

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

"Diseño del sistema de captación, conducción y almacenamiento de cuatro fuentes hídricas pertenecientes a la comunidad de Tiliví ubicado en la Parroquia Pasa, Provincia Tungurahua"

Trabajo de titulación, Modalidad proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Autor: Valeria Lissette Pico Ruíz

Tutor: Ing. Fidel Alberto Castro Solorzano Mg.

AMBATO - ECUADOR

Junio 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **"Diseño del sistema de captación, conducción y almacenamiento de cuatro fuentes hídricas pertenecientes a la comunidad de Tiliví ubicado en la Parroquia Pasa, Provincia Tungurahua"** elaborado por el estudiante Valeria Lissette Pico Ruiz, portador de la cédula de ciudadanía número 1805242011, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Junio 2025

.....

Ing. Fidel Alberto Castro Solorzano Mg.

C.C:

TUTOR

Escaneado con CamScanner

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Valeria Lissette Pico Ruiz,** con C.C. 1805242011 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente proyecto técnico con el tema: **"Diseño del sistema de captación, conducción y almacenamiento de cuatro fuentes hídricas pertenecientes a la comunidad de Tiliví ubicado en la Parroquia Pasa, Provincia Tungurahua"** así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Junio 2025

.....

Valeria Lissette Pico Ruiz

C.C: 1805242011

AUTORA

Scanned with CamScanner

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto técnico parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Junio 2025

.....

Valeria Lissette Pico Ruiz

C.C: 1805242011

AUTORA

Scanned with CamScanner

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto técnico, realizado por el estudiante **Valeria Lissette Pico Ruiz**, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **"Diseño del sistema de captación, conducción y almacenamiento de cuatro fuentes hídricas pertenecientes a la comunidad de Tiliví ubicado en la Parroquia Pasa, Provincia Tungurahua".**

Ambato, Junio 2025

Para constancia firma:

Ing. Galo Wilfrido Nuñez Aldas Mg.
C.C.: 1802229227
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Danny German Muyulema Muyulema Mg.
C.C.:1804015392
MIEMBRO CALIFICADOR

Escaneado con CamScanner

DEDICATORIA

Con gratitud y esfuerzo, dedico este proyecto a Dios y a la Virgen, quienes en cada paso me han brindado fortaleza y valentía cada día. Agradezco a todas las personas que me han acompañado en este arduo trabajo de estudio y dedicación, superando momentos difíciles con perseverancia.

Finalmente, me dedico este logro, por cada velada, por cada día de trabajo y estudio, sin rendirme ante las dificultades. A la niña interior valiente que nunca se rindió hasta alcanzar este tan anhelado objetivo.

Con amor, Valeria.

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a Dios y a la Virgen, por haberme acogido en los momentos más difíciles, por ser mi guía constante a lo largo de este proceso universitario y por escuchar cada una de mis plegarias cuando el camino se tornaba difícil.

A mis padres, Mary y Roberth, a mis hermanos Marilyn (+), Steven, Shirley y Romina por ser motivo de inspiración, fortaleza y coraje en los momentos de adversidad. a seguir adelante como hija y hermana mayor.

A María, mi más sincero agradecimiento por haberme guiado en un momento crucial de mi vida. En aquella etapa de incertidumbre, cuando no sabía qué camino tomar, sus palabras fueron fundamentales. Gracias a su consejo claro, honesto y lleno de fe en mis capacidades, definió mi rumbo académico el cual, encendió en mí una vocación que hoy me llena de orgullo.

A aquella persona que me acompañó en medio de este camino que, con su apoyo y amor desinteresado, su compañía y palabras oportunas de aliento a lo largo de este proceso representó un soporte invaluable, brindado con generosidad y compromiso.

A mis futuros colegas que compartieron momentos de risa, nostalgia y noches de desvelo, Jenny, Diego, Briggite, Alexis, Gabriel; a Michelle por brindarme su compañía y palabras de apoyo, su presencia hizo este camino más llevadero.

A los docentes: Margarita Mayacela, Fidel Castro, Galo Nuñez, por su guía constante y por su exigencia académica, que contribuyeron significativamente a mi formación personal y profesional.

Finalmente, me agradezco a mí misma, por no rendirme, agradezco mi valentía, por seguir adelante incluso cuando el dolor parecía insoportable y todo dentro de mí pedía rendirse. Reconozco el esfuerzo que hice para buscar siempre una forma de salir adelante, incluso en medio de limitaciones, porque cada decisión, cada sacrificio y cada desvelo me acercaron un paso más a esta meta. Hoy me abrazo con orgullo, porque no fue fácil, pero lo logré.

Con cariño, Valeria.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PORTADA……..i
APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO viii
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE TABLAS xiii
ÍNDICE DE ANEXOS xvii
SIGLAS, AGRÓNIMOS Y ABREVIATURAS xviii
RESUMEN EJECUTIVO xix
ABSTRACT xx
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1
I. JUSTIFICACIÓN 1
II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS 2
III. OBJETIVOS 7
A. OBJETIVO GENERAL 7
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 8
I. EQUIPOS Y MATERIALES 8
II. MÉTODOS 9
A. FASE 1 9
1) Método RTK (Real Time Kinematic) 10
B. FASE 2 11
1) Altura piezométrica 11

2) Cota piezométrica 12
3) Cota del proyecto 12
4) Longitud Parcial 12
5) Longitud Acumulada 13
6) Gradiente topográfica 13
7) Método Volumétrico 13
8) Velocidad de diseño. 14
9) Determinación del Diámetro. 14
10) Verificación de velocidad 15
11) Standard Dimension Ratio 16
12) Número de Reynolds 16
13) Rugosidad absoluta 16
14) Colebrook y White 17
15) Método de Hazen Williams 18
16) Pérdidas de cargas acumuladas 19
17) Presión estática 19
18) Tramos de tubería 20
19) Diseño por Golpe de Ariete 20
20) Valor absoluto de la diferencia entre velocidades en régimen permanente 20
C. FASE 3 21
1) Análisis de calidad del agua 21
2) Método de Ósmosis Inversa 23
3) Método de luz ultravioleta 24
4) Método de filtración. 24
5) Diseño de la estructura básica de la planta de purificación de agua 25
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 26
I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 26

D. FASE 1 26
B. FASE 2 27
1) Altura piezométrica 27
2) Cota piezométrica 28
3) Cota del proyecto 29
4) Longitud parcial 29
5) Longitud acumulada 30
6) Gradiente topográfica 30
7) Método Volumétrico 31
8) Velocidad de diseño. 42
9) Determinación del Diámetro. 42
10) Verificación de velocidad 43
11) Standard Dimension Ratio 44
12) Número de Reynolds 45
13) Rugosidad absoluta 45
14) Colebrook y White 46
15) Método de Hazen Williams 46
16) Pérdidas de cargas acumuladas 47
17) Presión estática 47
18) Tramos de tubería 48
19) Diseño por Golpe de Ariete 48
20) Valor absoluto de la diferencia entre velocidades en régimen permanente 48
21) Diseño de tubería y tanque de almacenamiento de agua. 49
C. FASE 3 53
1) Diseño de la estructura donde se ubicará la planta. 56
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75
I. CONCLUSIONES 75

II. RECOMENDACIONES 76

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

ANEXOS 81

I. ANEXO 1: Resultados del análisis del agua en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Pública EP-EMAPA-A. 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diálogos con los habitantes del sector donde están ubicadas las vertientes. 9
Figura 2. Levantamiento topográfico con RTK. 10
Figura 3. Medición de caudal. 11
Figura 4. Toma de muestras de las vertientes para el análisis. 21
Figura 5. Esquema básico del método de osmosis inversa. 24
Figura 6. Ubicación del Cabildo Tiliví. 26
Figura 7. Sector Tiliví. 27
Figura 8. Detalle de cámara de ingreso de caudal de las vertientes 51
Figura 9. Detalle de cámara de unión de caudales de vertiente. 52
Figura 10. Detalle de tanque de almacenamiento. 52
Figura 11. Esquema de planta de embotellamiento de agua. 55
Figura 12. Detalle de columna. 62
Figura 13. Detalle de vigas. 65
Figura 14. Detalle de zapata - plinto 74
Figura 15. Detalle de acero en paredes internas y externas del tanque de almacenamiento de agua 88
Figura 16. Detalle de acero cúpula. 90
Figura 17. Detalle de acero losa de piso. 92
Figura 18. Diseño de tanque de almacenamiento de agua. 92
Figura 19. Bomba Multietapa Trifásica 20 HP. 94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. RUGOSIDAD ABSOLUTA EN TUBOS COMERCIALES 17

TABLA II. COEFICIENTE DE CHOW 19

TABLA III. REQUISITOS FÍSICOS PARA EL AGUA PURIFICADA ENVASADA Y AGUA PURIFICADA MINERALIZADA ENVASADA 22

TABLA IV. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA EL AGUA PURIFICADA ENVASADA Y EL AGUA PURIFICADA MINERALIZADA ENVASADA 22

TABLA V. RESUMEN DE LAS ALTURAS PIEZOMÉTRICAS 28

TABLA VI. RESUMEN DE LAS COTAS PIEZOMÉTRICAS 28

TABLA VII. RESUMEN DE LA COTA DEL PROYECTO 29

TABLA VIII. LONGITUDES PARCIALES 29

TABLA IX. LONGITUD ACUMIULADA POR VERTIENTE. 30

TABLA X. LONGITUD ACUMIULADA TOTAL 30

TABLA XI. RESUMEN DE GRADIENTES TOPOGRÁFICAS 31

TABLA XII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025 32

TABLA XIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025 32

TABLA XIV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025 33

TABLA XV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025 33

TABLA XVI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 33

TABLA XVII. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 34

TABLA XVIII. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 1 34

TABLA XIX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025 34

TABLA XX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025 35

TABLA XXI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025 35

TABLA XXII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025 35

TABLA XXIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 36

TABLA XXIV. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 36

TABLA XXV. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 2 36

TABLA XXVI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025 37

TABLA XXVII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025 37

TABLA XXVIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025 37

TABLA XXIX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025 38

TABLA XXX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 38

TABLA XXXI. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 38

TABLA XXXII. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 3 39

TABLA XXXIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025 39

TABLA XXXIV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025 39

TABLA XXXV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025 40

TABLA XXXVI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025 40

TABLA XXXVII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 40

TABLA XXXVIII. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025 41

TABLA XXXIX. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 4 41

TABLA XL. RESUMEN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE LOS CAUDALES EXISTENTES DE LAS 4 VERTIENTES 41

TABLA XLI. DIÁMETROS DE TUBERÍAS 43

TABLA XLII. CÁLCULO DE PRESIONES ESTÁTICAS 48

TABLA XLIII. DATOS 49

TABLA XLIV.CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA Y ALTURAS PEZOMTRICAS 49

TABLA XLV. DATOS DE DIÁMETRO EN m, mm y cm. 50

TABLA XLVI. DATOS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL 50

TABLA XLVII. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA 51

TABLA XLVIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA VERTIENTE MADRE 53

TABLA XLIX. DATOS PARA EL DISEÑO VERTIENTE 3L 56

TABLA L. TIPO DE ACERO 56

TABLA LI. SECCIÓN DE COLUMNA 56

TABLA LII. VALOR TEÓRICO DE DISEÑO RECOMENDADO 57

TABLA LIII. PROPIEDADES MECÁNICAS 57

TABLA LIV. DATOS ARQUITECTÓNICOS 60

TABLA LV. RESUMEN DE CARGAS 60

TABLA LVI. TIPO DE ACERO 62

TABLA LVII. SECCIÓN DE VIGA 62

TABLA LVIII. PROPIEDADES MECÁNICAS 62
TABLA LIX. DATOS ARQUITECTÓNICOS 65
TABLA LX. DATOS ARQUITECTÓNICOS 66
TABLA LXI. DATOS ARQUITECTÓNICOS 66
TABLA LXII. DATOS 67
TABLA LXIII. DIMENSIONES FINALES ZAPATA AISLADA 68
TABLA LXIV. REVISIÓN FINAL DE ZAPATA 69
TABLA LXV. REVISIÓN FINAL DE ZAPATA 69
TABLA LXVI. CORTANTE 70
TABLA LXVII. PUZONAMIENTO 71
TABLA LXVIII. APLASTAMIENTO 72
TABLA LXIX. FLEXIÓN 73
TABLA LXX. DATOS BASE DEL DISEÑO 82
TABLA LXXI. DATOS DEL TANQUE 83
TABLA LXXII. DATOS GEOMÉTRICOS DEL TANQUE 83
TABLA LXXIII. DATOS SÍSMICOS 84
TABLA LXXIV. CÁLCULO DE PESOS 84
TABLA LXXV. CÁLCULO DE PESOS 86
TABLA LXXVI. ACERO VERTICAL 87
TABLA LXXVII. CÚPULA 88
TABLA LXXVIII. ACERO DE CÚPULA 90
TABLA LXXIX. ACERO LOSA DE PISO 91

ÍNDICE DE ANEXOS

I. ANEXO 1: Resultados del análisis del agua en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Pública EP-EMAPA-A. 81

II. ANEXO 2: Diseño de tanque de almacenamiento. 82

III. ANEXO 3: Cálculo de bomba. 92

IV. ANEXO 4: Planos del levantamiento topográfico georreferenciado, planos del diseño estructural de la planta, planos del diseño de tubería de almacenamiento y planos de la propuesta del tanque de almacenamiento. 94

V. ANEXO 5: Presupuesto de l Proyecto. 104

SIGLAS, AGRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

GPS	Sistema de Navegación basado en satélites en órbita sobre la Tierra
RTK	Real Time Kinematic
Q	Caudal (m^3/s)
V	Volumen (m^3)
T	Tiempo (s)
Vd	Velocidad de diseño (m/s)
A	Área (m^2)
D	Diámetro (m o mm)
hf	Pérdida de carga
C	Coeficiente de rugosidad
NTE	Normas Técnicas Ecuatorianas
INEN	Instituto Ecuatoriano Normalizado
ISO	International Organization for Standardization (Inglés) Organización Internacional de Normalización (Español)
UV	Radiación ultravioleta

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo el diseño de un sistema de captación, conducción, almacenamiento y purificación de agua proveniente de cuatro vertientes naturales ubicadas en la comunidad de Tiliví, parroquia Pasa, provincia de Tungurahua, con el fin de optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico para el consumo humano.

Por lo que se ejecutó en tres fases las mismas que fueron la georreferenciación de las fuentes hídricas, el diseño del sistema de captación y la propuesta de una planta de purificación con el diseño estructural de la planta. Se usó una metodología de tipo cuantitativa y cualitativa, ejecutándose en tres fases: levantamiento topográfico mediante tecnología RTK, medición de caudales con el método volumétrico durante 30 días, y análisis físico-químicos y microbiológicos del agua, conforme a la norma INEN 2200.

Los resultados determinaron que las vertientes presentan caudales promedio suficientes para el abastecimiento (destacando la vertiente 4 con 2.48 L/s), aunque se detectó contaminación microbiológica en al menos una fuente, justificando el diseño de un sistema de purificación con ósmosis inversa, radiación UV y ozonificación. Finalmente, se diseñó estructuralmente un tanque de almacenamiento y una planta con perfiles metálicos y elementos de hormigón, cumpliendo con las normativas AISC 360-16 y NEC. Se concluye que el sistema propuesto es técnica y estructuralmente viable, y representa una solución sostenible que mejora el acceso al agua segura, impulsa la economía local y puede replicarse en otras comunidades rurales del país.

PALABRAS CLAVES: SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, PURIFICACIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to design a system for collecting, conveying, storing, and purifying water from four natural springs located in the community of Tiliví, Pasa parish, Tungurahua province, in order to optimize the use of water resources for human consumption. It was carried out in three phases: georeferencing of water sources, design of the collection system, and proposal for a purification plant with the structural design of the plant. A quantitative and qualitative methodology was used, carried out in three phases: topographic survey using RTK technology, flow measurement using the volumetric method for 30 days, and physical-chemical and microbiological analysis of the water, in accordance with INEN 2200. The results determined that the springs have sufficient average flow rates for supply (notably the slope 4 spring with 2.48 L/s), although microbiological contamination was detected in at least one source, justifying the design of a purification system with reverse osmosis, UV radiation, and ozonation. Finally, a storage tank and a plant with metal profiles and concrete elements were structurally designed, complying with AISC 360-16 and NEC standards. It is concluded that the proposed system is technically and structurally viable and represents a sustainable solution that improves access to safe water, boosts the local economy, and can be replicated in other rural communities in the country.

KEY WORDS: COLLECTION, CONVEYANCE, PURIFICATION SYSTEM, STORAGE TANK.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

I. JUSTIFICACIÓN

La ausencia de sistemas hidráulicos que permiten la recolección de agua para el tratamiento y la distribución de este recurso ha impedido a varias comunidades de la sociedad el aprovechamiento de este líquido vital, por esto, es indispensable el diseño de sistemas integrales que optimice el uso de este recurso hídrico, utilizando las normativas técnicas para lograr un diseño adecuado y funcional de estos sistemas, permitiendo un mejor acceso y gestión de dicho recurso.

Desde un punto de vista social, el acceso al agua mejora significativamente la calidad de vida de los habitantes en la sociedad, especialmente en las áreas rurales donde este recurso suele ser limitado por varias razones. Por otro lado, en el ámbito económico, el diseño de la creación de una planta de agua purificada abrirá oportunidades de empleo local, generando ingresos que pueden ser invertidos en proyectos comunitarios, asegurando la sostenibilidad financiera de varios lugares de dicha población.

En la parroquia Pasa, provincia de Tungurahua, se identifican cuatro fuentes hídricas pertenecientes a la comunidad de Tiliví, las cuales presentan un importante caudal y calidad suficiente para el consumo humano. Sin embargo, estas fuentes no están siendo utilizadas de manera eficiente, lo que genera un desperdicio significativo del recurso hídrico. Este problema se agrava debido a la falta de infraestructuras adecuadas para su captación, conducción y almacenamiento, lo que limita su aprovechamiento para satisfacer las necesidades de la comunidad local. [1, 2]

La implementación de un sistema de captación, conducción, almacenamiento, destinada al embotellamiento de agua en la comunidad de Tiliví ayuda a la fomentación económica y ambiental, ya que este proyecto permitirá reducir el desperdicio de este recurso hídrico que emanan de vertientes en el sector, promoviendo su uso sostenible de manera adecuada, cumpliendo las normativas vigentes en el país, además la ausencia de este sistema impide que la comunidad genere ingresos, limitando su aprovechamiento para satisfacer las necesidades de la comunidad local.

Además, la ausencia de un sistema de embotellamiento impide que la comunidad Tiliví pueda generar ingresos mediante la comercialización del recurso, desaprovechando un mercado potencial que podría contribuir al fortalecimiento de su economía. Esto resalta la necesidad de diseñar e implementar un sistema integral que no solo optimice el uso del recurso hídrico, sino que también cumpla con los estándares de calidad y normativas técnicas internacionales, como el ACI 350-16 para estructuras hidráulicas y la INEN 1108:2020 para agua potable. [3, 4]

La implementación de un sistema de captación, conducción, almacenamiento y embotellamiento para las fuentes hídricas de la comunidad Tiliví se fundamenta en varios aspectos. En primer lugar, desde una perspectiva ambiental, este proyecto permitirá reducir el desperdicio del recurso hídrico, promoviendo su uso sostenible. [5]

Desde un punto de vista social, el acceso al agua potable en la parroquia Pasa mejorará significativamente la calidad de vida de los habitantes, especialmente en áreas rurales donde este recurso es limitado. En el ámbito económico, la creación de una planta de tratamiento y embotellamiento abrirá oportunidades de empleo local y generará ingresos que podrán ser reinvertidos en proyectos comunitarios, asegurando así la sostenibilidad financiera del sistema [6].

