 0.20 (m) * 2400 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 2$$

$$CM(\text{Losa de cubierta y fondo}) = 12379.78 kg$$

$$CM(\text{Peso de agua}) = 20.31 m^3 * 1000 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

$$CM(\text{Peso de agua}) = 20310 kg$$

$$CM(\text{Total}) = 48001.78 kg$$

$$CM(\text{Total}) = 470.74 kN$$

Carga Viva

Se considera el criterio de una carga viva mínima de $0.70 kN/m^2$.

$$CV = 0.70 \left(\frac{kN}{m^2}\right)$$

$$CV = 0.70 \left(\frac{kN}{m^2}\right) * 4.12 (m) * 3.13 (m)$$

$$CV = 9.03 kN$$

Combinación de cargas

La combinación de cargas para el análisis y diseño de una cimentación debe realizarse con la siguiente expresión:

$$Pt = 1.4 * CM + 1.6 * CV$$

$$Pu = 1.4 * (470.74 (kN)) + 1.6 * (9.03 (kN))$$

$$Pu = 673.48 kN$$

Cálculo de la capacidad última

El esfuerzo total transmitido por el tanque de almacenamiento hacia el suelo se calcula con la siguiente expresión:

$$q_{ult} = \frac{Pu}{B * L} \quad (\text{Ecuación 5.25})$$

Donde:

$P_u =$ Carga axial última transmitida a la zapata (kN)

$B =$ Ancho de la zapata (m)

$L =$ Longitud de la zapata (m)

Con ayuda de la (Ecuación 5.25) se determina la capacidad última que debe soportar el suelo:

$$q_{ult} = \frac{673.48 \text{ kN}}{4.50 \text{ (m)} * 5.13 \text{ (m)}}$$

$$q_{ult} = 29.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Capacidad portante del suelo

Las características del estrato de suelo sobre el que se asienta el tanque de almacenamiento se evidencian en la *Tabla 68*.

Tabla 68. *Capacidad portante del suelo*

Clasificación SUCS:	MH (Limo de alta plasticidad)
Capacidad a Compresión simple:	160.90 kPa

Se determina la capacidad portante del suelo con ayuda de la expresión creada por Terzagui, considerando que el ensayo a compresión simple se realizó con una muestra no drenada se deduce que el agua recibe completamente la carga aplicada sobre suelo. Entonces se tiene que:

$$\Phi = 0^\circ$$

$$c = \frac{1}{2} * (qc), \text{ siendo } qc \text{ la capacidad máxima a la compresión simple}$$

La expresión de Terzagui se presenta a continuación:

$$q_u = c * N_c + q * N_q + \left(\frac{1}{2}\right) * \gamma * B * N_\gamma \quad (\text{Ecuación 5.26})$$

Los factores de capacidad de carga N_c , N_q y N_γ se pueden obtener con ayuda de una tabla en función del ángulo de fricción que posea el estrato, por lo que al considerar que $\Phi = 0^\circ$ se tiene que:

$$N_c = 5.70$$

$$N_q = 1$$

$$N_\gamma = 0$$

También se obtiene que:

$$q = 0, \quad \text{no existe una sobre carga sobre la cimentación}$$

$$c = 80.45 \text{ kPa}, \quad \text{la mitad de la capacidad a compresión simple}$$

$$\gamma = 16.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}, \quad \text{obtenido del ensayo de relaciones fundamentales}$$

Entonces aplicando la (Ecuación 5.26) se tiene que:

$$q_u = 458.57 \text{ kPa}$$

Según Morales (2014) es un criterio conservador utilizar el valor de carga máxima a la compresión simple como la capacidad portante del suelo, en vista de la incertidumbre que se tiene al utilizar la capacidad a la compresión simple en lugar de una capacidad arrojada por un ensayo triaxial, dentro de la ecuación de Terzagui, pues recordemos que realmente el suelo se encuentra confinado y no en las condiciones de ensayo a compresión simple, lo que disminuye su capacidad real.

Entonces se utilizará el criterio propuesto por Morales y se asumirá a la capacidad portante del estrato como la resistencia última a compresión simple, conociendo que en realidad la capacidad será mayor a la tomada para el cálculo.

Debido a la incertidumbre de los resultados se debe considerar un factor de seguridad mínimo de 3, por lo tanto, la capacidad admisible del suelo es:

$$q_{adm} = \frac{160.90 \text{ (kPa)}}{3} = 53.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Una vez conocida la capacidad admisible del estrato de suelo sobre el que descansa el tanque de almacenamiento, se debe comparar esta capacidad con el esfuerzo transmitido por la cimentación.

$$q_{adm} = 53.63 \frac{kN}{m^2} > q_{ult} = 29.17 \frac{kN}{m^2}$$

Se deduce que la capacidad admisible del suelo es suficiente para resistir la carga producida por el tanque de almacenamiento.

Chequeo por corte unidireccional en la zapata

El chequeo por corte unidireccional sobre la cimentación se determina con la ecuación presentada en la ACI 318-19 (22.5.5.1(b)):

$$V_c = 0.66 * \rho^{\frac{1}{3}} * \sqrt{f'c} * B * d \quad (\text{Ecuación 5.27})$$

Donde:

ρ = Cuantía de acero en la cimentación

$f'c$ = Resistencia a la compresión del hormigón (kN)

B = Ancho de la zapata (m)

d = Peralte efectivo de la zapata (m)

Para el chequeo de corte unidireccional se puede suponer la cuantía de acero mínima en la zapata, es decir un valor de 0.0018.

Aplicando la (Ecuación 5.27) se obtiene la siguiente ecuación en términos del peralte efectivo:

$$V_c = 0.66 * (0.0018)^{\frac{1}{3}} * \sqrt{21} * 1000 * (4.50) * d$$

$$V_c = 1655.61 d$$

$$\phi V_c = 0.75 * 1655.61 d$$

$$\phi V_c = 1241.60 d$$

El corte ultimo producido por el peso total del tanque de almacenamiento se determina con la siguiente expresión:

$$V_{ult} = q_{ult} * m * B \quad (\text{Ecuación 5.28})$$

Donde:

$q_{ult} = \text{Capacidad última transmitida a la cimentación} \left(\frac{kN}{m^2} \right)$

$m = \text{Distancia de chequeo del corte unidireccional}(m)$

$B = \text{Ancho de la zapata} (m)$

El corte unidireccional sobre la zapata se debe verificar a una distancia d (Peralte efectivo) desde el borde del tanque de almacenamiento, entonces se determina la distancia m :

$$m = \frac{5.13}{2} - \frac{3.13}{2} - d$$

$$m = 1 - d$$

Utilizando la (Ecuación 5.28) se encuentra el corte último producido por el tanque de almacenamiento:

$$V_{ult} = 29.17 \left(\frac{kN}{m^2} \right) * (1 - d) * 4.50 (m)$$

$$V_{ult} = 131.27 - 131.27d$$

Con la siguiente igualdad se determina d (Peralte efectivo):

$$V_{ult} = \phi V_c$$

$$131.27 - 131.27d = 1241.60d$$

De donde se obtiene un valor mínimo para d :

$$d_{min} = 0.10 m$$

Se debe tomar en cuenta que la cimentación debe poseer un recubrimiento mínimo de 7.5 cm al estar en contacto directo con el suelo, por lo que la zapata debe tener un espesor total mínimo de:

$$H_{min} = 0.20 m$$

La zapata actual posee un espesor de 0.45 m entonces se deduce que es capaz de resistir el cortante producido por la estructura.

$$H_{real} = 0.45 m$$

$$d_{real} = 0.375 m$$

Diseño a flexión

Cálculo del momento de diseño

El momento último para la zapata se determina con la siguiente expresión:

$$M_u = q_{ult} * B * T * \left(\frac{T}{2}\right) \quad (\text{Ecuación 5.29})$$

Donde:

$$q_{ult} = \text{Capacidad última transmitida a la cimentación} \left(\frac{kN}{m^2}\right)$$

$$B = \text{Ancho de la zapata (m)}$$

$$T = \text{Franja de análisis para momento (m)}$$

La franja de análisis se determina con la siguiente expresión:

$$T = \frac{L}{2} - \frac{h}{2}$$

Donde:

$$L = \text{Longitud de la zapata (m)}$$

$$h = \text{Lado del tanque de almacenamiento correspondiente a L (m)}$$

$$T = \frac{5.13}{2} - \frac{3.13}{2}$$

$$T = 1 \text{ m}$$

Utilizando la (Ecuación 5.29) se determina el momento último producido sobre la zapata:

$$M_u = 29.17 \left(\frac{kN}{m^2}\right) * 4.5 (m) * 1(m) * \left(\frac{1}{2} (m)\right)$$

$$M_u = 65.63 \text{ kN} * m$$

El momento nominal de diseño se obtiene utilizando el factor de mayoración de momento:

$$M_n = \frac{65.63}{0.9} = 72.93 \text{ kN} * m$$

Cálculo de la cuantía de acero

La cuantía de acero necesaria para resistir el momento nominal se calcula con la siguiente ecuación deducida de la *ACI 318-19*:

$$\rho = 0.85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right) * B * d * \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2.36 * Mn}{B * d^2 * f'c} \right)} \right) \quad (\text{Ecuación 5.30})$$

Utilizando la (*Ecuación 5.30*):

$$\rho = 0.85 * \left(\frac{21 \left(\frac{kN}{m^2} \right)}{420 \left(\frac{kN}{m^2} \right)} \right) * 4.50 * 0.375 \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2.36 * 72.93 (kN * m)}{4.50 (m) * 0.375 (m)^2 * 21 \left(\frac{kN}{m^2} \right) * 1000} \right)} \right)$$

$$\rho = 0.000470$$

$$As = 0.000470 * 450(cm) * 37.5 (cm)$$

$$As = 7.93 \text{ cm}^2$$

El acero mínimo necesario se calcula con la siguiente expresión:

$$As_{min} = 0.0018 * B * d \quad (\text{Ecuación 5.31})$$

Con ayuda de la (*Ecuación 5.31*) se determina la mínima cantidad de acero requerida:

$$As_{min} = 0.0018 * 450 (cm) * 37.5 (cm)$$

$$As_{min} = 30.38 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} > As$$

Entonces se colocará 27 varillas de 12 mm con la siguiente disposición:

MC9: 1Ø12mm@16cm

Acero por contracción y temperatura

En la dirección de menor longitud se colocará la mínima cantidad de acero requerida.

Utilizando la (*Ecuación 5.20*) se determina que:

$$As_{CT} = 0.0018 * 513 (cm) * 37.5 (cm)$$

$$As_{CT} = 34.62 \text{ cm}^2$$

Se debe colocar 31 varillas de 12 mm de la siguiente manera:

MC10: 1Ø12mm@15cm

Acero superior

Se colocará de la misma manera que el acero inferior, pues se trabajó con los criterios mínimos.

Longitud de desarrollo

Se determina con ayuda de la expresión de la *ACI 318-19 (25.4.2.3a)*:

$$l_d = \left[\frac{f_y}{1.1 * \lambda * \sqrt{f'_c}} * \left(\frac{d_b}{0.075} \right) \right] * d_b \quad (\text{Ecuación 5.32})$$

La longitud de desarrollo necesaria para el acero de refuerzo de la cimentación se calcula con la (*Ecuación 5.32*):

$$l_d = \left[\frac{420}{1.1 * 1 * \sqrt{21}} * \left(\frac{0.012}{0.075} \right) \right] * 0.012$$
$$l_d = 0.16 \text{ m}$$

Se colocará una longitud de desarrollo de 16 cm en forma de gancho de 90°.

5.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE ROMPE PRESIÓN

El diseño estructural para la Cámara Rompe Presión (CRP) Tipo 7 se realizará mediante el cálculo propuesto por la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018), propuesto por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.

5.3.1. Dimensionamiento y especificaciones iniciales

Las especificaciones iniciales para el diseño se muestran en la *Tabla 69*.

Tabla 69. *Dimensiones y especificaciones iniciales del tanque rompe presión.*

Dimensiones y especificaciones iniciales			
Ancho de la sección interna de la base	B =	1.20 ^a	m
Largo de la sección interna de la base	L =	1.20 ^a	m
Altura máxima del agua	h =	0.60	m
Borde libre	BL =	0.40	m
Altura total	Ht =	1.00 ^a	m
Peso específico del agua	γ_a =	1000	kg/m ³
Peso específico del concreto	γ_c =	2400	kg/m ³
Resistencia del concreto	f'_c =	250 ^b	kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia acero	f_y =	4200	kg/cm ²

^a Las dimensiones calculadas en el diseño hidráulico corresponden a las secciones internas sin contar aún con el espesor.

^b La resistencia del hormigón de 250 kg/cm² se seleccionó ya que se requiere de una mayor resistencia para una cámara rompe presión y al ser construido en una zona rural es muy difícil conseguir resistencias mayores.

5.3.2. Análisis y diseño estructural de las paredes del tanque rompe presión

Dado que ambos muros miden lo mismo se diseñará únicamente para la longitud B. Se calcularán los momentos mediante los coeficientes (k) para el cálculo de momentos de CRP de tapa libre y fondo empotrado propuestos por la GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO PARA EL ÁMBITO RURAL (2018), en donde se debe cumplir que:

$$0.5 \leq k \leq 3$$

Donde:

$$k = \frac{B}{h - h_e} \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

h_e = profundidad de la cimentación

Para cumplir esta condición se ha determinado un valor $h_e = 0.20$ m

$$k = \frac{1.20}{0.6 - 0.2} = 3$$

Los valores de los coeficientes para $k=3$ se muestran en la *Tabla 70*.

Tabla 70. Valores de los coeficientes (k) para el cálculo de momentos de CRP de tapa libre y fondo empotrado

k	x	$y = 0$		$y = B/4$		$y = B/2$	
		k. Mx	k. My	k. Mx	k. My	k. Mx	k. My
3.00	0	0.000	0.025	0.000	0.014	0.000	-0.082
	1/4	0.010	0.019	0.007	0.013	-0.014	-0.071
	1/2	0.005	0.010	0.008	0.010	-0.011	-0.055
	3/4	-0.330	-0.004	-0.018	0.000	-0.006	-0.028
	1	-0.126	-0.025	-0.092	-0.018	0.000	0.000

Nota. Adaptado de *VALORES DE LOS COEFICIENTES (k) PARA EL CALCULO DE MOMENTOS - TAPA LIBRE Y FONDO EMPOTRADO*, por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural (<https://civilgeeks.com/2018/07/23/norma-tecnica-de-diseno-opciones-tecnologicas-para-sistemas-de-saneamiento-en-el-ambito-rural/>.) CC BY 2.0

Momentos en los muros

La ecuación por utilizar será la siguiente:

$$M = k * \gamma a * (h - h_e)^3 \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

$$M = k * 1000 * (0.6 - 0.2)^3$$

$$M = k * 64$$

Mediante la (Ecuación 5.2) calculamos los valores de los momentos Mx y My mostrados en la *Tabla 71* para diferentes longitudes de "y" y "x" mediante los coeficientes anteriormente especificados en la *Tabla 70*.

Tabla 71. Momentos en los muros

k	$x/(Ha+h)$	$y = 0$		$y = B/4$		$y = B/2$	
		Mx (kg*m)	My (kg*m)	Mx (kg*m)	My (kg*m)	Mx (kg*m)	My (kg*m)
3.00	0	0.000	1.600	0.000	0.896	0.000	-5.248
	1/4	0.640	1.216	0.448	0.832	-0.896	-4.544
	1/2	0.320	0.640	0.512	0.640	-0.704	-3.520
	3/4	-21.120	-0.256	-1.152	0.000	-0.384	-1.792
	1	-8.064	-1.600	-5.888	-1.152	0.000	0.000

$M_{m\acute{a}x}$ = momento máximo absoluto = 21.12 kg * m

Cculo del espesor de la pared

$$e = \left(\frac{6 * M_{m\acute{a}x}}{f_t} \right)^{0.5} \quad (\text{Ecuaci3n 5.3})$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$ = momento máximo absoluto en kg * m

f_t = esfuerzo de tracci3n por flexi3n en $\frac{kg}{cm^2}$

$$f_t = 0.85\sqrt{f'c}$$

$$f_t = 0.85\sqrt{250}$$

$$f_t = 13.44 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando los datos en la (Ecuaci3n 5.3) obtenemos el espesor de la pared

$$e = \left(\frac{6 * 21.12}{13.44} \right)^{0.5}$$

$$e = 3.07 \text{ cm}$$

Para el diseño de los muros se asume un espesor mínimo de 10cm, el cual según la ACI 318-19, Tabla 20.6.1.3.3 cumple con el recubrimiento mínimo de varillas de 4cm para elementos expuestos a la intemperie y diámetros de varilla inferiores o igual a 16mm, por lo que al ser necesario 2 recubrimientos de 4cm y el espesor mismo de la varilla es necesario contar con un espesor mínimo de 10 cm.

$$e = 10 \text{ cm}$$

Cculo del área de acero vertical y horizontal

Máximo momento para armadura vertical

$$M_x = 21.12 \text{ kg * m}$$

Máximo momento para armadura horizontal

$$M_y = 5.25 \text{ kg * m}$$

Peralte efectivo

$$d = e - r$$

Donde

$r =$ recubrimiento en muro, se asumirá un valor de 4cm

$$d = 10 - 4$$

$$d = 6\text{cm}$$

Para calcular el área de acero utilizamos la ecuación proporcionada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento, 2018).

$$As = \frac{M}{fs * j * d} \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

Donde:

$fs =$ fatiga de trabajo

$j =$ factor menor a 1 que proporciona la ubicación de la fuerza a compresión desde el eje neutro en la teoría elástica

$$fs = 0.4 * fy$$

$$fs = 0.4 * 4200 = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

Donde:

$k =$ factor menor a 1 que aproxima la posición del eje neutro

El factor k se calcula con la siguiente expresión:

$$k = \frac{1}{1 + \frac{fs}{n * fc}}$$

$n =$ relación modular entre el módulo de elasticidad del acero y el módulo de elasticidad del hormigón

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{f'c}}$$

$$fc = 0.4 * f'c$$

Reemplazamos los datos en las fórmulas anteriores obtenemos la variable j.

$$fc = 0.4 * 250 = 100$$

$$n = \frac{2100}{15 * \sqrt{250}} = 8.85$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{1680}{8.85 * 100}} = 0.345$$

$$j = 1 - \frac{0.345}{3} = 0.88$$

Obtenemos mediante la (Ecuación 5.4) el área de acero vertical

$$Asv = \frac{Mx}{fs * j * d}$$

$$Asv = \frac{21.12 * 100 (kg * cm)}{1680 \left(\frac{kg}{cm^2}\right) * 0.88 * 6cm} = 0.24cm^2$$

Obtenemos mediante la (Ecuación 5.4) el área de acero horizontal

$$Ash = \frac{My}{fs * j * d}$$

$$Ash = \frac{5.25 * 100 (kg * cm)}{1680 \left(\frac{kg}{cm^2}\right) * 0.88 * 6cm} = 0.06cm^2$$

Cálculo del área de acero mínimo

Para cumplir el requisito de acero mínimo utilizamos la siguiente ecuación para una franja de análisis de 100 cm (1 m) proporcionada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento, 2018).

$$As_{min} = \rho * 100 * e \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

Donde:

$e = \text{espesor del muro}$

$\rho = \text{cuantía de acero}$

$$\rho = \frac{0.7 * \sqrt{f'c}}{fy}$$

$$\rho = \frac{0.7 * \sqrt{250}}{4200} = 0.00264$$

Reemplazamos ρ en la (Ecuación 5.5) para obtener el área de acero mínimo

$$As_{min} = 0.00264 * 100cm * 10cm = 2.64cm^2$$

Debido a que el acero mínimo es mayor al calculado para las 2 direcciones, escogemos el acero mínimo para el armado del refuerzo tanto vertical como horizontal de los muros. Entonces para la longitud total de la pared de 1.40 m y altura $H_t = 1.00m$ se debe colocar el refuerzo de la siguiente manera.

Refuerzo vertical con 5 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC100: 1Ø12mm@26cm

Refuerzo horizontal con 4 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC101: 1Ø12mm@29cm

Chequeo por esfuerzo cortante

Cálculo fuerza cortante máxima

Para calcular la fuerza cortante máxima se utilizará la ecuación recomendada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento, 2018).

$$V_c = \frac{\gamma a * (h - h_e)^2}{2} \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

$$V_c = \frac{1000 * (0.6 - 0.2)^2}{2} = 80kg$$

Cálculo del esfuerzo cortante nominal

$$nc = \frac{Vc}{j * 100 * d} \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

$$nc = \frac{80kg}{0.88 * 100cm * 6cm} = 0.15 \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo del esfuerzo permisible

$$n_{m\acute{a}x} = 0.02 * f'c \quad (\text{Ecuación 5.8})$$

$$n_{m\acute{a}x} = 0.02 * 250 = 5 \frac{kg}{cm^2}$$

Se debe cumplir que:

$$n_{m\acute{a}x} > nc$$

Como:

$$5 \frac{kg}{cm^2} > 0.15 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{CUMPLE}$$

Chequeo por adherencia.

El chequeo por adherencia se lo realiza para verificar que las varillas de acero no fallen por falta de adherencia con el hormigón, sino que estas fallen por fluencia al ser sometidas a tracción. Para calcular de la adherencia se utilizará la siguiente ecuación recomendada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento, 2018).

$$u = \frac{Vc}{So * j * d} \quad (\text{Ecuación 5.9})$$

Donde:

Para varilla de 12mm

$$So = \frac{4}{\text{espaciamiento}}$$

$$So = \frac{4}{0.29m} = 13.79$$

$$u = \frac{80}{13.79 * 0.88 * 6} = 1.10 \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo de la adherencia permisible

$$u_{m\acute{a}x} = 0.05 * f'c \quad (\text{Ecuación 5.10})$$

$$u_{m\acute{a}x} = 0.05 * 250 = 12.5 \frac{kg}{cm^2}$$

Se debe cumplir que:

$$u_{m\acute{a}x} > u$$

Como:

$$12.5 \frac{kg}{cm^2} > 1.10 \frac{kg}{cm^2} \quad CUMPLE$$

5.3.3. Análisis y diseño estructural de la losa de fondo

Par el diseño de la losa de fondo se considerará a la losa de fondo como una placa flexible y empotrada en los bordes.

Momento de empotramiento en el extremo

$$M1 = \frac{-W * L^2}{192} \quad (\text{Ecuación 5.11})$$

Donde:

$L =$ largo del tanque rompe presión

$L = 1.40 m$

Momento en el centro

$$M2 = \frac{W * L^2}{384} \quad (\text{Ecuación 5.12})$$

$el =$ espesor asumido de la losa de fondo = 0.15m

Cálculo de W

$$W = \gamma a * h + \gamma c * el$$

$$W = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0.6m + 2400 \frac{kg}{m^3} * 0.15m$$

$$W = 960 \frac{kg}{m^2}$$

Reemplazando W en la (Ecuación 5.11) obtenemos el momento de empotramiento en el extremo.

$$M1 = \frac{-960 * 1.4^2}{192} = -9.80 \text{ kg} * m$$

Reemplazando W en la (Ecuación 5.12) obtenemos el momento en el centro.

$$M2 = \frac{960 * 1.4^2}{384} = 4.90 \text{ kg} * m$$

Para el diseño de losas planas rectangulares armadas en las 2 direcciones Timoshenko recomienda los siguientes coeficientes:

Para momento de empotramiento 0.529

Para momento en el centro 0.0513

Momento de empotramiento

$$Me = 0.529 * M1$$

$$Me = 0.529 * (-9.80) = -5.18 \text{ kg} * m$$

Momento en el centro

$$Mc = 0.0513 * M1$$

$$Mc = 0.0513 * (4.90) = 0.25 \text{ kg} * m$$

Máximo momento absoluto

$$Mmáx = 5.18 \text{ kg} * m$$

Cálculo del espesor de la losa

Para calcular el espesor de la losa se utilizará la siguiente expresión recomendada por la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

$$el = \sqrt{\frac{6 * Mmáx}{ft}}$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$ = máximo momento absoluto en $kg * m$

f_t = esfuerzo de tracción por flexión en $\frac{kg}{cm^2}$, calculado anteriormente

$$f_t = 13.44 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando los datos obtenemos el espesor de la losa.

$$el = \sqrt{\frac{6 * 5.18}{13.44}} = 1.52 \text{ cm}$$

Para el diseño se asumirá un espesor de losa mínimo de 15cm, el cual según la *ACI 318-19* (20.6.1.3.4), cumple con el recubrimiento en la parte inferior de la losa mínimo de varillas de 7.5cm para elementos fundidos en sitio, construidos contra el suelo y permanentemente en contacto con él. En la parte superior de la losa el recubrimiento es de 4cm de acuerdo con la Tabla 20.6.1.3.3 al no estar en contacto con el suelo, por lo que al ser necesario recubrimientos de 4cm y 7.5 cm, además del diámetro de la varilla mismo es necesario contar con un espesor mínimo de 15cm.

$$d = el - rl$$

Donde:

rl = recubrimiento en losa de fondo, se asumirá un valor de 7.5cm ya que estará en contacto con el suelo.

$$d = 15 - 7.5 = 7.5 \text{ cm}$$

Cálculo del área de acero

$$A_s = \frac{M_{\text{máx}}}{f_s * j * d}$$

Donde:

f_s = fatiga de trabajo en $\frac{kg}{cm^2}$, calculado anteriormente

$$f_s = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$j = 0.88$, calculado anteriormente

$$As = \frac{5.18 * 100(kg * cm)}{1680 \frac{kg}{cm^2} * 0.88 * 7.5cm} = 0.046cm^2$$

Cálculo del área de acero mínimo

Para cumplir el requisito de acero mínimo utilizamos la siguiente ecuación para una franja de análisis de 100 cm (1 m).

$$As_{min} = p * 100 * el$$

Donde:

$$p = 0.00264, \text{ calculado anteriormente}$$

Reemplazando los datos obtenidos el área de acero mínimo:

$$As_{min} = 0.00264 * 100cm * 15cm$$

$$As_{min} = 3.95cm^2$$

Debido a que el acero mínimo es mayor al calculado, escogemos el acero mínimo para el armado del refuerzo de la losa plana rectangular armada en las 2 direcciones. Entonces para la losa de fondo rectangular que contiene a la cámara húmeda y la cámara seca de 2.10 m x 1.40 m se debe colocar los siguientes refuerzos.