Por otro lado, el cumplimiento de normativas internacionales y locales garantizará la seguridad estructural y operativa del sistema. La integración de tecnologías modernas de tratamiento y almacenamiento permitirá ofrecer un producto de alta calidad, acorde con las exigencias regulatorias, como el ANSI/AISC 360-16 y las directrices del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). [7, 8]

En definitiva, este proyecto representa una solución integral para aprovechar de manera eficiente los recursos hídricos de la comunidad Tiliví, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región y sentando un precedente para iniciativas similares en otras comunidades rurales. [9]

II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Desde el inicio de la sociedad la humanidad ha dependido de un líquido vital denominado agua, este recurso es indispensable para los seres humanos por lo tanto siempre han buscado la manera de estar cerca de esta fuente, en este contexto es fundamental entender la importancia de la captación y almacenamiento de agua en estas comunidades, la línea de conducción y el tanque de almacenamiento es esencial para asegurarnos suministro constante y seguro de agua potable de esta manera no solo mejora la calidad del agua disponible sino que también optimiza su uso en actividades diarias para la sociedad. [10]

En otras palabras, el agua como recurso hídrico es esencial para los seres vivos, de esta manera el 2.5% del agua dulce presente en el planeta se encuentra en lagos, ríos y glaciares, lo que se convierte en una fuente vital para la vida, debido a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que la hacen indispensable para la sociedad. No obstante, este limitado porcentaje representa un desafío significativo para el ser humano, por lo tanto, es crucial implementar

estrategias que permitan una captación adecuada de este recurso para su aprovechamiento, de modo que garantice un suministro sostenible y suficiente de agua para las comunidades que la requieren. [11]

Por otra parte, este líquido vital que es proveniente de fuentes superficiales y subterráneas, generada principalmente por las precipitaciones en los páramos, constituye un recurso natural de gran valor. No obstante, es fundamental enfocarse en la captación adecuada de estas fuentes, ya que representan una alternativa efectiva y segura para el abastecimiento de agua destinada al consumo humano. Debido a su importancia, desde el año 1982, la Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (IRCSA, por sus siglas en inglés) ha impulsado el desarrollo y aplicación de sistemas de abastecimiento de agua potable, con el propósito de fomentar un uso eficiente y responsable de este recurso vital. Estas iniciativas permiten aprovechar el agua de lluvia de manera sostenible y con beneficios significativos para las comunidades. [12]

El abastecimiento de agua potable comprende una serie de procesos esenciales que incluyen la captación, el tratamiento y la distribución de este recurso, ya sea través de tuberías o mediante su presentación embotellada. Por lo tanto, resulta indispensable contar con estaciones de tratamiento o redes de distribución que cumplan con los estándares de calidad establecidos para el consumo humano, por lo que es fundamental llevar a cabo análisis periódicos que garanticen la seguridad y calidad de este recurso. [13]

Un claro ejemplo es la Organización Panamericana de la Salud, la cual establece que el agua es fundamental para la salud de las poblaciones, por lo tanto, es necesario prevenir enfermedades a causa de este recurso, por esto es necesario realizar pruebas para determinar el estado en el que se encuentra el agua, estas pruebas deben tener el resultado de los siguientes parámetros: alcalinidad, conductividad, color, dureza, pH, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, turbiedad, sulfatos. Este estudio evidenciará en qué estado se encuentra el agua, si es apta para el consumo o viceversa, en caso de que no se encuentre apta se debe realizar el mejoramiento de esta con ensayos que establecen la norma NTE INEN 1108-2020, la cual establece los parámetros necesarios para obtener agua en óptimas condiciones para el consumo humano. [14]

La calidad del agua potable está determinada por diversos factores, entre ellos su fuente de origen, el tratamiento químico al que es sometida y el sistema de distribución que utiliza. Estos aspectos influyen directamente en su composición, contenido de minerales y en su aceptación sensorial por parte de los consumidores. Estudios realizados en países como España han demostrado que la presencia de minerales disueltos, tales como bicarbonatos, sulfatos y

calcio, puede alterar el sabor del agua, influyendo así en la percepción y preferencia del usuario. Debido a estas variaciones, muchas personas consideran más confiable consumir agua embotellada, buscando mayor seguridad y calidad. [15]

Es necesario resaltar que en América alberga una inmensa riqueza biológica y una gran variedad de ecosistemas, lo que la convierte en un continente lleno de fuentes hídricas. Sin embargo, la falta de prácticas de conservación adecuadas ha puesto en peligro muchos de estos ecosistemas, amenazados por la deforestación, la contaminación y otras actividades humanas. Como consecuencia, es urgente buscar soluciones innovadoras para preservar estos recursos vitales y garantizar el acceso de agua potable para las comunidades que necesitan, una de estas alternativas es el diseño de un sistema hidráulico que permita el aprovechamiento de este recurso. [16]

Las Naciones Unidas han establecido objetivos de desarrollo sostenible (ODS) relacionados con el agua, subrayando la importancia de gestionar de manera eficiente y equitativa los recursos hídricos disponibles para asegurar su acceso a toda la población, especialmente en áreas con escasez de agua. Estos objetivos promueven no solo un acceso justo, sino también la implementación de estrategias para reducir la contaminación del agua, protegiendo así la calidad de este recurso vital. Además, se enfocan en la adopción de medidas que garanticen la seguridad en su uso, priorizando acciones que permitan una gestión sostenible y responsable. De esta forma, los ODS buscan asegurar que el agua, como recurso esencial, esté disponible para todos, al tiempo que se preserva su calidad y se previene su agotamiento en un contexto de creciente demanda global. [17]

La captación de agua potable resulta indispensable para su adecuado aprovechamiento, lo que ha dado lugar a varias alternativas, dentro de estas se destaca el embotellamiento de este recurso vital y por ende a su tratamiento. En Norteamérica, esta práctica se ha consolidado como parte de la industria, impulsada por la creciente demanda comercial debido a la importancia del agua en la vida cotidiana, sin embargo, factores como la escasez de este recurso en varias comunidades, los niveles altos de contaminación y los efectos del cambio climático han contribuido a que el embotellamiento se convierta en una solución relevante dentro del sector industrial, en el 2025 se prevé que el consumo de agua aumente un 50% en países desarrollados y un 18% en aquellos que se encuentran en vías de desarrollo. No obstante, América Latina se destaca como una región comprometida con mejorar la calidad del agua embotellada, buscando garantizar un recurso seguro y de alta calidad para su población. [18]

En el Ecuador, el consumo de agua embotellada ha registrado un aumento significativo debido a la desconfianza generalizada de los consumidores hacia el agua potable proveniente

del grifo. Esta situación ha generado un estímulo adicional para que las plantas purificadoras de agua operen bajo estrictas normas y estándares de calidad, asegurando así un proceso de purificación seguro y apto para el consumo humano. La normativa NTE INEN 1108-2020 garantiza la calidad y seguridad del agua destinada al consumo. Esta regulación asegura que las plantas purificadoras implementen medidas rigurosas para prevenir la contaminación y garantizar que el agua embotellada cumpla con los más altos estándares de calidad. [19]

En el 2019, el Instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador (INEC) presentó un estudio sobre el acceso de saneamiento e higiene. A nivel nacional, el 67.8% de la población utilizaba fuentes de agua tipo A, es decir, tuberías pozos o agua embotellada, todos libres de contaminación fecal. Sin embargo, el 1.9% de la población recibió agua de estas mismas fuentes, con la diferencia que el 21.5% de esta agua de fuentes Tipo A tenía la presencia de contaminación fecal, mientras que el 8.8% dependía de fuentes no protegidas como acequias ríos o pozos poniendo en riesgo su salud y bienestar. [20]

En el 2020, el agua se convirtió en un elemento crucial para el país debido a las amenazas que afectan a la sociedad como esta epidemia la demanda de agua entre la población se incrementó significativamente. Por consiguiente, hubo un aumento notable en el consumo de agua embotellada motivado por la desconfianza de los usuarios hacia el suministro de agua pública. Especialmente en áreas donde obtener este recurso era difícil, la población de manera saludable optó por abastecerse de agua embotellada. [21]

Así mismo, se realizó un análisis de agua en las ciudades de Quevedo y Manabí, dónde se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y evidenciando una leve contaminación. Para este estudio se aplicó la norma NTE INEN 1108-2020. Además, los resultados revelaron diferencias significativas entre las épocas lluviosas y secas, lo que llevó a la conclusión de implementar un tratamiento de potabilización que garantice un consumo seguro del agua en la ciudad. Por lo tanto, la construcción de sistemas hidráulicos que tengan como objetivo principal garantizar que el agua sea apta y segura para el consumo humano, evitando riesgos sanitarios priorizando en la sociedad el acceso sostenible a este recurso vital que resulta indispensable para el desarrollo y bienestar de las comunidades. [22, 23]

En la ciudad de Ambato, se realizó un estudio que reveló un grave deterioro en la calidad del agua del río Ambato, especialmente en los sectores cercanos a sus fuentes hídricas. Este deterioro es principalmente causado por la descarga directa de aguas residuales provenientes de zonas urbanas e industriales que no reciben un tratamiento adecuado. La contaminación resultante de estas actividades representa una amenaza tanto para el entorno natural como para la salud pública. La falta de infraestructura adecuada para el manejo de aguas residuales ha

provocado la acumulación de contaminantes que dificulta la capacidad del río para autodepurarse. Un área crítica es el Parque del Sueño, donde se ha identificado una concentración elevada de residuos líquidos domésticos e industriales. Esta situación afecta directamente la salud de la población y la biodiversidad local, por lo que se requiere la implementación de soluciones sostenibles para restaurar la calidad del agua y garantizar su uso seguro en el futuro. [24]

De este modo, la falta de atención, compromiso y responsabilidad por parte del Estado y de los gobiernos autónomos descentralizados ha llevado a que muchas comunidades del Ecuador busquen alternativas propias para garantizar el acceso al agua. Ante esta situación, varias poblaciones han optado por gestionar proyectos a través de empresas privadas que les permitan asegurar el abastecimiento del recurso hídrico. Un caso representativo es el de la comunidad de Tiliví, donde, gracias a una gestión comunitaria activa, se ha promovido la ejecución de un sistema hidráulico que permite la captación y conducción de cuatro fuentes de agua presentes en el sector. Además, el proyecto contempla un tratamiento adecuado del recurso, con el fin de mejorar su calidad. Este proceso no solo busca satisfacer necesidades básicas, sino también permitir el aprovechamiento del agua mediante su embotellamiento, cumpliendo con las normativas técnicas y los estándares de calidad exigidos por la legislación vigente. [25]

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar el sistema de captación, conducción y almacenamiento de cuatro fuentes hídricas pertenecientes al cabildo Tiliví ubicado en la parroquia Pasa, para el aprovechamiento de la comunidad.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y georreferenciar la ubicación de las cuatro fuentes hídricas, así como la infraestructura básica existente.
- Diseñar el sistema de captación de las vertientes, minimizando pérdidas durante su recolección.
- Proponer el diseño básico de una edificación para el funcionamiento de la planta de purificación de agua para uso de la comunidad.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

I. EQUIPOS Y MATERIALES

Para la respectiva ejecución del proyecto, se dividió en tres fases que fueron identificación y georreferenciación de la ubicación de las fuentes hídricas, el diseño del sistema de captación de las vertientes y proponer el diseño básico de una edificación para un adecuado funcionamiento de la planta de purificación de agua; para lo cual en la fase uno se ejecutó la georreferenciación de las vertientes y el levantamiento de las curvas de nivel del terreno en la comunidad de Tiliví, para lo cual se utilizó el equipo iHand55, un controlador de campo de alta precisión compatible con sistemas GNSS que permite obtener coordenadas en tiempo real mediante el método RTK (Real Time Kinematic) garantizando una localización exacta, cuenta con sistema operativo Android 10, procesador Octa-core de 2.0 GHz, memoria RAM de 2 GB expandible hasta 128 GB, conectividad 4G Dual SIM, WiFi, Bluetooth 4.0, NFC y puerto USB Tipo C con soporte OTG; así como también, permite realizar levantamientos inclinados y es compatible con herramientas de mapeo como Google Maps, servicios OGC y formatos DXF/DWG, lo que optimiza su funcionalidad en campo. Así mismo, se usó un software especializado en el campo de la ingeniería civil para obtener la georreferenciación y levantamiento realizado por el equipo.

Para la segunda fase se utilizó herramientas menores como: cinta métrica pro de 5m marca Stanley, un balde de plástico de 10 litros, 1 cronómetro usando la aplicación del celular Iphone y un programa especializado para el diseño de la estructura menor de captación y la red de conducción del agua de las vertientes, además se usa un software especializado que faciliten la creación detallada de las tuberías destinadas a la captación y transporte del agua como Excel, ETABS, AutoCAD, Civil 3D, entre otros.

Por último, en la tercera fase se realizó estudios de análisis físico químicos y microbiológicos de la calidad del agua para determinar el estado y las características que tiene este líquido vital para lograr determinar un tratamiento, además se diseñará la estructura principal del acopio del agua tratada, estará compuesta por elementos de acero, diseñados de acuerdo con la norma AISC 360-16. Se realizarán análisis de la estructura para determinar las cargas que soportará y seleccionar los perfiles de acero adecuados. Se utilizarán software especializados para modelar y analizar la estructura para garantizar la higiene y la seguridad del producto final.

II. MÉTODOS

Para la ejecución del presente proyecto se diseñó un sistema de captación, conducción y almacenamiento de cuatro fuentes hídricas pertenecientes al cabildo Tiliví, usando una metodología cuantitativa y cualitativa, en la primera se realizó la medición y levantamiento topográfico de la zona del proyecto; así como también, el diseño de la planta y mediante el segundo se estudió la calidad del agua de las vertientes y la estimación de las horas con mayor caudal. Para lo cual se realizó tres fases para cumplir los objetivos específicos planteados, en el primero se realizó un levantamiento topográfico, en el segundo un diseño de captación de las vertientes y por último la propuesta del diseño básico de la edificación de la planta de purificación de agua.

A. FASE 1

En la fase 1 se usó una metodología cuantitativa puesto que se realizó un estudio de precisión topográfica del área en análisis, es decir, el levantamiento topográfico en el que se recopiló datos y se creó una base cartográfica, se usó una metodología cualitativa y descriptiva puesto que se permitió conocer las características físicas del terreno, identificar la ubicación de las vertientes y determinar el punto más alto y bajo del terreno para establecer el flujo natural del recurso hídrico. Se realizó usando técnicas topográficas y tecnológicas de posicionamiento global (GPS). Por otro lado, se mantuvo diálogos con los representantes del cabildo para conocer las condiciones de la zona (Figura 1) y de las vertientes.



Figura 1. Diálogos con los habitantes del sector donde están ubicadas las vertientes.

Fuente: *Autor.*

1) Método RTK (Real Time Kinematic)

La técnica RTK (Real Time Kinematic) constituye un método de posicionamiento satelital de alta precisión, el cual emplea correcciones diferenciales en tiempo real para mejorar significativamente la exactitud de las mediciones obtenidas a través de sistemas GNSS. Esta metodología se basa en la operación simultánea de una estación base, instalada en una ubicación de coordenadas conocidas, y uno o varios receptores móviles denominados rovers. La estación base transmite de manera continua las correcciones necesarias a los receptores móviles, permitiendo así obtener datos de localización extremadamente precisos. Gracias a esta tecnología, se logra determinar con alta fiabilidad la ubicación de las vertientes, así como identificar los puntos de máxima y mínima altitud dentro del área de estudio. [26]

Esta información es esencial para generar las curvas de nivel, calcular las pendientes del terreno y realizar el diseño del sistema de conducción de agua, georreferenciación tanto del lugar como de cada vertiente analizada, puesto que esto permitió analizar si el flujo podrá realizarse de forma natural por gravedad o si será indispensable la implementación de un sistema de bombeo para garantizar su operatividad, facilitando así un diseño hidráulico eficiente y técnicamente fundamentado, permite identificar áreas críticas donde se puede generar perdidas de carga, acumulaciones o necesidades complementarias (Figura 2).



Figura 2. Levantamiento topográfico con RTK.

Fuente: Autor.

Con la información obtenida se realizó el modelado topográfico preciso, que contribuye a la toma de decisiones en la etapa de diseño y asegura que la infraestructura proyectada sea sostenible, económica y adaptada a las condiciones naturales del terreno, con formatos estándar como DXF y DWG que facilitan la integración de los datos en plataformas para la elaboración de planos constructivos.

B. FASE 2

Se recolectó los caudales de las vertientes, mediante una metodología cuantitativa que consiste en una medición volumétrica tomando el tiempo de aforo de un recipiente de 10 litros (Figura 3), cada hora durante 8 horas diarias por 30 días, el caudal fue colocado en un recipiente más grande para determinar la cantidad de caudal que tiene las vertientes en unidades L/s.



Figura 3. Medición de caudal.
Fuente: Autor.

1) Altura piezométrica

La altura piezométrica representa la energía disponible en forma de columna de agua para movilizar el caudal desde el punto de captación o almacenamiento hasta el punto de entrega [1]. Se calcula mediante la ecuación 1.

$$h_p = h_t - z \qquad Ec.1$$

Donde,

h_p = *Altura piezométrica*

h_t= *Cota del tanque de carga*

z = Cota del terreno en el punto analizado

2) Cota piezométrica

La altura piezométrica representa la energía disponible en forma de columna de agua para movilizar el caudal desde el punto de captación o almacenamiento, considerando la ecuación 2. [1].

$$H_p = z + h_p \qquad Ec.2$$

Donde,

H_p = *Cota piezométrica*

z = Cota del terreno en el punto analizado

h_p = *Altura piezométrica*

3) Cota del proyecto

Se refiere a la elevación a la cual se instalará el eje de la tubería a lo largo del trazado. Esta cota se obtiene restando la profundidad de instalación prevista a la cota del terreno natural [1], y se expresa mediante la ecuación 4.

$$h_c = z - d \qquad Ec.4$$

Donde,

h_c = *Cota del proyecto*

z = Cota del terreno en el punto analizado

d = Profundidad de instalación de la tubería

4) Longitud Parcial

La longitud parcial en un proyecto de línea de conducción de agua potable se refiere a la distancia horizontal entre dos puntos consecutivos del trazado, comúnmente determinados a partir del levantamiento topográfico y utilizados en la construcción del perfil longitudinal del terreno y de la tubería. Esta distancia es fundamental para calcular la pendiente, las pérdidas de carga, el volumen de excavación, y el dimensionamiento estructural e hidráulico de la

conducción. La fórmula general para calcular la longitud parcial entre dos puntos se plantea en la ecuación 5.

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \qquad Ec.5$$

Donde,

L = Longitud parcial

x_2 - x_1 = Diferencia de coordenadas horizontales entre dos puntos consecutivos

z_2 - z_1 = Diferencia de cotas o elevaciones entre los mismos puntos

5) Longitud Acumulada

La longitud acumulada es la sumatoria progresiva de todas las longitudes parciales a lo largo del eje del trazado de una línea de conducción, en la ecuación 6.

$$Lac = \sum \mathrm{L} \qquad Ec.6$$

6) Gradiente topográfica

Es una medida que indica la variación vertical del terreno con respecto a la distancia horizontal a lo largo del eje de un proyecto.

$$S = \frac{\Delta_z}{\Delta_x} \qquad Ec.7$$

Donde,

S = Gradiente topográfica o pendiente (adimensional o expresada en %)

Δ_z = Diferencia de elevación entre dos puntos

Δ_x = Diferencia horizontal entre los puntos

7) Método Volumétrico

Consiste en recaudar información del caudal de las vertientes con pequeños aforos, es ideal para la información preliminar en el diseño de sistemas hidráulicos, lo que quiere decir, este procedimiento implica medir el tiempo en el que tarda en llenar un recipiente de volumen conocido, como un balde o tanque de medición. [27].

Se colocó el recipiente en el lugar donde se encuentra el líquido de la vertiente y con la ayuda de un cronómetro se tomó el tiempo en el que tardó en llenarse completamente el recipiente. Posteriormente, se procedió a calcular el caudal aplicando la ecuación 1.

- Fórmula volumen vs tiempo:

$$Q = \frac{V}{t} \qquad Ec.1$$

Donde:
Q= caudal (m^3/s) o (cm^3/s)
V= volumen (m^3)
t= tiempo (s)

8) Velocidad de diseño.

En base a los lineamientos establecidos por la Secretaría del Agua del Ecuador, la velocidad de diseño para el transporte de agua en tuberías varía dependiendo del diámetro del conducto. En el caso específico de tuberías con un diámetro inferior a 500 mm, se aplica el criterio que se detalla a continuación. [28]

$$1m/s \leq Vd \leq 2m/s$$

Donde:
Vd= velocidad de diseño (m/s)

9) Determinación del Diámetro.

Mediante la ecuación 8 se determinó la continuidad del agua que establece la relación entre el caudal, la velocidad de flujo y el área de la sección transversal del tubo, con el caudal requerido y una velocidad de diseño previamente definida, se despeja el diámetro teórico necesario mediante la ecuación 9 y 10. El valor obtenido se compara con los diámetros comerciales disponibles en el país, específicamente en tuberías de material PVC, a fin de seleccionar el que más se aproxima y sea viable para la implementación del proyecto.

- Ecuación de la continuidad.

$$Q = V \times A \qquad Ec.8$$

Donde:

Q= caudal (m^3/s) o (cm^3/s)

V= velocidad (m/s)

A= área (m^2)

- Despejar área (circular).

$$A = \frac{Q}{V} \qquad Ec.9$$

Donde:

Q= caudal (m^3/s) o (cm^3/s)

V= velocidad (m/s)

A= área (m^2)

- Fórmula del diámetro.

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \qquad Ec.10$$

Donde:

D= diámetro de la tubería (m) o (mm)

A= área (m^2)

Una vez determinado estos valores se utilizó el método de Hazen Williams, el cual presenta una formula hidráulica que ayuda al diseño de las tuberías que transportan el agua mediante la ecuación 5 se determinó las pérdidas de carga.

10) Verificación de velocidad

Se verificó la velocidad con la que el caudal ingresó a la cámara de unión de las vertientes puesto que es necesario conocer la velocidad real, por lo que se usó la ecuación 11.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi * d^2}{4}} \qquad Ec.11$$

Donde,

Q = Caudal

A = Área

11) Standard Dimension Ratio

Esta relación es muy importante para definir la clase de presión de la tubería y su comportamiento estructural, mediante la ecuación 12. [1].

$$SDR = \frac{D}{e} \qquad Ec.12$$

Donde,

D = Diámetro interno de la tubería

e = Espesor de la tubería

12) Número de Reynolds

Es un parámetro adimensional que se utiliza para caracterizar el régimen del flujo en sistemas hidráulicos, especialmente en tuberías. Este número permite determinar si el flujo es laminar, transicional o turbulento, lo cual influye directamente en el comportamiento hidráulico del sistema [1].

$$R_e = \frac{VD}{v} \qquad Ec.13$$

Donde,

R_e = Número de Reynolds

V = Velocidad del flujo

D = Diámetro interno de la tubería

v = Viscosidad cinemática del agua

13) Rugosidad absoluta

La rugosidad relativa es un parámetro adimensional utilizado en hidráulica para cuantificar el efecto de la aspereza interna de una tubería en relación con su diámetro hidráulico. Este valor es fundamental en el cálculo del coeficiente de fricción cuando se aplica la fórmula de Darcy-Weisbach, Para efectos de diseño, la rugosidad absoluta se determina con base en los valores empíricos publicados en manuales hidráulicos reconocidos. En este proyecto, dichos valores fueron tomados de la tabla de rugosidades del libro de J. Sotelo [1].

$$\frac{\varepsilon}{D} \qquad Ec.14$$

Donde,

ε = Rugosidad absoluta de la tubería

D = Diámetro interno de la tubería

TABLA I. RUGOSIDAD ABSOLUTA EN TUBOS COMERCIALES

Material	***ε, en mm***
Tubos Lisos	
De vidrio, cobre, latón, madera (bien cepillada), acero nuevo soldado y con una mano interior de pintura; tubos de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico, hule	0.0015
Tubos industriales de latón	0.025
Tubos de madera	0.2 a 1
Hierro forjado	1 a 1.5
Fierro fundido nuevo	1.5 a 3
Fierro fundido, con protección interior de asfalto	0.05
Fierro fundido oxidado	0.15 a 0.3
Fierro fundido, con incrustaciones	2 a 3.5
Fierro fundido, centrifugado	1 a 4
Fierro fundido nuevo, con bridas o juntas de macho y campana	0.15
Fierro fundido usado, con bridas o juntas de macho y campana	0.05
Fierro fundido para agua potable, con bastantes incrustaciones y diámetro de 50 a 125 mm	0.04 a 0.1
Fierro galvanizado	0.15
Acero rolado, nuevo	0.05
Acero laminado, nuevo	0.04 a 0.1
Acero laminado con protección interior de asfalto	0.05

Fuente:*[1].*

14) Colebrook y White

La ecuación de Colebrook y White es una fórmula implícita empleada para calcular el coeficiente de fricción en conductos a presión con flujo turbulento, cuando el régimen se encuentra en la zona de transición o en régimen completamente turbulento [1].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{R_e\sqrt{f}}\right) \qquad Ec.15$$

Donde,

f = Coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach

ε = Rugosidad absoluta de la tubería

D = Diámetro interno de la tubería

Re = Número de Reynolds

15) Método de Hazen Williams

La ecuación de Hazen-Williams es una fórmula empírica ampliamente utilizada en hidráulica para estimar la pérdida de presión o carga en tuberías que transportan agua. Su principal ventaja radica en su sencillez, puesto que permite calcular las pérdidas sin necesidad de procedimientos complejos, siendo útil para cálculos manuales. Se usa debido a la precisión en el diseño hidráulico para asegurar que las tuberías sean dimensionadas adecuadamente para cumplir con las demandas específicas del proyecto. [28]

- Fórmula de Hazen Williams

$$hf = 10.67 \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \qquad Ec.16$$

Donde:

hf: Pérdida de carga (m)

Q: Caudal (m3/s)

C: Coeficiente de rugosidad

L: Longitud (m)

D: Diámetro (m)

- Coeficiente de Chow para la fórmula de Hazen Williams

El coeficiente C se determina en función del tipo de material y las condiciones internas del conducto utilizado en las tuberías del proyecto en base a la TABLA II. Este valor es fundamental para aplicar correctamente la ecuación de Hazen-Williams y se selecciona según la tabla de referencia técnica que se presenta a continuación. [28]

TABLA II. COEFICIENTE DE CHOW

TIPO DE CONDUCTO	COEFICIENTE CHOW
Acero corrugado	60
Acero galvanizado	125
Asbesto - cemento	140
Cobre	130
PVC	140
Hormigón liso	130
Hormigón ordinario	120
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo	90

Nota: Se utiliza el coeficiente de acuerdo con el tipo de conducto, en base a [28].