Refuerzo en dirección corta con 9 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC102: 1Ø12mm@23cm

Refuerzo en dirección larga con 6 varillas de 12 mm de la siguiente manera.

MC103: 1Ø12mm@23cm

5.3.4. Longitud de desarrollo

La longitud de desarrollo con gancho se calcula utilizando la (Ecuación 5.13)

$$ld = \frac{1.2 (cm) * 4200 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)}{17 * \sqrt{250 \frac{kg}{cm^2}}}$$

$$ld = 18.75 cm$$

Se colocará una longitud de desarrollo para las paredes de la cámara húmeda y la losa de fondo de 19 cm con gancho de 90° con una longitud 12db igual a 15cm.

6. CAPÍTULO VI: PRESUPUESTO, PROGRAMACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En este capítulo se determinará el presupuesto referencial, la programación de obra y las especificaciones técnicas para la construcción del Sistema de suministro de agua para consumo humano de la comunidad Jarungo. El presupuesto se presentará en base a un análisis de precios unitarios realizado con ayuda de los costos y salarios manejados por la “Revista Construcción” desarrollada por la Cámara de la industria de la Construcción, la programación del proyecto se realizará con ayuda de un diagrama de barras Gantt que presentará el plazo de realización de la obra y la cronología de ejecución de las distintas actividades que componen el proyecto. Por último, se presentará las especificaciones técnicas para la colocación de la red de suministro de agua.

6.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						Hoja 1 de 27
RUBRO: LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO					UNIDAD: m2	
DETALLE:						
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,33		
SUBTOTAL M					\$0,10	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,33		
SUBTOTAL N					\$1,26	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo		
SUBTOTAL O					\$0,00	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
SUBTOTAL P					\$0,00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,36
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,20
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$1,56
VALOR OFERTADO	\$1,56

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2 de 27

RUBRO: EXCAVACIÓN A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES (Altura máxima 1.8m, herramienta manual, desalojo de material 25m) **UNIDAD:** m3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	3	0,3	0,9	0,8	0,72
SUBTOTAL M					\$0,72
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	2	3,83	7,66	0,8	6,13
ESTRUC. OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,5	3,87	1,94	0,8	1,55
SUBTOTAL N					\$7,68
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					
SUBTOTAL O					
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					
SUBTOTAL P					

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$8,40
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$1,26
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$9,66
VALOR OFERTADO	\$9,66

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					Hoja 3 de 27	
RUBRO: SOBRECARRERO DE ESCOMBROS, TIERRA DE EXCAVACIÓN Y MAT. PETREOS.					UNIDAD: m ³ -km	
DETALLE:						
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
VOLQUETA 13 TON	1	32,88	32,88	0,00714	0,23	
SUBTOTAL M					\$0,23	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,00714	0,03	
ESTRUC. OCUPAC. C1 CHOFER PROFESIONAL	1	5,62	5,62	0,00714	0,04	
SUBTOTAL N					\$0,07	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo		
SUBTOTAL O					\$0,00	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
SUBTOTAL P					\$0,00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$0,30
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,05
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$0,35
VALOR OFERTADO	\$0,35

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 4 de 27

RUBRO: TUBERÍA PVC E/C 1.25 MPA 32mm**UNIDAD:** m**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,3	0,6	0,069	0,04
SUBTOTAL M					\$0,04
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	2	3,83	7,66	0,069	0,53
ESTRUC. OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	1	3,87	3,87	0,069	0,27
SUBTOTAL N					\$0,80
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TUB U-PVC EC 32MM X 6M 1,25MPA(181PSI)	m	1	1,17	1,17	
GRASA LUBRICANTE	kg	0,05	2	0,1	
SUBTOTAL O					\$1,27
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$2,11
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,32
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$2,43
VALOR OFERTADO	\$2,43

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 5 de 27

RUBRO: TUBERÍA PVC E/C 1.60 MPA 25mm**UNIDAD:** m**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	2	0,3	0,6	0,069	0,04
SUBTOTAL M					\$0,04
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	2	3,83	7,66	0,069	0,53
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	1	3,87	3,87	0,069	0,27
SUBTOTAL N					\$0,80
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TUB U-PVC EC 25MM X 6M 1,60MPA(232PSI)	m	1	0,8	0,8	
GRASA LUBRICANTE	kg	0,05	2	0,1	
SUBTOTAL O					\$0,90
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,74
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,26
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$2,00
VALOR OFERTADO	\$2,00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					Hoja 6 de 27
RUBRO: TEE RED PVC PRESION E/C 1" X 1/2"				UNIDAD: u	
DETALLE:					
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	0,5	0,3	0,15	0,1	0,02
SUBTOTAL M					\$0,02
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,5	3,83	1,92	0,1	0,19
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,2	3,87	0,77	0,1	0,08
SUBTOTAL N					\$0,27
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TEE RED PVC PRESION E/C 1 X 1/2	u	1	1,24	1,24	
SUBTOTAL O					\$1,24
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,53
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,23
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$1,76
VALOR OFERTADO	\$1,76

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 7 de 27

RUBRO: TEE RED PVC PRESION E/C 3/4 X 1/2**UNIDAD:** u**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	0,5	0,3	0,15	0,1	0,02
SUBTOTAL M					\$0,02
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,5	3,83	1,92	0,1	0,19
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,2	3,87	0,77	0,1	0,08
SUBTOTAL N					\$0,27
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TEE RED PVC PRESION E/C 3/4 X 1/2	u	1	0,81	0,81	
SUBTOTAL O					\$0,81
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,10
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,17
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$1,27
VALOR OFERTADO	\$1,27

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 8 de 27

RUBRO: TEE PVC PRESION E/C 1"

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	0,5	0,3	0,15	0,1	0,02
SUBTOTAL M					\$0,02
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,5	3,83	1,92	0,1	0,19
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,2	3,87	0,77	0,1	0,08
SUBTOTAL N					\$0,27
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TEE PVC PRESION E/C 1	u	1	1,68	1,68	
SUBTOTAL O					\$1,68
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,97
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,30
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$2,27
VALOR OFERTADO	\$2,27

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 9 de 27

RUBRO: TEE PVC PRESION E/C 3/4"

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	0,5	0,3	0,15	0,1	0,02
SUBTOTAL M					\$0,02
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,5	3,83	1,92	0,1	0,19
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,2	3,87	0,77	0,1	0,08
SUBTOTAL N					\$0,27
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TEE PVC PRESION E/C 3/4	u	1	0,78	0,78	
SUBTOTAL O					\$0,78
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,07
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,16
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$1,23
VALOR OFERTADO	\$1,23

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 10 de 27

RUBRO: CODO 45° PVC PRESION E/C 3/4"

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	0,5	0,3	0,15	0,1	0,02
SUBTOTAL M					\$0,02
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,5	3,83	1,92	0,1	0,19
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,5	3,87	1,94	0,1	0,19
SUBTOTAL N					\$0,38
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TEE PVC PRESION E/C 3/4	u	1	0,78	0,78	
SUBTOTAL O					\$0,78
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,18
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,18
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$1,36
VALOR OFERTADO	\$1,36

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 11 de 27

RUBRO: VALV COMP BRASS 1" @200PSI

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,41	0,12
SUBTOTAL M					\$0,12
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,82	3,83	3,14	0,41	1,29
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,41	3,87	1,59	0,41	0,65
SUBTOTAL N					\$1,94
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
VALV COMP BRASS 1" @200PSI	u	1	16,17	16,17	
ADAPTADOR MACHO PVC 1"	u	2	0,41	0,82	
UNIVERSAL PVC ROSCABLE 1"	u	2	4,45	8,9	
NEPLO PP ROSC. M 1" X 6CM	u	2	0,46	0,92	
SUBTOTAL O					\$26,81
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$28,87
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$4,33
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$33,20
VALOR OFERTADO	\$33,20

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 12 de 27

RUBRO: VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,41	0,12
SUBTOTAL M					\$0,12
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,82	3,83	3,14	0,41	1,29
ESTRUC. OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,41	3,87	1,59	0,41	0,65
SUBTOTAL N					\$1,94
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI	u	1	11,21	11,21	
ADAPTADOR MACHO PVC 3/4"	u	2	0,2	0,4	
UNIVERSAL PVC ROSCABLE 3/4"	u	2	2,49	4,98	
NEPLO PP ROSC. M 3/4" X 6CM	u	2	0,4	0,8	
SUBTOTAL O					\$17,39
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$19,45
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$2,92
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$22,37
VALOR OFERTADO	\$22,37

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 13 de 27

RUBRO: VALVULA 2 PVC TIPO UNIVERSAL

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	0,5	0,3	0,15	0,1	0,02
SUBTOTAL M					\$0,02
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,5	3,83	1,92	0,1	0,19
SUBTOTAL N					\$0,19
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
VALVULA 2 PVC TIPO UNIVERSAL	u	1	17,78	17,78	
SUBTOTAL O					\$17,78
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$17,99
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$2,70
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$20,69
VALOR OFERTADO	\$20,69

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 14 de 27

RUBRO: VÁLVULA DE PURGA (3/4")

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,2	0,06
SUBTOTAL M					\$0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,2	0,77
SUBTOTAL N					\$0,77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI	u	1	11,21	11,21	
UNIVERSAL PVC ROSCABLE 3/4"	u	2	2,49	4,98	
NEPLO PP ROSC. M 3/4" X 6CM	u	2	0,4	0,8	
ADAPTADOR MACHO PVC 3/4"	u	2	0,2	0,4	
SUBTOTAL O					\$17,39
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$18,22
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$2,73
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$20,95
VALOR OFERTADO	\$20,95

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 15 de 27

RUBRO: HORMIGÓN SIMPLE $f_c=250\text{kg/cm}^2$ UNIDAD: m^3

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	12	0,3	3,6	1	3,6
VIBRADOR DE HORMIGON A GASOLINA	0,5	3,19	1,6	1	1,6
CONCRETERA 1 SACO, GASOL.10HP	0,5	4,1	2,05	1	2,05
SUBTOTAL M					\$7,25
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	10	3,83	38,3	1	38,3
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	2	3,87	7,74	1	7,74
SUBTOTAL N					\$46,04
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
CEMENTO	kg	390	0,18	70,2	
ARENA NEGRA	m^3	0,65	16,32	10,61	
RIPIO	m^3	0,95	16,32	15,5	
AGUA	m^3	0,19	0,62	0,12	
SUBTOTAL O					\$96,43
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$149,72
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$22,46
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$172,18
VALOR OFERTADO	\$172,18

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 16 de 27

RUBRO: HORMIGÓN SIMPLE $f_c=140$ kg/cm² (para Replanteo)**UNIDAD:** m³**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,8	0,24
SUBTOTAL M					\$0,24
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	6	3,83	22,98	0,8	18,38
ESTRUC. OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	3	3,87	11,61	0,8	9,29
SUBTOTAL N					\$27,67
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
CEMENTO	kg	309	0,18	55,62	
ARENA NEGRA	m ³	0,65	16,32	10,61	
RIPIO	m ³	0,95	16,32	15,5	
AGUA	m ³	0,24	0,62	0,15	
SUBTOTAL O					\$81,88
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$109,79
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$16,47
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$126,26
VALOR OFERTADO	\$126,26

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 17 de 27

RUBRO: ACERO DE REFUERZO fy=4200kg/cm2, 8-12mm (CON ALAMBRE GALV. No.18) **UNIDAD:** kg

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
CORTADORA DOBLADORA DE HIERRO	1	1	1	0,04	0,04
SUBTOTAL M					\$0,04
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	0,04	3,83	0,15	0,04	0,01
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,04	3,87	0,15	0,04	0,01
SUBTOTAL N					\$0,02
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
ALAMBRE GALVANIZADO No. 18		kg	0,05	5,03	0,25
ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2		kg	1	1,12	1,12
SUBTOTAL O					\$1,37
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$1,43
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,21
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$1,64
VALOR OFERTADO	\$1,64

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 18 de 27

RUBRO: ENCOFRADO-DEENCOFRADO MURO TABLA MONTE**UNIDAD:** m2**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	3	0,3	0,9	0,5	0,45
SUBTOTAL M					\$0,45
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	2	3,83	7,66	0,5	3,83
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	1	3,87	3,87	0,5	1,94
SUBTOTAL N					\$5,77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
CLAVOS 75x3.80mm (3x9)	kg	0,35	3,28	1,15	
TABLA DURA DE ENCOFRADO 20cm x 2.30m	u	0,73	2,68	1,96	
ALFAJIA DE EUCALIPTO 7x7x250cm	u	0,84	2,37	1,99	
PINGO DE EUCALIPTO d=10 cm	m	4	1,32	5,28	
LIQUIDO DESMOLDANTE PARA ENCOFRADO R=12-15M2/LT	u	0,077	9,44	0,73	
SUBTOTAL O					\$11,11
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$17,33
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$2,60
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$19,93
VALOR OFERTADO	\$19,93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 19 de 27

RUBRO: HIPOCLORITO DE CALCIO. GRANULADO AI 65%. (45kg)**UNIDAD:** u**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	1	0,3
SUBTOTAL M					\$0,30
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	1	3,83
SUBTOTAL N					\$3,83
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
HIPOCLORITO DE CALCIO. GRANULADO AI 65%. (45kg)	u	1	270	270	
SUBTOTAL O					\$270,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$274,13
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$41,12
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$315,25
VALOR OFERTADO	\$315,25

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 20 de 27

RUBRO: TANQUE ROTOPLAS ELEVADO 600 L (INCLUYE ACCESORIOS Y CONEXIÓN A GOTERO)**UNIDAD:** u**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,5	0,15
SUBTOTAL M					\$0,15
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	1	3,87	3,87	0,5	1,94
SUBTOTAL N					\$1,94
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TANQUE ROTOPLAS ELEVADO 600 L (INCLUYE ACCESORIOS)	u	1	147,5	147,5	
BUSHING H3 1 1/2 x 3/4	u	1	1,58	1,58	
BUSHING H3 1 1/2 X 1/2	u	1	0,98	0,98	
MANGUERA FLEXIBLE PARA GOTEROS (5mmx1 m)	m	3	0,15	0,45	
GOTERO AUTOCOMPENSADO PCDS 2 l/h	u	1	0,25	0,25	
VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI	u	1	11,21	11,21	
SUBTOTAL O					\$161,97
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$164,06
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$24,61
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$188,67
VALOR OFERTADO	\$188,67

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 21 de 27

RUBRO: CONEXION DOMICILIARIA 1/2" (Manguera de agua reforzada 1/2". 40 m)**UNIDAD:** u**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,25	0,08
SUBTOTAL M					\$0,08
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,25	0,96
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	1	3,87	3,87	0,25	0,97
SUBTOTAL N					\$1,93
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
ADAPTADOR MACHO PVC 1/2"	u	1	0,17	0,17	
MANGUERA AGUA REFORZADA 1/2" 35-40	m	40	0,46	18,4	
NEPLO FLEX 1/2"	u	2	0,42	0,84	
UNIVERSAL PVC ROSCABLE 1/2"	u	2	1,77	3,54	
VALV COMP BRASS 1/2" @200PSI	u	1	7,98	7,98	
NEPLO PP ROSC. M 1/2" X 6CM	u	1	0,31	0,31	
SUBTOTAL O					\$31,24
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$33,25
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$4,99
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$38,24
VALOR OFERTADO	\$38,24

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 22 de 27

RUBRO: TUB U-PVC E/C 40MM 1,00MPA(145PSI)

UNIDAD: m

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,2	0,06
SUBTOTAL M					\$0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,2	0,77
ESTRUC.OCUPACIONAL D2 (ALBAÑIL, ELECTRICISTA, PLOMERO)	0,5	3,87	1,94	0,2	0,39
SUBTOTAL N					\$1,16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TUB U-PVC EC 40MM X 6M 1,00MPA (145PSI)	m	1	1,42	1,42	
SUBTOTAL O					\$1,42
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$2,64
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,40
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$3,04
VALOR OFERTADO	\$3,04

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 23 de 27

RUBRO: MATERIAL FILTRANTE GRADUADO (25 mm a 3 mm)**UNIDAD:** u**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,2	0,06
SUBTOTAL M					\$0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,2	0,77
SUBTOTAL N					\$0,77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
PIEDRA CHISPA FINA #8 (2 A 9MM)	m3	0,2	12,5	2,5	
PIEDRA DECOR. DE RIO 25MM (P.FILTRO)	m3	0,2	12,5	2,5	
PIEDRA DECORATIVA DE RIO 12MM (P.FILTRO)	m3	0,2	12,5	2,5	
SUBTOTAL O					\$7,50
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$8,33
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$1,25
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$9,58
VALOR OFERTADO	\$9,58

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 24 de 27

RUBRO: CANASTILLA PARA CAPTACIÓN (63mm con sálda a 32mm)**UNIDAD:** u**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,2	0,06
SUBTOTAL M					\$0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,2	0,77
SUBTOTAL N					\$0,77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TUB U-PVC EC 63MM 0,80MPA (116PSI)	m	1	2,74	2,74	
REDUCTOR PVC DE PRESIÓN 63MM A 32MM E/C RIVAL	u	1	1,84	1,84	
SUBTOTAL O					\$4,58
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$5,41
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,81
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$6,22
VALOR OFERTADO	\$6,22

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					Hoja 25 de 27
RUBRO: CANASTILLA PARA TANQUE ROMPE PRESIÓN (50mm con sálida a 25mm)				UNIDAD: u	
DETALLE:					
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,2	0,06
SUBTOTAL M					\$0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,2	0,77
SUBTOTAL N					\$0,77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TUB U-PVC EC 50MM X 6M 0,80MPA(116 PSI)	m	1	1,92	1,92	
REDUCTOR PVC DE PRESIÓN E/C RIVAL 50MM A 25MM	u	1	1	1	
SUBTOTAL O					\$2,92
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$3,75
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,56
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$4,31
VALOR OFERTADO	\$4,31

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 26 de 27

RUBRO: TUBERÍA DE REBOSE DE 50mm

UNIDAD: u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,2	0,06
SUBTOTAL M					\$0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,2	0,77
SUBTOTAL N					\$0,77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TUB DESAGÜE EC 50MM X 1M	m	1	1,9	1,9	
REDUCTOR EXCENTR PVC DESAGÜE 75 X 50MM	u	1	2,53	2,53	
SUBTOTAL O					\$4,43
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$5,26
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,79
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$6,05
VALOR OFERTADO	\$6,05

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					Hoja 27 de 27
RUBRO: TUBERÍA DE VENTILACIÓN (PVC desague 75mm)				UNIDAD: u	
DETALLE:					
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
HERRAMIENTA MANUAL	1	0,3	0,3	0,1	0,03
SUBTOTAL M					\$0,03
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	3,83	3,83	0,1	0,38
SUBTOTAL N					\$0,38
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TUB DESAGÜE EC 75MM X 1M	m	0,5	4,16	2,08	
CODO 90 PVC DESAGUE 75MM	u	2	1,88	3,76	
SUBTOTAL O					\$5,84
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					\$0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	\$6,25
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 15.00 %	\$0,94
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	\$0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	\$7,19
VALOR OFERTADO	\$7,19

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

6.2. CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA

En la *Tabla 72* se muestran los valores y criterios utilizados para el cálculo de cantidades de obra.

Tabla 72. *Cálculo de cantidades de obra*

ENCOFRADO - DESENCOFRADO MURO TABLA DE MONTE		
Elemento	Area (m2)	Criterios
Captación	28,52	Calculado a partir del dibujo.
Conducción	4,64	Calculado a partir del dibujo.
Tanque rompe presión	15,32	Calculado a partir del dibujo.
TOTAL	48,48	

ACERO DE REFUERZO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$, 8-12mm (CON ALAMBRE GALV. No.18)			
Elemento	Longitud (m)	Peso (kg)	Criterios
Captación	59,6	52,92	Calculado a partir del dibujo.
Tanque rompe presión	81,52	72,39	Calculado a partir del dibujo.
TOTAL	141,12	125,31	

HORMIGÓN SIMPLE $f_c=140\text{ kg/cm}^2$ (para Replanto)		
Elemento	Volumen (m3)	Criterios
Captación (Concreto de relleno)	1,92	Calculado a partir del dibujo.
Tanque rompe presión (Replanto)	0,41	Calculado a partir del dibujo.
TOTAL	2,33	

HORMIGÓN SIMPLE $f_c=150\text{ kg/cm}^2$		
Elemento	Volumen (m3)	Criterios
Captación	4,9	Calculado a partir del dibujo.
Conducción	11,31	Calculado a partir del dibujo.
3 Tanques rompe presión	5,94	Calculado a partir del dibujo.
TOTAL	22,15	

LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO		
Elemento	Área (m2)	Criterios
TOTAL	1477,29	Desbroce para una zanja de un ancho de 0,60 m, para la colocación de la tubería.

EXCAVACIÓN A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES (Altura máxima 1.8m, herramienta manual, desalojo de material 25m)		
Elemento	Volumen (m3)	Criterios
TOTAL	886,37	Excavación para una zanja de un ancho de 0,60 m con una profundidad 0,60 m.

SOBREACARREO DE ESCOMBROS, TIERRA DE EXCAVACIÓN Y MAT. PETREOS		
Elemento	Volumen (m3 - km)	Criterios
TOTAL	7,00	Volumen de tierra sobrante debido a la colocación de la tubería, transportado un promedio de 5 km.

6.3. PRESUPUESTO

El presupuesto referencial se ha determinado considerando dos criterios en cuanto a la contratación de la mano de obra que ejecutará el proyecto. El primer criterio considera que existirá una contratación de personal externo para la construcción del sistema de abastecimiento de agua, por lo que el valor total del proyecto incluye los salarios de las distintas estructuras ocupacionales necesarias para la ejecución de cada una de las actividades, a este presupuesto se lo conocerá como teórico. El segundo criterio propone que la obra será ejecutada por los propios habitantes de la comunidad, es decir ellos prestarán su mano de obra, por lo que el valor total de construcción del proyecto omite el componente mano de obra y las actividades que requieren solo de este componente, a este presupuesto se lo conocerá como real.

6.3.1. Presupuesto referencial teórico

En la *Tabla 73* se presenta el presupuesto referencial incluyendo el componente mano de obra.