16) Pérdidas de cargas acumuladas

Las pérdidas de carga acumuladas corresponden a la sumatoria total de las pérdidas de energía que ocurren a lo largo de un sistema de conducción de agua, considerando tanto las pérdidas por fricción en los tramos de tubería como las pérdidas localizadas en accesorios, uniones, válvulas, codos y transiciones. Estas pérdidas representan la reducción de presión disponible debido a la resistencia que ofrece el sistema al paso del flujo [1]

$$hf = \sum hf \qquad Ec.17$$

17) Presión estática

En sistemas de conducción de agua potable por gravedad, la presión estática en un punto determinado de la tubería se obtiene como el resultado de la diferencia de altura entre el nivel máximo operativo del tanque de carga y la cota del eje de la tubería en dicho punto. Esta diferencia de nivel representa la energía potencial disponible antes de considerar las pérdidas por fricción y pérdidas menores [1].

La presión estática puede calcularse mediante la ecuación 18.

$$P_e = h_t - h_c \qquad Ec.18$$

Donde,

P_e = *Presión estática*

h_t= *Cota del tanque de carga*

h_c = *Cota del proyecto*

18) Tramos de tubería

Para la ejecución del sistema de conducción, se ha previsto que la instalación de las tuberías se realice por tramos, considerando la clasificación según el espesor de pared y la presión nominal que deben soportar en cada sección del trazado. Esta estrategia permite optimizar tanto el diseño hidráulico como la inversión en materiales, ya que los distintos tramos estarán expuestos a diferentes condiciones de presión estática y dinámica a lo largo del perfil longitudinal. De esta manera, se seleccionarán tuberías con mayor espesor y clase de presión en los tramos que presenten presiones más elevadas, y tuberías de menor espesor en las zonas donde la presión sea reducida, siempre garantizando la seguridad estructural y la continuidad del flujo. La elección se basará en los valores de presión obtenidos mediante el análisis hidráulico, comparándolos con las especificaciones técnicas del fabricante, lo que asegura que cada tubería instalada cumpla con los requisitos normativos y operativos del sistema [2].

19) Diseño por Golpe de Ariete

- **Celeridad**

Es la velocidad a la que se propaga una onda de presión (como un golpe de ariete) dentro de una tubería. Se utilizó una fórmula empírica simplificada que considera tanto la compresibilidad del agua como la elasticidad del material de la tubería [29].

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \left(\frac{10^{10}}{E} \cdot \frac{D}{e}\right)}} \qquad Ec.19$$

Donde,

a = Celeridad

D = Diámetro interno de la tubería

E = Módulo de elasticidad del material

e = Espesor de la pared de la tubería

20) Valor absoluto de la diferencia entre velocidades en régimen permanente

Esta diferencia permite evaluar transiciones hidráulicas, cambios en el diámetro, pérdidas por entrada o salida, o incluso comprobar la continuidad del flujo.

$$|\Delta V| = |V_2 - V_1| \qquad Ec.20$$

Donde,

ΔV = Valor absoluto de la diferencia de velocidades

V_1 = Velocidad del flujo en la primera sección

V_2 = Velocidad del flujo en la segunda sección

C. FASE 3

Se usó una metodología cuantitativa y cualitativa puesto que se realizó el muestreo de agua de vertiente (Figura 4) con el objetivo de obtener muestras representativas que reflejen las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, estas fueron analizadas por el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Pública EP-EMAPA-A; los resultados se compararon con los parámetros de la normativa NTE INEN 2 200 TABLA II y TABLA III y la propuesta de diseño de la planta de purificación básica en base a los requisitos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y sus parámetros, así como la normativa AISC, para desarrollar adecuadamente esta infraestructura esencial para la comunidad.



Figura 4. Toma de muestras de las vertientes para el análisis.
Fuente: Autor.

1) Análisis de calidad del agua

De acuerdo con lo establecido en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2200, el agua purificada destinada al envasado debe cumplir con ciertos parámetros de calidad específicos. Esta normativa detalla los límites mínimos y máximos permitidos para diversas características físicas, químicas y microbiológicas del agua. El cumplimiento de estos rangos es fundamental para garantizar que el producto final sea apto para el consumo humano, asegurando así la

protección de la salud de los consumidores y el cumplimiento legal del proceso de embotellado de agua. [29]

TABLA III. REQUISITOS FÍSICOS PARA EL AGUA PURIFICADA ENVASADA Y AGUA PURIFICADA MINERALIZADA ENVASADA

REQUISITO	UNIDAD	MIN	MAX	MÉTODO DE ENSAYO
Color	Pt-Co[b]	-	5	NTE INEN-ISO 7887
Turbidez	NTU[a]	-	1	NTE INEN-ISO 7027
Sólidos Totales Disueltos Aguas purificadas envasadas	mg/L	-	500	2 540 Solids Standard Methods
Sólidos Totales Aguas purificadas mineralizadas envasadas	mg/L	500	1000	2 540 Solids Standard Methods
pH a 20 °C agua purificada envasada		4.5	9.5	NTE INEN-ISO 10523
pH a 20 °C agua purificada mineralizada envasada		3.8	9	NTE INEN-ISO 10523
Cloro libre residual	mg/L	AUSENCIA		NTE INEN 977
Dureza Total	mg/L	-	300	NTE INEN 974
a= 1unidad en la escala PT-CO = 1 mg/L de platino en forma de cloro platino				
b= 1 unidad nefelométrica de turbidez (NTU) = 1 mg/L de formazina estándar.				

Nota: Tomado de la norma NTE INEN 2 200 [29].

TABLA IV. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA EL AGUA PURIFICADA ENVASADA Y EL AGUA PURIFICADA MINERALIZADA ENVASADA

REQUISITO	UNIDAD	CASO	n	c	m	M	MÉTODO DE ENSAYO
Recuento de Aerobios Mesófilos	UFC/mL	2[b]	5	2	25	10^2	NTE INEN-ISO 4833

E. Coli	UFC/100 mL	10[a]	5	0	0	_	NTE INEN-ISO 9308-1
Pseudomonas Aeuroginosa	UFC/100 mL	10[a]	5	0	0	_	NTE INEN-ISO 16266
a= Caso 10, peligro grave incapacitante, pero por lo general no amenaza la vida, las secuelas son raras duración moderada. ICMSF 8.							
b= Caso 2, Utilidad: contaminación general, reducción de la vida útil, deterioro incipiente							
n= es el número de muestras a analizar							

Nota: Tomado de la norma NTE INEN 2 200 [29].

Se seleccionó un método de purificación adecuado en base a los resultados obtenidos, se considera las características específicas de agua evaluada, con el fin de aplicar un tratamiento que garantice su potabilidad y cumpla con las normativas vigentes, asegurando así un proceso eficiente y seguro para el consumo humano.

2) Método de Ósmosis Inversa

Este método es un proceso físico implementado para separar el agua pura de una solución de alta concentración de sales utilizando una membrana semipermeable (Figura 5), es decir, se aplica una presión externa la cual obliga al agua a atravesar dicha membrana en sentido contrario al natural, dejando atrás las sales e impurezas del fluido, este proceso da como resultado dos corrientes, una purificada denominada permeado y otro con residuos denominada salmuera. Por esta razón, esta técnica necesita un sistema de alta presión y equipos que ayuden a recuperar energía. [30]

Por otro lado, la utilización de esta técnica logra optimizar el pH, temperatura y presión del fluido, además la implementación de osmosis inversa de circuito cerrado permite mejorar el rendimiento, reducir el consumo energético y extender la vida útil de las membranas, por lo que este método garantiza la calidad de agua, contribuyendo de manera significativa la sostenibilidad de recursos hídricos en zonas rurales, urbanas e industriales. [31]

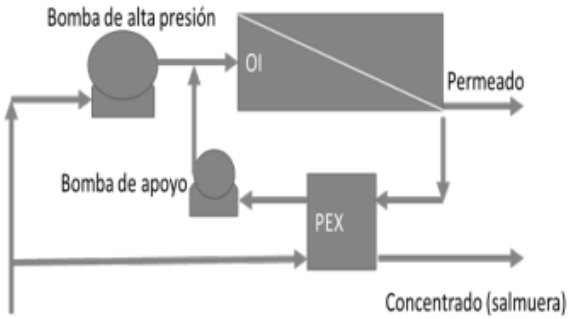


Figura 5. Esquema básico del método de osmosis inversa.
Fuente: Aranza y Alvaro, 2022. [28].

3) Método de luz ultravioleta

La radiación ultravioleta (UV) es una técnica eficaz para desinfectar agua potable sin recurrir a productos químicos. Este método utiliza luz UV-C, particularmente con una longitud de onda de 253,7 nm, que actúa sobre el material genético de los microorganismos, impidiendo su reproducción. Su efectividad depende de factores físicos como la turbiedad del agua, el tiempo de exposición, la intensidad de la radiación, el volumen tratado y la carga microbiana inicial.

En las pruebas realizadas con muestras contaminadas de forma controlada, se comprobó que una mayor turbiedad reduce la eficacia del proceso, ya que las partículas suspendidas bloquean la penetración de la luz. Por ello, se recomienda realizar un tratamiento previo, como filtración, antes de aplicar la desinfección UV. Los microorganismos mesófilos y la bacteria E. coli fueron más sensibles a la radiación que los coliformes totales, que requirieron dosis mayores para su eliminación. Se concluyó que una exposición mínima de 300 segundos, con dosis cercanas a 10.000 m Ws/cm², es necesaria para lograr una reducción significativa de microorganismos. Además, este método tiene la ventaja de no dejar residuos químicos, a diferencia de la cloración, lo que lo convierte en una opción segura y sostenible para zonas rurales sin acceso a agua potable segura. [32]

4) Método de filtración.

Este proceso se centra fundamentalmente en la eliminación de residuos físicos y microbiológicos que se encuentran en el agua, para lograr esto se utilizan filtros con micro canales en sus paredes internas los cuales atrapan estas impurezas, además, de su función purificadora el método de filtración es considerado lógico y amigable con el medio ambiente lo cual es importante en la conservación y el cuidado de los recursos naturales. En este contexto,

se destaca la necesidad de implementar sistemas de filtración para tratar el agua de fuentes como cisternas o fuentes superficiales que pueden contener altos índices de contaminación perjudiciales para la salud, por lo tanto, la filtración se presenta como una solución efectiva para reducir el riesgo de enfermedades asociadas al consumo de agua contaminada y al mismo tiempo para asegurar el acceso a agua potable en áreas donde este recurso es limitado o de difícil acceso. [33]

5) Diseño de la estructura básica de la planta de purificación de agua

Se incorpora la aplicación de la norma AISC 360-16 y la NEC en el proceso de diseño estructural básica de la planta de purificación de agua, con el propósito de garantizar la eficiencia, seguridad y durabilidad. Esta normativa permitió realizar análisis detallados de las cargas aplicadas, incluyendo cargas permanentes, variables y eventuales, asegurando que cada elemento cumpla con los requisitos establecidos. Además, se utilizó como guía para seleccionar los materiales más adecuados, optimizando su resistencia y reduciendo costos sin comprometer la seguridad. De este modo, la implementación de la AISC 360-16 y la NEC contribuirá a un diseño estructural más confiable, alineado con estándares internacionales y capaz de satisfacer las necesidades funcionales de la planta.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron en cada una de las fases se presentan a continuación en orden de los objetivos específicos planteados, en cada fase que fueron el levantamiento topográfico georreferenciado de la ubicación de las cuatro vertientes, el diseño del sistema de captación de vertientes y en la propuesta de diseño básico de la edificación de la planta de purificación de agua perteneciente al cabildo Tiliví ubicado en la parroquia Pasa.

I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

D. FASE 1

Las vertientes ubicadas en el cabildo Tiliví (Figura 6) pertenecientes a la parroquia de Pasa de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, se encuentra a 17 km de distancia de la cabecera cantonal de la ciudad de Ambato, tiene una extensión de 4812.68 ha, limita al norte con Quisapincha, al sur con las parroquias de Juan B. Vela y Pilahuín al este con las parroquias Santa Rosa y Quisapincha y al oeste con la parroquia San Fernando. Se encuentra desde los 2800 msnm a los 4400 msnm, la parroquia posee una población de 4238 personas. [3].

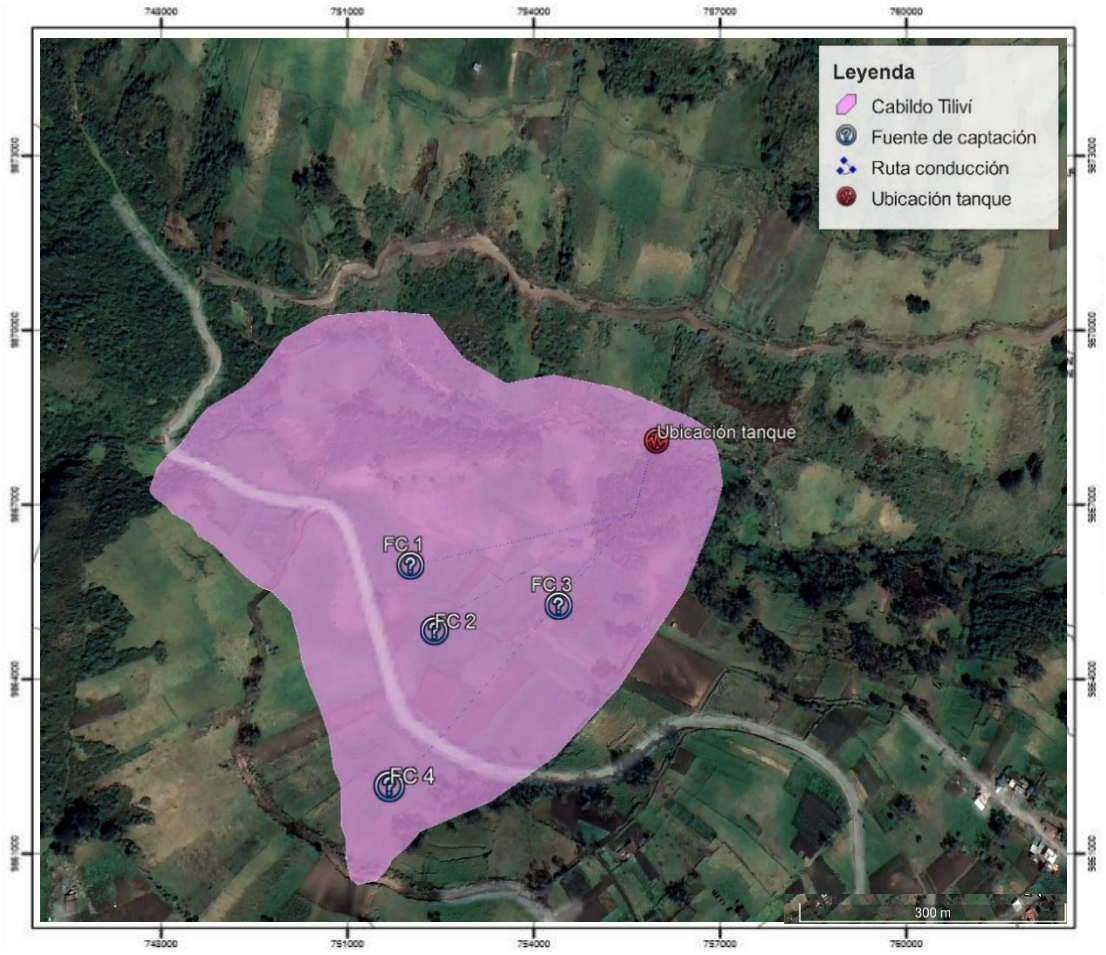


Figura 6. Ubicación del Cabildo Tiliví.

Fuente: *Autor.*

Pasa se dedica a la agricultura, productividad y al emprendimiento rural, así como también, a la confección textil y turismo comunitario; se dedican al cultivo de tubérculos andinos como papa y maíz, se dedican a la crianza de vacas, cercos, ovejas y otros animales. Con respecto a la confección textil, elaboran camisas y otras prendas de vestir (Figura 7). Pasa también se beneficia por sus recursos hídricos como en el caso del cabildo Tiliví el cual posee vertientes naturales que se ubican en el páramo, estas alimentan los sistemas de riego y el consumo humano.



Figura 7. Sector Tiliví.

Fuente: *Autor.*

B. FASE 2

Se determinaron varios parámetros como altura piezométrica, cota piezométrica, cota del proyecto, longitud parcial, longitud acumulada, gradiente topográfica, pérdidas de cargas, velocidades, caudales, diámetros, entre otros; los datos se obtuvieron en el ANEXO 3: Planos del levantamiento topográfico georreferenciado, planos del diseño estructural de la planta, planos del diseño de tubería de almacenamiento y planos de la propuesta del tanque de almacenamiento.

1) Altura piezométrica

La altura piezométrica se calculó en base a la ecuación 1 de la siguiente manera:

$$h_p = h_t - z$$

$$h_{p\,V1} = 3357.9 - 3357.7 = 0.20\,m$$

$$h_{p\,V2} = 3358.3 - 3358.21 = 0.09\,m$$

$$h_{p\,V3} = 3382.7 - 3382.67 = 0.03\,m$$

$$h_{p\,V4} = 3351.65 - 3351.58 = 0.07\,m$$

TABLA V. RESUMEN DE LAS ALTURAS PIEZOMÉTRICAS

Abcisa (m)	**∆hf Parcial (m)**	**∆hf Acumulada (m)**	**Altura Piezométrica (m)**
0+000.00	0.0000	0.0000	1.2000
0+002.00	0.0265	0.0265	2.4835
0+004.00	0.0265	0.0531	2.5669
0+006.00	0.0265	0.0796	2.6604
0+008.00	0.0265	0.1062	2.7438
0+010.00	0.0265	0.1327	2.8273
0+012.00	0.0265	0.1593	2.9107
0+014.00	0.0265	0.1858	2.9942
0+014.00	0.0000	0.1858	2.7242

2) Cota piezométrica

$$H_p = z + h_p$$

$$H_{p\,V1} = 3357.7 + 0.20 = 3357.9\,m$$

$$H_{p\,V2} = 3358.21 + 0.09 = 3358.3\,m$$

$$H_{p\,V3} = 3382.67 + 0.03 = 3382.7\,m$$

$$H_{p\,V4} = 3351.58 + 0.07 = 3351.65\,m$$

TABLA VI. RESUMEN DE LAS COTAS PIEZOMÉTRICAS

Abcisa (m)	**Cota Terreno (m.s.n.m.)**	**Altura Piezométrica (m)**	**Cota Piezometrica (m.s.n.m.)**
0+000.00	3350.50	1.2000	3351.70
0+002.00	3350.39	2.4835	3352.87
0+004.00	3350.28	2.5669	3352.85
0+006.00	3350.16	2.6604	3352.82
0+008.00	3350.05	2.7438	3352.79
0+010.00	3349.94	2.8273	3352.77
0+012.00	3349.83	2.9107	3352.74
0+014.00	3349.72	2.9942	3352.71
0+014.00	3349.99	2.7242	3352.71

3) Cota del proyecto

$$h_c = z - d$$

$$h_{c\,V1} = 3357.7 - 1.2 = 3356.5\ m$$

$$h_{c\,V2} = 3358.21 - 1.2 = 3357.01\ m$$

$$h_{c\,V3} = 3382.67 - 1.2 = 3381.47\ m$$

$$h_{c\,V4} = 3351.58 - 1.2 = 3350.38\ m$$

TABLA VII. RESUMEN DE LA COTA DEL PROYECTO

Abscisa (m)	**Cota Terreno (m.s.n.m.)**	**Profundidad (m)**	**Cota del Proyecto (m.s.n.m.)**
0+000.00	3350.50	1.20	3349.30
0+002.00	3350.39		3349.19
0+004.00	3350.28		3349.08
0+006.00	3350.16		3348.96
0+008.00	3350.05		3348.85
0+010.00	3349.94		3348.74
0+012.00	3349.83		3348.63
0+014.00	3349.72		3348.52
0+014.00	3349.99		3348.79

4) Longitud parcial

Las longitudes parciales determinadas se obtuvieron mediante el programa Civil 3D con la opción de generar tablas de longitud de cada tubería, las mismas se detallan en la TABLA VIII.

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

TABLA VIII. LONGITUDES PARCIALES

Longitud parcial		
Vertiente 1	Long 1	30.46
	Long 2	19.9
	Long 3	14.15
	Long 4	25.62
Vertiente 2	Long 5	17.42
	Long 6	4.97
	Long 7	9.4
	Long 8	16.11
	Long 9	14.82
	Long 10	15.33

Vertiente 3	Long 11	20.46
	Long 12	23.31
	Long 13	44.19
	Long 14	12.14
	Long 15	14.55
	Long 16	15.07
	Long 17	9.64
	Long 18	6.58
	Long 19	6.88
	Long 20	12.39
Vertiente 4	Long 21	9.61
	Long 22	5.92
	Long 23	10.11

5) Longitud acumulada

Se suma las longitudes de cada vertiente expuestas en la TABLA IX y se obtiene la suma total de longitud indicada en la TABLA X.

$$Lac = \sum \mathrm{L}$$

TABLA IX. LONGITUD ACUMIULADA POR VERTIENTE.

Longitud acumulada	
Vertiente 1	90.13
Vertiente 2	78.05
Vertiente 3	165.21
Vertiente 4	25.64

TABLA X. LONGITUD ACUMIULADA TOTAL

Longitud acumulada total	
Lat	359.03

6) Gradiente topográfica

Para determinar la gradiente topográfica se debe determinar la diferencia de elevación y la diferencia horizontal, obteniendo los siguientes resultados con respecto a cada una de las vertientes con relación a la cámara de unión de vertientes y de la cámara de unión a la estructura.

$$S = \frac{\Delta_z}{\Delta_x}$$

- VERTIENTE 1

$$S_{V1} = \frac{9.6981 - 2}{90.139} = 0.085\ m$$

- VERTIENTE 2

$$S_{V2} = \frac{9.2132 - 1.4974}{77.9792} = 0.112\ m$$

- VERTIENTE 3

$$S_{V3} = \frac{34.6675 - 1.601}{165.2264} = 0.197\ m$$

- VERTIENTE 4

$$S_{V4} = \frac{2.5813 - 1.445}{25.6462} = 0.044\ m$$

TABLA XI. RESUMEN DE GRADIENTES TOPOGRÁFICAS

Abcisa (m)	**Cota Proyecto (m.s.n.m.)**	**Gradiente topográfica**
0+000.00	3349.30	0.00
0+002.00	3349.19	-0.06
0+004.00	3349.08	-0.05
0+006.00	3348.96	-0.06
0+008.00	3348.85	-0.05
0+010.00	3348.74	-0.06
0+012.00	3348.63	-0.06
0+014.00	3348.52	-0.06
0+014.00	3348.79	-

7) Método Volumétrico

Se usó el método volumétrico para determinar los caudales para lo cual se necesitó de un recipiente de 10 litros y un cronómetro, el volumen fue determinado en base a la observación de la velocidad con la que el recipiente se llenó, se registró el tiempo en el que el recipiente se llenó totalmente. Se realizó el procedimiento durante treinta días (30 días) desde el día lunes 3 de marzo hasta el martes 01 de abril de 2025, desde las 7:00 am horas hasta las 14:00 pm horas, obteniendo ocho valores diarios. Se consideró la velocidad de diseño considerando la velocidad dentro de los rangos establecidos por la secretaría del agua del Ecuador, así como también se determinó el diámetro mediante la ecuación de la continuidad del agua. Se usó el método de Hazen - Williams para determinar la pérdida de presión o cargas en tuberías.

Mediante la ecuación 1 se determinó el caudal obtenido para cada una de las vertientes de la zona, por lo que se obtiene los siguientes resultados del caudal de las vertientes en las siguientes tablas.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$V = 10\ lt$$

$$t = igual\ al\ tomado\ en\ cada\ vertiente\ del\ cabildo\ Tiliví$$

Para la referencia se usó el siguiente tiempo:

$$t = 4.28\ sg$$

Por lo que despejando la ecuación 1 se tiene:

$$Q = \frac{10}{4.28} = 2.336\ lt/sg$$

Para determinar el caudal de la VERTIENTE 1 se consideró el caudal de cada uno de los días en base a los tiempos tomados en campo realizando el despeje de la ecuación 1 y obtener los resultaos siguientes.

TABLA XII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 1 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 3 de marzo al Domingo 9 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	3	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
7:00- 8:00	0.811	0.786	0.790	0.873	0.818	0.796	0.826
8:00- 9:00	0.833	0.781	0.809	0.823	0.847	0.807	0.826
9:00- 10:00	0.816	0.793	0.799	0.790	0.853	0.803	0.813
10:00- 11:00	0.826	0.798	0.830	0.772	0.840	0.818	0.813
11:00- 12:00	0.855	0.805	0.809	0.775	0.826	0.822	0.803
12:00-13:00	0.862	0.808	0.817	0.800	0.822	0.828	0.813
13:00- 14:00	0.829	0.794	0.822	0.830	0.773	0.815	0.807
14:00- 15:00	0.828	0.795	0.831	0.812	0.812	0.818	0.818

TABLA XIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 1 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 10 de marzo al Domingo 16 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
7:00- 8:00	0.877	0.810	0.783	0.836	0.818	0.821	0.812
8:00- 9:00	0.832	0.803	0.790	0.880	0.847	0.808	0.837
9:00- 10:00	0.842	0.795	0.797	0.778	0.853	0.811	0.808
10:00- 11:00	0.850	0.789	0.803	0.809	0.840	0.813	0.817
11:00- 12:00	0.878	0.797	0.808	0.816	0.826	0.826	0.817
12:00-13:00	0.879	0.820	0.814	0.796	0.823	0.836	0.811
13:00- 14:00	0.896	0.825	0.823	0.830	0.810	0.847	0.821

14:00- 15:00	0.902	0.830	0.829	0.763	0.819	0.852	0.803

TABLA XIV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 1 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 17 de marzo al Domingo 23 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	17	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**
7:00- 8:00	0.844	0.798	0.789	0.866	0.772	0.809	0.807
8:00- 9:00	0.826	0.787	0.803	0.880	0.779	0.805	0.819
9:00- 10:00	0.877	0.805	0.816	0.841	0.782	0.831	0.812
10:00- 11:00	0.884	0.820	0.825	0.836	0.784	0.842	0.815
11:00- 12:00	0.909	0.810	0.830	0.866	0.800	0.847	0.831
12:00-13:00	0.864	0.806	0.835	0.891	0.805	0.834	0.842
13:00- 14:00	0.847	0.791	0.782	0.768	0.812	0.806	0.787
14:00- 15:00	0.818	0.798	0.792	0.800	0.834	0.802	0.808

TABLA XV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 1 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de marzo al Domingo 30 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	24	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
7:00- 8:00	0.826	0.791	0.790	0.772	0.233	0.802	0.437
8:00- 9:00	0.855	0.782	0.803	0.779	0.233	0.812	0.440
9:00- 10:00	0.862	0.771	0.798	0.811	0.234	0.809	0.444
10:00- 11:00	0.829	0.776	0.799	0.812	0.234	0.801	0.445
11:00- 12:00	0.828	0.792	0.820	0.784	0.237	0.813	0.447
12:00-13:00	0.844	0.799	0.824	0.858	0.236	0.822	0.454
13:00- 14:00	0.826	0.789	0.829	0.837	0.237	0.814	0.454
14:00- 15:00	0.877	0.832	0.833	0.833	0.238	0.847	0.455

TABLA XVI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 1 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 31 de marzo al Martes 01 de abril de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	31	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
7:00- 8:00	0.884	0.793	-	-	-	-	-
8:00- 9:00	0.909	0.798	-	-	-	-	-
9:00- 10:00	0.864	0.805	-	-	-	-	-
10:00- 11:00	0.847	0.798	-	-	-	-	-
11:00- 12:00	0.856	0.787	-	-	-	-	-
12:00-13:00	0.858	0.805	-	-	-	-	-
13:00- 14:00	0.837	0.816	-	-	-	-	-
14:00- 15:00	0.833	0.822					

Una vez calculados los caudales, se determinó el promedio de los caudales por día en lt/sg indicados en la TABLA XVII.

TABLA XVII. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 1 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Promedio de caudales de la VERTIENTE 1 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de julio al Martes 22 de agosto de 2023**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
7:00- 8:00	0.85	0.80	0.79	0.84	0.66	0.81	0.72
8:00- 9:00	0.85	0.79	0.80	0.84	0.68	0.81	0.73
9:00- 10:00	0.85	0.79	0.80	0.81	0.68	0.81	0.72
10:00- 11:00	0.85	0.80	0.81	0.81	0.67	0.82	0.72
11:00- 12:00	0.87	0.80	0.82	0.81	0.67	0.83	0.72
12:00-13:00	0.86	0.81	0.82	0.84	0.67	0.83	0.73
13:00- 14:00	0.85	0.80	0.81	0.82	0.66	0.82	0.72
14:00- 15:00	0.85	0.82	0.82	0.80	0.68	0.83	0.72

A partir de los promedios se determinaron la moda, mediana, desviación estándar, caudal máximo y mínimo y la suma para cada día presentados en la TABLA XVIII.

TABLA XVIII. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 1

Estadística descriptiva de la VERTIENTE 1							
	Lunes	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
Media	0.85	0.8	0.8	0.82	0.67	0.82	0.72
Mediana	0.85	0.8	0.8	0.81	0.67	0.82	0.72
Desviación estándar	0.01	0.1	0.0	0.04	0.19	0.04	0.14
Mínimo	0.85	0.8	0.8	0.80	0.66	0.81	0.72
Máximo	0.87	0.8	0.8	0.84	0.68	0.83	0.73
Suma	6.82	6.4	6.5	6.56	5.37	6.55	5.79

En base al análisis se pudo determinar que el día con mayor caudal fue el día lunes, con un promedio de 0.85 lt/sg.

Para determinar el caudal de la VERTIENTE 2 se consideró el caudal de cada uno de los días en base a los tiempos tomados en campo realizando el despeje de la ecuación 1 y obtener los resultados siguientes.

TABLA XIX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 2 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 3 de marzo al Domingo 9 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	3	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
7:00- 8:00	0.231	0.215	0.214	0.220	0.238	0.220	0.224
8:00- 9:00	0.224	0.216	0.211	0.220	0.234	0.217	0.221
9:00- 10:00	0.225	0.214	0.214	0.220	0.235	0.218	0.223
10:00- 11:00	0.232	0.216	0.215	0.218	0.235	0.221	0.223
11:00- 12:00	0.232	0.213	0.219	0.230	0.236	0.221	0.228
12:00-13:00	0.226	0.209	0.219	0.235	0.237	0.218	0.230

13:00- 14:00	0.228	0.209	0.219	0.232	0.238	0.218	0.230
14:00- 15:00	0.220	0.215	0.220	0.242	0.242	0.218	0.234

TABLA XX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 2 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 10 de marzo al Domingo 16 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
7:00- 8:00	0.214	0.214	0.213	0.218	0.234	0.214	0.221
8:00- 9:00	0.219	0.214	0.214	0.220	0.234	0.215	0.222
9:00- 10:00	0.217	0.212	0.211	0.218	0.235	0.213	0.221
10:00- 11:00	0.216	0.211	0.213	0.225	0.236	0.213	0.224
11:00- 12:00	0.225	0.213	0.215	0.231	0.237	0.218	0.228
12:00-13:00	0.231	0.212	0.216	0.230	0.238	0.219	0.228
13:00- 14:00	0.232	0.209	0.216	0.232	0.238	0.218	0.228
14:00- 15:00	0.232	0.216	0.222	0.237	0.242	0.223	0.233

TABLA XXI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 2 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 17 de marzo al Domingo 23 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	17	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**
7:00- 8:00	0.219	0.208	0.218	0.215	0.233	0.215	0.222
8:00- 9:00	0.214	0.210	0.211	0.220	0.234	0.212	0.221
9:00- 10:00	0.220	0.216	0.213	0.218	0.234	0.216	0.221
10:00- 11:00	0.219	0.215	0.215	0.222	0.234	0.216	0.224
11:00- 12:00	0.217	0.216	0.219	0.230	0.235	0.217	0.228
12:00-13:00	0.216	0.216	0.220	0.231	0.236	0.218	0.229
13:00- 14:00	0.217	0.215	0.222	0.232	0.236	0.218	0.230
14:00- 15:00	0.219	0.216	0.222	0.235	0.239	0.219	0.232

TABLA XXII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 2 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de marzo al Domingo 30 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	24	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
7:00- 8:00	0.231	0.224	0.214	0.219	0.233	0.223	0.222
8:00- 9:00	0.224	0.214	0.211	0.218	0.233	0.216	0.220
9:00- 10:00	0.232	0.213	0.214	0.221	0.234	0.219	0.223
10:00- 11:00	0.232	0.209	0.216	0.226	0.234	0.218	0.225
11:00- 12:00	0.220	0.215	0.221	0.229	0.237	0.219	0.229
12:00-13:00	0.215	0.215	0.221	0.232	0.236	0.217	0.230
13:00- 14:00	0.217	0.216	0.221	0.242	0.237	0.218	0.233
14:00- 15:00	0.219	0.217	0.222	0.244	0.238	0.219	0.234

TABLA XXIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 2 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 31 de marzo al Martes 01 de abril de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	31	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
7:00- 8:00	0.225	0.213	-	-	-	-	-
8:00- 9:00	0.764	0.215	-	-	-	-	-
9:00- 10:00	0.233	0.221	-	-	-	-	-
10:00- 11:00	0.227	0.222	-	-	-	-	-
11:00- 12:00	0.220	0.222	-	-	-	-	-
12:00-13:00	0.214	0.217	-	-	-	-	-
13:00- 14:00	0.214	0.212	-	-	-	-	-
14:00- 15:00	0.214	0.211					

Una vez calculados los caudales, se determinó el promedio de los caudales por día en lt/sg indicados en la TABLA XXIV.

TABLA XXIV. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 2 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Promedio de caudales de la VERTIENTE 2 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de julio al Martes 22 de agosto de 2023**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
7:00- 8:00	0.22	0.21	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22
8:00- 9:00	0.33	0.21	0.21	0.22	0.23	0.21	0.22
9:00- 10:00	0.23	0.22	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22
10:00- 11:00	0.23	0.21	0.21	0.22	0.23	0.22	0.22
11:00- 12:00	0.22	0.22	0.22	0.23	0.24	0.22	0.23
12:00-13:00	0.22	0.21	0.22	0.23	0.24	0.22	0.23
13:00- 14:00	0.22	0.21	0.22	0.23	0.24	0.22	0.23
14:00- 15:00	0.22	0.21	0.22	0.24	0.24	0.22	0.23

A partir de los promedios se determinaron la moda, mediana, desviación estándar, caudal máximo y mínimo y la suma para cada día presentados en la TABLA XXV.

TABLA XXV. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 2

Estadística descriptiva de la VERTIENTE 2							
	Lunes	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
Media	0.24	0.2	0.2	0.23	0.24	0.22	0.23
Mediana	0.22	0.2	0.2	0.23	0.24	0.22	0.23
Desviación estándar	0.04	0.0	0.0	0.01	0.00	0.02	0.01
Mínimo	0.22	0.2	0.2	0.22	0.23	0.21	0.22
Máximo	0.33	0.2	0.2	0.24	0.24	0.22	0.23
Suma	1.89	1.7	1.7	1.82	1.89	1.74	1.81

En base al análisis se pudo determinar que el día con mayor caudal fue el día lunes, con un promedio 0.24 lt/sg.

Para determinar el caudal de la VERTIENTE 3 se consideró el caudal de cada uno de los días en base a los tiempos tomados en campo realizando el despeje de la ecuación 1 y obtener los resultados siguientes.

TABLA XXVI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 3 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 3 de marzo al Domingo 9 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	3	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
7:00- 8:00	0.772	0.789	0.397	0.775	0.405	0.591	0.478
8:00- 9:00	0.768	0.808	0.413	0.772	0.369	0.605	0.467
9:00- 10:00	0.792	0.797	0.419	0.790	0.365	0.612	0.469
10:00- 11:00	0.804	0.822	0.415	0.823	0.355	0.616	0.466
11:00- 12:00	0.784	0.786	0.415	0.873	0.341	0.605	0.462
12:00-13:00	0.781	0.823	0.417	0.899	0.343	0.613	0.467
13:00- 14:00	0.796	0.806	0.422	0.905	0.344	0.617	0.470
14:00- 15:00	0.820	0.806	0.424	0.913	0.355	0.623	0.479

TABLA XXVII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 3 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 10 de marzo al Domingo 16 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
7:00- 8:00	0.746	0.808	0.394	0.770	0.402	0.587	0.475
8:00- 9:00	0.735	0.800	0.397	0.784	0.406	0.585	0.479
9:00- 10:00	0.733	0.789	0.400	0.791	0.411	0.584	0.484
10:00- 11:00	0.678	0.790	0.401	0.823	0.423	0.573	0.494
11:00- 12:00	0.772	0.797	0.406	0.870	0.433	0.598	0.506
12:00-13:00	0.768	0.804	0.416	0.873	0.435	0.606	0.513
13:00- 14:00	0.792	0.811	0.421	0.898	0.452	0.616	0.526
14:00- 15:00	0.804	0.818	0.424	0.907	0.454	0.622	0.529

TABLA XXVIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 3 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 17 de marzo al Domingo 23 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	17	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**
7:00- 8:00	0.807	0.789	0.394	0.772	0.400	0.595	0.474
8:00- 9:00	0.801	0.798	0.396	0.778	0.406	0.597	0.478
9:00- 10:00	0.813	0.805	0.397	0.797	0.411	0.601	0.483
10:00- 11:00	0.791	0.800	0.406	0.825	0.405	0.603	0.488
11:00- 12:00	0.852	0.808	0.411	0.826	0.369	0.619	0.472

12:00-13:00	0.806	0.803	0.415	0.873	0.365	0.612	0.477
13:00- 14:00	0.787	0.797	0.418	0.881	0.355	0.610	0.473
14:00- 15:00	0.744	0.791	0.426	0.897	0.341	0.606	0.469

TABLA XXIX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 3 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de marzo al Domingo 30 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	24	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
7:00- 8:00	0.796	0.791	0.397	0.775	0.369	0.595	0.460
8:00- 9:00	0.820	0.821	0.400	0.778	0.370	0.607	0.462
9:00- 10:00	0.807	0.771	0.406	0.790	0.377	0.600	0.470
10:00- 11:00	0.801	0.791	0.410	0.823	0.380	0.606	0.477
11:00- 12:00	0.823	0.837	0.413	0.873	0.381	0.621	0.484
12:00-13:00	0.830	0.824	0.415	0.896	0.384	0.621	0.489
13:00- 14:00	0.755	0.830	0.422	0.907	0.391	0.612	0.498
14:00- 15:00	0.744	0.826	0.426	0.910	0.400	0.612	0.504

TABLA XXX. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 3 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 31 de marzo al Martes 01 de abril de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	31	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
7:00- 8:00	0.787	0.823	-	-	-	-	-
8:00- 9:00	0.744	0.806	-	-	-	-	-
9:00- 10:00	0.746	0.806	-	-	-	-	-
10:00- 11:00	0.735	0.789	-	-	-	-	-
11:00- 12:00	0.768	0.798	-	-	-	-	-
12:00-13:00	0.796	0.805	-	-	-	-	-
13:00- 14:00	0.810	0.800	-	-	-	-	-
14:00- 15:00	0.823	0.808					

Una vez calculados los caudales, se determinó el promedio de los caudales por día en lt/sg indicados en la TABLA XXXI.

TABLA XXXI. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 3 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Promedio de caudales de la VERTIENTE 3 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de julio al Martes 22 de agosto de 2023**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
7:00- 8:00	0.78	0.80	0.40	0.77	0.39	0.59	0.47
8:00- 9:00	0.77	0.81	0.40	0.78	0.39	0.60	0.47
9:00- 10:00	0.78	0.79	0.41	0.79	0.39	0.60	0.48
10:00- 11:00	0.76	0.80	0.41	0.82	0.39	0.60	0.48
11:00- 12:00	0.80	0.81	0.41	0.86	0.38	0.61	0.48
12:00-13:00	0.80	0.81	0.42	0.89	0.38	0.61	0.49
13:00- 14:00	0.79	0.81	0.42	0.90	0.39	0.61	0.49

14:00- 15:00	0.79	0.81	0.43	0.91	0.39	0.62	0.50

A partir de los promedios se determinaron la moda, mediana, desviación estándar, caudal máximo y mínimo y la suma para cada día presentados en la TABLA XXXII.

TABLA XXXII. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 3

Estadística descriptiva de la VERTIENTE 3							
	Lunes	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
Media	0.78	0.8	0.4	0.84	0.39	0.61	0.48
Mediana	0.78	0.8	0.4	0.84	0.39	0.61	0.48
Desviación estándar	0.01	0.0	0.4	0.08	0.42	0.19	0.32
Mínimo	0.76	0.8	0.4	0.77	0.38	0.59	0.47
Máximo	0.80	0.8	0.4	0.91	0.39	0.62	0.50
Suma	6.27	6.4	3.3	6.72	3.10	4.84	3.86

En base al análisis se pudo determinar que el día con mayor caudal fue el jueves, con un promedio de 0.84 lt/sg.

Para determinar el caudal de la VERTIENTE 4 se consideró el caudal de cada uno de los días en base a los tiempos tomados en campo realizando el despeje de la ecuación 1 y obtener los resultados siguientes.