Tabla 73. Presupuesto referencial teórico

PRESUPUESTO REFERENCIAL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO COMUNIDAD JARUNGO (TEÓRICO)												
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Equipos	M. Obra	Materiales	Transporte	C.Directo	C.Indirecto 15.00 %	P.Unitario	P.Total
1	500018	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1477,29	\$0,10	\$1,26	\$0,00	\$0,00	\$1,36	\$0,20	\$1,56	\$2.310,48
2	500019	EXCAVACIÓN A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES (Altura máxima 1.8m, herramienta manual, desalojo de material 25m)	m3	886,37	\$0,72	\$7,68	\$0,00	\$0,00	\$8,40	\$1,26	\$9,66	\$8.562,33
3	500020	SOBREACARREO DE ESCOMBROS, TIERRA DE EXCAVACIÓN Y MAT. PETREOS.	m3-km	7,00	\$0,23	\$0,07	\$0,00	\$0,00	\$0,30	\$0,05	\$0,35	\$2,42
4	500001	TUBERÍA PVC E/C 1.25 MPA 32mm	m	539,53	\$0,04	\$0,80	\$1,27	\$0,00	\$2,11	\$0,32	\$2,43	\$1.309,17
5	500002	TUBERÍA PVC E/C 1.60 MPA 25mm	m	1922,62	\$0,04	\$0,80	\$0,90	\$0,00	\$1,74	\$0,26	\$2,00	\$3.847,16
6	500012	TEE RED PVC PRESION E/C 1" X 1/2"	u	6,00	\$0,02	\$0,27	\$1,24	\$0,00	\$1,53	\$0,23	\$1,76	\$10,56
7	500011	TEE RED PVC PRESION E/C 3/4 X 1/2	u	19,00	\$0,02	\$0,27	\$0,81	\$0,00	\$1,10	\$0,17	\$1,27	\$24,04
8	500009	TEE PVC PRESION E/C 1"	u	1,00	\$0,02	\$0,27	\$1,68	\$0,00	\$1,97	\$0,30	\$2,27	\$2,27
9	500010	TEE PVC PRESION E/C 3/4"	u	1,00	\$0,02	\$0,27	\$0,78	\$0,00	\$1,07	\$0,16	\$1,23	\$1,23
10	500008	CODO 45° PVC PRESION E/C 3/4"	u	3,00	\$0,02	\$0,38	\$0,78	\$0,00	\$1,18	\$0,18	\$1,36	\$4,07
11	500006	VALV COMP BRASS 1" @200PSI	u	5,00	\$0,12	\$1,94	\$26,81	\$0,00	\$28,87	\$4,33	\$33,20	\$166,00
12	500007	VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI	u	7,00	\$0,12	\$1,94	\$17,39	\$0,00	\$19,45	\$2,92	\$22,37	\$156,57
13	500022	TUBERÍA DE REBOSE DE 50mm	u	3,00	\$0,06	\$0,77	\$4,43	\$0,00	\$5,26	\$0,79	\$6,05	\$18,15
14	500003	ENCOFRADO-DEENCOFRADO MURO TABLA MONTE	m2	48,48	\$0,45	\$5,77	\$11,11	\$0,00	\$17,33	\$2,60	\$19,93	\$966,18
15	500004	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=250\text{kg}/\text{cm}^2$	m3	11,31	\$7,25	\$46,04	\$96,43	\$0,00	\$149,72	\$22,46	\$172,18	\$1.947,33
16	500013	TUB U-PVC E/C 40MM 1,00MPA(145PSI)	m	3,00	\$0,06	\$1,16	\$1,42	\$0,00	\$2,64	\$0,40	\$3,04	\$9,11
17	500005	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200\text{kg}/\text{cm}^2$, 8-12mm (CON ALAMBRE GALV. No.18)	kg	270,09	\$0,04	\$0,02	\$1,37	\$0,00	\$1,43	\$0,21	\$1,64	\$444,16
18	500017	HIPOCLORITO DE CALCIO. GRANULADO AI 65%. (45kg)	u	1,00	\$0,30	\$3,83	\$270,00	\$0,00	\$274,13	\$41,12	\$315,25	\$315,25
19	500016	TANQUE ROTOPLAS ELEVADO 600 L (INCLUYE ACCESORIOS Y CONEXIÓN A GOTERO)	u	1,00	\$0,15	\$1,94	\$161,97	\$0,00	\$164,06	\$24,61	\$188,67	\$188,67
20	500021	CONEXION DOMICILIARIA 1/2" (Manguera de agua reforzada 1/2". 40 m)	u	25,00	\$0,08	\$1,93	\$31,24	\$0,00	\$33,25	\$4,99	\$38,24	\$955,94
21	500023	CANASTILLA PARA CAPTACIÓN (63mm con salida a 32mm)	u	1,00	\$0,06	\$0,77	\$4,58	\$0,00	\$5,41	\$0,81	\$6,22	\$6,22
22	500024	CANASTILLA PARA TANQUE ROMPE PRESIÓN (50mm con salida a 25mm)	u	3,00	\$0,06	\$0,77	\$2,92	\$0,00	\$3,75	\$0,56	\$4,31	\$12,94
23	500025	MATERIAL FILTRANTE GRADUADO (25 mm a 3 mm)	u	1,00	\$0,06	\$0,77	\$7,50	\$0,00	\$8,33	\$1,25	\$9,58	\$9,58
24	500026	VALVULA 2 PVC TIPO UNIVERSAL	u	5,00	\$0,02	\$0,19	\$17,78	\$0,00	\$17,99	\$2,70	\$20,69	\$103,44
25	500027	VÁLVULA DE PURGA (3/4")	u	3,00	\$0,06	\$0,77	\$17,39	\$0,00	\$18,22	\$2,73	\$20,95	\$62,86
26	500029	TUBERÍA DE VENTILACIÓN (PVC desagüe 75mm)	u	5,00	\$0,03	\$0,38	\$5,84	\$0,00	\$6,25	\$0,94	\$7,19	\$35,94
27	500028	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=140\text{ kg}/\text{cm}^2$ (para Replanto)	m3	1,00	\$0,24	\$27,67	\$81,88	\$0,00	\$109,79	\$16,47	\$126,26	\$126,26
SUBTOTAL												\$21.598,32
IVA (12%)												\$2.591,80
TOTAL												\$24.190,12

Si el sistema de suministro de agua fuera ejecutado a través de una contratación externa tendría un valor aproximado de 24.190,12 USD (Veinticuatro mil ciento noventa con doce dólares), el precio incluye materiales y mano de obra de acuerdo con los salarios actualizados de cada estructura ocupacional.

6.3.2. Presupuesto referencial real

Tabla 74. *Presupuesto referencial real*

PRESUPUESTO REFERENCIAL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO COMUNIDAD JARUNGO (REAL)											
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Equipos	Materiales	Transporte	C.Directo	C.Indirecto 15.00 %	P.Unitario	P.Total
1	500018	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1477,29	\$0,10	\$0,00	\$0,00	\$0,10	\$0,02	\$0,12	\$169,89
2	500019	EXCAVACIÓN A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES (Altura máxima 1.8m, herramienta manual, desalojo de material 25m)	m3	886,37	\$0,72	\$0,00	\$0,00	\$0,72	\$0,11	\$0,83	\$733,91
3	500020	SOBRECARREO DE ESCOMBROS, TIERRA DE EXCAVACIÓN Y MAT. PETREOS.	m3-km	7,00	\$0,23	\$0,00	\$0,00	\$0,23	\$0,03	\$0,26	\$1,85
4	500001	TUBERÍA PVC E/C 1.25 MPA 32mm	m	539,53	\$0,04	\$1,27	\$0,00	\$1,31	\$0,20	\$1,51	\$812,80
5	500002	TUBERÍA PVC E/C 1.60 MPA 25mm	m	1922,62	\$0,04	\$0,90	\$0,00	\$0,94	\$0,14	\$1,08	\$2.078,35
6	500012	TEE RED PVC PRESION E/C 1" X 1/2"	u	6,00	\$0,02	\$1,24	\$0,00	\$1,26	\$0,19	\$1,45	\$8,69
7	500011	TEE RED PVC PRESION E/C 3/4 X 1/2	u	19,00	\$0,02	\$0,81	\$0,00	\$0,83	\$0,12	\$0,95	\$18,14
8	500009	TEE PVC PRESION E/C 1"	u	1,00	\$0,02	\$1,68	\$0,00	\$1,70	\$0,26	\$1,96	\$1,96
9	500010	TEE PVC PRESION E/C 3/4"	u	1,00	\$0,02	\$0,78	\$0,00	\$0,80	\$0,12	\$0,92	\$0,92
10	500008	CODO 45° PVC PRESION E/C 3/4"	u	3,00	\$0,02	\$0,78	\$0,00	\$0,80	\$0,12	\$0,92	\$2,76
11	500006	VALV COMP BRASS 1" @200PSI	u	5,00	\$0,12	\$26,81	\$0,00	\$26,93	\$4,04	\$30,97	\$154,85
12	500007	VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI	u	7,00	\$0,12	\$17,39	\$0,00	\$17,51	\$2,63	\$20,14	\$140,96
13	500022	TUBERÍA DE REBOSE DE 50mm	u	3,00	\$0,06	\$4,43	\$0,00	\$4,49	\$0,67	\$5,16	\$15,49
14	500003	ENCOFRADO-DESENCOFRADO MURO TABLA MONTE	m2	48,48	\$0,45	\$11,11	\$0,00	\$11,56	\$1,73	\$13,29	\$644,49
15	500004	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=250\text{kg/cm}^2$	m3	11,31	\$7,25	\$96,43	\$0,00	\$103,68	\$15,55	\$119,23	\$1.348,51
16	500013	TUB U-PVC E/C 40MM 1,00MPA(145PSI)	m	3,00	\$0,06	\$1,42	\$0,00	\$1,48	\$0,22	\$1,70	\$5,11
17	500005	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$, 8-12mm (CON ALAMBRE GALV. No.18)	kg	270,09	\$0,04	\$1,37	\$0,00	\$1,41	\$0,21	\$1,62	\$437,95
18	500017	HIPOCLORITO DE CALCIO. GRANULADO AI 65%. (45kg)	u	1,00	\$0,30	\$270,00	\$0,00	\$270,30	\$40,55	\$310,85	\$310,85
19	500016	TANQUE ROTOPLAS ELEVADO 600 L (INCLUYE ACCESORIOS Y CONEXIÓN A GOTERO)	u	1,00	\$0,15	\$161,97	\$0,00	\$162,12	\$24,32	\$186,44	\$186,44
20	500021	CONEXION DOMICILIARIA 1/2" (Manguera de agua reforzada 1/2". 40 m)	u	25,00	\$0,08	\$31,24	\$0,00	\$31,32	\$4,70	\$36,02	\$900,45
21	500023	CANASTILLA PARA CAPTACIÓN (63mm con salida a 32mm)	u	1,00	\$0,06	\$4,58	\$0,00	\$4,64	\$0,70	\$5,34	\$5,34
22	500024	CANASTILLA PARA TANQUE ROMPE PRESIÓN (50mm con salida a 25mm)	u	3,00	\$0,06	\$2,92	\$0,00	\$2,98	\$0,45	\$3,43	\$10,28
23	500025	MATERIAL FILTRANTE GRADUADO (25 mm a 3 mm)	u	1,00	\$0,06	\$7,50	\$0,00	\$7,56	\$1,13	\$8,69	\$8,69
24	500026	VALVULA 2 PVC TIPO UNIVERSAL	u	5,00	\$0,02	\$17,78	\$0,00	\$17,80	\$2,67	\$20,47	\$102,35
25	500027	VÁLVULA DE PURGA (3/4")	u	3,00	\$0,06	\$17,39	\$0,00	\$17,45	\$2,62	\$20,07	\$60,20
26	500029	TUBERÍA DE VENTILACIÓN (PVC desagüe 75mm)	u	5,00	\$0,03	\$5,84	\$0,00	\$5,87	\$0,88	\$6,75	\$33,75
27	500028	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=140\text{ kg/cm}^2$ (para Replanteo)	m3	1,00	\$0,24	\$81,88	\$0,00	\$82,12	\$12,32	\$94,44	\$94,44
SUBTOTAL (SIN INCLUIR MANO DE OBRA)											\$8.289,42
IVA (12%)											\$994,73
TOTAL (SIN INCLUIR MANO DE OBRA)											\$9.284,15

En la *Tabla 74* se evidencia el presupuesto referencial considerando que la obra estará a cargo de la propia comunidad en el aspecto constructivo, alternativa más probable. Con esta consideración el proyecto tendría un costo final de *9.204,15 USD (Nueve mil doscientos ochenta y cuatro con quince dólares)* excluyendo el componente mano de obra del presupuesto teórico.

Se debe considerar que existen rubros que no requieren la adquisición de materiales sino únicamente personal y herramientas, como es la excavación y limpieza de terreno, actividades que de igual manera pueden ser ejecutadas por los propios pobladores del sector. El presupuesto referencial excluyendo estos componentes se presenta en la *Tabla 75*.

Tabla 75. *Presupuesto sin excavación y limpieza del terreno.*

SUBTOTAL (SIN INCLUIR EXCAVACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERRENO)	\$7.385,61
IVA (12%)	\$866,27
TOTAL (SIN INCLUIR EXCAVACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERRENO)	\$8.271,89

Si descontamos estas dos actividades del presupuesto referencial obtenemos que el proyecto tendrá un costo final de 8271.89 USD (*Ocho mil doscientos setenta y uno con ochenta y nueve dólares*). Para obtener este valor se ha descontado el componente mano de obra de cada rubro y las actividades de excavación y limpieza del terreno. El componente herramientas se mantiene para el cálculo del costo final, en vista de que para la colocación de la tubería y otras actividades se puede requerir equipos que deberán ser alquilados o adquiridos, tales como llaves de tubo o concreteras.

Que el proyecto sea ejecutado por los propios habitantes de la comunidad representa un ahorro de 15.918,23 USD (*Quince mil novecientos dieciocho con veintitrés dólares*), pues el valor total de la obra prácticamente sería el costo de adquisición de los materiales y ciertos equipos indispensables para la construcción de los distintos componentes del sistema de suministro de agua.

En la *Tabla 76* se presenta el presupuesto referencial final para la construcción del sistema de suministro de agua para consumo humano de la comunidad Jarungo, considerando que los habitantes de la comunidad asumirán el componente mano de obra y el costo total recaerá únicamente sobre el valor de los materiales, herramientas y costos indirectos que presente proyecto.

Tabla 76. Presupuesto referencial final.

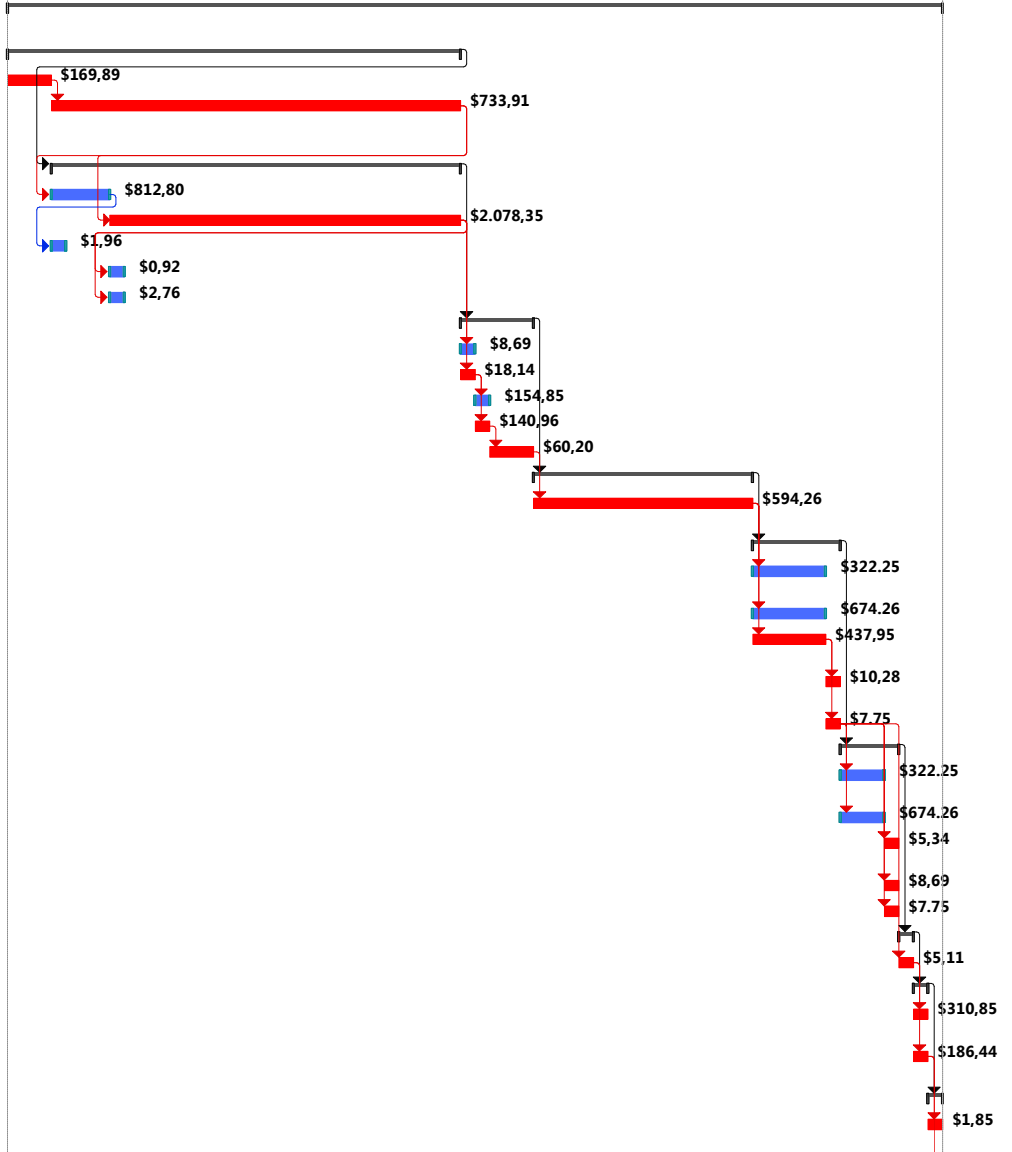
PRESUPUESTO REFERENCIAL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO COMUNIDAD JARUNGO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
MOVIMIENTO DE TIERRAS (Excavación y limpieza excluido del total)						
1	500018	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	1477,29	\$0,12	\$169,89
2	500019	EXCAVACIÓN A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES (Altura máxima 1.8m, herramienta manual, desalojo de material 25m)	m3	886,37	\$0,83	\$733,91
3	500020	SOBREACARREO DE ESCOMBROS, TIERRA DE EXCAVACIÓN Y MAT. PETREOS.	m3-km	7,00	\$0,26	\$1,85
TUBERÍA Y PIEZAS PARA RED PRINCIPAL						
4	500001	TUBERÍA PVC E/C 1.25 MPA 32mm	m	539,53	\$1,51	\$812,80
5	500002	TUBERÍA PVC E/C 1.60 MPA 25mm	m	1922,62	\$1,08	\$2.078,35
6	500012	TEE RED PVC PRESION E/C 1" X 1/2"	u	6,00	\$1,45	\$8,69
7	500011	TEE RED PVC PRESION E/C 3/4 X 1/2	u	19,00	\$0,95	\$18,14
8	500009	TEE PVC PRESION E/C 1"	u	1,00	\$1,96	\$1,96
9	500010	TEE PVC PRESION E/C 3/4"	u	1,00	\$0,92	\$0,92
10	500008	CODO 45° PVC PRESION E/C 3/4"	u	3,00	\$0,92	\$2,76
VÁLVULAS						
11	500006	VALV COMP BRASS 1" @200PSI	u	5,00	\$30,97	\$154,85
12	500007	VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI	u	7,00	\$20,14	\$140,96
13	500026	VALVULA 2 PVC TIPO UNIVERSAL	u	5,00	\$20,47	\$102,35
14	500027	VÁLVULA DE PURGA (3/4")	u	3,00	\$20,07	\$60,20
ESTRUCTURA						
15	500004	HORMIGÓN SIMPLE fc=250kg/cm2	m3	11,31	\$119,23	\$1.348,51
16	500028	HORMIGÓN SIMPLE fc=140 kg/cm2 (para Replanto)	m3	1,00	\$94,44	\$94,44
17	500005	ACERO DE REFUERZO fy=4200kg/cm2, 8-12mm (CON ALAMBRE GALV. No.18)	kg	270,09	\$1,62	\$437,95
18	500003	ENCOFRADO-DESENCOFRADO MURO TABLA MONTE	m2	48,48	\$13,29	\$644,49
SISTEMA DE TRATAMIENTO						
19	500017	HIPOCLORITO DE CALCIO. GRANULADO AI 65%. (45kg)	u	1,00	\$310,85	\$310,85
20	500016	TANQUE ROTOPLAS ELEVADO 600 L (INCLUYE ACCESORIOS Y CONEXIÓN A GOTERO)	u	1,00	\$186,44	\$186,44
VARIOS						
22	500021	CONEXION DOMICILIARIA 1/2" (Manguera de agua reforzada 1/2". 40 m)	u	25,00	\$36,02	\$900,45
23	500013	TUB U-PVC E/C 40MM 1,00MPA(145PSI)	m	3,00	\$1,70	\$5,11
24	500025	MATERIAL FILTRANTE GRADUADO (25 mm a 3 mm)	u	1,00	\$8,69	\$8,69
25	500023	CANASTILLA PARA CAPTACIÓN (63mm con salida a 32mm)	u	1,00	\$5,34	\$5,34
26	500024	CANASTILLA PARA TANQUE ROMPE PRESIÓN (50mm con salida a 25mm)	u	3,00	\$3,43	\$10,28
21	500022	TUBERÍA DE REBOSE DE 50mm	u	3,00	\$5,16	\$15,49
27	500029	TUBERÍA DE VENTILACIÓN (PVC desagüe 75mm)	u	5,00	\$6,75	\$33,75
SUBTOTAL						\$7.385,61
IVA (12%)						\$886,27
TOTAL						\$8.271,89

El proyecto tiene un costo final de 8.271,89 USD (Ocho mil doscientos setenta y uno con ochenta y nueve dólares).

6.4. PROGRAMACIÓN DE OBRA

SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO COMUNIDAD JARUNGO

Id	Nombre de tarea	Duración	semana -2	semana -1	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 5	semana 6	semana 7	semana 8	semana 9	semana 10	semana 11
1	AGUA PARA CONSUMO HUMANO COMUNIDAD JARUNGO	64 días													
2	PRELIMINARES	31 días													
3	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	3 días													
4	EXCAVACIÓN A MANO DE ESTRUCTURAS MENORES (Altura máxima 1.8m, herramienta manual, desalojo de material 25m)	28 días													
5	RED DE DISTRIBUCIÓN	28 días													
6	TUBERÍA PVC E/C 1.25 MPA 32mm	4 días													
7	TUBERÍA PVC E/C 1.60 MPA 25mm	24 días													
8	TEE PVC PRESION E/C 1"	1 día													
9	TEE PVC PRESION E/C 3/4"	1 día													
10	CODO 45° PVC PRESION E/C 3/4"	1 día													
11	COLOCACIÓN DE ACCESORIOS	5 días													
12	TEE RED PVC PRESION E/C 1" X 1/2"	1 día													
13	TEE RED PVC PRESION E/C 3/4 X 1/2	1 día													
14	VALV COMP BRASS 1" @200PSI	1 día													
15	VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI	1 día													
16	VÁLVULA DE PURGA (3/4")	3 días													
17	CONEXIONES DOMICILIARIAS	15 días													
18	CONEXION DOMICILIARIA 1/2" (Manguera de agua reforzada 1/2". 40 m)	15 días													
19	TANQUE ROMPE PRESIÓN	6 días													
20	ENCOFRADO-DESENCOFRADO MURO TABLA MONTE	5 días													
21	HORMIGÓN SIMPLE EN PAREDES $f_c=240\text{kg/cm}^2$	5 días													
22	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$, 8-12mm (CON ALAMBRE GALV. No.18)	5 días													
23	CANASTILLA PARA TANQUE ROMPE PRESIÓN (50mm con salida a 25mm)	1 día													
24	TUBERÍA DE REBOSE DE 50mm	1 día													
25	CAPTACIÓN	4 días													
26	ENCOFRADO-DESENCOFRADO MURO TABLA MONTE	3 días													
27	HORMIGÓN SIMPLE EN PAREDES $f_c=240\text{kg/cm}^2$	3 días													
28	CANASTILLA PARA CAPTACIÓN (90mm con salida a 50mm)	1 día													
29	MATERIAL FILTRANTE GRADUADO (25 mm a 3 mm)	1 día													
30	TUBERÍA DE REBOSE DE 50mm	1 día													
31	RED DE CONDUCCIÓN	1 día													
32	TUB U-PVC E/C 40MM X 6M 1,00MPA(145PSI)	1 día													
33	SISTEMA DE TRATAMIENTO	1 día													
34	HIPOCLORITO DE CALCIO. GRANULADO Al 65%. (45kg)	1 día													
35	TANQUE ROTOPLAS ELEVADO 600 L (INCLUYE ACCESORIOS Y CONEXIÓN A GOTERO)	1 día													
36	VARIOS	1 día													
37	SOBREACARREO DE ESCOMBROS, TIERRA DE EXCAVACIÓN Y MAT. PETREOS.	1 día													



Tarea	[Barra azul]	Tarea inactiva	[Barra blanca]	Informe de resumen manual	[Barra verde]	Hito externo	[Diamante gris]	Progreso manual
División	[Puntos azules]	Hito inactivo	[Diamante gris]	Resumen manual	[Barra negra]	Fecha límite	[Flecha verde]	
Hito	[Diamante negro]	Resumen inactivo	[Barra blanca]	solo el comienzo	[Caja azul]	Tareas críticas	[Barra roja]	
Resumen	[Barra negra]	Tarea manual	[Barra azul]	solo fin	[Caja verde]	División crítica	[Puntos rojos]	
Resumen del proyecto	[Barra negra]	solo duración	[Barra verde]	Tareas externas	[Barra gris]	Progreso	[Barra azul]	

6.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA, EQUIPOS Y MATERIALES.

Las especificaciones técnicas, equipos y materiales presentados en este apartado se basan en el documento EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA TUBERIAS Y CAMARAS DE VÁLVULAS presentado por el Servicio Nacional de Contratación Pública.

6.5.1. Excavación

Se entiende por Excavación a la actividad de remover y retirar volúmenes de tierra u otros materiales de un sitio específico.

Especificaciones técnicas

- ✓ La excavación debe empezar una vez realizadas las actividades de Desbroce, Limpieza y Desbosque del terreno, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en el proyecto.
- ✓ Previo a ejecutar los trabajos de excavación se dispondrá de toda la información y recursos para ejecutar el proyecto como: planos, topografía, equipo y herramientas necesarias.
- ✓ Una vez que se cuente con el replanteo y nivelación del terreno donde se implantará el proyecto, la excavación continuará hasta llegar a la profundidad señalada de acuerdo con los datos indicados en los planos del proyecto, considerando alineaciones y niveles de cimentación o rasante hasta obtener una superficie firme y limpia a nivel.
- ✓ Cuando se encuentren inconvenientes e imprevistos las alturas de excavación y las alineaciones pueden ser modificadas, en sitio, por supuesto sin comprometer el correcto funcionamiento del proyecto.
- ✓ Si durante las excavaciones se encuentra presencia de agua, se eliminará mediante cualquier método que garantice una superficie excavada seca durante el tiempo que se requiera, hasta culminar satisfactoriamente la instalación de tuberías.
- ✓ En caso de que llueva se debe proteger con plástico el material producto de la excavación y construir resaltos provisionales con el mismo material excavado, esto último para evitar la inundación de las zanjas.
- ✓ En sitios propensos a inundación por presencia de aguas lluvias se debe evitar la ejecución de excavaciones en tiempo lluvioso. Sin excepción, todas las

excavaciones deben estar libres de agua antes de instalar tuberías. Bajo ningún concepto se fundirá hormigón, para estructuras, bajo agua.