TABLA XXXIII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 3 AL 9 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 4 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 3 de marzo al Domingo 9 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	3	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
7:00- 8:00	2.336	2.273	2.410	2.028	2.294	2.338	2.232
8:00- 9:00	2.481	2.375	2.273	2.309	2.315	2.373	2.299
9:00- 10:00	2.469	2.299	2.294	2.347	2.331	2.351	2.324
10:00- 11:00	2.381	2.257	2.404	2.375	2.353	2.346	2.377
11:00- 12:00	2.532	2.404	2.232	2.463	2.299	2.383	2.327
12:00-13:00	2.451	2.326	2.294	2.222	2.410	2.355	2.306
13:00- 14:00	2.469	2.160	2.342	2.481	2.326	2.317	2.381
14:00- 15:00	2.439	2.217	2.404	2.320	2.488	2.349	2.402

TABLA XXXIV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 10 AL 16 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 4 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 10 de marzo al Domingo 16 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
7:00- 8:00	2.326	2.268	2.315	2.062	2.217	2.302	2.193
8:00- 9:00	2.410	2.315	2.342	2.155	2.268	2.355	2.252
9:00- 10:00	2.381	2.278	2.326	2.212	2.404	2.327	2.311

10:00- 11:00	2.439	2.347	2.410	2.315	2.315	2.398	2.346
11:00- 12:00	2.469	2.364	2.353	2.392	2.353	2.394	2.366
12:00-13:00	2.532	2.404	2.421	2.532	2.387	2.451	2.445
13:00- 14:00	2.591	2.463	2.488	2.899	2.427	2.513	2.588
14:00- 15:00	2.674	2.525	2.494	3.021	2.463	2.562	2.636

TABLA XXXV. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 17 AL 23 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 4 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 17 de marzo al Domingo 23 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	17	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**
7:00- 8:00	2.404	2.208	2.299	2.004	2.268	2.301	2.182
8:00- 9:00	2.469	2.169	2.347	2.151	2.320	2.322	2.269
9:00- 10:00	2.500	2.381	2.398	2.105	2.439	2.425	2.304
10:00- 11:00	2.433	2.353	2.427	2.294	2.353	2.404	2.357
11:00- 12:00	2.381	2.299	2.421	2.427	2.326	2.366	2.390
12:00-13:00	2.326	2.247	2.294	2.488	2.342	2.288	2.372
13:00- 14:00	2.398	2.198	2.336	2.519	2.404	2.308	2.417
14:00- 15:00	2.500	2.165	2.392	2.525	2.463	2.344	2.459

TABLA XXXVI. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 24 AL 30 DE MARZO DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 4 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de marzo al Domingo 30 de marzo de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	24	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
7:00- 8:00	2.532	2.169	2.165	2.151	2.320	2.276	2.209
8:00- 9:00	2.451	2.381	2.410	2.028	2.375	2.414	2.257
9:00- 10:00	2.469	2.353	2.299	2.309	2.427	2.372	2.344
10:00- 11:00	2.439	2.278	2.315	2.347	2.481	2.342	2.379
11:00- 12:00	2.404	2.347	2.353	2.375	2.532	2.368	2.417
12:00-13:00	2.469	2.392	2.421	2.463	2.604	2.427	2.494
13:00- 14:00	2.381	2.433	2.427	2.481	2.653	2.414	2.517
14:00- 15:00	2.439	2.445	2.481	2.494	3.205	2.455	2.688

TABLA XXXVII. MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Medición de caudal de la VERTIENTE 4 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 31 de marzo al Martes 01 de abril de 2025**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
	31	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
7:00- 8:00	2.532	2.123	-	-	-	-	-
8:00- 9:00	2.451	2.299	-	-	-	-	-
9:00- 10:00	2.469	2.283	-	-	-	-	-
10:00- 11:00	2.481	2.273	-	-	-	-	-
11:00- 12:00	2.525	2.315	-	-	-	-	-

12:00-13:00	2.604	2.404	-	-	-	-	-
13:00- 14:00	2.660	2.433	-	-	-	-	-
14:00- 15:00	2.985	2.463					

Una vez calculados los caudales, se determinó el promedio de los caudales por día en lt/sg indicados en la TABLA XXXVIII.

TABLA XXXVIII. PROMEDIO DE CAUDAL DE LA VERTIENTE 4 DEL 31 DE MARZO AL 1 DE ABRIL DE 2025

Promedio de caudales de la VERTIENTE 4 (lt/sg)							
Período:	**Desde el Lunes 24 de julio al Martes 22 de agosto de 2023**						
Hora de toma de muestras	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
7:00- 8:00	2.43	2.21	2.30	2.06	2.27	2.30	2.20
8:00- 9:00	2.45	2.31	2.34	2.16	2.32	2.37	2.27
9:00- 10:00	2.46	2.32	2.33	2.24	2.40	2.37	2.32
10:00- 11:00	2.43	2.30	2.39	2.33	2.38	2.37	2.36
11:00- 12:00	2.46	2.35	2.34	2.41	2.38	2.38	2.38
12:00-13:00	2.48	2.35	2.36	2.43	2.44	2.38	2.40
13:00- 14:00	2.50	2.34	2.40	2.60	2.45	2.39	2.48
14:00- 15:00	2.61	2.36	2.44	2.59	2.65	2.43	2.55

A partir de los promedios se determinaron la moda, mediana, desviación estándar, caudal máximo y mínimo y la suma para cada día presentados en la TABLA XXXIX.

TABLA XXXIX. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA VERTIENTE 4

Estadística descriptiva de la VERTIENTE 4							
	Lunes	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
Media	2.48	2.3	2.4	2.35	2.41	2.37	2.37
Mediana	2.46	2.3	2.4	2.37	2.39	2.38	2.37
Desviación estándar	0.06	0.2	0.1	0.23	0.13	0.12	0.16
Mínimo	2.43	2.2	2.3	2.06	2.27	2.30	2.20
Máximo	2.61	2.4	2.4	2.60	2.65	2.43	2.55
Suma	19.82	18.5	18.9	18.82	19.29	18.98	18.96

En base al análisis se pudo determinar que el día con mayor caudal fue el día lunes, con un promedio de 2.48 lt/sg.

En la siguiente TABLA XL se indica el resumen de los caudales por vertiente.

TABLA XL. RESUMEN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE LOS CAUDALES EXISTENTES DE LAS 4 VERTIENTES

Vertiente	**Caudal lt/sg**	**Caudal m3/sg**
1	0.85	0.0008531
2	0.24	0.0002362
3	0.84	0.0008398
4	2.48	0.0024770

8) Velocidad de diseño.

Se consideró una velocidad de diseño de 1.5 m/s en base a los lineamientos establecidos por la Secretaría del Agua del Ecuador.

9) Determinación del Diámetro.

- Despejar el área.

Se determinó el área en base a la ecuación 3 para cada promedio máximo de caudal de las vertientes.

$$A = \frac{Q}{V}$$

- VERTIENTE 1

$$A = \frac{0.000853}{1.5} = 0.000569\ m^2$$

- VERTIENTE 2

$$A = \frac{0.000236}{1.5} = 0.000157\ m^2$$

- VERTIENTE 3

$$A = \frac{0.000839}{1.5} = 0.000560\ m^2$$

- VERTIENTE 4

$$A = \frac{0.00247}{1.5} = 0.00165\ m^2$$

- Fórmula del diámetro.

Se calculó el diámetro en base a la ecuación 4 considerando las áreas calculadas de las vertientes.

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

- VERTIENTE 1

$$D = \sqrt{\frac{4(0.000569)}{\pi}} = 0.027\ m$$

- VERTIENTE 2

$$D = \sqrt{\frac{4(0.000157)}{\pi}} = 0.014\ m$$

- VERTIENTE 3

$$D = \sqrt{\frac{4(0.000560)}{\pi}} = 0.027\ m$$

- VERTIENTE 4

$$D = \sqrt{\frac{4(0.00165)}{\pi}} = 0.046\ m$$

Para la elección de los diámetros se usó el catálogo de Plastigama, en el caso del diámetro de las vertientes se tomará un diámetro nominal de 40 mm y un diámetro interior de 36.2 mm, para la tubería que conecta desde la cámara de unión de vertientes a los tanques y de los tanques a la estructura se tomará un diámetro nominal de 90 mm y un diámetro interior de 81.4 mm, esto debido a que se tiene caudales bajos y se realizó la verificación respectiva de la velocidad. Se indica la elección de los diámetros en la TABLA XLI.

TABLA XLI. DIÁMETROS DE TUBERÍAS

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI (lb/pulg^2)	Kgf/cm^2
	20	17,6	1,2	1,25	181	12,75
		17,4	1,3	1,60	232	16,32
		17,0	1,5	2,00	290	20,40
	25	22,6	1,2	1,00	145	10,20
		22,4	1,3	1,25	181	12,75
		22,0	1,5	1,60	232	16,32
	32	29,6	1,2	0,80	116	8,16
		29,4	1,3	1,00	145	10,20
		29,0	1,5	1,25	181	12,75
	40	37,6	1,2	0,63	91	6,43
		37,4	1,3	0,80	116	8,16
		37,0	1,5	1,00	145	10,20
		36,2	1,9	1,25	181	12,75
50		47,4	1,3	0,63	91	6,43
		47,0	1,5	0,80	116	8,16
		46,2	1,9	1,00	145	10,20
		45,2	2,4	1,25	181	12,75
63		60,0	1,5	0,63	91	6,43
		59,0	2,0	0,80	116	8,16
		58,2	2,4	1,00	145	10,20
		57,0	3,0	1,25	181	12,75
75		72,0	1,5	0,50	73	5,10
		71,4	1,8	0,63	91	6,43
		70,4	2,3	0,80	116	8,16
		69,2	2,9	1,00	145	10,20
90		86,4	1,8	0,50	73	5,10
		85,6	2,2	0,63	91	6,43
		84,4	2,8	0,80	116	8,16
		83,6	3,5	1,00	145	10,20
		81,4	4,3	1,25	181	12,75

10) Verificación de velocidad

En base a la norma INEN C.E.C de "Práctica de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural", mencionan que, para

la captación de fuentes superficiales, la velocidad no debe ser mínima a 0.6 m/s. Por lo que los resultados realizados con respecto a la velocidad corroboran el enunciado anterior, encontrando así valores que cumplen con el requerimiento de velocidad. Para lo cual se usó el diámetro interior y el caudal expresado en m^3/s.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

- VERTIENTE 1

$$V = \frac{0.000853}{\frac{\pi * 0.0362^2}{4}} = 0.828\ m/s$$

- VERTIENTE 2

$$V = \frac{0.000236}{\frac{\pi * 0.0362^2}{4}} = 0.229\ m/s$$

- VERTIENTE 3

$$V = \frac{0.000840}{\frac{\pi * 0.0362^2}{4}} = 0.815\ m/s$$

- VERTIENTE 4

$$V = \frac{0.00247}{\frac{\pi * 0.0362^2}{4}} = 2.406\ m/s$$

- CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES

$$V = \frac{0.004406}{\frac{\pi * 0.0814^2}{4}} = 0.846\ m/s$$

Para el caso de la vertiente 2, el diámetro de la tubería se consideró de 40 mm diámetro nominal, debido a que, si se coloca la tubería de 22 mm, es una tubería pequeña en comparación al sistema de tubería, esto evitaría problemas e inconvenientes en la planta de embotellamiento.

11) Standard Dimension Ratio

$$SDR = \frac{D}{e}$$

- VERTIENTE 1, 2, 3 y 4

$D = 36.2\ mm \rightarrow 0.0362\ m$

$e = 1.9\ mm \rightarrow 0.0019\ m$

$$SDR = \frac{0.0362}{0.0019} = 19.053$$

- SALIDA DE CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES

$D = 81.4\ mm \rightarrow 0.0814\ m$

$e = 4.3\ mm \rightarrow 0.0043\ m$

$$SDR = \frac{0.0814}{0.0043} = 18.93$$

12) Número de Reynolds

Se consideró las velocidades determinadas y la viscosidad cinemática del agua es de 1.0x10^{-6} m^2/ s.

$$R_e = \frac{VD}{v}$$

- VERTIENTE 1

$$R_{e\,V1} = \frac{0.828 * 0.0362}{1.0x10^{-6}} = 30003.855\ m$$

- VERTIENTE 2

$$R_{e\,V2} = \frac{0.229 * 0.0362}{1.0x10^{-6}} = 5048.467\ m$$

- VERTIENTE 3

$$R_{e\,V3} = \frac{0.815 * 0.0362}{1.0x10^{-6}} = 29536.243\ m$$

- VERTIENTE 4

$$R_{e\,V4} = \frac{2.406 * 0.0362}{1.0x10^{-6}} = 87122.658\ m$$

- SALIDA DE CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES

$$R_{e\,Cu} = \frac{0.846 * 0.0814}{1.0x10^{-6}} = 68917.764\ m$$

13) Rugosidad absoluta

Se determinó la rugosidad absoluta considerando que la rugosidad es de 0.0015 debido a que se trata de una tubería lisa de plástico (PVC) en base a la TABLA I.

$$\frac{\varepsilon}{D}$$

- VERTIENTE 1, 2, 3, 4

$$\frac{0.0015}{81.40} = 1.84210^{-5}$$

- SALIDA DE CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES

$$\frac{0.0015}{36.20} = 4.143x10^{-5}$$

14) Colebrook y White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{R_e\sqrt{f}}\right)$$

- VERTIENTE 1

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{1.842x10^{-5}}{3.71} + \frac{2.51}{30003.857\sqrt{0.0232}}\right) = 6.512$$

- VERTIENTE 2

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{1.842x10^{-5}}{3.71} + \frac{2.51}{5048.467\sqrt{0.0232}}\right) = 9.844$$

- VERTIENTE 3

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{1.842x10^{-5}}{3.71} + \frac{2.51}{29536.243\sqrt{0.0232}}\right) = 10.525$$

- VERTIENTE 4

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{1.842x10^{-5}}{3.71} + \frac{2.51}{87122.658\,\sqrt{0.0232}}\right) = 10.590$$

- SALIDA DE CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{4.143x10^{-5}}{3.71} + \frac{2.51}{68917.764\,\sqrt{0.0232}}\right) = 9.893$$

15) Método de Hazen Williams

Se determinó las pérdidas de presión o carga mediante el método de Hazen-Williams, en base a la ecuación 17 y considerando la TABLA II.

El coeficiente de rugosidad se considera en base al tipo de material para el siguiente proyecto se propone el uso de tubería PVC con un coeficiente de 140 (adimensional) y la longitud establecida de 6 m que es la longitud comercial.

$$hf = 10.67 \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}}$$

- VERTIENTE 1

$$hf = 10.67 \cdot \left(\frac{0.000853}{140}\right)^{1.852} \cdot \frac{6}{0.0362^{4.87}} = 0.146\ m.c.a$$

- VERTIENTE 2

$$hf = 10.67 \cdot \left(\frac{0.000236}{140}\right)^{1.852} \cdot \frac{6}{0.0362^{4.87}} = 0.0136\ m.c.a$$

- VERTIENTE 3

$$hf = 10.67 \cdot \left(\frac{0.000840}{140}\right)^{1.852} \cdot \frac{6}{0.0362^{4.87}} = 0.142\ m.c.a$$

- VERTIENTE 4

$$hf = 10.67 \cdot \left(\frac{0.00247}{140}\right)^{1.852} \cdot \frac{6}{0.0362^{4.87}} = 1.057\ m.c.a$$

- SALIDA DE CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES

$$hf = 10.67 \cdot \left(\frac{0.846}{140}\right)^{1.852} \cdot \frac{6}{0.0814^{4.87}} = 0.059\ m.c.a$$

16) Pérdidas de cargas acumuladas

$$hf = \sum hf$$

$$hf = 0.146 + 0.013 + 0.142 + 1.057 + 0.059 = 1.420\ m.c.a$$

17) Presión estática

$$P_e = h_t - h_c$$

- VERTIENTE 1

$$P_{e\,V1} = 3357.90 - 3356.5 = 1.4\ m$$

- VERTIENTE 2

$$P_{e\,V2} = 3358.30 - 3357.01 = 1.29\ m$$

- VERTIENTE 3

$$P_{e\,V3} = 3382.70 - 3381.47 = 1.23\ m$$

- VERTIENTE 4

$$P_{e\,V4} = 3351.65 - 3350.38 = 1.27\ m$$

- SALIDA DE CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES

$$P_e = 3360 - 3350.50 = 9.5\ m$$

Para el cálculo de las presiones estáticas se consideró la altura en m que es la diferencia entre la cota del tanque y la cota de proyecto, para la presión en MPa.

TABLA XLII. CÁLCULO DE PRESIONES ESTÁTICAS

Presión Estática		
(m)	**(MPa)**	**Tubería**
2.40	0.02	Espesor = 1.8 mm
2.51	0.02	Espesor = 1.8 mm
2.62	0.03	Espesor = 1.8 mm
2.74	0.03	Espesor = 1.8 mm
2.85	0.03	Espesor = 1.8 mm
2.96	0.03	Espesor = 1.8 mm
3.07	0.03	Espesor = 1.8 mm
3.18	0.03	Espesor = 1.8 mm
2.91	0.03	Espesor = 1.8 mm

18) Tramos de tubería

Con respecto a los tramos de tubería se considera en las distancias establecidas en el ANEXO 2, los planos indican las distancias de las tuberías, también se consideró sus espesores y la presión nominal, además también es importante conocer la longitud de fabricación de las tuberías en el mercado.

19) Diseño por Golpe de Ariete

Se calculó el golpe de ariete para el diámetro nominal de la tubería saliente de la cámara de unión de vertientes debido a que se colocará una llave de paso.

$D = 81.4\ mm$

$e = 4.3\ mm$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \left(\frac{10^{10}}{280000000} \cdot \frac{0.0814}{0.0043}\right)}} = 367.834$$

20) Valor absoluto de la diferencia entre velocidades en régimen permanente

$$|\Delta V| = |V_2 - V_1|$$

- VERTIENTE 2 – VERTIENTE 1

$$|\Delta V| = |0.229 - 0.828| = 0.599\ m/s$$

- VERTIENTE 3 – VERTIENTE 2

$$|\Delta V| = |0.815 - 0.229| = 0.586\ m/s$$

- VERTIENTE 4 – VERTIENTE 3

$$|\Delta V| = |2.406 - 0.815| = 1.590\ m/s$$

- SALIDA DE CÁMARA DE UNIÓN DE VERTIENTES – VERTIENTE 4

$$|\Delta V| = |0.846 - 2.406| = 1.560\ m/s$$

Se consideraron los siguientes parámetros para determinar las pérdidas de carga y las alturas piezométricas.

TABLA XLIII. DATOS

Qd [l/s] =	4.41
Qd [m3/s] =	0.00441
C =	150
Htoma [m] =	3350.5
Htanque [m] =	3349.69
DNivel [m] =	0.81
Dc [mm] =	0.00
DN [mm] =	90
Di [mm] =	84.2
Di [m] =	0.0842
f=	0.02338

TABLA XLIV.CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA Y ALTURAS PEZOMTRICAS

Abcisa	Elevacion	Longitud	Velocidad	hf (Hazen Williams) acumulado	hf (Hazen Williams)	Hammer (Hazen Williams)	Hf (Darcy Acumulado	Hf (Darcy)	Hammer (Darcy)	Piezometrica Dinámica	Piezométrica Estática	Presión Dinámica (mca)	Presión Estática (mca)
0.00	3350.50	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3350.50	3350.5	0.00	0.00
2.00	3350.39	2.00	0.79	0.01	0.01	0.08	0.02	0.02	0.09	3350.48	3350.5	0.09	0.11
4.00	3350.28	2.00	0.79	0.03	0.01	0.08	0.04	0.02	0.08	3350.46	3350.5	0.18	0.22
6.00	3350.16	2.00	0.79	0.04	0.01	0.08	0.05	0.02	0.09	3350.45	3350.5	0.29	0.34
8.00	3350.05	2.00	0.79	0.06	0.01	0.08	0.07	0.02	0.08	3350.43	3350.5	0.38	0.45
10.00	3349.94	2.00	0.79	0.07	0.01	0.08	0.09	0.02	0.09	3350.41	3350.5	0.47	0.56
12.00	3349.83	2.00	0.79	0.09	0.01	0.08	0.11	0.02	0.08	3350.39	3350.5	0.56	0.67
14.00	3349.72	2.00	0.79	0.10	0.01	0.08	0.12	0.02	0.09	3350.38	3350.5	0.66	0.78
14.00	3349.69	0.00	0.79	0.10	0.00	1.08	0.12	0.00	1.09	3350.38	3350.5	0.69	0.81

21) Diseño de tubería y tanque de almacenamiento de agua.

Para el cálculo de diseño de tubería se propone una tubería de 90 mm de diámetro nominal en base a los catálogos de Plastigama, debido a que el diámetro calculado es inferior al mínimo en base al catálogo, el cuadro resumen de los datos obtenidos se tiene en la TABLA XLV.

TABLA XLV. DATOS DE DIÁMETRO EN m, mm y cm.

Diámetro m	Diámetro mm	Diámetro cm
0.027	26.698	2.670
0.014	14.159	1.415
0.027	26.909	2.690
0.046	45.854	4.585

Por lo tanto, el diámetro asumido es de 90 mm y el diámetro interior de 86.4 mm indicados en la TABLA XLVI del catálogo de Plastigama.

TABLA XLVI. DATOS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI (lb/pulg^2)	Kgf/cm^2
	20	17,6	1,2	1,25	181	12,75
		17,4	1,3	1,60	232	16,32
		17,0	1,5	2,00	290	20,40
	25	22,6	1,2	1,00	145	10,20
		22,4	1,3	1,25	181	12,75
		22,0	1,5	1,60	232	16,32
	32	29,6	1,2	0,80	116	8,16
		29,4	1,3	1,00	145	10,20
		29,0	1,5	1,25	181	12,75
	40	37,6	1,2	0,63	91	6,43
		37,4	1,3	0,80	116	8,16
		37,0	1,5	1,00	145	10,20
		36,2	1,9	1,25	181	12,75
50		47,4	1,3	0,63	91	6,43
		47,0	1,5	0,80	116	8,16
		46,2	1,9	1,00	145	10,20
		45,2	2,4	1,25	181	12,75
63		60,0	1,5	0,63	91	6,43
		59,0	2,0	0,80	116	8,16
		58,2	2,4	1,00	145	10,20
		57,0	3,0	1,25	181	12,75
75		72,0	1,5	0,50	73	5,10
		71,4	1,8	0,63	91	6,43
		70,4	2,3	0,80	116	8,16
		69,2	2,9	1,00	145	10,20
90		86,4	1,8	0,50	73	5,10
		85,6	2,2	0,63	91	6,43
		84,4	2,8	0,80	116	8,16
		83,0	3,5	1,00	145	10,20
		81,4	4,3	1,25	181	12,75

Para el tanque de almacenamiento de agua se propone un tanque de plástico cilíndrico vertical/tipo botella, se conoce el caudal total, y se calculó el volumen.

$$Q_{Total} = 0.84 + 0.85 + 2.48 + 0.24 = 4.41 \frac{l}{s} \approx 0.0044 \frac{m^3}{s}$$

$$V = Q_{Total} * t = 0.0044 * (1 * 3600) = 15.861\ m^3$$

$$t = 1\ h$$

Por lo que se consideró proponer usar dos tanques de 10000 litros que equivale a 10 m^3, obtenido del catálogo de Plastigama sección Tanques en la TABLA XLVII.