- ✓ La excavación de zanjas puede realizarse a mano con herramienta menor o con la ayuda de maquinaria pesada.
- ✓ El material de excavación se colocará a uno o a los dos lados de la zanja excavada, siempre manteniendo una franja de 1.00 m libre de materiales u objetos a cada lado de la zanja, para evitar sobrepeso en los bordes y evitar derrumbes de las paredes.
- ✓ En ningún caso el ancho interior de la zanja será menor que el diámetro exterior del tubo más 0.50 m. Se podrá aceptar anchos de zanja mayores a los anteriormente dispuestos.

Materiales y equipos

Tabla 77. *Materiales y equipos (excavación).*

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se requiere 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herramienta manual (Pala, pico, carretilla, azadón etc.)

6.5.2. Hormigones

Hormigón es el producto resultante de la mezcla entre cemento Portland, agua y agregados pétreos en proporciones específicas a la resistencia que se le quiere otorgar a la mezcla.

Especificaciones técnicas

- ✓ Las clases de hormigón a utilizarse en el proyecto serán las señaladas en los planos de acuerdo con la resistencia requerida.
- ✓ La piedra para la creación de hormigón debe ser extraída de depósitos naturales o canteras y debe ser sólida, resistente y durable, exenta de defectos que disminuyan la resistencia del hormigón y libre de material vegetal.
- ✓ El tamaño máximo nominal del agregado será de 25 mm.
- ✓ El agua para la fabricación del hormigón debe ser potable, por lo tanto, libre de material orgánico, aceites y sustancias dañinas como ácidos y sales.

- ✓ La mezcla de hormigón deberá ser correctamente dosificada y presentará condiciones adecuadas de trabajabilidad. Será durable, impermeable y resistente al clima.
- ✓ Se podrá usar aditivos químicos plastificantes o reductores de agua para mejorar la trabajabilidad del hormigón.
- ✓ Es factible realizar un ensayo de resistencia a la compresión de una probeta de hormigón fabricada en sitio después de 7 días de su fundición, en donde se debe obtener una resistencia mínima del 65% de la resistencia especificada inicialmente.
- ✓ Se permite el cambio entre hormigón fabricado en obra por hormigón premezclado o viceversa si es que esto facilita la fundición de las estructuras.

Materiales y equipos

Tabla 78. *Materiales y equipos (hormigones)*

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cemento Portland ▪ Arena ▪ Agregado grueso ▪ Agua 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herramienta manual (Pala, pico, carretilla, azadón etc.) ▪ Vibrador de hormigón a gasolina ▪ Concretera.

6.5.3. Instalación de tuberías y accesorios PVC

La instalación de tuberías y accesorios de PVC para agua potable es el conjunto de operaciones que se debe ejecutar para colocar tuberías y accesorios que se requieran para la construcción de sistemas de Agua Potable.

Especificaciones técnicas

- ✓ Se debe tener cuidado que la tubería y accesorios PVC no sufran ningún tipo de daño al momento de su transporte y en el lugar de almacenamiento, por lo que se debe emplear equipos y herramientas adecuados para no golpear ni dejar caer la tubería.
- ✓ Cuando no se pueda colocar la tubería y accesorios al momento de su entrega, se los deberá almacenar en un lugar cubierto de máximo 2 metros de altura,

en virtud de proteger el sellado elastomérico de cada tubo. La separación de cada capa de tubería será mediante tablas de 19 a 25 mm de espesor, separadas entre sí máximo 1.20 metros.

- ✓ No se debe tender ningún tramo de tubería mientras no se encuentren disponible los accesorios que deben ser instalados en el tramo correspondiente. Los accesorios y válvulas se instalarán de acuerdo con lo señalado en esta especificación.
- ✓ Para la instalación de la tubería PVC se la debe tender de manera que se apoye toda su longitud en el fondo de la zanja.
- ✓ La tubería deberá ser manejada de tal manera que no se vea sometida a esfuerzos de flexión en ningún momento.
- ✓ Al momento de la instalación del tubo PVC y sus accesorios se debe tener sumo cuidado de que no entre en su interior agua, o cualquier clase de sustancia que ensucie la parte interior.
- ✓ Acoplamiento espigo-campana entre tubos
- ✓ Se debe limpiar la tierra del interior y exterior de los extremos por unir con un trapo limpio. Se introduce la espiga en la campana, sin anillo, y se comprueba que ésta entre y salga sin ningún tipo de esfuerzo.
- ✓ Se deben separar las dos piezas a unir y se coloca el anillo en la ranura de la campana, cuidando que su posición sea la correcta.
- ✓ Se aplica el lubricante en la espiga, hasta la marca tope como máximo.
- ✓ Se colocan las dos partes en línea horizontal y se debe empujar la espiga dentro de la campana rápidamente, hasta antes de la marca tope, que debe quedar visible.
- ✓ Por comodidad de instalación es recomendable empujar la espiga hacia la campana, pero hacerlo en sentido contrario no provoca ningún inconveniente.

Materiales y equipos

Tabla 79. *Materiales y equipos (tuberías y accesorios PVC)*

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tubería de cloruro de polivinilo (PVC) Espigo – Campana ▪ Grasa lubricante. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herramienta manual (Pala, pico, carretilla, azadón etc.)

6.5.4. Instalación de válvulas de compuerta

La instalación de válvulas de compuerta es conjunto de actividades que se debe ejecutar para instalar las válvulas requeridas y accesorios necesarios. Una válvula de compuerta es un dispositivo que permite regular el paso del agua por las tuberías.

- ✓ Las válvulas de compuerta se deben usar únicamente para apertura y cierre del flujo de agua.
- ✓ El dispositivo debe ser colocado específicamente en un lugar, no se permite de ninguna manera un cambio continuo de su posición.
- ✓ Los accesorios y válvulas de compuerta deben ser manejados cuidadosamente evitando su deterioro, así mismo se debe revisar cada dispositivo por algún defecto en su fabricación.
- ✓ Previo a la instalación los accesorios y válvulas de compuerta deben ser limpiados de cualquier sustancia que se encuentre en su interior.
- ✓ Se debe instalar las válvulas de compuerta específicamente con la forma de la unión de que vengán provistas, y de acuerdo con los requerimientos del diseño.
- ✓ Debajo de las válvulas de compuerta instaladas se debe fundir un pequeño banco de hormigón simple con un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con el objetivo de que sirva como apoyo y anclaje del dispositivo.

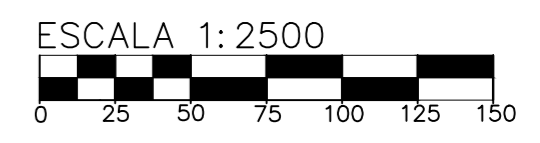
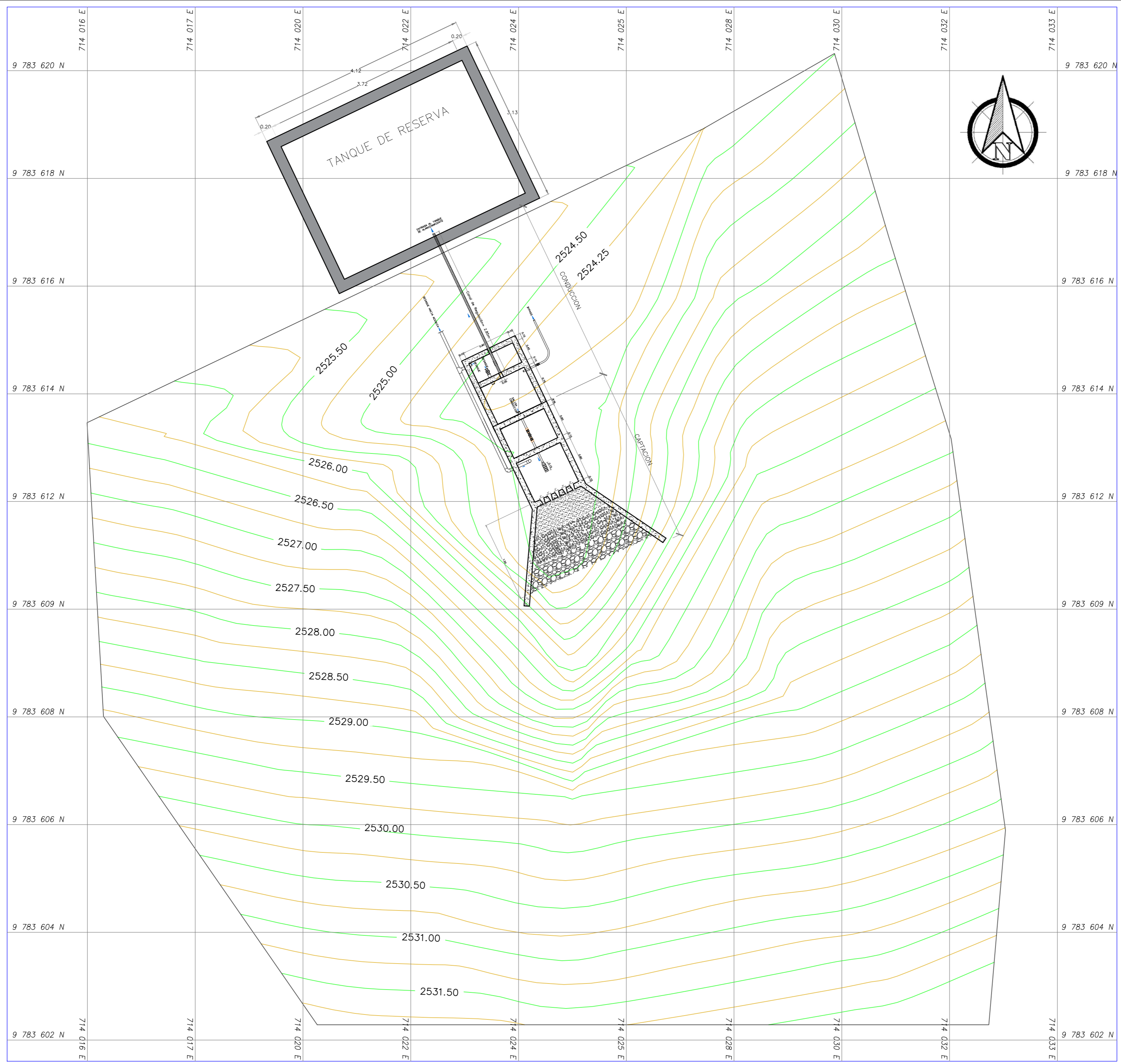
Materiales y equipos

Tabla 80. *Materiales y equipos (válvulas de compuerta).*

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none">▪ Válvula de compuerta▪ Adaptador Macho▪ Universal PVC▪ Neplo	<ul style="list-style-type: none">▪ Herramienta manual (Pala, pico, carretilla, azadón etc.)

7. CAPITULO VII: PLANOS

7.1. PLANOS HIDROSANITARIOS




Pontificia Universidad Católica del Ecuador
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA CIVIL

PROYECTO:
 DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:
 IMPLANTACIÓN DE LA CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN, TOPOGRAFÍA.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
3. Las coordenadas se encuentran en el sistema de coordenadas planas con proyección UTM zona 17 Sur con Datum WGS84
4. Se realizó el levantamiento topográfico de un área de 290m² que comprende la zona de captación y conducción utilizando un GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).

CÓDIGO PLANO: HIDR_IMPL_01	
DIBUJADO POR: - Mora Shaden - Salazar Andy	
FECHA: Noviembre/2022	LÁMINA: 1/11
ESCALA: 1:50	

PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL
Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO DE LA
COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA
CAPTACIÓN DE UN MANANTIAL DE
LADERA Y CONCETRADO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
2. Se utiliza acero de refuerzo grado 42 $f_y=420\text{MPa}$
3. Para la estructura de la captación se utiliza hormigón con resistencia a la compresión a los 28 días $f'_c = 25\text{MPa}$
3. Para el relleno debajo del manantial se utiliza concreto de relleno con resistencia a la compresión a los 28 días $f'_c = 14\text{MPa}$
4. Junto a la pared de la cámara húmeda existe una cantidad de material granular clasificado con la finalidad de evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara.

CÓDIGO PLANO:

HIDRA_CAPT_01

DIBUJADO POR:

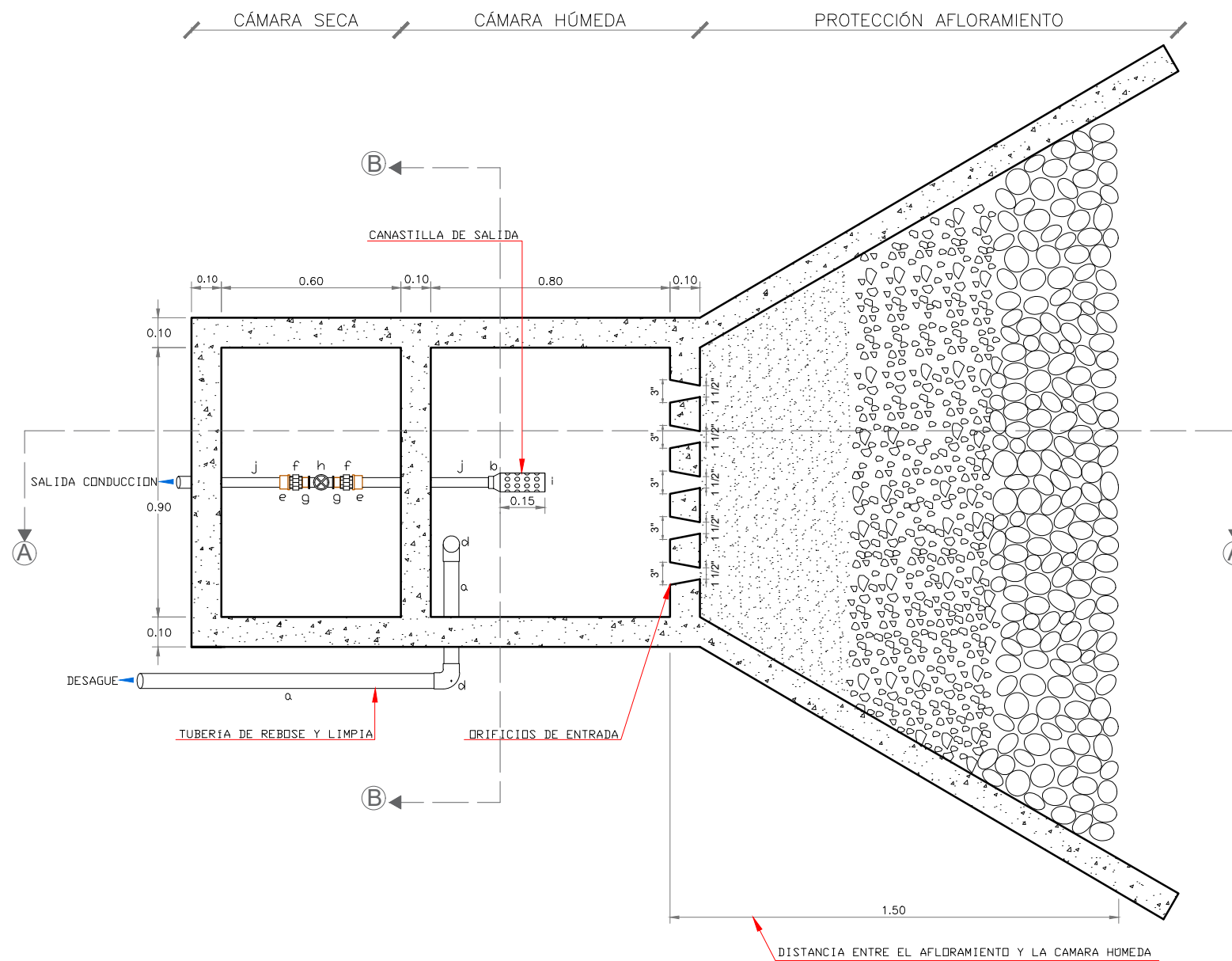
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

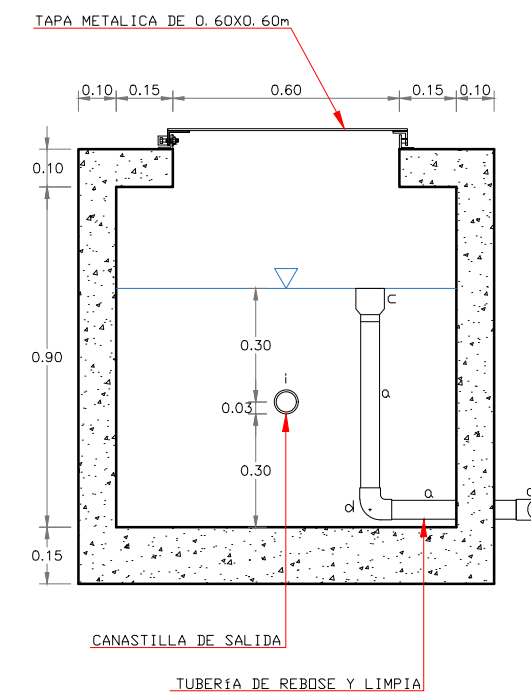
LÁMINA:

ESCALA: 1:20

2/11



PLANTA CAPTACIÓN

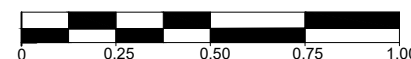


CORTE B - B

LISTA DE MATERIALES

SIGNO	CANT.	LONG.	DESCRIPCION
a	1	1.36	TUB DESAGUE EC 50MM
b	1		REDUCTOR PVC DE PRESION 63MM A 32MM
c	1		REDUCTOR EXCENTR PVC DESAGUE 75X50MM
d	2		CODO 90° PVC DESAGUE 50MM
e	2		ADAPTADOR MACHO PVC 1"
f	2		UNIVERSAL PVC ROSCABLE 1"
g	2		NEPLO PP ROSC. M 1" x6CM
h	1		VALVULA COMP BRASS 1"@200PSI
i	1	0.20	TUB U-PVC EC 63MM O. 80MPA
j	1	1.00	TUBERIA PVC E/C 1.25MPa 32MM

ESCALA 1:20



PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL
Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO DE LA
COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA
CAPTACIÓN DE UN MANANTIAL DE
LADERA Y CONCETRADO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
2. Se utiliza acero de refuerzo grado 42 $f_y=420\text{MPa}$
3. Para la estructura de la captación se utiliza hormigón con resistencia a la compresión a los 28 días $f'_c = 25\text{MPa}$
3. Para el relleno debajo del manantial se utiliza concreto de relleno con resistencia a la compresión a los 28 días $f'_c = 14\text{MPa}$
4. Junto a la pared de la cámara húmeda existe una cantidad de material granular clasificado con la finalidad de evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara.

CÓDIGO PLANO:

HIDRA_CAPT_02

DIBUJADO POR:

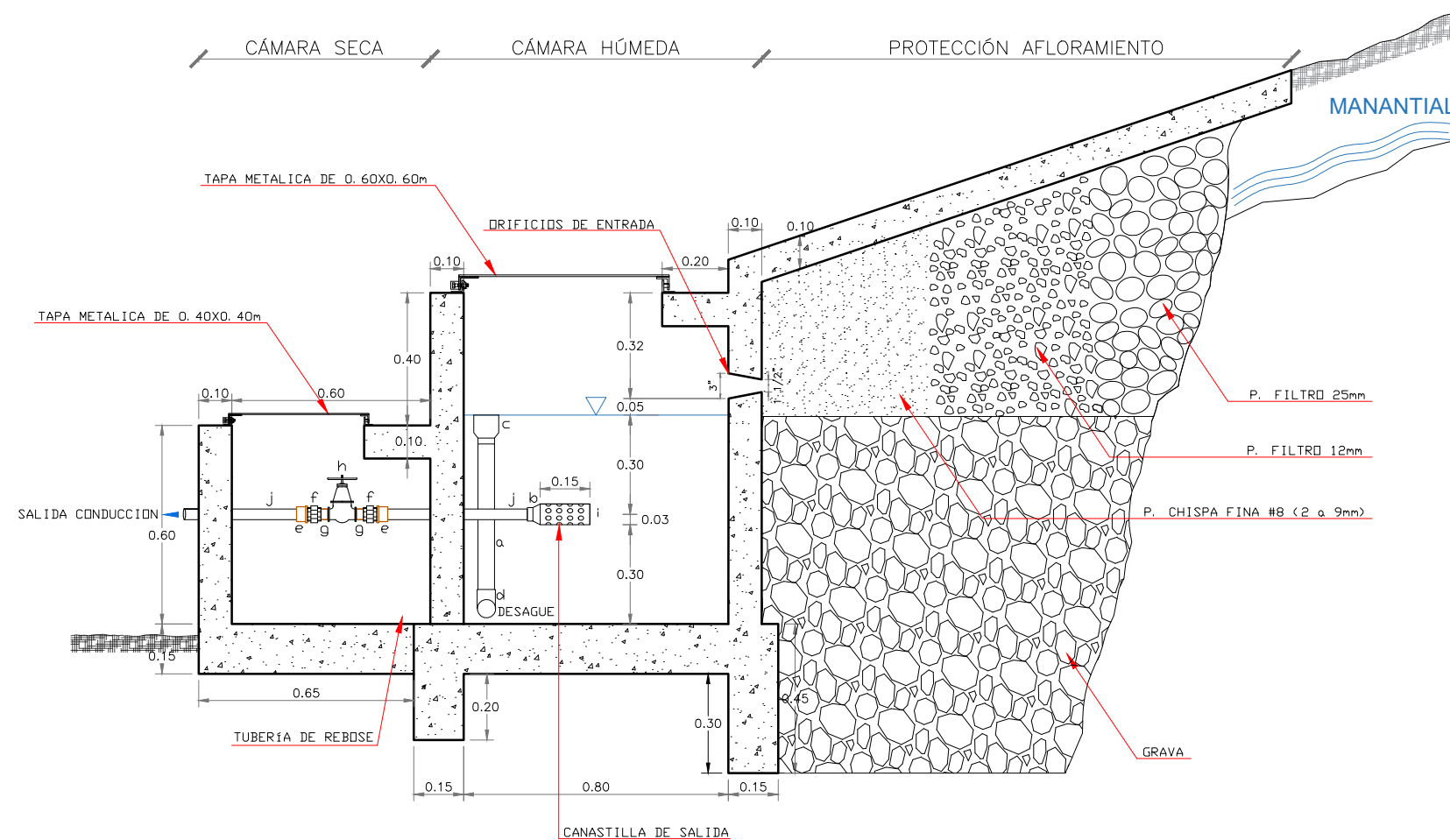
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

LÁMINA:

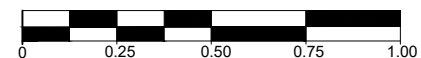
ESCALA: 1:20

3/11



CORTE A - A

ESCALA 1:20



PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL
Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO DE LA
COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO DE LA
CONDUCCIÓN

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
2. Para la estructura de la Conducción se utiliza hormigón con resistencia a la compresión a los 28 días $f'c = 25\text{MPa}$
3. El tramo Captación - Tanque de control funciona a presión.
4. La conducción consta de un Tanque de control cuya función es recibir y derivar un determinado caudal al Canal regulador con ayuda de un vertedero.
5. El sistema bypass tiene como función mantener en funcionamiento permanente el sistema de distribución al momento del mantenimiento del tanque de reserva.