TABLA XLVII. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

CAPACIDAD LITROS	A mm	B mm	H mm	USO ESTANDAR Peso kg	USO ESTANDAR Peso con agua kg	USO INDUSTRIAL Peso kg	USO INDUSTRIAL Peso con agua kg
5000	550	2500	1580	104,30	5104,30		
10000	550	2500	2420	262	10262	272	10272
15000	550	2500	3470	367	15367	382	15382
20000	550	2500	4520	472	20472	497	20497

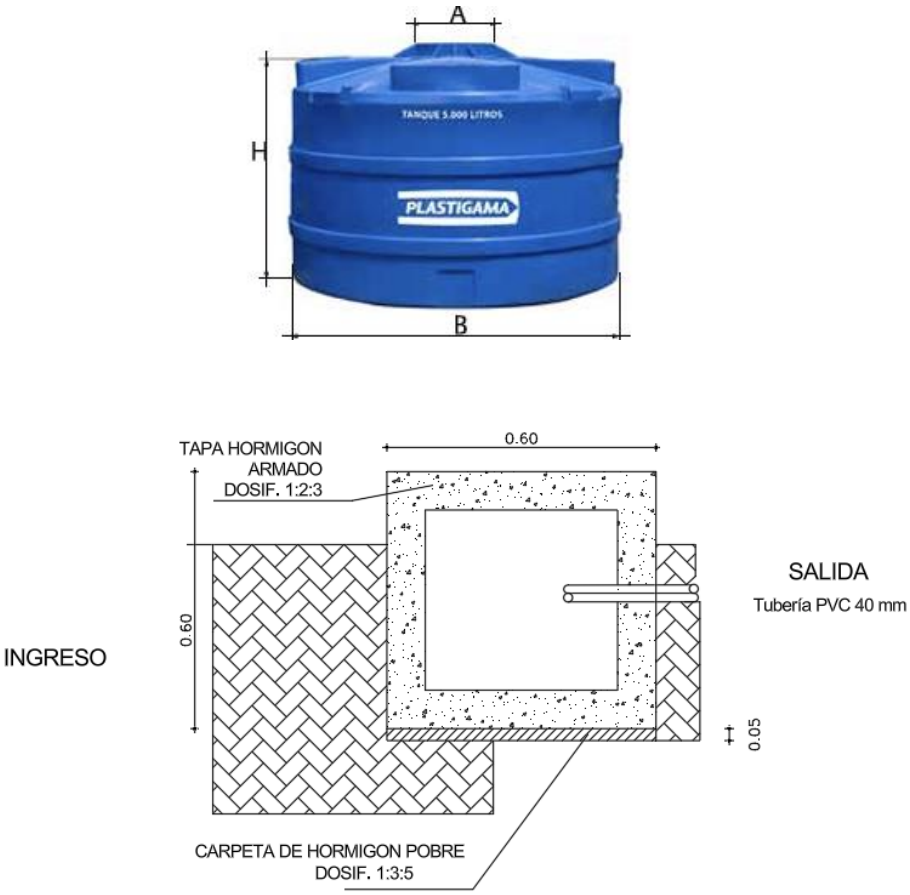


Figura 8. Detalle de cámara de ingreso de caudal de las vertientes

Fuente: *Autor.*

Se consideraron estas medidas debido a que el caudal que se tiene para cada vertiente es bajo, se calculó para el caudal más alto que fue el de la VERTIENTE 4, que tiene un caudal de 0.002477 m^3/s, obteniendo un volumen de 0.024 m^3 y al ser la cámara de 0.6x0.6x0.6 cm con un espesor de 0.1 cm el volumen de la cámara es de 0.125 m^3.

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$V = Q * T = 0.0044 * 10 = 0.044\ m^3$$

$$Volumen\ de\ la\ cámara = (0.8 - 0.2) * (0.8 - 0.2) * (0.8 - 0.1) = 0.252\ m^3$$

$$Volumen\ de\ cámara > V$$

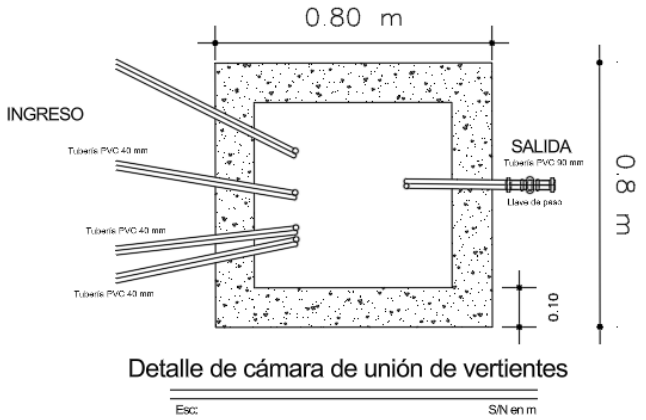


Figura 9. Detalle de cámara de unión de caudales de vertiente.

Fuente: *Autor*

Se consideraron estas medidas debido a que se tiene un caudal de 0.0044 m^3/s y se estima un tiempo de 10 s, por lo que el volumen será de 0.044 m^3, y al ser la cámara de 0.6x0.6x0.6 cm con un espesor de 0.1 cm el volumen de la cámara es de 0.125 m^3.

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$V = Q * T = \frac{0.0044}{10} = 0.044\ m^3$$

$$Volumen\ de\ la\ cámara = (0.6) * (0.6) * (0.6) = 0.216\ m^3$$

$$Volumen\ de\ cámara > V$$

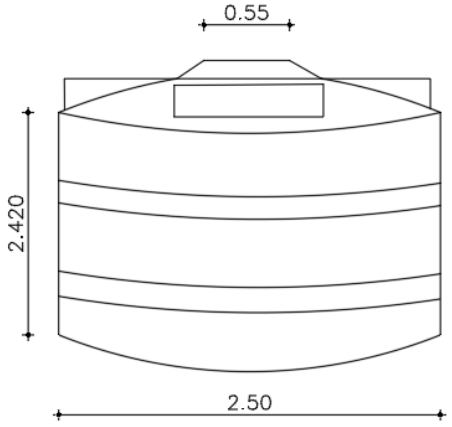


Figura 10. Detalle de tanque de almacenamiento.

Fuente: *Autor*

C. FASE 3

Se realizó la toma de muestra de una de las vertientes debido a que los habitantes del cabildo que han vivido desde hace muchos años atrás, aseguran que las vertientes provienen de una vertiente madre, por lo que una vez realizado el análisis del agua en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Pública EP-EMAPA-A, se obtuvieron los siguientes resultados en la TABLA XLVIII.

TABLA XLVIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA VERTIENTE MADRE

PARÁMETROS	UNIDADES	METODO	INEN	RESULTADO	CUMPLE
Recuento Aerobios Mesófilos	UFC/mL	PETRIFILM 3M AC	25	**15**	**Si**
Cloro L. Residual	mg/L	HACH 8021	Ausencia	**Ausencia**	**Si**
Eschericha coli	UFC/100 mL	Standard Methods 9222-H	0	**7**	**No**
Pseudomona Aeroginosa	UFC/100 mL	Standard Methods 9213-E	0	**16**	**No**
Color real	U Pt- Co	HACH 8025	5	**<5**	**Si**
Dureza total	mg/L	Standard Methods 2340-C	300	**29.79**	**Si**
pH	UpH	Standard Methods 4500-C	4.5-9.5	**6.72**	**Si**
Sólidos totales disueltos	mg/L	Standard Methods 2540-C	500	**119**	**Si**
Turbidez	NTU	Standard Methods 4130-C	1	**0.27**	**Si**

Los resultados obtenidos nos permitieron determinar que todos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2 200. Agua purificada envasada. De los cuáles los parámetros de Eschericha coli y Pseudomona Aeroginosa son un poco altos con relación a los parámetros establecidos para lo cual se propone realizar primero una radiación UV y luego ozono.

La radiación UV o luz ultravioleta es el primer protocolo a seguir para purificar el agua, este ayuda a eliminar los microorganismos en el agua sin alterar su sabor y olor, con este método se eliminan las bacterias Escherichia Coli, parásitos como Giardia y Cryptosporidium, a 7 mJ/cm². Sin embargo, se recomienda una dosis mínima de 40 mJ/cm².

La purificación de agua mediante radiación ultravioleta ha cobrado importancia como una alternativa eficiente, económica y sostenible para el tratamiento de fuentes naturales como vertientes o manantiales. En este contexto, la radiación UV-C, con una longitud de onda cercana a los 254 nanómetros, tiene la capacidad de inactivar patógenos presentes en el agua al provocar la ruptura de enlaces moleculares en el ADN de bacterias, virus y protozoarios. Esta acción evita que estos microorganismos se reproduzcan, generando así una desinfección eficaz sin alterar las propiedades químicas o físicas del agua. La principal ventaja de esta tecnología es que no requiere el uso de sustancias químicas como el cloro, lo que elimina la generación de subproductos tóxicos o cancerígenos y evita efectos secundarios como el sabor o el olor desagradable en el agua tratada. [34]

El uso de sistemas UV es especialmente útil en zonas rurales, donde el acceso a la infraestructura de tratamiento convencionales es limitado y las comunidades dependen de fuentes de agua superficiales sin control sanitario. La tesis desarrollada por la Universidad Politécnica Salesiana en 2021 propone un sistema que integra una lámpara UV de alta intensidad, sensores para monitorear parámetros esenciales como turbidez, pH y conductividad, y un módulo de comunicación GSM/GPRS para la supervisión remota del proceso. Este sistema fue capaz de tratar caudales de hasta 3,02 litros por segundo, lo que demuestra su capacidad para abastecer comunidades pequeñas y medianas. [35]

La investigación también enfatiza la importancia de una etapa previa de prefiltración, ya que la eficacia de la radiación UV disminuye considerablemente en presencia de turbidez o sólidos suspendidos, los cuales pueden generar sombras y proteger a los microorganismos de la radiación. Por ello, el diseño incorpora un sistema de filtración inicial que permite optimizar el rendimiento del desinfectante UV. El sistema completo puede ser operado con energía convencional o renovable (como paneles solares), lo que lo hace adaptable a contextos rurales o aislados.

El estudio concluye que esta tecnología no solo es efectiva desde el punto de vista técnico, sino también viable económicamente, fácil de mantener y respetuosa con el medio ambiente. Representa, por tanto, una solución valiosa para mejorar el acceso al agua potable en zonas que dependen de vertientes naturales, ayudando a prevenir enfermedades de origen hídrico y a fortalecer la salud pública comunitaria.

Como segundo paso a seguir para usar adecuadamente el agua, el ozono (O_3), con su elevado potencial oxidante, se disuelve en el agua para reaccionar directamente con bacterias, virus, hongos, hierro, manganeso, compuestos orgánicos y moléculas que generan sabor u olor desagradable; estas reacciones oxidan los contaminantes a formas insolubles o fácilmente filtrables, sin dejar subproductos clorados ni residuos en el agua. Además, el ozono se descompone rápidamente en oxígeno, sin persistir en el agua, lo que evita la formación de compuestos secundarios indeseables. Sin embargo, ciertos subproductos como el bromato pueden formarse si existen iones bromuro en el agua, por lo que su dosis y control de parámetros como pH y matriz acuosa deben gestionarse cuidadosamente. [36]

Una vez que el ozono ha realizado esta primera oxidación, la etapa siguiente consiste en exponer el agua a luz UV-C (≈254 nm), la cual inactiva cualquier microorganismo residual al dañar directamente su ADN o ARN, impidiendo su reproducción. Asimismo, la luz UV puede fotolizar subproductos remanentes del ozono, como el bromato, ayudando a reducirlos aún más; esta combinación, conocida como proceso de oxidación avanzada O_3/UV (AOP), genera radicales hidroxilos (·OH), especies altamente reactivas capaces de mineralizar compuestos orgánicos persistentes como pesticidas o fármacos a CO_2 y H_2O, mejorando significativamente la calidad microbiológica y químico-organoléptica del agua. Aunque esta tecnología requiere equipamiento especializado y control energético cuidadoso, los estudios actuales (incluyendo análisis de agua potable y tratamiento de aguas superficiales) respaldan su uso como método robusto, limpio y sin residuos químicos nocivos, idóneo para la potabilización en comunidades rurales que dependen de vertientes naturales.

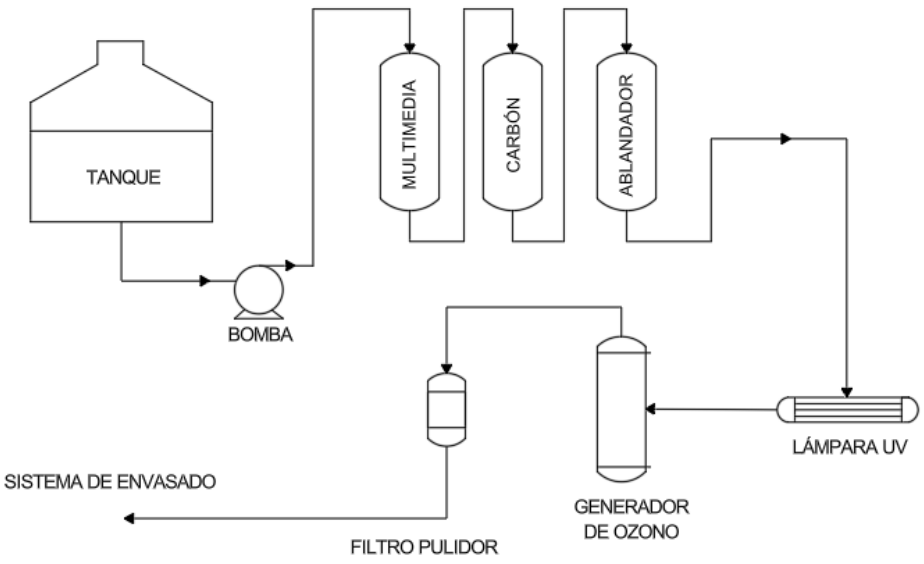


Figura 11. Esquema de planta de embotellamiento de agua.

Fuente: *Autor*

Para realizar la purificación del agua tomada de las vertientes se propuso realizar un esquema en el que el agua se almacena en un tanque de 10 m^3 de este pasa por una bomba que conduce a filtros de multimedia que son diseñados para extraer los sólidos, carbón para eliminar los compuestos orgánicos e inorgánicos y ablandador de agua que es para eliminar los iones de calcio y magnesio presentes en el agua, después el agua pasa por el tratamiento de lámpara UV y generador de ozono para reducir los parámetros que salieron fuera de rango dentro de los especificados por la norma INEN, a continuación pasan por el filtro pulidor, por último pasa al área de embotellamiento para ser envasada y entregada el agua. Como recomendación se realizó el cálculo de la bomba que se encuentra en el ANEXO 3.

1) Diseño de la estructura donde se ubicará la planta.

Para el caso de la estructura en donde se colocará el sistema de purificación de agua de vertiente de embotellamiento, se propone para el diseño estructural los datos en la TABLA XLIX.

TABLA XLIX. DATOS PARA EL DISEÑO VERTIENTE 3L

Parámetro	Valor
Columnas	150x150x6 mm
Vigas principales	100x150x8 mm
Vigas secundarias	50x100x3 mm @ 1 m
Bloque paredes	Espesor 20 cm

Se comprobó el diseño de la estructura para la planta de purificación de agua en base a la norma AISC.

- **Prediseño de columna**

Se consideran los siguientes datos y sección de columna.

TABLA L. TIPO DE ACERO

Tipo de acero A	36	KSI
Ea	2100000	kg/cm2

Donde:

Ea: Módulo de elasticidad del acero.

TABLA LI. SECCIÓN DE COLUMNA

Sección de columna	
bc (cm)	15
hc (cm)	15
ec (cm)	0.6
k	1.2

Donde:

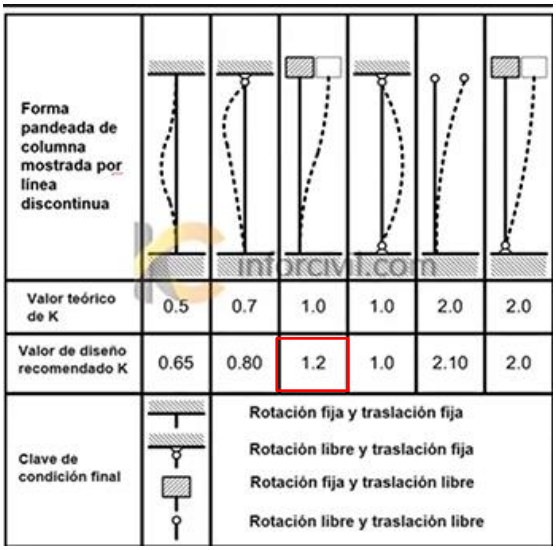
bc: Base de columna

hc: Altura de columna

ec: Espesor

k: Valor teórico de diseño recomendado en base a la normativa AISC (TABLA LII).

TABLA LII. VALOR TEÓRICO DE DISEÑO RECOMENDADO



A continuación, se determinó las propiedades mecánicas de la columna en la TABLA LIII.

TABLA LIII. PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades mecánicas		
Ac	34.56	cm2
Ixc	1196.47	cm4
Iyc	1196.47	cm4
Sx	159.53	cm3
Sy	159.53	cm3
Zx	186.73	cm3
Zy	186.73	cm3
rx	5.88	cm
ry	5.88	cm
fy	34.56	kg/cm2
Ductilidad alta	16.42	s.u
Ductilidad moderada	29.82	s.u
Constante 1	135.70	s.u

- Área de columna (Ac)

$$\boldsymbol{Ac = bc * hc - \big(bc - (2 * ec)\big) * (hc - (2 * ec))}$$

$$Ac = 15 * 15 - \big(15 - (2 * 0.6)\big) * \big(15 - (2 * 0.6)\big) = 34.56\ cm^2$$

- Inercia en sentido x (Ixc)

$$\boldsymbol{Ixc = \frac{bc * hc^3}{12} - \frac{\big(bc - (2 * ec)\big) * (hc - (2 * ec))^3}{12}}$$

$$Ixc = \frac{15 * 15^3}{12} - \frac{\big(15 - (2 * 0.6)\big) * \big(15 - (2 * 0.6)\big)^3}{12} = 1196.47\ cm^4$$

- Inercia en sentido y (Iyc)

$$\boldsymbol{Iyc = \frac{hc * bc^3}{12} - \frac{\big(hc - (2 * ec)\big) * (bc - (2 * ec))^3}{12}}$$

$$Iyc = \frac{15 * 15^3}{12} - \frac{\big(15 - (2 * 0.6)\big) * \big(15 - (2 * 0.6)\big)^3}{12} = 1196.47\ cm^4$$

- Módulo plástico en sentido x (Sx)

$$\boldsymbol{Sx = \frac{2 * Ixc}{hc}}$$

$$Sx = \frac{2 * 1196.47}{15} = 159.53\ cm^3$$

- Módulo plástico en sentido y (Sy)

$$\boldsymbol{Sy = \frac{2 * Iyc}{bc}}$$

$$Sy = \frac{2 * 1196.47}{15} = 159.53\ cm^3$$

- Módulo Z (Zx)

$$\boldsymbol{Zx = \left(ec * \frac{hc^2}{2}\right) + (bc - (2 * ec) * (hc - ec) * ec}$$

$$Zx = \left(0.6 * \frac{15^2}{2}\right) + (15 - (2 * 0.6) * (15 - 0.6) * 0.6 = 186.73\ cm^3$$

- Módulo Z (Zy)

$$\boldsymbol{Zy = \left(ec * \frac{bc^2}{2}\right) + (hc - (2 * ec) * (bc - ec) * ec}$$

$$Zy = \left(0.6 * \frac{15^2}{2}\right) + (15 - (2 * 0.6) * (15 - 0.6) * 0.6 = 186.73\ cm^3$$

- Radio de giro sentido x (rx)

$$\boldsymbol{rx = \sqrt{\frac{Ixc}{Ac}}}$$

$$rx = \sqrt{\frac{1196.47}{34.56}} = 5.88\ cm$$

- Radio de giro sentido y (ry)

$$\boldsymbol{ry = \sqrt{\frac{Iyc}{Ac}}}$$

$$ry = \sqrt{\frac{1196.47}{34.56}} = 5.88\ cm$$

- Esfuerzo de fluencia del acero

$$fy = 2529.87 \frac{kg}{cm^2}$$

- Ductilidad alta

$$\boldsymbol{Tipo\ de\ acero = 36\ KSI}$$

$$\boldsymbol{Ductilidad\ alta = 0.65 * \sqrt{\frac{Ea}{1.3 * fy}}}$$

$$Ductilidad\ alta = 0.65 * \sqrt{\frac{2100000}{1.3 * 2529.87}} = 16.42$$

Se comprobó la sección de la columna en base a compacta, no compacta y sísmicamente compacta. En este caso la columna es compacta debido a que cumple el siguiente criterio:

$$\boldsymbol{\frac{bc}{ec} > Ductilidad\ alta;\ Columna\ compactada}$$

$$\frac{15}{0.6} > 16.42$$

$$25 > 16.42 \ \rightarrow OK$$

- Ductilidad moderada

$$\boldsymbol{Tipo\ de\ acero = 36\ KSI}$$

$$\boldsymbol{Ductilidad\ moderada = 1.18 * \sqrt{\frac{Ea}{1.3 * fy}}}$$

$$Ductilidad\ moderada = 1.18 * \sqrt{\frac{2100000}{1.3 * 2529.87}} = 29.82$$

- Constante 1

$$\boldsymbol{Constante\ 1 = 4.71 * \sqrt{\frac{Ea}{fy}}}$$

$$Constante\ 1 = 4.71 * \sqrt{\frac{2100000}{2529.87}} = 135.70$$

Se consideraron los siguientes datos arquitectónicos para el diseño estructural del galpón, las distancias establecidas son de 10 m y de 6 m; el número de pisos es 1 y la altura a considerar de 3 m, los datos se exponen en la TABLA LIV.

TABLA LIV. DATOS ARQUITECTÓNICOS

Datos arquitectónicos		
L1	10	m
L2	6	m
#Pisos	1	unidades
Altura de entrepiso	3	m
Carga muerta	0.553	T/m2
Carga viva (NEC)	0.36	T/m2
Carga última	1.240	T/m2
Área tributaria (At)	15.000	m2
Carga Pu	21.875	T
Carga admisible columna	64.991	T
Demanda/capacidad	34%	**CUMPLE**

Para las cargas vivas, se consideraron las siguientes cargas en base al conocimiento previo obtenido en las materias de dinámica estructural, estructuras y estructuras metálicas expuestas en la TABLA LV.

TABLA LV. RESUMEN DE CARGAS

Resumen de cargas	
Descripción	**kg/m2**
Peso paredes	150
P.P. vigas principales	25
P.P viguetas secundarias	10
Instalaciones generales	20
Acabados de piso	60
Losa colaborante	288
Carga muerta total	**553**

Se presentan los cálculos de los siguientes datos arquitectónicos.