CÓDIGO PLANO:

HIDRA_COND_01

DIBUJADO POR:

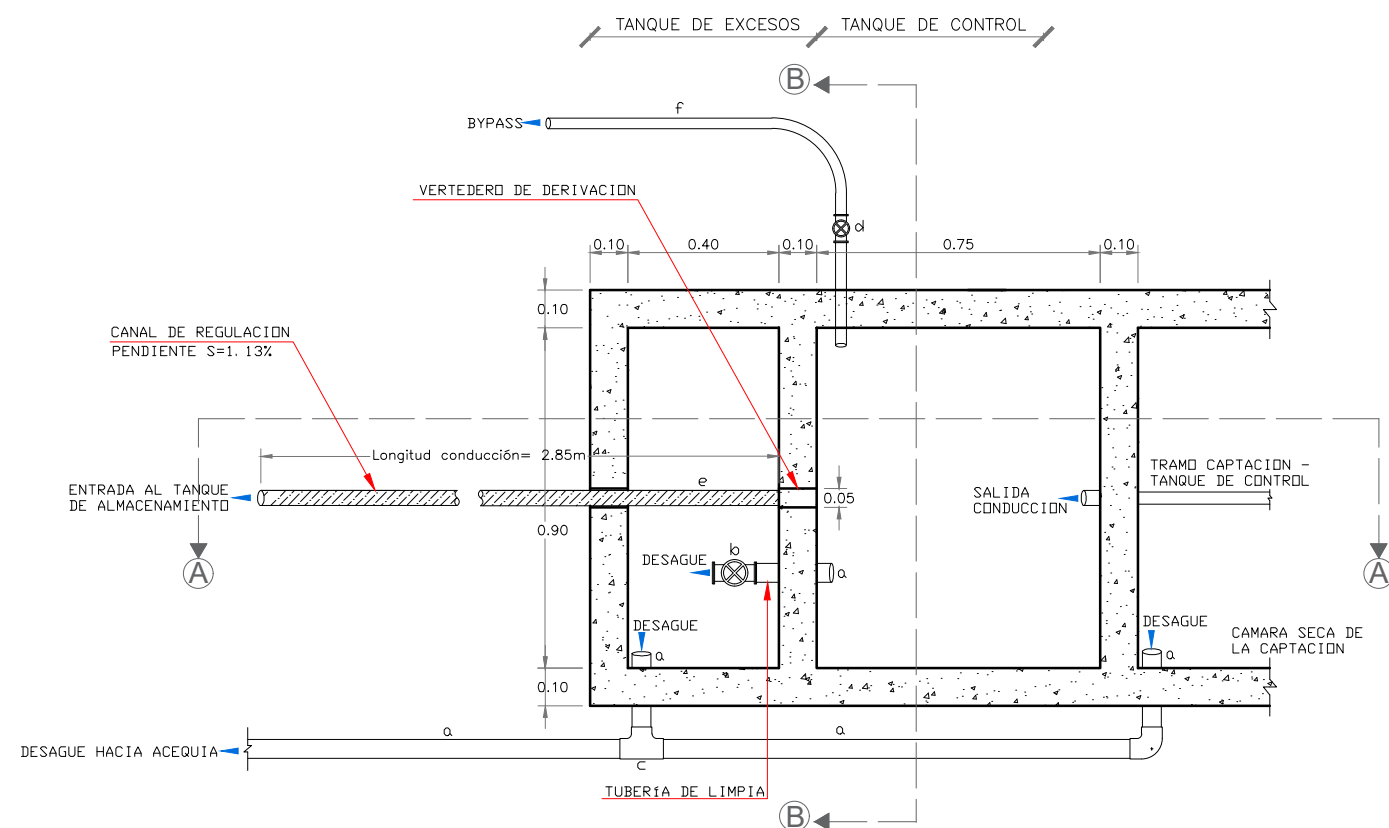
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

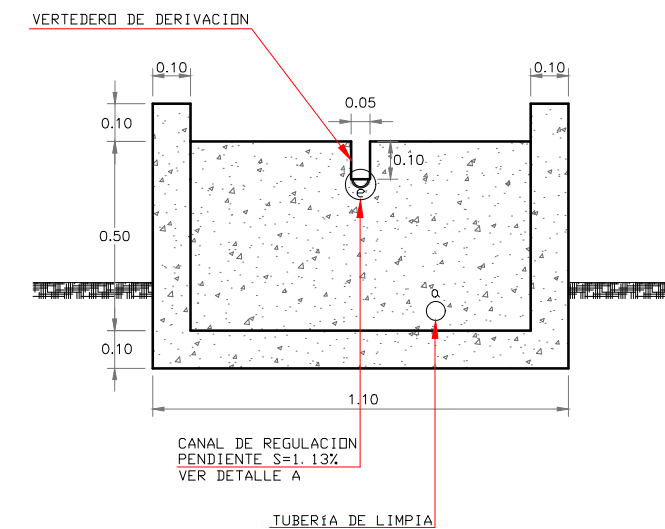
LÁMINA:

ESCALA: 1:20

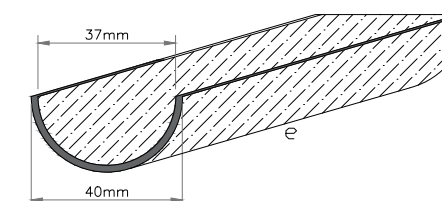
4/11



PLANTA CONDUCCIÓN



CORTE B - B



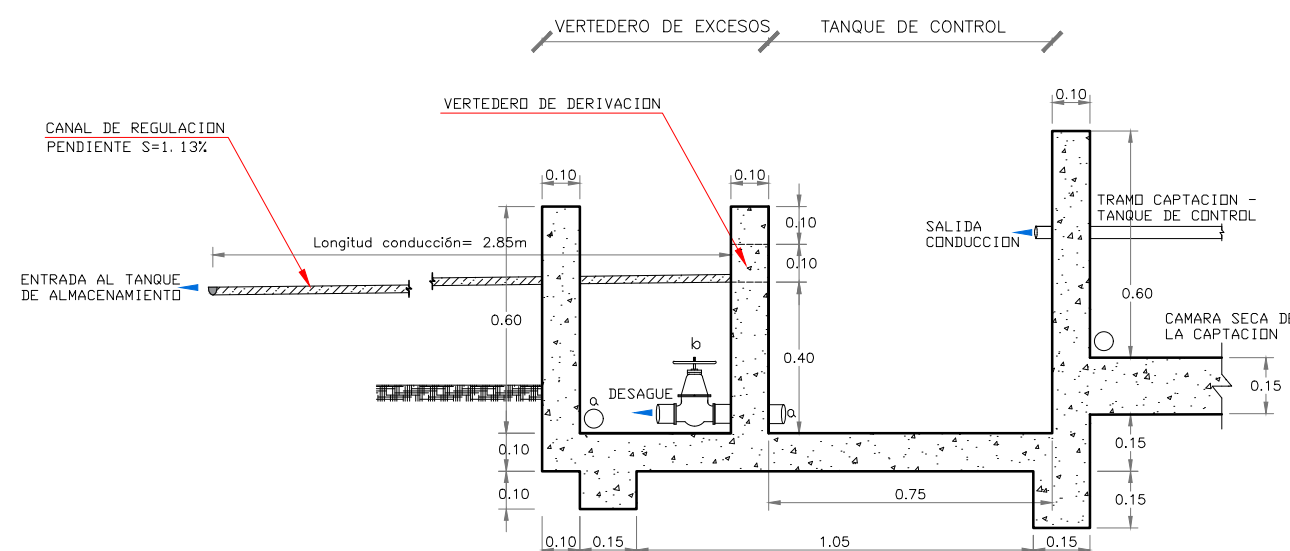
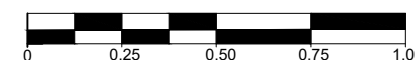
DETALLE A

ESCALA: 1:200

LISTA DE ACCESORIOS

SIGNO	CANT.	LONG.	DESCRIPCION
a	1	3.00	TUB DESAGUE EC 50MM
b	1		VALVULA 2" PVC TIPD UNIVERSAL
c	1		TEE PVC DESAGUE 50MM
d	1		VALVULA 1" PVC TIPD UNIVERSAL
e	1	2.85	TUB U-PVC E/C 40MM 1.00MPA
f	1	3.00	MANGUERA AGUA REFORZADA 1"

ESCALA 1:20



CORTE A - A

PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL
Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO DE LA
COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO DEL TANQUE DE
RESERVA Y DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
2. Se utiliza acero de refuerzo grado 42 $f_y=420\text{MPa}$
3. Para la estructura del tanque de reserva se utiliza hormigón con resistencia a la compresión a los 28 días $f'c = 21\text{MPa}$
3. Para el replantillo se utiliza concreto con resistencia a la compresión a los 28 días $f'c = 14\text{MPa}$
4. El sistema de desinfección se da mediante cloración por goteo autocompensante

CÓDIGO PLANO:

HIDRA_RESE_01

DIBUJADO POR:

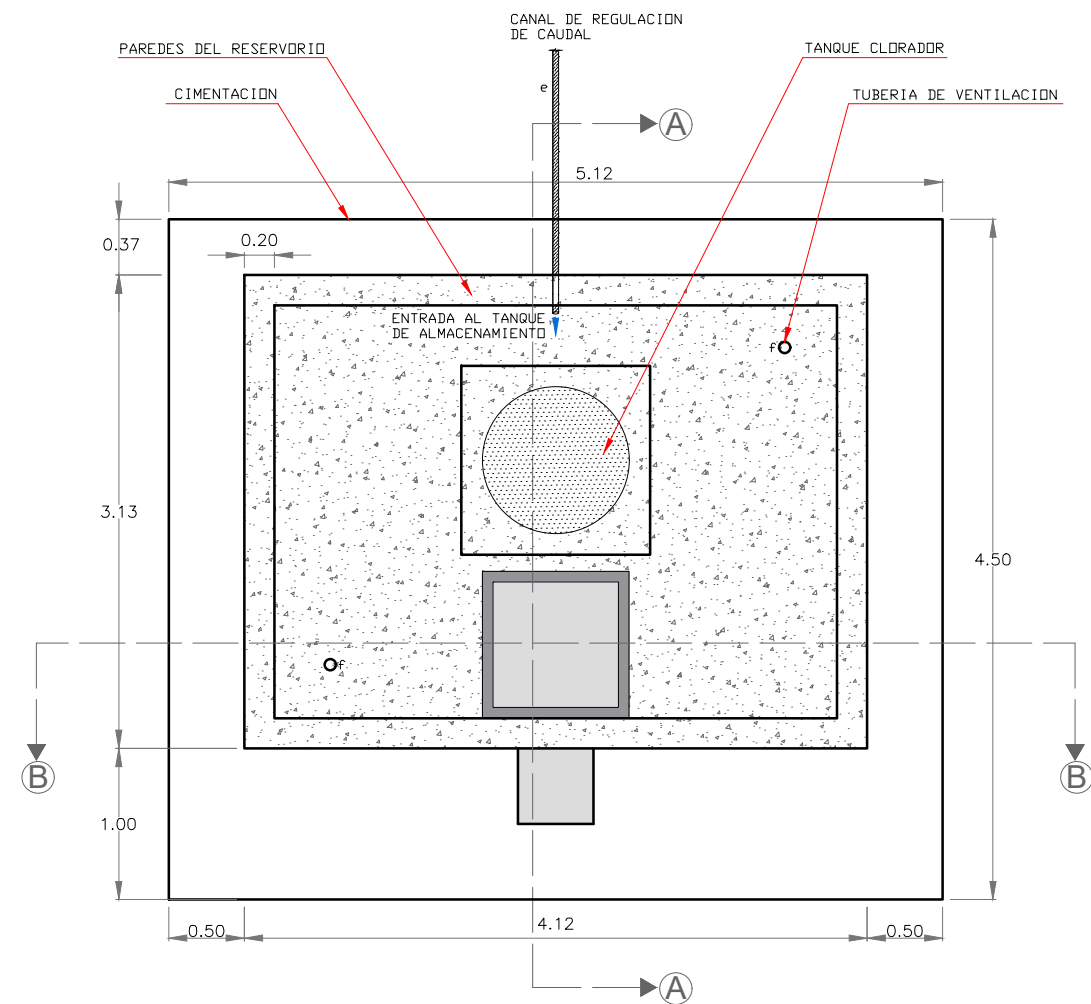
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

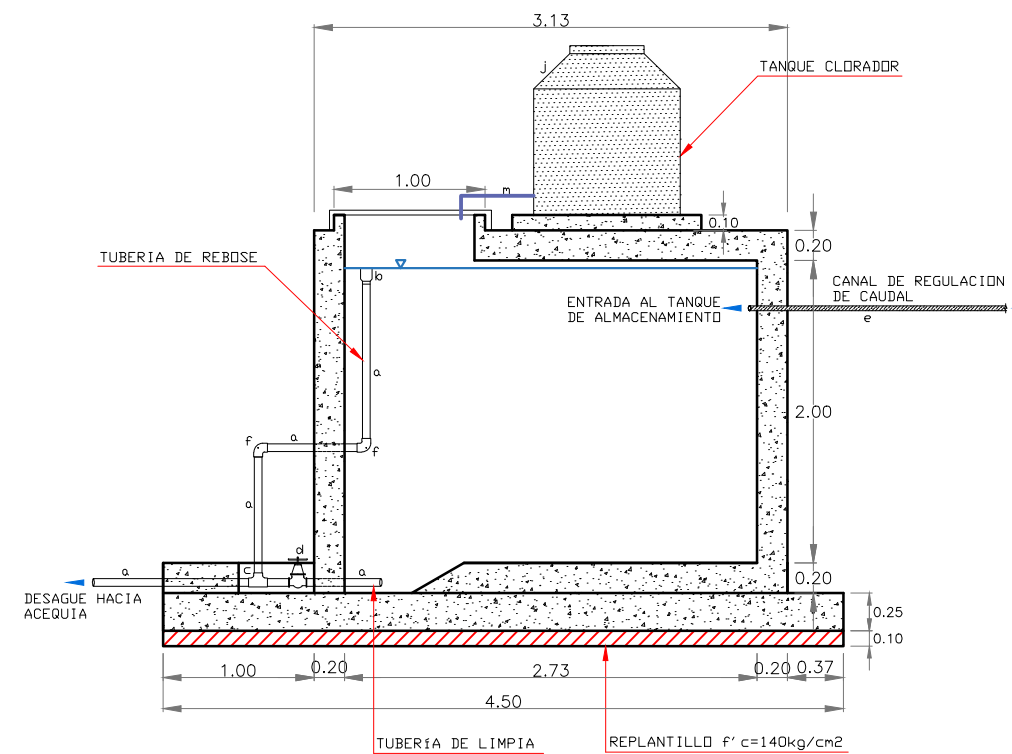
ESCALA: 1:50

LÁMINA:

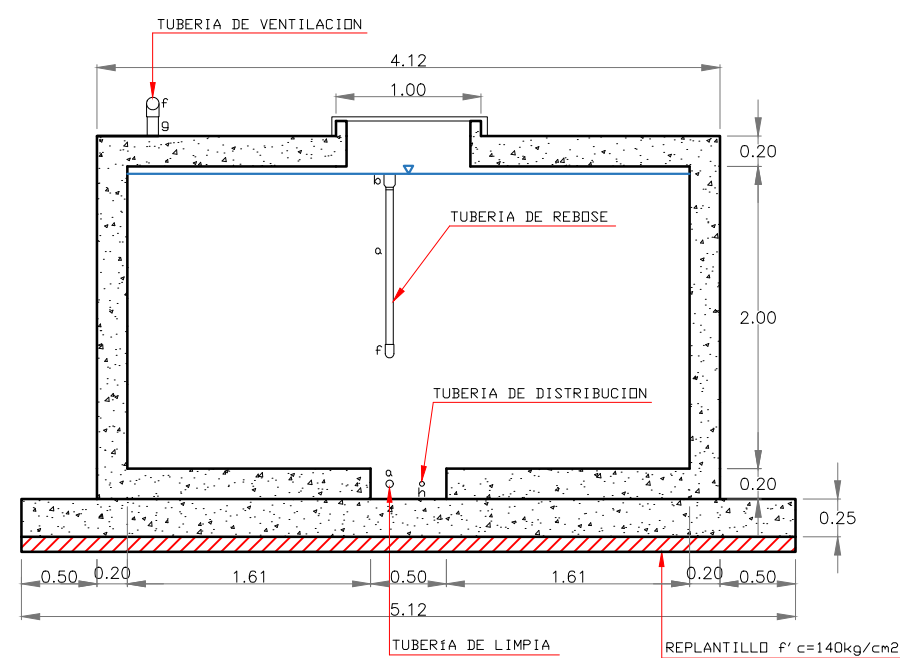
5/11



PLANTA



CORTE A - A



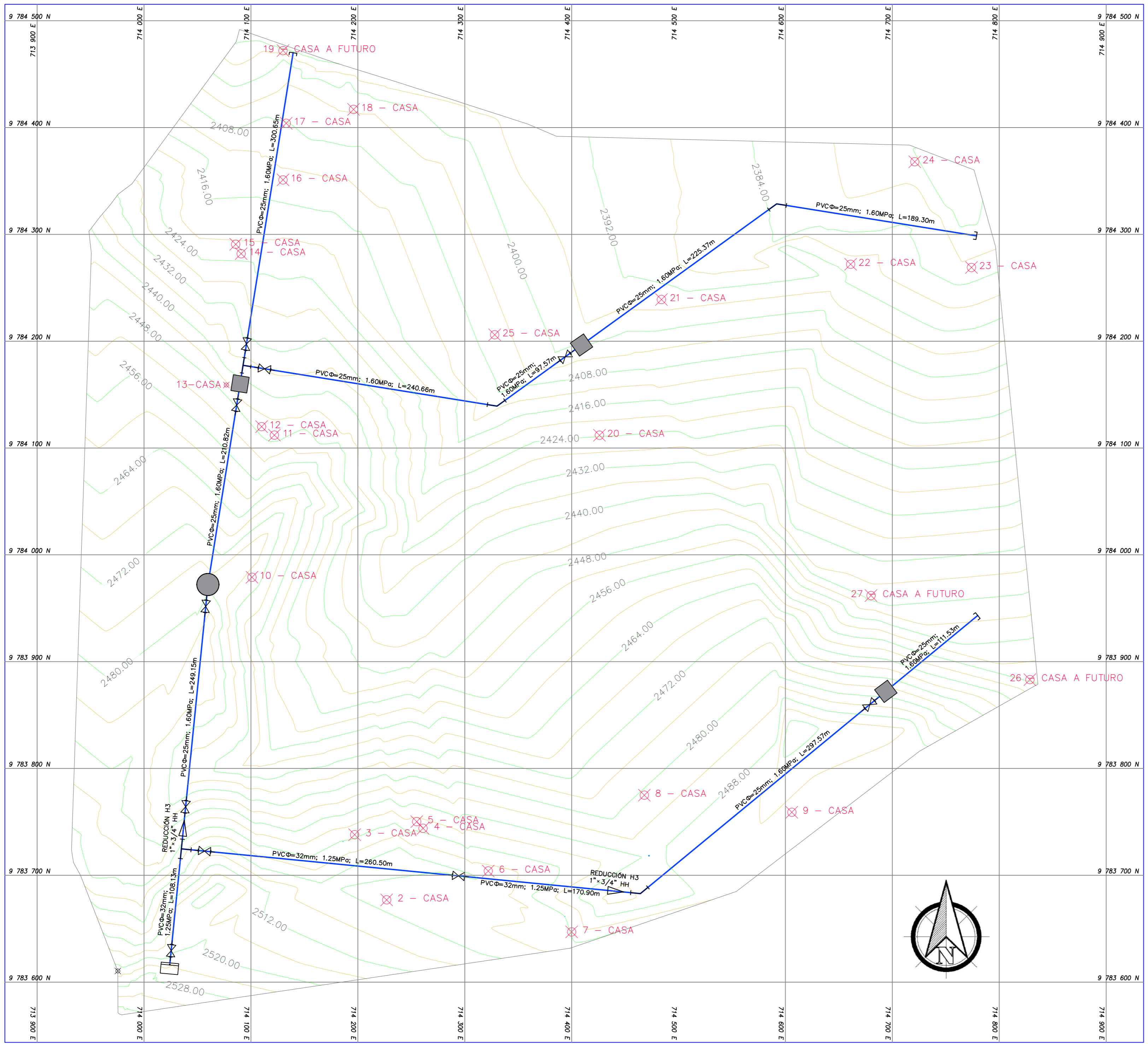
CORTE B - B

LISTA DE ACCESORIOS

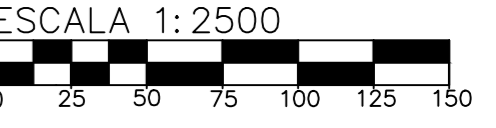
SIGNO	CANT.	LONG.	DESCRIPCION
TANQUE DE RESERVA			
a		4.30	TUB DESAGUE EC 50MM
b	1		REDUCTOR EXCENTR PVC DESAGUE 75X50MM
c	1		TEE PVC DESAGUE 50MM
d	1		VALVULA 2" PVC TIPO UNIVERSAL
e	1	3.10	TUB U-PVC E/C 40MM 1.00MPa
f	1		CODO 90 PVC DESAGUE 75MM
g	1	0.15	TUBERIA DESAGUE EC 75MM X 1M
h			TUBERIA PVC E/C 1.25 MPA 32mm
i	1		VALV COMP BRASS 1" @200PSI
TANQUE CLORADOR			
j	1		TANQUE ROTOPLAS ELEVADO 600L (INCLUYE ACCESORIOS)
k	1		BUSHING H3 1 1/2 X 3/4
l	1		BUSHING H3 1 1/2 X 1/2
m	3		MANGUERA FLEXIBLE PARA GOTEROS (5mmx1m)
o	1	2.85	GOTERO AUTOCOMPENSADO PCDS 2L/h
p	1	3.00	VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI

ESCALA 1:50





SIMBOLOGÍA	
	TUBERÍA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO DE 45°
	TEE
	REDUCCIÓN
	VÁLVULA DE PURGA
	TANQUE ROMPE PRESIÓN
	TANQUE ROMPE PRESIÓN EXISTENTE
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO EXISTENTE



 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA, TOPOGRAFÍA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
3. Las coordenadas se encuentran en el sistema de coordenadas planas con proyección UTM zona 17 Sur con Datum WGS84
4. Se realizó el levantamiento topográfico de un área de 64.22 hectáreas que comprende la Red de Distribución utilizando un GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).

CÓDIGO PLANO:
HIDR_DIST_01

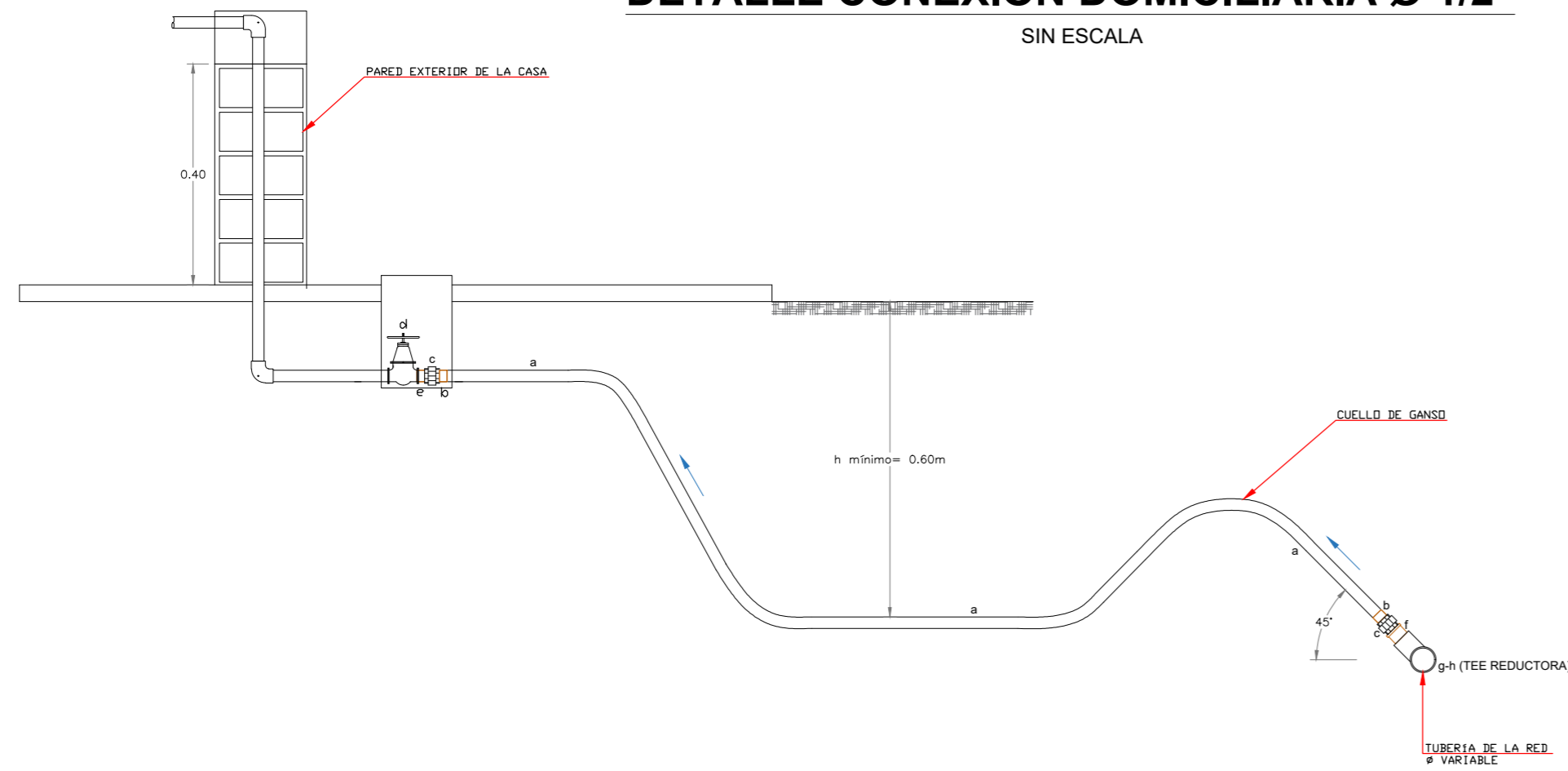
DIBUJADO POR:
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022 **LÁMINA:**
6/11

ESCALA: 1:2500

DETALLE CONEXIÓN DOMICILIARIA Ø 1/2"