- Carga última

$$\boldsymbol{Cu = 1.2CM + 1.6CV}$$

$$Cu = 1.2(0.553) + 1.6(0.36) = 1.240\ \frac{Ton}{m^2}$$

- Área tributaria (At)

$$\boldsymbol{At = \left(\frac{L1}{2}\right) * \left(\frac{L2}{2}\right)}$$

$$At = \left(\frac{10}{2}\right) * \left(\frac{6}{2}\right) = 15\ m^2$$

- Carga última (Pu)

$$\boldsymbol{Pu = \frac{\#Pisos * Cu * At}{0.85}}$$

$$Pu = \frac{1 * 1.240 * 15}{0.85} = 21.875\ Ton$$

- Carga admisible columna

$$Carga\ admisible = 64.991\ Ton$$

- Demanda/capacidad

$$\boldsymbol{\frac{Demanda}{capacidad} = \frac{Pu}{Carga\ admisible\ columna} * 100\%}$$

$$\frac{Demanda}{capacidad} = \frac{21.875}{64.991} * 100 = 34\%$$

Comprobación

$$\boldsymbol{Demanda/capacidad < 85\%}$$

$$34\% < 85\% \rightarrow \boldsymbol{OK}$$

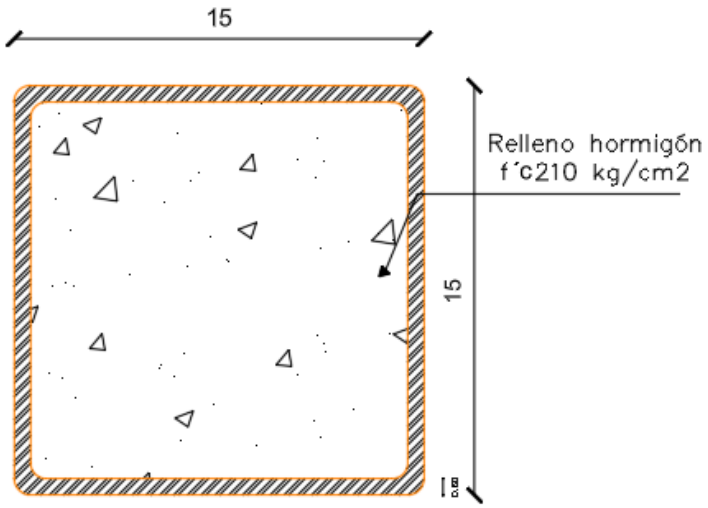


Figura 12. Detalle de columna.

Fuente: *Autor.*

- **Prediseño de viga**

TABLA LVI. TIPO DE ACERO

Tipo de acero A	36	**KSI**
Ea	2100000	kg/cm2

Donde:

Ea: Módulo de elasticidad del acero.

TABLA LVII. SECCIÓN DE VIGA

Sección de viga tipo I	
bc (cm)	15
hc (cm)	20
ec	0.8
k	1.2
P. P. Vigueta (kg/m)	41.95

$$\boldsymbol{P.P.vigueta = Av * 0.785}$$

A continuación, se determinó las propiedades mecánicas de la viga en la TABLA LVIII.

TABLA LVIII. PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades mecánicas		
Av	53.44	cm2
Ixv	3043.72	cm4
Iyv	1935.64	cm4
Sx	304.37	cm3
Sy	258.09	cm3
Zx	365.82	cm3
Zy	299.02	cm3
rx	7.55	cm
ry	6.02	cm
fy	2529.87	kg/cm2
Ductilidad alta	16.42	s.u
Ductilidad moderada	29.82	s.u
Constante 1	135.70	s.u

- Área de viga (Av)

$$\boldsymbol{Av = bc * hc - \left(bc - (2 * ec)\right) * (hc - (2 * ec))}$$

$$Av = 15 * 20 - \left(15 - (2 * 0.8)\right) * \left(20 - (2 * 0.8)\right) = 53.44\ cm^2$$

- Inercia en sentido x (Ixv)

$$\boldsymbol{Ixv = \frac{bc * hc^3}{12} - \frac{\left(bc - (2 * ec)\right) * (hc - (2 * ec))^3}{12}}$$

$$Ixv = \frac{15 * 20^3}{12} - \frac{\left(15 - (2 * 0.8)\right) * \left(20 - (2 * 0.8)\right)^3}{12} = 3043.72\ cm^4$$

- Inercia en sentido y (Iyv)

$$\boldsymbol{Iyv} = \frac{\boldsymbol{hc} * \boldsymbol{bc^3}}{12} - \frac{\big(\boldsymbol{hc} - (\boldsymbol{2} * \boldsymbol{ec})\big) * (\boldsymbol{bc} - (\boldsymbol{2} * \boldsymbol{ec}))^{\boldsymbol{3}}}{12}$$

$$Iyv = \frac{20 * 15^3}{12} - \frac{\big(20 - (2 * 0.8)\big) * \big(15 - (2 * 0.8)\big)^3}{12} = 1935.64\ cm^4$$

- Módulo plástico en sentido x (Sx)

$$\boldsymbol{Sx} = \frac{\boldsymbol{2} * \boldsymbol{Ixv}}{\boldsymbol{hc}}$$

$$Sx = \frac{2 * 3043.72}{20} = 304.37\ cm^3$$

- Módulo plástico en sentido y (Sy)

$$\boldsymbol{Sy} = \frac{\boldsymbol{2} * \boldsymbol{Iyv}}{\boldsymbol{bc}}$$

$$Sy = \frac{2 * 1935.64}{15} = 258.09\ cm^3$$

- Módulo Z (Zx)

$$\boldsymbol{Zx} = \left(\boldsymbol{ec} * \frac{\boldsymbol{hc^2}}{\boldsymbol{2}}\right) + (\boldsymbol{bc} - (\boldsymbol{2} * \boldsymbol{ec}) * (\boldsymbol{hc} - \boldsymbol{ec}) * \boldsymbol{ec}$$

$$Zx = \left(0.8 * \frac{20^2}{2}\right) + (15 - (2 * 0.8) * (20 - 0.8) * 0.8 = 365.82\ cm^3$$

- Módulo Z (Zy)

$$\boldsymbol{Zy} = \left(\boldsymbol{ec} * \frac{\boldsymbol{bc^2}}{\boldsymbol{2}}\right) + (\boldsymbol{hc} - (\boldsymbol{2} * \boldsymbol{ec}) * (\boldsymbol{bc} - \boldsymbol{ec}) * \boldsymbol{ec}$$

$$Zy = \left(0.8 * \frac{15^2}{2}\right) + (20 - (2 * 0.8) * (15 - 0.8) * 0.8 = 299.02\ cm^3$$

- Radio de giro sentido x (rx)

$$\boldsymbol{rx} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{Ixv}}{\boldsymbol{Av}}}$$

$$rx = \sqrt{\frac{3043.72}{53.44}} = 7.55\ cm^3$$

- Radio de giro sentido y (ry)

$$\boldsymbol{ry} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{Iyv}}{\boldsymbol{Av}}}$$

$$ry = \sqrt{\frac{1935.64}{53.44}} = 6.02\ cm^3$$

- Esfuerzo de fluencia del acero

$$fy = 2529.87 \frac{kg}{cm^2}$$

- Ductilidad alta

$$\boldsymbol{Tipo\ de\ acero = 36\ KSI}$$

$$\boldsymbol{Ductilidad\ alta = 0.65 * \sqrt{\frac{Ea}{1.3 * fy}}}$$

$$Ductilidad\ alta = 0.65 * \sqrt{\frac{2100000}{1.3 * 2529.87}} = 16.42$$

Se comprobó la sección de la viga en base a compacta, no compacta y sísmicamente compacta. En este caso la columna es compacta debido a que cumple el siguiente criterio:

$$\boldsymbol{\frac{bc}{ec} > Ductilidad\ alta;\ Viga\ compactada}$$

$$\frac{15}{0.8} > 16.42$$

$$18.75 > 16.42 \rightarrow OK$$

$$\boldsymbol{\frac{hc}{ec} > Ductilidad\ alta;\ Viga\ compactada}$$

$$\frac{20}{0.8} > 16.42$$

$$25 > 16.42 \rightarrow OK$$

- Ductilidad moderada

$$\boldsymbol{Tipo\ de\ acero = 36\ KSI}$$

$$\boldsymbol{Ductilidad\ moderada = 1.18 * \sqrt{\frac{Ea}{1.3 * fy}}}$$

$$Ductilidad\ moderada = 1.18 * \sqrt{\frac{2100000}{1.3 * 2529.87}} = 29.82$$

- Constante 1

$$\boldsymbol{Constante\ 1 = 4.71 * \sqrt{\frac{Ea}{fy}}}$$

$$Constante\ 1 = 4.71 * \sqrt{\frac{2100000}{2529.87}} = 135.70$$

Se consideraron los siguientes datos arquitectónicos para el diseño VERTIENTE 3l del galpón, las distancias establecidas son de 10 m y de 18 m, los datos se exponen en la TABLA LIX.

TABLA LIX. DATOS ARQUITECTÓNICOS

Datos arquitectónicos		
Longitud vigueta	10	m
Longitud viga de carga	10	m
#Viguetas	6	unidades
Ancho colaborante entre viguetas	**1.50**	**m**

- Ancho colaborante entre viguetas

$$\boldsymbol{Ancho\ colaborante\ entre\ vigas = \frac{Longitud\ viga\ de\ carga}{\#Viguetas + 1}}$$

$$Ancho\ colaborante\ entre\ vigas = \frac{10}{6+1} = 1.43\ m$$

Comprobación

$$\boldsymbol{Ancho\ colaborante < 1.6}$$

$$1.43 < 1.6 \rightarrow \boldsymbol{OK}$$

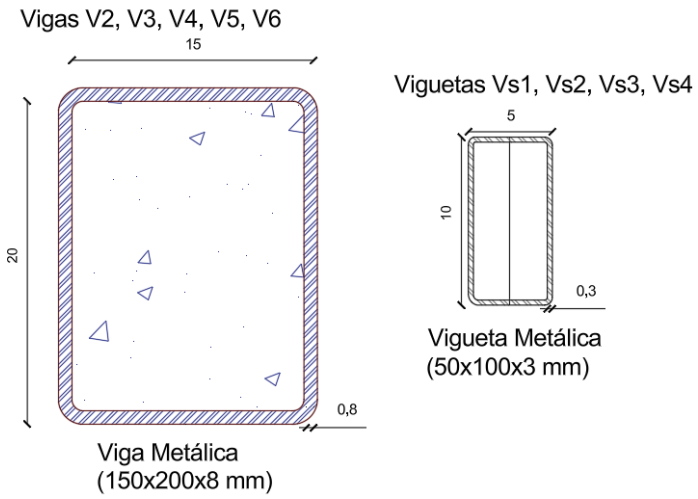


Figura 13. Detalle de vigas.

Fuente: *Autor.*

- **Cálculo de zapata aislada**

Se consideran los siguientes datos arquitectónicos presentados en la TABLA LX, obtenidos de la norma NEC- Cargas No Sísmicas.

TABLA LX. DATOS ARQUITECTÓNICOS

Datos arquitectónicos		
L1	10	m
L2	6	m
CM1	0.265	T/m2
CV1	0.36	T/m2
Pisos	1	unidad
Altura entrepiso	3	m
hc pedestal	0.4	m
bc pedestal	0.5	m
qa (resistencia del suelo)	25	T/m2
Recubrimiento cimentación	0.05	m
f´c	210	kg/cm2
fy varillas	4200	kg/cm2

Para lo cual se realizó los siguientes cálculos expuestos en la TABLA LXI y detallados cada uno.

TABLA LXI. DATOS ARQUITECTÓNICOS

Datos arquitectónicos		
Área tributaria	15.00	m2
Carga muerta	5.42	T
Carga muerta servicio	5.42	T
Carga viva servicio	5.40	T
Momento CM hc final	0.22	T
Momento CV hc final	0.22	T
Momento CM bc final	0.27	T
Momento CV bc final	0.27	T

- Área tributaria

$$\boldsymbol{At} = \left(\frac{\boldsymbol{L1}}{\boldsymbol{2}}\right) * \left(\frac{\boldsymbol{L2}}{\boldsymbol{2}}\right)$$

$$At = \left(\frac{10}{2}\right) * \left(\frac{6}{2}\right) = 15\ m^2$$

- Carga muerta

$$\boldsymbol{Carga\ muerta} = \boldsymbol{Área\ tributaria} * (\boldsymbol{CM} * \boldsymbol{\#Pisos}) + \boldsymbol{hc} * \boldsymbol{bc} * \boldsymbol{2.4} * \boldsymbol{Altura\ entrepiso} * \boldsymbol{\#Pisos}$$

$$Carga\ muerta = 15 * (0.265 * 1) + 0.4 * 0.5 * 2.4 * 3 * 1 = 5.42\ Ton$$

- Carga viva

$$\boldsymbol{Carga\ viva} = \boldsymbol{Área\ tributaria} * (\boldsymbol{Cv} * \boldsymbol{\#Pisos})$$

$$Carga\ viva = 15 * (0.36 * 1) = 5.40\ Ton$$

- Momento CM hc

$$\boldsymbol{Momento\ CM\ hc = CM * 0.1 * hc}$$

$$Momento\ CM\ hc = 5.42 * 0.1 * 0.4 = 0.24\ Ton * m$$

- Momento CV hc

$$\boldsymbol{Momento\ CV\ hc = CV * 0.1 * hc}$$

$$Momento\ CV\ hc = 5.40 * 0.1 * 0.4 = 0.22\ Ton * m$$

- Momento CM bc

$$\boldsymbol{Momento\ CM\ bc = CM * 0.1 * bc}$$

$$Momento\ CM\ bc = 5.42 * 0.1 * 0.5 = 0.27\ Ton * m$$

- Momento CV bc

$$\boldsymbol{Momento\ CV\ bc = CV * 0.1 * bc}$$

$$Momento\ CV\ bc = 5.40 * 0.1 * 0.5 = 0.27\ Ton * m$$

Se calcularon los siguientes datos para determinar si cumple las resistencias calculadas con la resistencia asumida.

TABLA LXII. DATOS

Datos		
Carga servicio definitivo	10.82	m2
Momento CS hc	0.43	T*m
Momento CS bc	0.54	T*m
Área cimentación	0.81	m2
Dimensión sugerida	0.90	m
A (horizontal) plinto definitivo	1.00	m
B (vertical) plinto definitivo	1.00	m
d asumido (de un extremo hacia la varilla)	0.25	m

- Carga de servicio definitiva

$$\boldsymbol{Carga\ de\ servicio\ definitivo = CM + CV}$$

$$Carga\ de\ servicio\ definitivo = 5.42 + 5.40 = 10.82\ Ton * m$$

- Momento CS hc

$$\boldsymbol{Momento\ CS\ hc = Momento\ CM\ hc + Momento\ CV\ hc}$$

$$Momento\ CS\ hc = 0.22 + 0.22 = 0.44\ Ton * m$$

- Momento CS bc

$$\boldsymbol{Momento\ CS\ bc = Momento\ CM\ bc + Momento\ CV\ bc}$$

$$Momento\ CS\ bc = 0.27 + 0.27 = 0.54\ Ton * m$$

- Área de cimentación

$$\textbf{Área de cimentación} = \frac{\textbf{Carga de servicio} * \textbf{1.45}}{\textbf{qa asumido}}$$

$$Área\ de\ cimentación = \frac{10.82 * 1.45}{25} = 0.81\ m^2$$

- Dimensión sugerida

$$\textbf{Dimensión sugerida} = \sqrt{\textbf{Área de cimentación}}$$

$$Dimensión\ sugerida = \sqrt{0.81} = 0.90\ m$$

- Resistencia en función de hc (q1 hc)

$$\textbf{q1 hc} = \frac{\textbf{Carga de servicio}}{\textbf{A} * \textbf{B}} + \frac{\textbf{Momento CS hc}}{\textbf{B} * \textbf{A}^2}$$

$$q1\ hc = \frac{10.82}{1 * 1} + \frac{0.43}{1 * 1^2} = 13.41\ Ton/m^2$$

Comprobación

$$\textbf{q1 hc} < \textbf{qa}$$

$$13.41 < 25\ \left(\frac{Ton}{m^2}\right) \rightarrow \textbf{OK}$$

- Resistencia en función de bc

$$\textbf{q1 bc} = \frac{\textbf{Carga de servicio}}{\textbf{A} * \textbf{B}} + \frac{\textbf{Momento CS bc}}{\textbf{B} * \textbf{A}^2}$$

$$q1\ bc = \frac{10.82}{1 * 1} + \frac{0.54}{1 * 1^2} = 14.06\ Ton/m^2$$

Comprobación

$$\textbf{q1 bc} < \textbf{qa}$$

$$14.06 < 25\ \left(\frac{Ton}{m^2}\right) \rightarrow \textbf{OK}$$

En la TABLA LXIII se indica las dimensiones finales de zapata aislada.

TABLA LXIII. DIMENSIONES FINALES ZAPATA AISLADA

Dimensiones finales zapata aislada		
A zapata final	**1**	**m**
B zapata final	**1**	**m**
Espesor zapata	**0.30**	**m**

Se determinó la comprobación por cortante, punzonamiento, aplastamiento y flexión, los mismos que cumplen con los requisitos, se indica el resumen en la TABLA LXIV.

TABLA LXIV. REVISIÓN FINAL DE ZAPATA

Revisión final de zapata	
Cortante	**CUMPLE**
Punzonamiento	**CUMPLE**
Aplastamiento	**CUMPLE**
Flexión	**CUMPLE**

Para lo cual se determinó los datos últimos para el cálculo en la TABLA LXV.

TABLA LXV. REVISIÓN FINAL DE ZAPATA

Datos de cálculos		
Carga última	15.14	T
Mu sentido hc	0.61	T
Mu sentido bc	0.76	T
q1 hc	18.77	T/m2
q2 hc	11.50	T/m2
q1 bc	19.68	T/m2
q2 bc	10.60	T/m2

- Carga última

$$\boldsymbol{Cu = 1.2Cm + 1.6Cv}$$

$$Cu = 1.2 * 5.42 + 1.6 * 5.40 = 15.14\ Ton$$

- Momento último hc (Mu hc)

$$\boldsymbol{Mu\ hc = 1.2 * Momento\ CM\ hc + 1.6 * Momento\ CV\ hc}$$

$$Mu\ hc = 1.2 * 0.22 + 1.6 * 0.22 = 0.61\ Ton$$

- Momento último bc (Mu bc)

$$\boldsymbol{Mu\ bc = 1.2 * Momento\ CM\ bc + 1.6 * Momento\ CV\ bc}$$

$$Mu\ hc = 1.2 * 0.27 + 1.6 * 0.27 = 0.76\ Ton$$

- q1 hc

$$\boldsymbol{q1\ hc = \frac{Carga\ última}{A * B} + \frac{6 * Mu\ sentido\ hc}{B * A^2}}$$

$$q1\ hc = \frac{15.14}{1 * 1} + \frac{6 * 0.61}{1 * 1^2} = 18.77\ \frac{Ton}{m^2}$$

- q2 hc

$$\boldsymbol{q2\ hc = \frac{Carga\ última}{A * B} - \frac{6 * Mu\ sentido\ hc}{B * A^2}}$$

$$q2\ hc = \frac{15.14}{1 * 1} - \frac{6 * 0.61}{1 * 1^2} = 11.50\ \frac{Ton}{m^2}$$

- q1 bc

$$\boldsymbol{q1\ bc = \frac{Carga\ última}{A * B} + \frac{6 * Mu\ sentido\ bc}{B * A^2}}$$

$$q1\ bc = \frac{15.14}{1*1} + \frac{6*0.76}{1*1^2} = 19.68\frac{Ton}{m^2}$$

- q2 bc

$$\boldsymbol{q2\ bc = \frac{Carga\ última}{A*B} - \frac{6*Mu\ sentido\ bc}{B*A^2}}$$

$$q2\ hb = \frac{15.14}{1*1} - \frac{6*0.76}{1*1^2} = 10.60\frac{Ton}{m^2}$$

Se tiene la comprobación por cortante indicada en la TABLA LXVI.

TABLA LXVI. CORTANTE

Cortante		
Long volado	0.30	m
q3 h	18.41	T/m2
q3 b	20.13	T/m2
Esfv hc	3.72	T/m2
Esfv bc	3.98	T/m2
Esfv final (esf máx)	**3.98**	**T/m2**
Esf admisible	**57.68**	**T/m2**

- Longitud de volado

$$\boldsymbol{Long\ volado = \frac{A - hc}{2}}$$

$$Long\ volado = \frac{1 - 0.4}{2} = 0.30\ m$$

- q3 h

$$\boldsymbol{q3\ h = (q1\ hc - q2\ hc) * \frac{Long\ volado + hc + d\ asumido}{A + q2\ hc}}$$

$$q3\ h = (18.77 - 11.50) * \frac{0.30 + 0.4 + 0.25}{1 + 11.50} = 18.41\ Ton/m^2$$

- q3 b

$$\boldsymbol{q3\ b = (q1\ bc - q2\ bc) * \frac{Long\ volado + bc + d\ asumido}{B + q2\ bc}}$$

$$q3\ b = (19.68 - 10.60) * \frac{0.30 + 0.5 + 0.25}{1 + 10.60} = 20.13\ Ton/m^2$$

- Esfv hc

$$\boldsymbol{Esfv\ hc = (q1\ hc + q3\ h) * \frac{Long\ volado - d}{2*d}}$$

$$Esfv\ hc = (18.77 + 18.41) * \frac{0.30 - 0.25}{2 * 0.25} = 3.72\ Ton/m^2$$

- Esfv bc

$$\boldsymbol{Esfv\ bc = (q1\ bc + q3\ b) * \frac{Long\ volado - d}{2 * d}}$$

$$Esfv\ bc = (19.68 + 20.13) * \frac{0.30 - 0.25}{2 * 0.25} = 3.98\ Ton/m^2$$

- Esf final

$$\boldsymbol{Esf\ final = Max\ (Esf\ hc; Esf\ bc)}$$

$$Esf\ final = Max\ (3.72; 3.98) = 3.98\ Ton/m^2$$

- Esf admisible

$$\boldsymbol{Esf\ admisible = 3.98 * \sqrt{f'c}}$$

$$Esf\ admisible = 3.98 * \sqrt{210} = 57.68\ Ton/m^2$$

Comprobación

$$\boldsymbol{Esf\ final < Esf\ admisible}$$

$$3.98 < 57.68\ \left(\frac{Ton}{m^2}\right) \rightarrow \boldsymbol{OK}$$

Se considera que la zapata tiene una ubicación medianera, por lo tanto, los datos a considerar son los siguientes expuestos en la TABLA LXVII.