SIN ESCALA



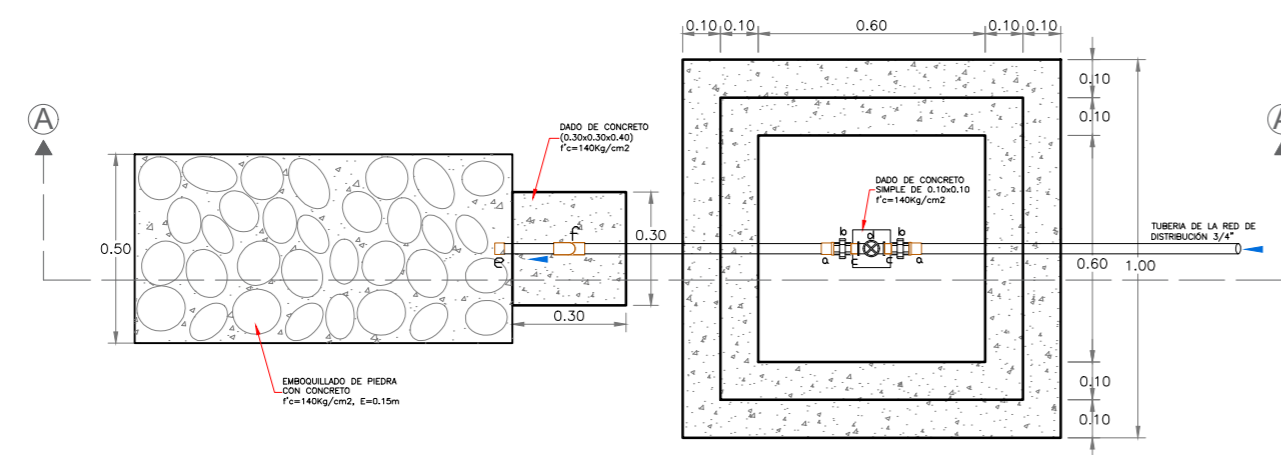
LISTA DE MATERIALES CONEXIÓN Ø 1/2"		
SIGNO	CANT.	DESCRIPCIÓN
a	1	MANGUERA AGUA REFORZADA 1/2" 35-40
b	2	NEPLO FLEX 1/2"
c	2	UNIVERSAL PVC ROSCABLE 1/2"
d	1	VALV COMP BRASS 1/2" @200PSI
e	1	NEPLO PP ROSC. M 1/2"X 6CM
f	1	ADAPTADOR MACHO PVC 1/2"
g	1	TEE RED PVC PRESIÓN E/C 1"X 1/2"
h	1	TEE RED PVC PRESIÓN E/C 3/4"X 1/2"

ESCALA 1:20

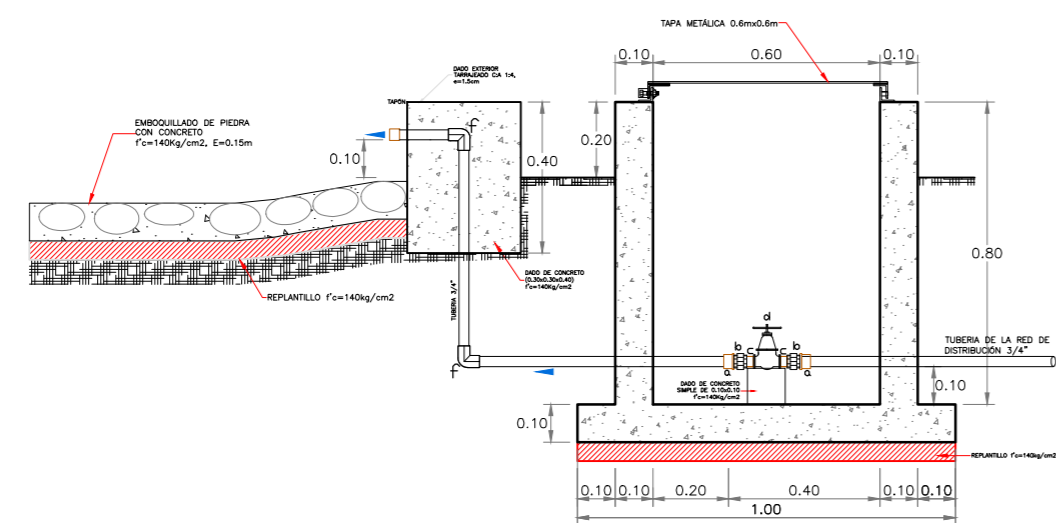


FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA CIVIL

DETALLE VÁLVULA DE PURGA (3/4")



PLANTA
ESCALA - 1:20



CORTE A - A
ESCALA - 1:20

LISTA DE MATERIALES RED DE DISTRIBUCIÓN

CANT.	LONG.	DESCRIPCIÓN
	539.53	TUBERIA PVC E/C 1.25 MPA 32mm
	1922.62	TUBERIA PVC E/C 1.25 MPA 25mm
3		VALV COMP BRASS 1" @200PSI
7		VALV COMP BRASS 3/4" @200PSI
3		CODO 45° PVC PRESIÓN E/C 3/4"
1		TEE PVC PRESIÓN E/C 1"
1		TEE PVC PRESIÓN E/C 3/4"
2		REDUCCION H3 1" x 3/4" HH

LISTA DE MATERIALES VÁLVULA DE PURGA

SIGNO	CANT.	LONG.	DESCRIPCIÓN
a	2		ADAPTADOR MACHO PVC 3/4"
b	2		UNIVERSAL PVC ROSCABLE 3/4"
c	2		NEPLO PP ROSC. M 3/4" x 6CM
d	1		VALVULA COMP BRASS 3/4" @200PSI
e	1		TAPON M DESAGUE PVC INY 50MM
f	2		CODO 45° PVC PRESIÓN E/C 3/4"
g	2.00		TUBERIA PVC E/C 1.25 MPA 25mm

PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

DETALLE CONEXIÓN DOMICILIARIA Ø 1/2" Y DETALLE VÁLVULA DE PURGA (3/4")

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
3. Las coordenadas se encuentran en el sistema de coordenadas planas con proyección UTM zona 17 Sur con Datum WGS84
4. Se realizó el levantamiento topográfico de un área de 64.22 hectáreas que comprende la Red de Distribución utilizando un GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).

CÓDIGO PLANO:

HIDR_DIST_02

DIBUJADO POR:

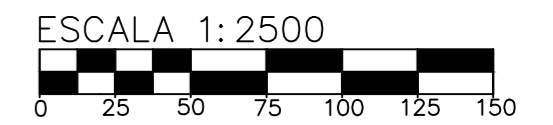
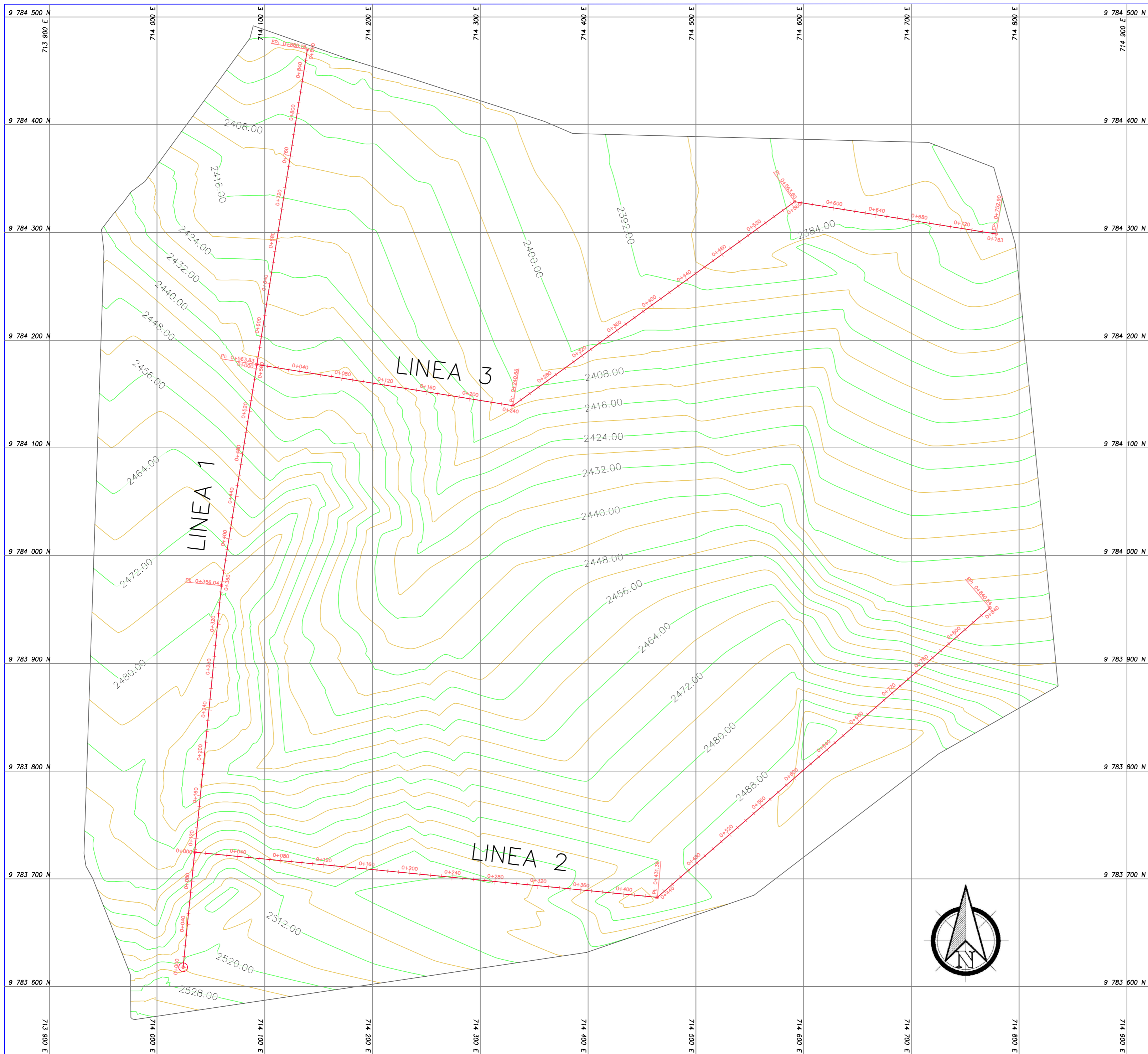
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

ESCALA: 1:20

LÁMINA:

7/11



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA CIVIL

PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL, PLANO TOPOGRÁFICO.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario y las cotas en metros sobre el nivel del mar (msnm).
2. El abscisado corresponde a la proyección horizontal de las líneas de Distribución.
3. Las coordenadas se encuentran en el sistema de coordenadas planas con proyección UTM zona 17 Sur con Datum WGS84
4. Se realizó el levantamiento topográfico de un área de 64.22 hectáreas que comprende la Red de Distribución utilizando un GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite).

CÓDIGO PLANO:

HIDR_PERF_01

DIBUJADO POR:

- Mora Shaden
- Salazar Andy

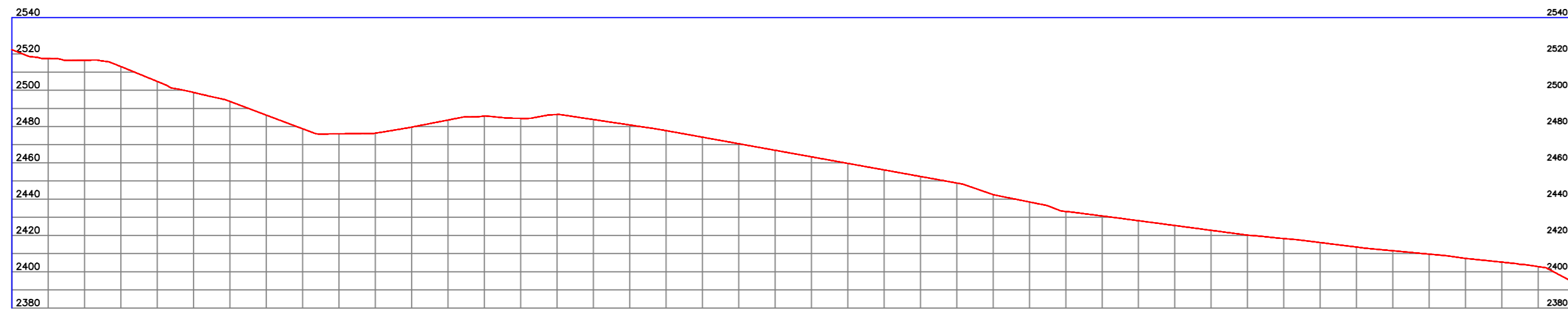
FECHA: Noviembre/2022

LÁMINA:

ESCALA: 1:2500

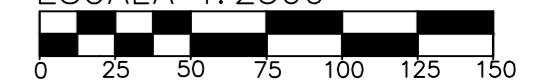
8/11

Perfil Longitudinal Línea 1



ABSCISAS	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	0+100.00	0+104.02	0+120.00	0+140.00	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+208.28	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00	0+340.00	0+356.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00	0+523.30	0+540.00	0+560.00	0+580.00	0+600.00	0+620.00	0+640.00	0+660.00	0+680.00	0+700.00	0+720.00	0+740.00	0+760.00	0+780.00	0+799.58	0+800.00	0+820.00	0+840.00	0+860.00	
ELEVACIÓN	2517.43	2516.516	2513.00	2504.830	2498.78	2497.77	2493.817	2486.29	2478.755	2475.99	2476.365	2477.66	2478.67	2483.578	2485.79	2484.501	2486.63	2483.681	2480.86	2478.47	2477.47	2474.14	2470.530	2466.92	2463.314	2459.77	2456.097	2452.49	2448.881	2448.29	2442.48	2438.436	2433.32	2430.736	2428.12	2425.674	2422.82	2420.175	2418.28	2416.086	2413.61	2411.571	2409.77	2408.82	2407.364	2405.30	2402.844	2392.82

ESCALA 1:2500



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUOLA CIVIL

PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD JARUNGO

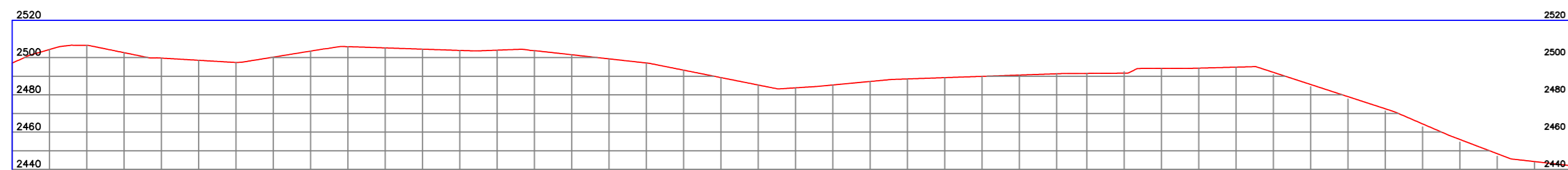
CONTIENE:

LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL, PLANO TOPOGRÁFICO.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

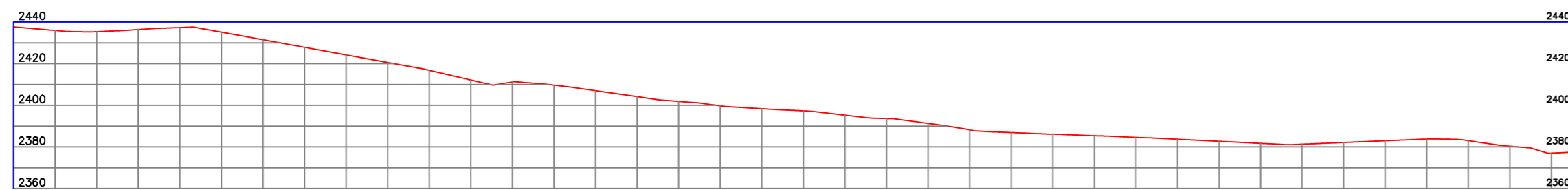
1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario y las cotas en metros sobre el nivel del mar (msnm).
2. El abscisado corresponde a la proyección horizontal de las líneas de Distribución.
3. Las líneas de tubería van con el perfil de terreno y serán colocadas a una profundidad de 0.60m desde la corona del tubo.

Perfil Longitudinal Línea 2



ABSCISAS	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+471.46	0+480.00	0+500.00	0+520.00	0+540.00	0+560.00	0+580.00	0+600.00	0+620.00	0+640.00	0+660.00	0+680.00	0+700.00	0+720.00	0+740.00	0+760.00	0+780.00	0+800.00	0+820.00	0+840.00	
ELEVACIÓN	2504.33	2506.563	2502.62	2499.714	2498.53	2497.352	2500.24	2503.484	2506.85	2505.191	2504.51	2503.831	2503.98	2503.796	2501.52	2499.308	2497.09	2488.25	2483.245	2482.24	2483.75	2485.285	2487.16	2488.24	2485.531	2485.22	2489.813	2490.60	2491.296	2491.51	2492.462	2494.19	2494.420	2494.96	2490.843	2484.32	2482.773	2477.805	2471.29	2462.773	2454.60	2446.979	2443.73	2441.677

Perfil Longitudinal Línea 3



ABSCISAS	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	0+180.00	0+197.10	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+280.00	0+300.00	0+310.62	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+500.00	0+520.00	0+540.00	0+560.00	0+580.00	0+600.00	0+620.00	0+640.00	0+660.00	0+682.42	0+700.00	0+720.00	0+740.00	
ELEVACIÓN	2435.97	2435.390	2436.41	2437.368	2435.16	2431.911	2427.87	2424.223	2420.56	2417.46	2416.791	2412.15	2411.251	2409.70	2407.009	2404.16	2402.60	2401.900	2399.75	2398.368	2397.34	2395.281	2393.87	2393.64	2391.330	2388.19	2386.923	2386.15	2385.407	2384.57	2383.688	2382.70	2381.718	2381.31	2382.135	2382.96	2383.790	2382.99	2380.335	2377.02

CÓDIGO PLANO:

HIDR_PERF_02

DIBUJADO POR:

- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

LÁMINA:

ESCALA: 1:2500

9/11

PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL
Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO DE LA
COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO DEL TANQUE
ROMPE PRESIÓN TIPO 7

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
2. Se utiliza acero de refuerzo grado 42 $f_y=420\text{MPa}$
3. Para la estructura del tanque rompe presión se utiliza hormigón con resistencia a la compresión a los 28 días $f'_c = 25\text{MPa}$
3. Para el replantillo se utiliza concreto con resistencia a la compresión a los 28 días $f'_c = 14\text{MPa}$
4. Se dispone de un flotador que permitirá el cierre automático cuando la cámara húmeda este llena o en ausencia de flujo.
5. El diámetro de la tubería de entrada y salida es el diseñado en la distribución y es de 25mm.

CÓDIGO PLANO:

HIDRA_CRP7_01

DIBUJADO POR:

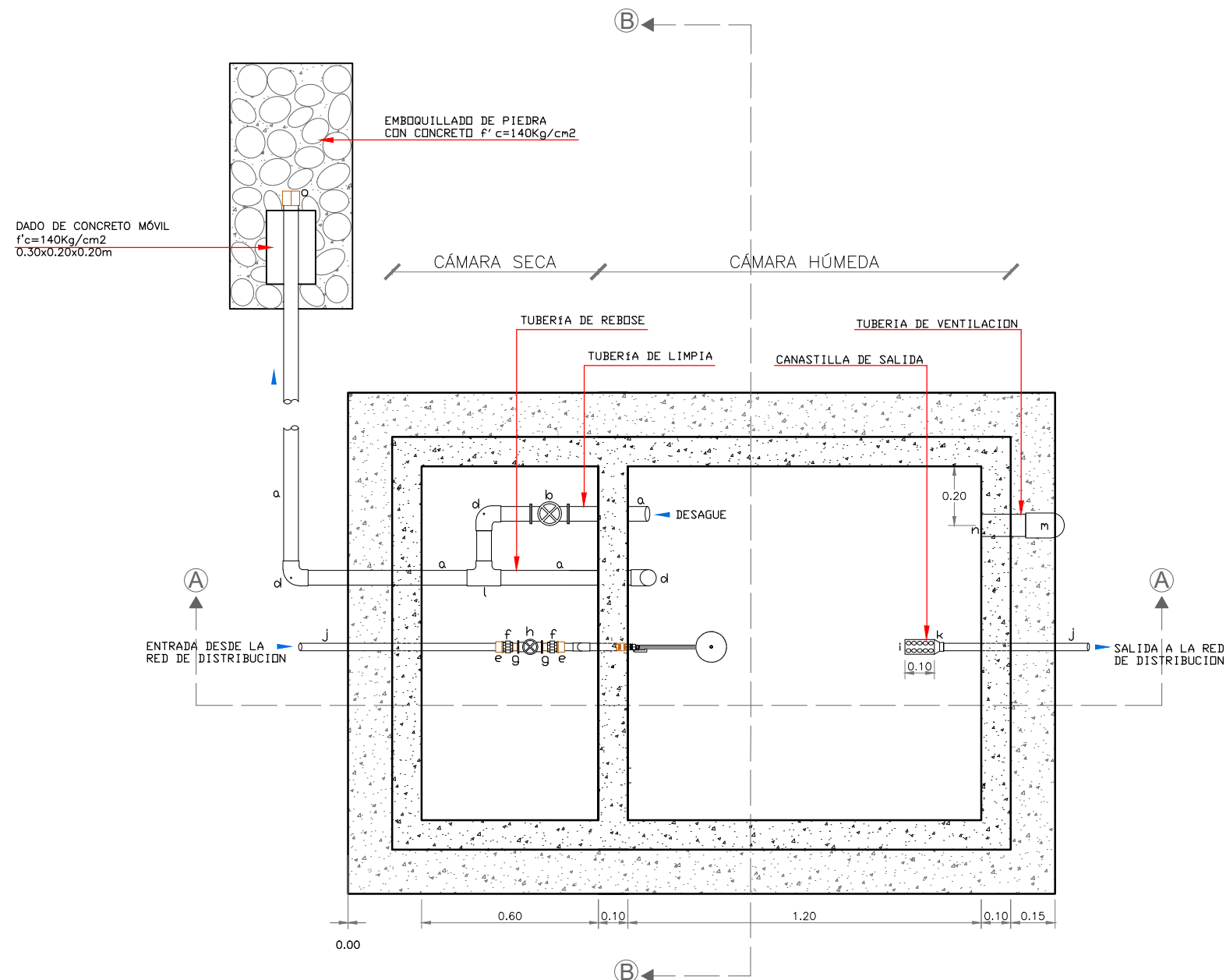
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

LÁMINA:

ESCALA: 1:20

10/11

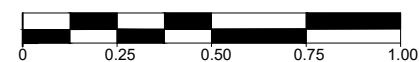


PLANTA TANQUE ROMPE PRESIÓN

LISTA DE MATERIALES

SIGNO	CANT.	LONG.	DESCRIPCION
a	1	3.00	TUB DESAGUE EC 50MM
b	1		VALVULA 2" PVC TIPO UNIVERSAL
c	1		REDUCTOR EXCENTR PVC DESAGUE 75X50MM
d	2		CODO 90° PVC DESAGUE 50MM
e	2		ADAPTADOR MACHO PVC 1"
f	2		UNIVERSAL PVC ROSCABLE 1"
g	2		NEPLD PP ROSC. M 1"x6CM
h	1		VALVULA COMP BRASS 1"@200PSI
i	1	0.10	TUB U-PVC EC 50MM X 6M 0.80MPA
j	1		TUB U-PVC EC 25MM X 6M 1.60MPA
k	1		REDUCTOR PVC DE PRESION 50MM A 25MM
l	1		TEE PVC DESAGUE 50MM
m	1		CODO 90 PVC DESAGUE 75MM
n	1	0.15	TUBERIA DESAGUE EC 75MM X 1M
o	1		TAPON M DESAGUE PVC INY 50MM

ESCALA 1:20



7.2. PLANOS ESTRUCTURALES

PROYECTO:

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y
PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO DE LA
COMUNIDAD JARUNGO

CONTIENE:

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE
ALMACENAMIENTO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Todas las dimensiones están en metros a menos de que se indique lo contrario
2. Se utiliza acero de refuerzo grado 42 $f_y=420\text{mpa}$
3. Se utiliza hormigón con resistencia a la compresión a los 28 días $f'_c = 21\text{mpa}$
4. Los recubrimientos de las paredes del reservorio deberán ser de 5 cm
5. Los recubrimientos para la losa de cubierta y la losa de fondo deberán ser de 5 cm
5. Los recubrimientos para la cimentación deberán ser de 7.5 cm
6. La capacidad admisible del suelo por Compresión simple es $q_{adm} = 53.63 \text{ kN/m}^2$

CÓDIGO PLANO:

ESTR_RESE_01

DIBUJADO POR:

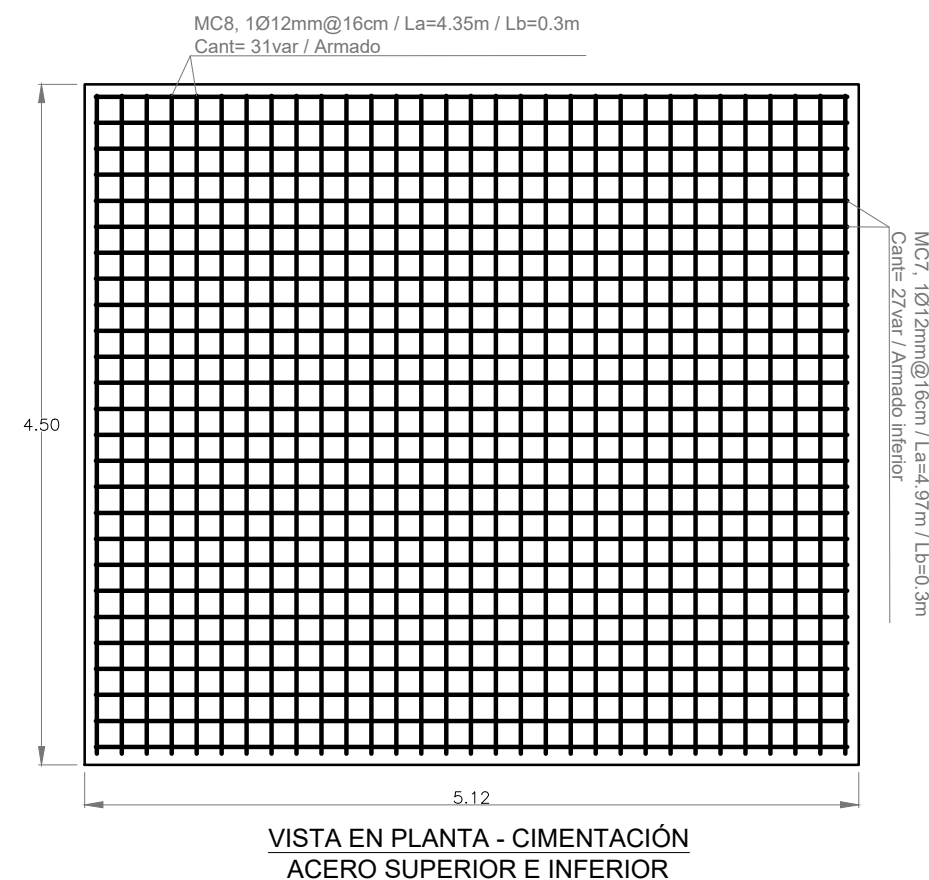
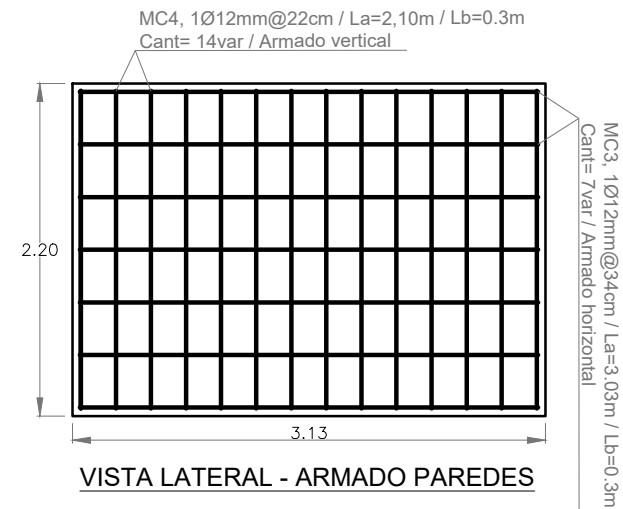
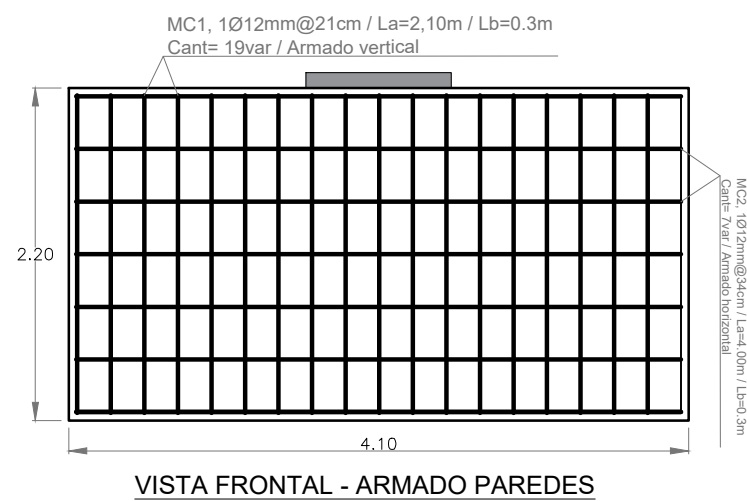
- Mora Shaden
- Salazar Andy

FECHA: Noviembre/2022

LÁMINA:

2/3

ESCALA: 1:50

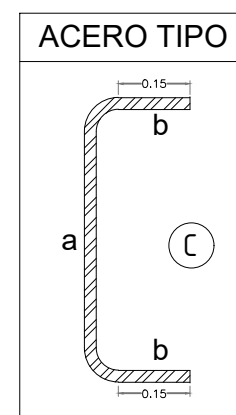


PLANILLA DE ACEROS

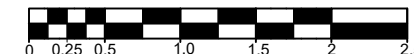
MC	Ø(mm)	Tipo	N°	DIMENSIONES				LONGITUD		OBSERVACIONES
				a	b	c	d	Parcial	Total	
1	12	C	38	2.10	0.30			2.40	91.20	a= longitud varilla b= longitud 2 ganchos 90°
2	12	C	14	4.02	0.30			4.32	60.48	
3	12	C	14	3.03	0.30			3.33	46.62	
4	12	C	28	2.10	0.30			2.40	67.20	
5	12	C	72	3.03	0.30			3.33	239.76	
6	12	C	40	4.02	0.30			4.32	172.80	
7	12	C	27	4.97	0.30			5.27	142.29	
8	12	C	31	4.35	0.30			4.65	144.15	

RESUMEN DE REFUERZO

Diámetro (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	TOTAL
Longitud			964.50								964.50
Peso (Kg)			856.48								856.48



ESCALA 1:50



8. CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

Se logró diseñar un sistema de suministro de agua que permite una captación, conducción, y distribución del recurso de forma ordenada y eficiente en base a la normativa legal vigente para sistemas de suministro de agua en el sector rural, optimizando costos y mejorando notablemente la calidad con la que usuario recibe el servicio, cumpliendo de esta manera con el objetivo general de esta disertación, el cual era proponer un sistema de agua para consumo humano para la comunidad Jarungo.

De acuerdo con la evaluación técnica y el rediseño realizado al actual sistema de abastecimiento de agua de la comunidad Jarungo, se puede concluir que el mismo fue desarrollado sin considerar ningún tipo de criterio técnico, estas aseveraciones responden a las altas presiones de trabajo en la red de distribución y los sobredimensionamientos encontrados tanto en el tanque de almacenamiento como en el tanque rompe presiones.

Con ayuda de los análisis de calidad de agua ejecutados se determinó que el parámetro microbiológico correspondiente a coliformes fecales se encuentra fuera de los rangos permitidos por la INEN 1108, esta información se complementa con la encuesta socioeconómica efectuada, en donde se comprobó que las enfermedades estomacales como la diarrea y la parasitosis a pesar de no ser tan frecuentes, si son las más comunes dentro de la comunidad. Esto nos permite concluir que el sistema de tratamiento mediante desinfección con cloro es imprescindible para mejorar la calidad del servicio y preservar la salud de los usuarios.

A partir de los aforos realizados a la fuente de abastecimiento en época de estiaje se encontró que el caudal mínimo disponible es de 0.55 L/s, si a este lo comparamos con el caudal de diseño que tiene un valor de 0.28 L/s se concluye que es suficiente para abastecer a la población de la comunidad dentro del periodo de diseño. Para suplir las horas de máximo consumo de la población estará disponible un volumen de reserva de 20.31 m^3 , pero debido al sobredimensionamiento de la estructura no se ocupará su capacidad total la mayor parte del tiempo.

El presupuesto referencial para la construcción del proyecto tiene un valor de 8.271,89 USD (*Ocho mil doscientos setenta y uno con ochenta y nueve dólares*), este valor se obtuvo considerando únicamente el costo de los materiales y herramientas necesarias para colocar las diferentes partes del sistema de abastecimiento. Este criterio es factible gracias a que los habitantes de la comunidad Jarungo se encargaron de construir la totalidad del sistema, asumiendo con su mano de obra un ahorro de alrededor de 15.918,23 USD. Con esta solución se evita la contratación de personal externo para la construcción y por lo tanto se disminuye también los costos indirectos que tendrá que afrontar la obra. El desarrollo del proyecto no presenta la necesidad de contratar mano de obra especializada gracias a que el diseño se realizó justamente considerando la mayor facilidad constructiva posible en cada uno de los aspectos.

Para la regulación del caudal de diseño en el tramo de conducción se escogió un canal regulador debido a su fácil operación y a su poco frecuente mantenimiento, al contrario de una válvula reguladora de caudal que requiere de revisiones frecuentes y de personal especializado para ello. Otro de los problemas al utilizar una válvula reguladora de caudal es que su funcionamiento está condicionado por la SENAGUA a una carga de agua mínima de 5 m, lo que es algo imposible de lograr en el contexto del proyecto, pues la diferencia de cota entre la captación y el tanque de reserva es muy pequeña y no permitiría cumplir con este criterio.

El tanque de reserva transmite mediante su cimentación un esfuerzo de 29.17 kPa sobre un limo de alta plasticidad, cuya capacidad portante es de 160.9 kPa y su capacidad admisible es de 53.63 kPa. Al realizar una comparación se determinó que el esfuerzo transmitido es menor al admisible, por lo que se concluye que el suelo resistirá la carga tanto del tanque como del agua almacenada en su interior.

Para cumplir con los rangos de presión estática máxima de servicio establecidos por la SENAGUA para una red de distribución, se optó por el diseño de tres tanques rompe presiones en distintos puntos de la red, de manera que no exista una diferencia de cota mayor a los 40 m entre ninguno de estos puntos. La alternativa de una válvula reguladora de presión no fue considerada debido a sus altos costos de operación y a que se requería la colocación de algunas válvulas para reducir la misma cantidad de presión que un solo tanque rompe presión, aumentando el presupuesto del proyecto y complicado su operación.

8.2. RECOMENDACIONES

Para que el sistema de tratamiento propuesto no sufra daños o un deterioro progresivo acelerado, es recomendable construir una caseta de mampostería que proteja tanto al tanque de cloración como a sus accesorios. Una adecuada protección de este sistema puede evitar o disminuir de sobremanera futuros gastos por la reposición o restitución de partes dañadas.

Con el diseño propuesto se aseguró que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se encuentren dentro de los rangos permitidos por la Norma INEN 1108, pero hay que tomar en cuenta que la calidad del recurso puede variar con el tiempo por distintos factores externos, por lo que es recomendable que a futuro se realice un nuevo análisis de calidad de agua, y si se llega a presentar alguna clase de incertidumbre sobre todo en los parámetros microbiológicos, sería importante determinar con personal y aparatos especializados una nueva dosis de cloro a utilizarse.

La zona de afloramiento del recurso requiere de un mantenimiento y atención frecuentes, recordemos que en esta disertación se planteó una recámara específicamente para proteger a la fuente, pero al ser un afloramiento de ladera es importante que se realice un estudio sobre la estabilidad del talud, pues aunque a día de hoy el talud parece ser bastante estable, si se evidencia que la maleza sobre la ladera está demasiado crecida, lo que en un futuro puede provocar un deslizamiento del talud sobre la cámara de protección y causar la pérdida del afloramiento.

En cuanto al diseño hidráulico del tanque de reserva se recomiendan realizar ciertas modificaciones al tanque existente, la primera implementar una tubería de limpia con una válvula de compuerta que permita un rápido vaciado del tanque para su mantenimiento, y la segunda la colocación de dos tuberías de ventilación que permitan el flujo del aire a través de la estructura, manteniendo en todo momento únicamente la presión atmosférica.

REFERENCIAS

- Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima (Perú): Asociación Servicios Educativos Rurales (SER).
- Aguirre, F. (2015). *Abastecimiento de Agua Potable para Comunidades Rurales*. (Primera Edición). Universidad Técnica de Machala.
- Arévalo, P. & Barahona, R. (2013). *Diseño comparativo de tanques para el almacenamiento de agua de hormigón armado, enterrados hasta el nivel de la tapa* [Disertación de pregrado]. Universidad de Cuenca.
- Barreto, L. (2018). *¿Sabes qué son los sistemas de abastecimiento de agua?* SSWM - Find Tools for Sustainable Sanitation and Water Management. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/acerca-de-esta-herramienta/%C2%BFsabes-qu%C3%A9-son-los-sistemas-de-abastecimiento-de-agua%3F>.
- Cámara de la Industria de la Construcción. (2022). *Materiales y equipos*. Revista Construcción, N°276.
- Calculadora de movimiento parabólico | Calcuvio. (s. f.). <https://www.calcuvio.com/movimiento-parabolico>
- Cárdenas D., & Patiño F. (2010). *Estudios y Diseños definitivos del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la comunidad de Tutucán, Cantón Paute, Provincia del Azuay* [Tesis de Grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
- Care-Avina (2012). *Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, módulo Quito (Ecuador): Fortalecimiento de capacidades de Organizaciones Comunitarias Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento (OCSAS) en América Latina*. CARE Internacional - Fundación Avina. Recuperado 4 de noviembre de 2021, <http://www.avina.net>
- Chucya, P. (s. f.). *Diseño Hidráulico*. Scribd. Recuperado 4 de noviembre de 2021, de <https://es.scribd.com/doc/6739600/Diseno-Hidraulico-Ing>

- Cooperación Alemana. (2017, junio). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. GIZ.
<https://www.giz.de/en/worldwide/28451.html>.
- Cooperación Alemana. (2017, junio). *Modelos de cámaras de contacto para la cloración* [Imagen]. GIZ. <https://www.giz.de/en/worldwide/28451.html>.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Chillanes. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Chillanes, provincia de Bolívar. DOCPLAYER. Recuperado agosto de 2014, de <https://docplayer.es/149906103-Gobierno-autonomo-descentralizado-municipal-del-canton-chillanes.html>
- García, E. (2009). Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales. Lima (Perú): Fondo Perú-Alemania.
- Gur, E., & Spuhler, D. (2017). *Red de distribución comunitaria. SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management*. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria>.
- Hidráulica e Hidrología. (2020, 15 abril). *Aforo de caudales. Ingeniería hidráulica: todo lo que necesitas saber*. Recuperado 11 de enero de 2022, de <https://www.hidraulicautiling.com/2020/04/aforo-de-caudales.html>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2020). *Agua para consumo humano*. Requisitos (NTE INEN 1108 2020-04).
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2013, septiembre). *Manual. Sistemas de conducción de agua para la región altoandina*. INTA.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ipafnoa_manual_sist__conduc__agua_regin_altoandi.pdf
- Loján, J. (2020). Cómo descargar capas shapefiles para provincia, cantón, parroquias Ecuador (EC) [YouTube Video]. In *YouTube*.
<https://www.youtube.com/watch?v=PEiEi4Kt6S4>

- López M., & Morales A. (2021). *Diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable para el recinto el Tigre de la parroquia Tachina en la provincia de Esmeraldas* [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital – EPN.
- Magne, F. (2008). *Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de ingeniería sanitaria I*. <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1522.pdf>
- Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento. *Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural*. (2018). <https://civilgeeks.com/2018/07/23/norma-tecnica-de-diseno-opciones-tecnologicas-para-sistemas-de-saneamiento-en-el-ambito-rural/>.
- Morales, A. (2014). Ensayo Compresión Simple. Mecánica de Suelos 1 Unitec. <https://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com/ensayo-compresion-simple/>
- Munshi, J. (1991). *Rectangular Concrete Tanks*. Rectangular Concrete Tanks (5.a ed., Vol. 1). Portland Cement Association. https://www.academia.edu/9140523/PCA_rectangular_concrete_tanks_Javeed_Munshi.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*. <https://www.udocz.com/apuntes/100631/captacion-manantiales-5>.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Especificaciones técnicas para construcción de sistemas de filtración de múltiples etapas*. <https://www.udocz.com/apuntes/100631/captacion-manantiales-5>.
- Orihuela, J. & Sánchez, N. (2016, junio). *Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones*. Revista Ingenium. <http://dx.doi.org/10.18259/ing.2016009>.
- Ponce, V. (2022). *Cálculo de la descarga a través de un vertedero rectangular* [Imagen]. Sdsu.edu. <http://uon.sdsu.edu/enlinearectangular.php>.

RACSA. (s.f). *Manguera Polietileno Negra CED-80 de 1 1/4" 100 M Diámetro de 32 MM* [Imagen]. RACSA. <https://www.racsariego.com/product/manguera-polietileno-negra-ced-80-de-1-1-4-100-m-diametro-de-32-mm/?v=0b98720dcb2c>.

Riego Ecuador. (s. f.). *Gotero autocompensado PCDS 2 l/h* [Imagen]. Riego Ecuador. <https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/gotero-pcds>.

Riego Ecuador. (s. f.). *Filtro anillos PEQ 1 1/2" - FLF* [Imagen]. Riego Ecuador. <https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/filtro-anillos-peq>.

Rotoplas. (s. f.). *Tanque elevado de 600 L* [Imagen]. Rotoplas. <https://rotoplas.com.ec/producto/tanque-elevado-de-almacenamiento-600-litros-2/>.

Secretaria Nacional del Agua. (2016). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural* (Norma CO 10.7-602-revisión). <https://apps.normalizacion.gob.ec/download/>

Servicio Nacional de Contratación Pública. (s. f.). *Excavación de zanja para tuberías y cámaras de válvulas*. Compras públicas. Recuperado 17 de noviembre de 2022, de <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/>.

SIAPA. (2014, febrero). *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades- sistemas de agua potable*. Servicio Intermunicipal de los servicios de agua. https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2._sistemas_de_agua_potable-1a._parte.pdf.

Sotelo Ávila, G. S. (2015). *Hidráulica general Volumen 1 Fundamentos* (1.a ed.). LIMUSA.

USAID (2016). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad*. Tegucigalpa (Honduras): United States Agency for International Development (USAID), Manual 23, Servicios Públicos, caja de herramientas 2.

USAID (2016). *Sistema de distribución ramificada* [Imagen]. USAID. Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad.

USAID (2016). *Sistema de distribución mallada* [Imagen]. USAID. Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad.

ANEXO 1

CENSO DE NECESIDADES DE AGUA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
ESCUELA DE CIVIL				
CENSO DE NECESIDADES DE AGUA				
Provincia:	Bolívar	Fecha de la visita:	/11/2021	
Cantón:	Chillanes	Estudiantes:	Shaden Mora y Andy Salazar	
Comuna:	Jarungo			
# de Casa		FOTO		
Coordenadas				
Norte:				
Este:				
Altitud:				
Observaciones:				
Categoría	Datos	Información		
Información Social	Propietario			
	Habitantes permantes			
	Habitantes flotantes (no permanentes)			
	Teléfono de contacto			
	Datos adicionales			
	Otros			
Censo de las necesidades de agua	Aparatos	Cantidad	Tiempo de uso	Frecuencia
	Lavabos			
	Fregaderos de cocina			
	Lavanderias			
	Duchas			
	Inodoros			
	Grifos			
	Otros			
Información técnica	Aparatos	Caudal instantáneo		Observaciones
	Lavabos			
	Fregaderos de cocina			
	Lavanderias			
	Duchas			
	Inodoros			
	Grifos			
	Otros			
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> FIRMA DEL PROPIETARIO				

ANEXO 2

DOTACIÓN PROMEDIO ESTIMADA

	Aparatos							Habitantes	Dotación (l/hab*día)
	Lavabos	Fregaderos	Lavanderías	Duchas	Inodoros	Llaves de agua	Lavadora		
Caudal (l/s)	0,1	0,2	0,2	0,2		0,2	0,2		
Tiempo de uso (min)	0,58	2	5	9		4,5	6		
Veces por día	3	3		1	3	1			
Veces por semana			1				1		
Vol/uso (l)					4,8				
Casa N°	Aparatos por casa							Habitantes	Dotación (l/hab*día)
2	1	1	1	1	1	0	1	4	223,70
3	0	0	0	0	0	1	0	2	54,00
4	0	1	1	1	1	0	0	5	202,97
5	0	1	1	1	1	0	1	8	213,26
6	0	0	0	0	0	1	0	2	54,00
7	1	1	1	0	1	0	0	5	105,41
8	0	0	0	0	0	1	0	2	54,00
9	0	0	0	0	0	1	0	2	54,00
10	1	1	1	1	1	0	0	3	213,41
11	0	0	0	0	0	1	0	2	54,00
12	1	1	1	1	1	0	1	5	223,70
13	0	0	0	0	0	1	0	1	54,00
14	0	0	1	1	1	0	0	3	130,97
15	0	0	0	0	0	1	0	1	54,00
16	0	0	0	0	0	1	0	1	54,00
17	0	0	0	0	0	1	0	1	54,00
18	0	0	0	0	0	1	0	2	54,00
20	0	0	0	0	0	1	0	3	54,00
21	0	0	0	0	0	1	0	2	54,00
22	0	0	1	0	1	0	0	8	22,97
23	0	1	1	1	0	0	0	6	188,57
24	1	1	1	1	1	1	0	3	267,41
25	1	1	1	1	1	1	0	9	267,41
							PROM	80	118

ANEXO 3

ENCUESTA SOCIECONÓMICA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL
ENCUESTA SOCIECONÓMICA

Provincia: Bolívar
Cantón: Chillanes
Comuna: Jarungo

Fecha de la visita: 08/08/2022
Estudiantes: Shaden Mora y Andy Salazar

1. DATOS GENERALES

# de Casa	
-----------	--

1.1. Población

Hombres	
Mujeres	
Niños - 5 años	
Total	

1.2. Jefatura de Hogar

Nombre:	
Hombre	
Mujer	

1.3. En los últimos 2 años, ¿algún miembro de la familia salió a vivir en otra parte o fuera del país?

Si	
No	
A donde	

1.4. Idioma

Español	
Quichua	
español-quichua	
Otro	

1.5. Origen étnico

Mestiza	
Indígena	
Afroecuatoriana	
Otro	

1.6. Principales Actividad Económica predominante

Agricultura	
Jornalero	
Construcción	
Empleado Púb.	
Carpintería	
Zapatería	
OTros	

1.7. Ocupación (de cada uno de los miembros)

	Nº
Estudia	
Trabaja	
Estudia y trabaja	
Q. Domésticos	
Desempleados	

1.8. Instrucción (de cada uno de los miembros)

	Nº
Analfabeto	
Primaria	
Secundaria	
Superior	

1.9. INGRESO PROMEDIO DE LA FAMILIA (USD)

MENSUAL	
ANUAL	

1.10. GASTOS PROMEDIO FAMILIAR (USD)

MENSUAL	
ANUAL	

2. VIVIENDA

2.1. Tipo de construcción de la vivienda

Cemento	
Madera	
Mixta	
Caña Guadúa	
Adobe	

2.2. Principales necesidades de servicio de la familia (orden de importancia)

	Nº
Agua Potable	
Luz	
Mejoramiento carretera	
Letrina /pozo séptico	
Alcantarillado	
Recolección de basura	
Transporte Público	
Regadío	
Dispensario médico	
Guardería	
Teléfono	

2.3. Servicios disponibles

Agua potable	
Electricidad	
Alcantarillado	
Letrina /pozo séptico	
Teléfono	
Recolección de basura	
Transporte Público	
Vías de comunicación	

3. SALUD

3.1. ¿Cuándo algún familiar enferma acuden al?

Hospital	
Centro de Salud	
Subcentro de Salud	
Seguro Social Campesino	
otros	

3.2. Principales enfermedades que afectan a niños y niñas de la familia

Diarrea	
Parasitosis	
Respiratorias	
Infecciones	
Otras	

3.3. ¿Conoce las causas de la diarrea?

Si	
No	

3.4. ¿Conoce alguna forma de prevenir la diarrea?

Si	
No	

3.5. ¿Cuáles? (de las respuestas positivas)

Hervir el agua	
Lavar alimentos	
Lavarse manos	

3.6. ¿Algún miembro del hogar ha enfermado en el último mes con una enfermedad estomacal o intestinal?

Si	
No	

3.7. ¿Cuánto le costo la curación?

Costo promedio	USD
----------------	-----

4. SERVICIOS SANITARIOS

4.1 AGUA

4.1.1. La familia se abastece de agua mediante:

Red pública	
Grifos públicos	
Pozo manual	
Pozo con bomba	
Vertientes	
Acequia	
Río	
Tanquero	

4.1.2. ¿Esta satisfecho o satisfecha con el servicio que recibe actualmente?

Si	
No	

4.1.3. ¿La calidad de agua que recibe es buena (turbiedad o color)?

Si	
No	

4.1.4. ¿Recibe el agua en forma continua y cantidad suficiente?

Si	
No	

4.1.5. ¿Tiene medidor?

Si	
No	
No contesta	

4.1.6. ¿Paga por el agua que consume?

Si	
No	

4.1.7. ¿Que cantidad de agua consume mensualmente?

	m ³ MES
Promedio	

4.2. DISPOSICIÓN DE EXCRETAS

4.2.1. ¿La familia cuenta con sistema de disposición de excretas?

Si	
No	

4.2.2. ¿Cuál?

alcantarillado	
letrina seca/pozo ciego	
letrina con arrastre de aguas	
Aire libre	
Total	

4.3. DISPOSICIÓN DE BASURAS

4.3.1. ¿La familia cuenta con servicio de recolección de basura?

Si	
No	

4.3.2. ¿Si no cuenta con servicio de recolección de basura ¿en dónde la bota?

Cielo abierto	
Río	
Quebrada	
Entierra	
Recicla	
Quema	

4.3.3. ¿Existen basuras y/o heces fecales alrededor de la casa y letrina?

Si	
No	

5. HÁBITOS Y COSTUMBRES

5.1. ¿La familia se lava las manos antes de comer?

Si	
No	

5.2. ¿La familia lava los alimentos antes de comerlos?

Si	
No	

5.3. ¿Se lava las manos luego de sus necesidades fisiológicas?

Si	
No	

5.4. ¿Compra agua embotellada para beber?

Si	
No	

5.5. ¿Qué cantidad compra?

	litros	costo USD
Diario		
semanal		
quince días		
mes		

5.6. ¿Utiliza algún método para desinfectar el agua?

Si	
No	

5.7. ¿La familia hierve el agua para beber?

Si	
No	

5.8. ¿Si la familia hierve el agua, cuantos litros al día?

Cantidad	lts/día
----------	---------

5.9. ¿Utiliza Cloro para desinfectar el agua?

Si	
No	

6. ORGANIZACIÓN

6.1. En su comunidad existen organizaciones tales como:

Clubes(dep. soc.)	
Asociaciones	
Comités	
Cooperativas	
Juntas	
otros	

6.2. ¿Los miembros de la familia pertenecen a alguna organización?