TABLA LXVII. PUZONAMIENTO

Punzonamiento		
Ubi zapata	medianera	
bo	2.80	m
Esf puzonamiento	11.08	T/m2
Esf admi 1	115.21	T/m2
Esf admi 2	146.94	T/m2
Esf admi 3	69.75	T/m2
Esf admisible final	**69.75**	**T/m2**

- Profundidad bo

$$\boldsymbol{bo = hc + \left(\frac{d}{2} * 2\right) + \left(\left(\left(bc + \frac{d}{2}\right) * 2\right)\right) * 2}$$

$$bo = 0.4 + \left(\frac{0.25}{2} * 2\right) + \left(\left(\left(0.5 + \frac{0.25}{2}\right) * 2\right)\right) * 2 = 2.80\ m$$

- Esfuerzo punzonamiento

$$\boldsymbol{Esf\ punzonamiento = (q1\ hc + q2\ hc) * \frac{A * B - (hc + d) * (bc + d)}{2 * bo * d}}$$

$$Esf\ punzonamiento = (18.77 + 11.50) * \frac{1 * 1 - (0.4 + 0.25) * (0.5 + 0.25)}{2 * 2.80 * 0.25} = 11.08 \frac{Ton}{m^2}$$

- Esfuerzo admisible 1

$$\boldsymbol{Esf\ admi\ 1 = 7.95 * \sqrt{f'c}}$$

$$Esf\ admi\ 1 = 7.95 * \sqrt{210} = 115.21\ \frac{Ton}{m^2}$$

- Esfuerzo admisible 2

$$\boldsymbol{Esf\ admi\ 2 = 1.95 * (2 + 4 * \frac{hc}{bc}) * \sqrt{f'c}}$$

$$Esf\ admi\ 2 = 1.95 * \left(2 + 4 * \frac{0.4}{0.5}\right) * \sqrt{210} = 146.94\ \frac{Ton}{m^2}$$

- Esfuerzo admisible 3

$$\boldsymbol{Esf\ admi\ 3 = 1.95 + \left(\alpha * \frac{d}{bo} + 2\right) * \sqrt{f'c}}$$

$$Esf\ admi\ 3 = 1.95 * \left(30 * \frac{0.25}{2.80} + 2\right) * \sqrt{210} = 69.75\ \frac{Ton}{m^2}$$

- Esfuerzo admisible final

$$\boldsymbol{Esf\ admi\ final = Min\ Esfuerzos}$$

$$Esf\ admi\ final = Min\ (115.21; 146.94; 69.75) \frac{Ton}{m^2} = 69.75\ \frac{Ton}{m^2}$$

Comprobación

$$\boldsymbol{Esf\ punzonamiento < Esf\ admi\ final}$$

$$11.08 < 69.75\ \left(\frac{Ton}{m^2}\right) \rightarrow \boldsymbol{OK}$$

Comprobación por aplastamiento TABLA LXVIII.

TABLA LXVIII. APLASTAMIENTO

Aplastamiento		
Esf aplastamiento	75.69	T/m2
Esf admisible final	1160.25	T/m2

- Esfuerzo aplastamiento

$$\boldsymbol{Esf\ aplastamiento = \frac{Carga\ última}{hc * bc}}$$

$$Esf\ aplastamiento = \frac{15.41}{0.4 * 0.5} = 75.69\ \frac{Ton}{m^2}$$

- Esfuerzo admisible final

$$\boldsymbol{Esf\ admisible\ final = 0.65 * 0.85 * f'c}$$

$$Esf\ admisible\ final = 0.65 * 0.85 * 210 = 1160.25 \frac{Ton}{m^2}$$

Comprobación

$$\boldsymbol{Esf\ aplastamiento < Esf\ admisible\ final}$$

$$75.69 < 1160.25\left(\frac{Ton}{m^2}\right) \rightarrow \boldsymbol{OK}$$

Comprobación por flexión TABLA LXIX.

TABLA LXIX. FLEXIÓN

Flexión		
q4 hc	16.59	T/m2
q4 bc	16.95	T/m2
M q hc	0.81	T*m
M q bc	0.84	T*m
Mu max	0.84	T*m
d min	0.05	m

- q4 hc

$$\boldsymbol{q4\ hc = ((q1\ hc - q2\ hc) * \frac{A - Long\ volado}{A}) + q2\ hc}$$

$$q4\ hc = ((18.77 - 11.50) * \frac{1 - 0.30}{1}) + 11.50 = 16.59\ \frac{Ton}{m^2}$$

- q4 bc

$$\boldsymbol{q4\ bc = ((q1\ bc - q2\ bc) * \frac{B - Long\ volado}{B}) + q2\ bc}$$

$$q4\ bc = ((19.68 - 10.60) * \frac{1 - 0.30}{1}) + 10.60 = 16.95\ \frac{Ton}{m^2}$$

- M q hc

$$\boldsymbol{Mq\ hc = Long\ volado^2 * \frac{q4\ hc + 2 * q1\ hc}{6}}$$

$$Mq\ hc = 0.30^2 * \frac{16.59 + 2 * 18.77}{6} = 0.81 Ton * m$$

- M q bc

$$\boldsymbol{Mq\ bc = Long\ volado^2 * \frac{q4\ bc + 2 * q1\ bc}{6}}$$

$$Mq\ bc = 0.30^2 * \frac{16.95 + 2 * 19.68}{6} = 0.84\ Ton * m$$

- Mu máx

$$\boldsymbol{Mu\ max = Max\ M}$$

$$Mu\ max = Max\ (0.81; 0.84) Ton * m = 0.84\ Ton * m$$

- d min

$$\boldsymbol{d\ min = 0.831 * \sqrt{\frac{Mu\ max}{f'c}}}$$

$$d\ min = 0.831 * \sqrt{\frac{0.84}{210}} = 0.05\ m$$

Comprobación

$$\boldsymbol{d\ mín < d}$$

$$0.05 < 0.255\ (m) \rightarrow \boldsymbol{OK}$$

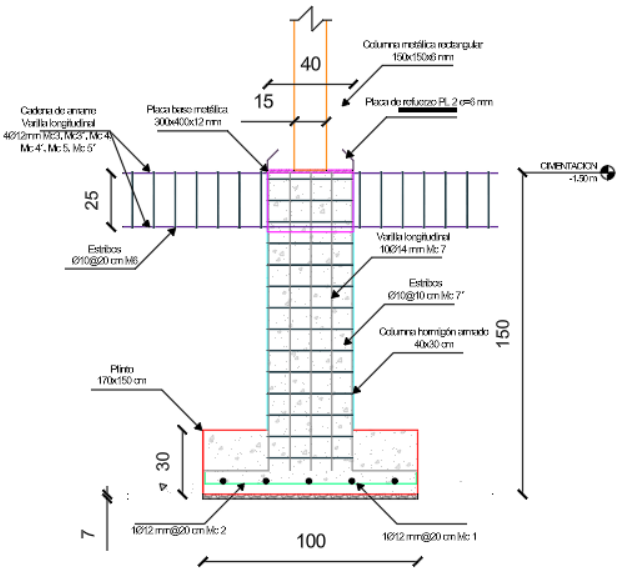


Figura 14. Detalle de zapata - plinto.

Fuente: *Autor.*

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. CONCLUSIONES

- Se realizó un diseño de sistema de captación, conducción, almacenamiento y purificación del agua de cuatro vertientes pertenecientes a la comunidad Tiliví, parroquia Pasa, provincia Tungurahua, mediante un levantamiento utilizando el método RTK (Real Time Kinematic) con equipos de alta precisión (iHand55), con el cuál se logró identificar cotas desde los 3350.50 m.s.n.m hasta los 3349.99 m.sn.m se logró georreferenciar de forma exacta cada fuente hídrica.
- Mediante el método volumétrico tomado durante los 30 días, se pudo determinar que el caudal de las vertientes desde el caudal mayor al menor fue: la VERTIENTE 4 presentó el mayor caudal promedio con 2.48 l/s, seguida por la VERTIENTE 1 con 0.85 l/s, la VERTIENTE 3 con 0.84 l/s, y finalmente la VERTIENTE 2 con un caudal promedio de 0.23 l/s. Estos valores demuestran que las fuentes hídricas poseen un caudal suficiente y constante para el diseño de un sistema de abastecimiento sostenible. El día con mayor flujo en todas las vertientes coincidió en gran parte con los lunes y jueves, lo que indica un patrón estable de recarga en la zona.
- En cuanto a la calidad del agua, los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados por la Empresa Pública EP-EMAPA-A revelaron que el agua cumple en su mayoría con la norma INEN 2200, salvo por la presencia de Escherichia coli (7 UFC/100 ml) y Pseudomonas aeruginosa (16 UFC/100 ml), donde el límite permitido es cero. Por lo tanto, se propuso un tratamiento combinado de luz ultravioleta (UV-C a 253.7 nm) y ozonificación, que garantiza una eliminación efectiva de microorganismos sin dejar residuos químicos. Este sistema de purificación permite obtener agua segura para consumo humano cumpliendo estándares técnicos y sanitarios exigidos por la normativa nacional.
- Se diseñó una estructura básica para el funcionamiento de la planta de purificación, conforme a la norma AISC 360-16 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). El tanque de almacenamiento diseñado presenta una capacidad estructural robusta, con espesores de losa y pared de 20 cm, y espesor de cúpula de 3 cm. El peso total de la estructura alcanza 88.35 toneladas, considerando también un cortante sísmico de 78.88 toneladas para su ubicación en zona sísmica (tipo de suelo D). Se utilizaron perfiles metálicos rectangulares (150x150x6 mm para columnas, 100x150x3 mm para vigas principales y 50x100x3 mm para vigas secundarias) que garantizan la estabilidad y

durabilidad del sistema. La edificación propuesta no solo es funcional, sino que además cumple con todas las normas de seguridad estructural.

II. RECOMENDACIONES

- En conjunto, el sistema diseñado responde a una necesidad crítica de la comunidad de Tiliví, asegurando el abastecimiento de agua potable con un enfoque técnico, normativo y sostenible. El proyecto es un estudio preliminar, técnico, económico y estructural.
- Al cabildo de Tiliví se le recomienda que monitoree periódicamente el caudal de las vertientes, al menos una vez por estación (época seca y lluviosa), para verificar la estabilidad del recurso hídrico y actualizar los parámetros hidráulicos del sistema en caso de variaciones significativas. Aunque los valores obtenidos durante 30 días mostraron estabilidad, el monitoreo constante asegurará la sostenibilidad del sistema en el largo plazo.
- Se recomienda realizar un diseño de tanque para la acumulación del agua restante y tratarla para ser usada como agua potable, el mismo que se diseñó para ser un tanque circular, con cúpula con un diámetro de 4 m y una altura de 5.5 m, de esta manera evitar el desperdicio de este recurso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Instituto Ecuatoriano de Normalización Ecuador, Norma Ecuatoriana de la Calidad de Agua potable, INENE 1108:2020, Quito, 2020.

[2] American Concrete Institute, Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures, ACI 350-16, 2016.

[3] American Institute of Steel Construction , Specification for Structural Steel Buildings ANSI/AISC 360-16, Chicago, 2016.

[4] P. Sánchez, «Optimización en el tratamiento y almacenamiento de agua rural,» *Enviromental Engineering Journal,* vol. 15, nº 3, pp. 90-101, 2022.

[5] G. Lopez, «Análisis de impacto en proyectos de abastecimiento hídrico,» *Journal of Water Resources,* vol. 18, nº 2, pp. 134-145, 2023.

[6] J. Pérez, «Impacto económico del embotellamiento en comunidades rurales,» *Journal of Environmental Economics,* vol. 14, nº 1, pp. 85-96, 2023.

[7] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, «Lineamientos para sistemas de captación y embotellamiento,» 2022. [En línea]. Available: https://www.ambiente.gob.ec/construccion-participativa-del-proyecto-de-la-nueva-ley-organica-para-la-gestion-integrada-de-los-recursos-hidricos/.

[8] M. Herrera, «Desarrollo de modelos de negocio para agua embotellada,» *Recursos Hídricos,* vol. 10, nº 2, pp. 123-134, 2022.

[9] L. Morales, «Evaluación de sistemas de captación de agua en América Latina,» *Ingeniería y Sostenibilidad,* vol. 6, nº 1, pp. 45-54, 2022.

[10] P. T. G. M. Bastidas Altamirano Edwin Oswaldo, «Diseño de la captación, línea de conducción, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento para el sistema de agua potable del barrio La Merced, parroquia Tambillo, cantón Mejía, provincia de Pichincha,» 9 2022. [En línea]. Available: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23433.

[11] M. A. Arellano, «Diseño Hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable,» *Diseño Hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable,* vol. 1, nº 1, p. 126, 2022.

[12] D. C. R. T. Hugues, «Ingeniería Hidráulica y Ambiental,» *La Captación del agua de lluvia como solución del pasado y el presente,* vol. xl, nº 2, pp. 125-139, 2019.

[13] J. M. T. É. Q. B. Remberto Ávila, «Ingeniería para transformar territotios,» *Análisis de alternativas de potabilización para aguas subterráneas en el corregimiento de Arroyo Grande / Cartagena,* vol. 1, nº 1, p. 10, 2023.

[14] P. A. V. Angie Estupiñán Campos, «Ambiente Ético y Estratégico,» *ANÁLISIS TÉCNICO Y AMBIENTAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO COMPACTA DE AGUA POTABLE EN VILLARRICA-TOLIMA,* vol. 13, nº 1, pp. 40-51, 2019.

[15] v. T.-C. L. G.-G. E. P.-S. Stephanie Torres-Silva, «Análisis físico - químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito,» vol. 1, nº 1, p. 14, 2020.

[16] M. d. J. M. Cruz, «El agua y su preservación en los ecosistemas ecuatorianos,» *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología,* vol. IX, nº 2, p. 12, 2023.

[17] M. S. Navarro, «“EL ACCESO A AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO. UN ANÁLISIS COMPARADO DEL DERECHO AL AGUA DESDE EL DERECHO INTERNACIONAL DE LOS DERECHOS HUMANOS Y DEL DERECHO AMBIENTAL”,» nº 106, pp. 5-10, 2020.

[18] S. M. R. Gian Carlo Delgado Ramos, «EL NEGOCIO DE BEBIDAS Y AGUA EMBOTELLADA,» APROPIACIÓN DE AGUA, MEDIO AMBIENTE Y OBESIDAD, 2018.

[19] J. V. C.-W. H. Y. L.-Z. R. A. C.-M. Eduardo Alexander García-Loor, «Plantas purificadoras: Realidad del agua embotellada en Ecuador,» vol. 6, nº 2, p. 14, 2020.

[20] S. A. S. Aorca, «Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador,» vol. IV, nº 2, p. 15, 2023.

[21] C. I. A. A. María Gabriela Zúñiga, «Análisis comparativo entre los consumos de agua potable históricos y los de la Pandemia COVID-19 en Ecuador,» vol. 1, nº 1, p. 16, 2023.

[22] *Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador ,* vol. 9, nº 20, pp. 109-107, 2016.

[23] A. D. P. E. Z. M. S. P. V. Jessica Zambrano Mero, *Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador,* vol. 9, nº 2, 2022.

[24] S. Guachamin, «Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato,» Enero 2021. [En línea]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f5f8307c-f27b-4eea-8191-9754bc59b82b/content.

[25] C. C. U. José Manuel Perugachi Cachimuel, «La lucha por el agua,» de *Gestión Comunitaria del Proyecto de Agua Potable Pesillo-Imbabura*, Quito, Abya-Yala, 2020, pp. 20-30.

[26] N. Ferrecio, Análisis de la Técnica RTK, Buenos Aires: Editorial de la Universidad de la Plata, 2006.

[27] E. L. Ó. R. Myriam Paredes, Guías teórico-prácticas de laboratorios de mecánica de fluidos e hidráulica, Colombia: Editorial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021.

[28] Secretaría del Agua, «Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias,» [En línea]. Available: https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf. [Último acceso: 2025].

[29] Norma Técnica Ecuatoriana, «Agua Purificada Envasada Requisitos,» Quito, Ecuador, 2017.

[30] Á. R. Eduardo Azanza, «Ósmosis inversa y destilación: análisis comparativo de la integración en plnatas de potencia,» vol. 9, nº 2, pp. 1-18, 2022.

[31] M. S. Vázquez, «Sistema de tratamiento de aguas mediante osmosis inversa,» 2017. [En línea]. Available: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15143/Informe.pdf. [Último acceso: 2025].

[32] C. C. N. P. Pedro Acosta, «Ánalisis de interferencia de parámetros físicos del agua, en desifección por radiación UV,» vol. 14, nº 2, pp. 105-112, 2019.

[33] M. d. l. A. C. Ronny Glen Mera, «Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador,» 2023. [En línea]. Available:

https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25083/1/UPS-GT004419.pdf. [Último acceso: 2025].

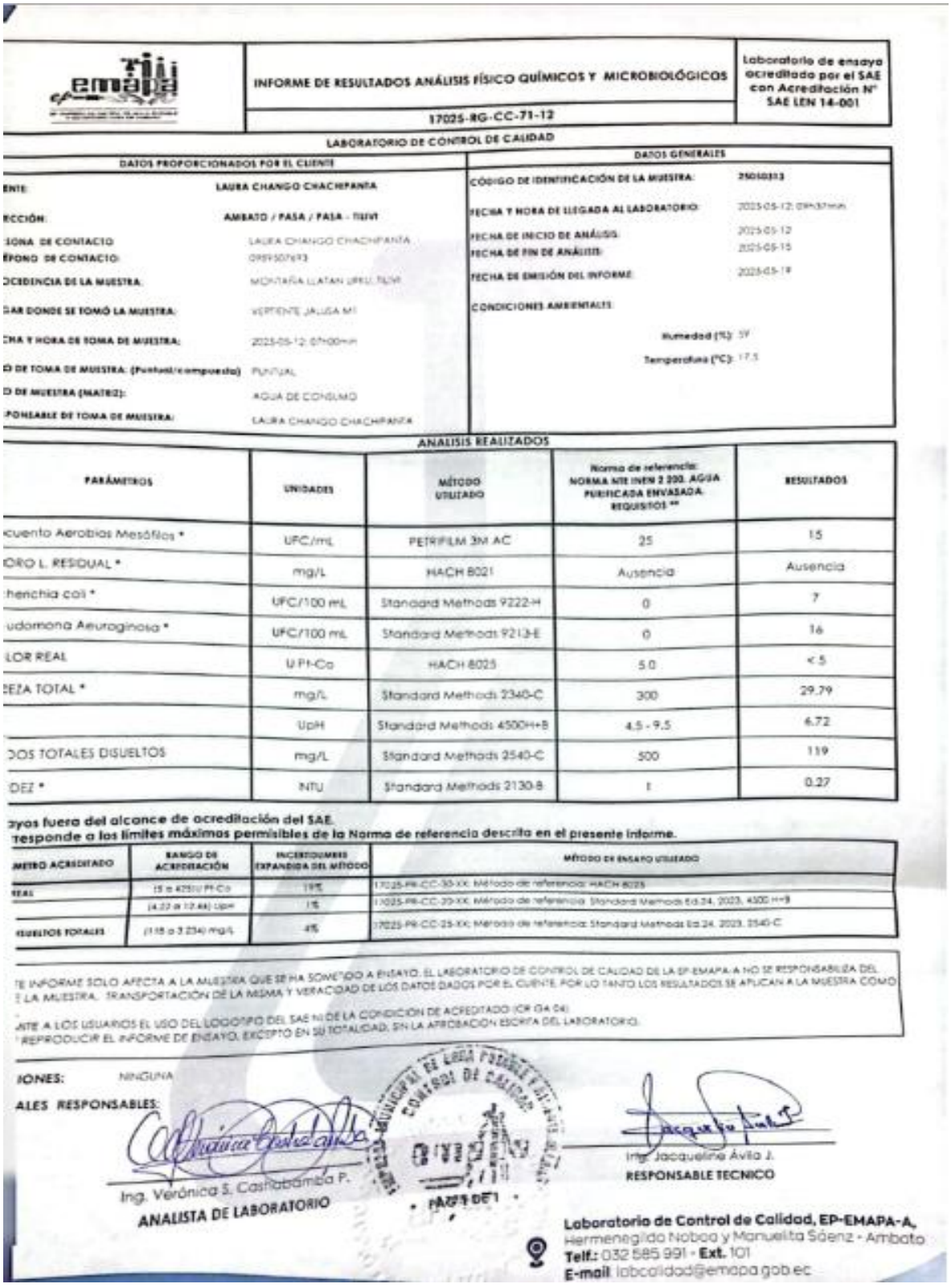
[34] B. Tito, «Sistema Purificador de agua con luz ultravioleta: filtro,» *Ingeniería Ambiental,* vol. 1, nº 1, 2021.

[35] M. Guairacaja, «Diseño e implementación de un prototipo para portabilización de agua meidante esterilizadores ultravioleta monitoreada de forma remota en la parroquia Punín,» 2021.

[36] M. Wolska, K. Korbutowicz, A. Solipiwko y E. Sperczynska, «ConfiguraciónPedir reimpresiones de artículos».

ANEXOS

I. ANEXO 1: Resultados del análisis del agua en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Pública EP-EMAPA-A.



INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

17025-RG-CC-71-12

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 14-001

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

ENTE:	LAURA CHANGO CHACHIPANTA
ECCIÓN:	AMBATO / PASA / PASA - TILIVI
SONA DE CONTACTO:	LAURA CHANGO CHACHIPANTA
ÉFONO DE CONTACTO:	0959507693
OCEDENCIA DE LA MUESTRA:	MONTAÑA LLATAN URU TILIVI
AR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	VERTIENTE JAUJA M1
HA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	2025-05-12 07h00min
O DE TOMA DE MUESTRA: (Puntual/compuesta)	PUNTUAL
O DE MUESTRA (MATRIZ):	AGUA DE CONSUMO
PONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	LAURA CHANGO CHACHIPANTA

DATOS GENERALES

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	25010313
FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2025-05-12 09h37min
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	2025-05-12
FECHA DE FIN DE ANÁLISIS:	2025-05-15
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	2025-05-19
CONDICIONES AMBIENTALES:	
Humedad (%): 59	
Temperatura (°C): 17.5	

ANALISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	Norma de referencia: NORMA NTE INEN 2 200. AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS **	RESULTADOS
cuento Aerobios Mesófilos *	UFC/mL	PETRIFILM 3M AC	25	15
ORO L. RESIDUAL *	mg/L	HACH 8021	Ausencia	Ausencia
henchia coli *	UFC/100 mL	Standard Methods 9222-H	0	7
udomona Aeuroginosa *	UFC/100 mL	Standard Methods 9213-E	0	16
LOR REAL	U Pt-Co	HACH 8025	5.0	< 5
EZA TOTAL *	mg/L	Standard Methods 2340-C	300	29.79