Si	
No	

6.3. ¿Algún miembro de la familia posee un cargo directivo?

Si	
No	

6.4. ¿Existe en la comunidad una organización para el manejo del agua?

Si	
No	

7. PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD

7.1. ¿Los miembros de la familia pertenecen a la organización que maneja el agua?

Si	
No	

7.2. ¿La familia participa en la toma de decisiones para el servicio de agua?

Si	
No	

7.3. ¿La familia ha participado activamente en la preparación y ejecución del sistema actual?

Si	
No	

7.4. ¿La familia aportó para el proyecto?

Si	
No	

7.5. De qué manera?

Mano de obra	
dinero	
materiales	
otros	

7.6. Si la familia contribuyó con dinero en efectivo para la ejecución del sistema de agua. ¿cuánto pago?

	USD
Cantidad	

FIRMA DEL PROPIETARIO

ANEXO 4

ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS



Ministerio de Transporte
y Obras Públicas

Memorando Nro. MTOP-GET-2022-239-ME

Quito, D.M., 21 de octubre de 2022

PARA: Srta. Mgs. Mariella Fernanda Zambrano Valverde
Especialista en Estructuras

ASUNTO: REPORTE DE ENSAYOS DE CLASIFICACION SUCS DE 3
MUESTRAS DE SUELO, EN EL LABORATORIO DEL MTOP PARA
APOYO A LA INVESTIGACIÓN DE TESISISTA.

En atención a la sumilla inserta bajo memorando Nro. MTOP-GICDA-2022-5137-EXT de fecha 17 de agosto del 2022, mediante el que se solicita la ejecución de ensayos de laboratorio como clasificación SUCS de tres muestras de suelo y un corte directo, que servirán para el desarrollo del trabajo de titulación denominado: "DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD JARUNGO, LOCALIZADA EN LA PARROQUIA CHILLANES, CANTON CHILLANES", al respecto debo indicar que se ha procedido con la ejecución de los ensayos de caracterización de suelo de las tres (3) muestras de suelo, sin embargo, el ensayo de corte directo queda pendiente hasta que los solicitantes dispongan de tiempo para la ejecución del mismo, por cuanto, el Laboratorio de Suelos y Materiales del MTOP facilita los equipos y sus instalaciones para que el requirente haga uso del mismo.

Por lo antes expuesto, sírvase encontrar adjunto los resultados de las tres (3) clasificaciones SUCS, los mismos que solicito sean remitidos a los tesisistas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Ing. Mariela Jahaira Macías Parraga
EXPERTA EN GEOTECNIA

Referencias:
- MTOP-GICDA-2022-5137-EXT

Anexos:
- clasificacion_sucs20102022.pdf

gs



Firmado electrónicamente por:
**MARIELA JAHAIRA
MACIAS PARRAGA**

Dirección: Av. Juan León Mera N26-220 y Av. Orellana.
Código postal: 170522 / Quito Ecuador
Teléfono: 593-2-3974600 - www.cobraspublicas.gob.ec

Documento firmado electrónicamente por Quiplus





Ministerio de Transporte
y Obras Públicas

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO :	AGUA DE CONSUMO HUMANO	PERFORACION:	A1	FECHA:	sep-22
OBRA :	Poroyecto de Tesis	MUESTRA :	A1	ENSAYADO:	E. Alvarado
LOCALIZACIÓN	CANTON CHILLANES	PROFUNDIDAD:	1,20 m:	ABSCISA :	

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
< N°4					
N°8					
N°10		2,67	2	98	
N°40		6,09	5	95	
N°50					
N°100					
N°200		19,29	14	86	
< N°200		114,21	86		
TOTAL					

tara 0,00
 tara + S humedc 133,50 CUARTEO(PESO)
 P. HUM. 133,50 P. SECO 133,50 grms
 DESPUES 19,29 grms

GRAVA 0 %
 ARENA 14 %
 FINOS 86 %

	HUMEDAD NATURAL:	20,43 %
CLASIFICACION:	LIMITE LIQUIDO:	49,31 %
SUCS	MH	INDICE PLASTICO: 9,81
AASTHO	A-5	INDICE DE GRUPO: 9,9

Responsable

Tec. Estuardo Alvarado
 Laborarista del Laboratorio de Suelos y Materiales del MTOP

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A9	----	82,96	71,37	11,91	19,49	20,43
AA	----	79,25	67,41	12,00	21,37	

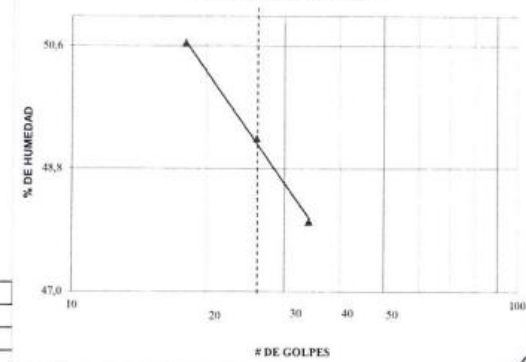
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

FCL	N°	PESO	PESO	PESO	%	
FCL	34	20,72	15,88	5,80	48,02	
LAS	26	21,30	16,25	5,99	49,22	
GP	18	21,80	16,42	5,79	50,61	
						49,31

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

C7	N°	PESO	PESO	PESO	%
C7	----	14,68	12,24	6,08	39,61
F102	----	15,04	12,50	6,01	39,14
C39	----	15,31	12,67	6,03	39,76

HUMEDAD vs # DE GOLPES.





Ministerio de Transporte
y Obras Públicas

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : AGUA DE CONSUMO HUMANO	PERFORACION: A2	FECHA: abr-22
OBRA :	MUESTRA : A2	ENSAYADO: E. Alvarado
LOCALIZACIÓ CANTON CHILLANES	PROFUNDIDAD: 1,70 m:	ABSCISA :

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"		-	-	100	
1"		-	-	100	
¾"		-	-	100	
½"		-	-	100	
⅜"		-	-	100	
N°4		-	-	100	
< N°4					
N°8					
N°10	0,29		0	100	
N°40	1,76		2	98	
N°50					
N°100					
N°200		14,03	13	87	
< N°200		96,46	87		
TOTAL					

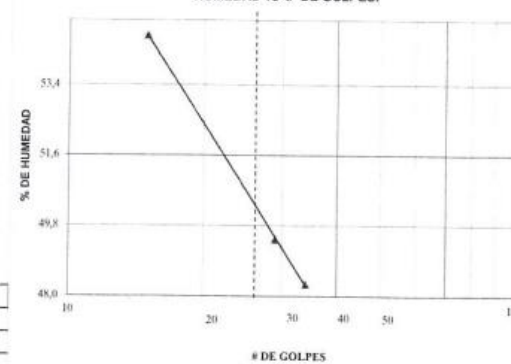
tara 0,00
 tara + S humedc 110,49 CUARTEO(PESO)
 P. HUM. 110,49 P. SECO 110,49 grms
 DESPUES 14,03 grms

GRAVA 0 %
 ARENA 13 %
 FINOS 87 %

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
E6	----	81,69	62,94	11,97	36,79	37,23
3	----	86,34	66,02	12,07	37,66	
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
17	34	18,13	14,14	5,88	48,31	
NN	29	19,23	14,85	5,99	49,44	
P3	15	19,74	14,88	5,98	54,61	
						50,64
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
1	----	9,66	8,67	5,86	35,23	
29	----	9,35	8,49	6,08	35,68	35,42
P3	----	9,72	8,72	5,89	35,34	

HUMEDAD vs # DE GOLPES.



	HUMEDAD NATURAL:	37,23 %
CLASIFICACION:	LIMITE LIQUIDO:	50,64 %
SUCS	MH	INDICE PLASTICO: 15,22
AASTHO	A-7-5	INDICE DE GRUPO: 12,2

Responsable

Tec. Estuardo Alvarado
 Laboralista del Laboratorio de Suelos y Materiales del MTOP





Ministerio de Transporte y Obras Públicas

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO :	AGUA DE CONSUMO HUMANO	PERFORACION:	A3	FECHA:	abr-22
OBRA :		MUESTRA :	A3	ENSAYADO:	E. Alvarado
LOCALIZACIÓN :	CANTON CHILLANES	PROFUNDIDAD:	2,20 m:	ABSCISA :	

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"		-	-	100	
1"		-	-	100	
3/4"		-	-	100	
1/2"		-	-	100	
3/8"		-	-	100	
N°4		-	-	100	
< N°4					
N°8					
N°10		-	-	100	
N°40		1,11	1	99	
N°50					
N°100					
N°200		10,83	9	91	
< N°200		112,80	91		
TOTAL					

tara 0,00
 tara + S humedo 123,63 CUARTEO(PESO)
 P. HUM. 123,63 P. SECO 123,63 grms
 DESPUES 10,83 grms

GRAVA 0 %
 ARENA 9 %
 FINOS 91 %

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
PO	----	83,03	62,70	11,61	39,79	39,79
EF	----	85,50	64,54	11,85	39,78	

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)

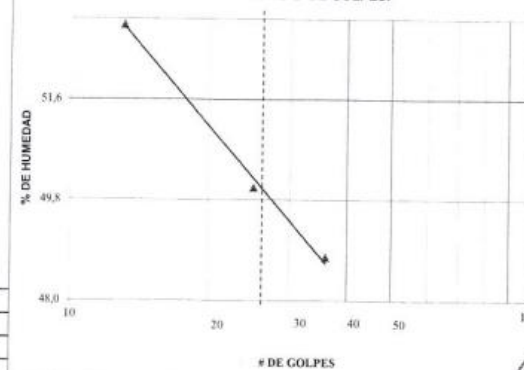
F26	36	21,11	16,16	6,01	48,77	
P7	25	21,55	16,43	6,19	50,00	
O-E	13	20,28	15,34	6,00	52,89	

50,16

LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)

FF	----	10,45	9,23	5,89	36,53	
PP	----	10,79	9,52	5,94	35,47	35,79
A60	----	10,82	9,54	5,92	35,36	

HUMEDAD vs # DE GOLPES.



CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	39,79 %
SUCS	MH	LIMITE LIQUIDO:	50,16 %
AASTHO	A-7-5	INDICE PLASTICO:	14,37
		INDICE DE GRUPO:	11,8

Responsable

Tec. Estuardo Alvarado
 Laborarista del Laboratorio de Suelos y Materiales del MTOP





PUCE

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICA

INFORME DE ENSAYO

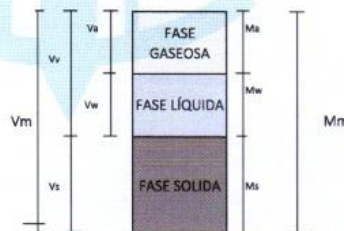
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : Agua de consumo humano, Comunidad Jacungo SOLICITADO POR : Andy Salazar
 LOCALIZACIÓN : Chillanes - Bolívar FISCALIZACIÓN :
 MUESTRA : Tomada por el Cliente CONTRATISTA :
 NORMA : ASTM D 7263 FECHA DE INGRESO : 2022-10-18
 DESCRIPCIÓN : Muestra A1 FECHA DE ENTREGA : 2022-10-24
 SONDEO N° : ORDEN DE TRABAJO N° : 4454 S
 PROFUNDIDAD : 0,50 -1,20 m HOJA : 1 de 2

A = Masa de la muestra en el aire = 32,37 gr
 B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 39,15 gr
 C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 9,84 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0,92 gr/cm³

Vm = 21,94 cm³
 Mmh = 32,37 gr
 W% = 11,60 %
 Gs Asum. = 2,70
 Ms = 29,01 gr
 γ_{HUMEDA} = 1,48 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1,32 gr/cm³
 Mw = 3,36 gr
 Vs = 10,74 cm³
 Vw = 3,36 cm³
 Vv = 11,20 cm³
 Va = 7,83 cm³
 e = 1,04
 n% = 51,04 %
 Grado de Saturación % = 30,04 %

Contenido de Humedad (%)		
Peso cápsula (gr.)	18,37	17,80
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	55,41	59,63
Peso cap. + suelo seco (gr.)	51,67	55,16
Contenido de Humedad (%)	11,23	11,96
Contenido de Humedad promedio (%)	11,60	



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Tcgl. José Morán
 RESPONSABLE DEL ENSAYO

Ing. Sebastián Morales
 RESPONSABLE DE ÁREA

Ing. Jorge Albuja, M.Sc.
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
 Telf.: 593 2 299 1529
 Cel.: 098 704 9430
 Quito - Ecuador
 LMC-PUCE@puce.edu.ec
 www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





PUCE

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y GEOTÉCNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICA

INFORME DE ENSAYO

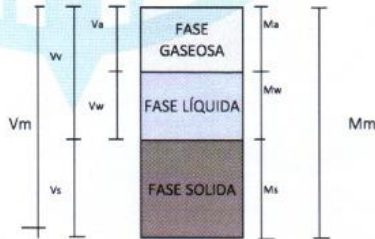
ENSAYO DE RELACIONES FUNDAMENTALES

PROYECTO : Agua de consumo humano, Comunidad Jacungo SOLICITADO POR : Andy Salazar
 LOCALIZACIÓN : Chillanes - Bolívar FISCALIZACIÓN :
 MUESTRA : Tomada por el Cliente CONTRATISTA :
 NORMA : ASTM D 7263 FECHA DE INGRESO : 2022-10-18
 DESCRIPCIÓN : Muestra A2 FECHA DE ENTREGA : 2022-10-24
 SONDEO N° : ORDEN DE TRABAJO N° : 4454 S
 PROFUNDIDAD : 1,20 - 1,70 m HOJA : 2 de 2

A = Masa de la muestra en el aire = 197,93 gr
 B = Masa de la muestra + la parafina en el aire = 209,35 gr
 C = Masa de la muestra + la parafina sumergida = 76,20 gr
 γ_p = Densidad de la parafina = 0,92 gr/cm³

		Contenido de Humedad (%)	
Vm =	120,74 cm ³	Peso cápsula (gr.)	18,23 18,55
Mmh =	197,93 gr	Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	74,87 83,81
W% =	43,97 %	Peso cap. + suelo seco (gr.)	57,70 63,73
Gs Asum. =	2,75	Contenido de Humedad (%)	43,50 44,44
Ms =	137,48 gr	Contenido de Humedad promedio (%)	43,97

γ_{HUMEDA} = 1,64 gr/cm³
 γ_{SECA} = 1,14 gr/cm³
 Mw = 60,45 gr
 Vs = 49,99 cm³
 Vw = 60,45 cm³
 Vv = 70,75 cm³
 Va = 10,29 cm³
 e = 1,42
 n% = 58,59 %
 Grado de Saturación % = 85,45 %



OBSERVACIONES:

- Este informe no puede ser reproducido parcialmente.

Tcgl. José Morán

RESPONSABLE DEL ENSAYO

Ing. Sebastián Morales

RESPONSABLE DE ÁREA



Ing. Jorge Albuja, M.Sc.

DIRECTOR DEL LABORATORIO

Ventimilla y Av. 12 de Octubre
Tel.: 593 2 299 1529
Cel.: 098 704 9430
Quito - Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



Compression Test on Cohesive Soils

Client	Marcelo Salazar	Lab Ref	
Project	Agua de consumo humano Comunidad Jarungo	Job	4454 S
Borehole	Muestra 2 - Prof. 1.20-1.70m	Sample	1
Fecha de Ingreso	18/10/2022	Fecha de Entrega	24/10/2022

Test & Sample Details

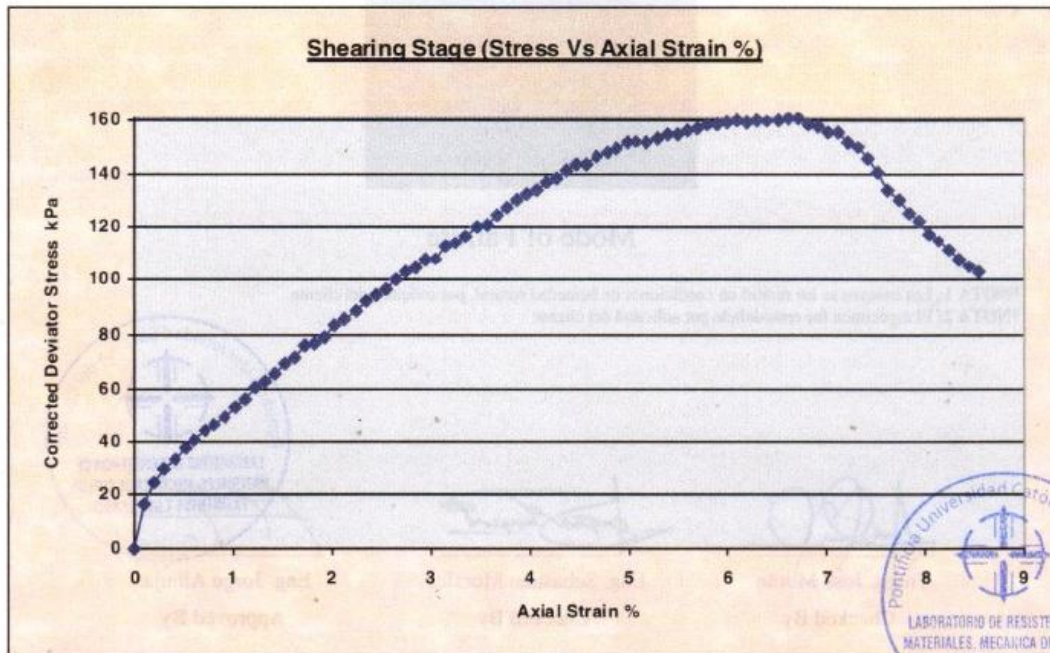
Standard	ASTM D2850-95 / AASHTO T296-94	Sample Depth	1.20 m
Sample Type	Core sample	Sp. Gravity of Solids	2.75
Sample Description	Muestra 2 - Prof 1.20-1.70m	Lab. Temperature	20.0 deg.C
Variations from Procedure	None		

Specimen Details

Specimen Reference	A	Stage Reference	1
Initial Height	100.26 mm	Description	
Initial Diameter	49.87 mm	Depth within Sample	0.00 mm
Initial Dry Unit Weight	13.15 kN/m ³	Orientation within Sample	
Initial Moisture Content*	34.34 %	Preparation	
Void Ratio	1.05	Degree of Saturation	89.75%
Comments			

* Calculated from initial and dry weights of whole specimen

Shearing Stage (Stress Vs Axial Strain %)



Compression Test on Cohesive Soils


Shear Conditions			
Rate of Axial Strain	1.00%/min	Cell Pressure	0.0kPa

Conditions at Failure			
Failure Criterion	Maximum Deviator Stress		
Compressive Strength	160.9 kPa	Major Principal Stress	160.9 kPa
Axial Strain	6.71%	Minor Principal Stress	0.0 kPa
Deviator Stress Correction Applied	0.00kPa	Final Moisture Content	34.34 %
Final Unit Weight	17.66 kN/m ³		

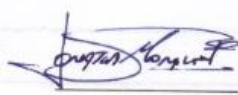


Mode of Failure

*NOTA 1: Los ensayos se los realizó en condiciones de humedad natural, por solicitud del cliente.
*NOTA 2: El espécimen fue remodelado por solicitud del cliente.



Tnlgo. José Morán
Checked By



Eng. Sebastián Morales
Checked By



Eng. Jorge Albuja
Approved By

ANEXO 5

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL AGUA



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-07-01-22-0001
ORDEN DE TRABAJO No. 22-8

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: MORA ENRIQUEZ SHADEN MABEL		DIRECCIÓN: LA RUMIÑAHUI, CALLE DIEGO COCHA N60-10
TELÉFONO/FAX: 022532105	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: PLANTA
IDENTIFICACIÓN: AGUA DE LA VERTIENTE JARUNGO - CHILLONES - BOLÍVAR		CODIGO INICIAL: M1 - F. MUESTREO: 02-01-2022 / HORA: 14:05
<i>Información suministrada por el cliente</i>		
INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 03/01/2022
FECHA DE ANÁLISIS: 03-07/01/2022	FECHA DE ENTREGA: 07/01/2022	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 22-19	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	ARSÉNICO	mg/l	<0,002	± 10,12%	^a PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125
2	CADMIO	mg/l	<0,002	± 10,75%	^a PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125
3	CLORO LIBRE RESIDUAL (CLORO ACTIVO)	mg/l	<0,10	± 9%	^b PEE.LASA.FQ.53 APHA 4500-Cl G DPD
4	COBRE	mg/l	<0,012	± 8,23%	^a PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125
5	COLOR APARENTE	Unidades de Color	<5	± 39%	^a PEE.LASA.FQ.14 APHA 2120 C
6	CROMO TOTAL	mg/l	<0,002	± 8,56%	^a PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125
7	FLUORUROS	mg/l	<0,25	± 18%	^a PEE.LASA.FQ.32 APHA 4500 F D
8	MERCURIO	mg/l	<0,002	± 13,48%	^a PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125
9	N-NITRATOS	mg/l	0,2638	± 36%	^a PEE.LASA.FQ.23 APHA 4500-NO ₃ B
10	N-NITRITOS	mg/l	<0,02	± 24%	^a PEE.LASA.FQ.54 APHA 4500 NO ₂ B
11	pH	Unidades de pH	6,60	± 0,17 Unid. De pH	^a PEE.LASA.FQ.03 APHA 4500 H+ B
12	PLOMO	mg/l	<0,002	± 14,26%	^a PEE.LASA.INS.09 EPA 6020, 6020A, APHA 3125
13	TURBIDEZ	N.T.U	0,44	± 19%	^a PEE.LASA.FQ.08 APHA 2130 B

Los ensayos marcados con * NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.
Los ensayos marcados con (b) NO están incluidos en el alcance de acreditación de A2LA.
Los ensayos marcados con (a) ESTÁN incluidos en el alcance de acreditación de A2LA.

QUIM. PABLO SAAVEDRA
JEFE DE DEPARTAMENTO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos.
Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Pág. 1 de 1

ANEXO 6

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA



INFORME DE RESULTADOS

INF. LASA 07/01/2022 - 0001
ORDEN DE TRABAJO N° 22-8

DATOS DEL CLIENTE

SOLICITANTE: MORA ENRIQUEZ SHADEN MABEL.	DIRECCIÓN: LA RUMIÑAHUI, CALLE DIEGO COCHA N60-10
TELÉFONO: 022532105	TIPO DE MUESTRA: AGUA

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE

IDENTIFICACIÓN: AGUA DE LA VERTIENTE JARUNGO - CHILLONES - BOLÍVAR M1 / F. MUESTREO: 02-01-2022 / HORA: 14:05 <input type="checkbox"/>	PROCEDENCIA: PLANTA
--	----------------------------

DATOS DEL LABORATORIO

MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
FECHA DE RECEPCIÓN: 03/01/2022	FECHA DE ANÁLISIS: 03 AL 07/01/2022	FECHA DE ENTREGA: 07/01/2022
CÓD. MUESTRA: 22-19	REALIZACIÓN DEL ENSAYO: LABORATORIO	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE %U (K=2)	MÉTODOS DE ENSAYO
COLIFORMES FECALES FERMENTACIÓN EN TUBO	NMP/100ml	<1.8	-	PEE.LASA.MB.27 APHA 9221 F Ed 23,2017

<1.8 Ausencia de microorganismos

Mcb. David Bonifaz
JEFE DE DEPARTAMENTO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio
LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio
, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos.
El laboratorio se compromete con la imparcialidad y confidencialidad de la información y los resultados
(La aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com.
Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito

Página 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS

INF-LASA 17/01/2022-0053
ORDEN DE TRABAJO N° 22-8

DATOS DEL CLIENTE			
SOLICITANTE:	MORA ENRIQUEZ SHADEN MABEL.	DIRECCIÓN:	LA RUMIÑAHUI, CALLE DIEGO COCHA N60-10
TELÉFONO:	022532105	TIPO DE MUESTRA:	AGUA
INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE			
IDENTIFICACIÓN:	AGUA DE LA VERTIENTE JARUNGO - CHILLONES - BOLÍVAR M1 / F. MUESTREO: 02-01-2022 / HORA: 14:05 ☐☐	PROCEDENCIA:	PLANTA
DATOS DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR:	SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO:	-
FECHA DE RECEPCIÓN:	03/01/2022	FECHA DE ANÁLISIS:	03 AL 17/01/2022
CÓD. MUESTRA:	22-19	REALIZACIÓN DEL ENSAYO:	LABORATORIO
		NÚMERO DE MUESTRAS:	UNA (1)
		FECHA DE ENTREGA:	17/01/2022

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE %U (K=2)	MÉTODOS DE ENSAYO
CRYPTOSPORIDIUM	AUS-PRES	AUSENCIA	N.A	LAB-GYE-ME-279 BASADO EN STANDART METHODS 9711B :21TH 2005 ⁽²⁾
GIARDIA	AUS-PRES	AUSENCIA	N.A	LAB-GYE-ME-279 BASADO EN STANDART METHODS 9711B :21TH 2005 ⁽²⁾

N.A: No aplica

²Este resultado fue proporcionado por el laboratorio SGS del Ecuador S.A. que está acreditado por SAE LEN 06-003 SEGÚN LO ESTABLECIDO EN EL CR GA 04 Criterios de símbolo y su referencia a la condición de acreditación.



Mcb. David Bonifaz
JEFE DE DEPARTAMENTO

Prohibida la reproducción parcial o por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio
LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio
, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos.
El laboratorio se compromete con la imparcialidad y confidencialidad de la información y los resultados
(La aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com.
Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito

Página 2 de 2

ANEXO 7

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA





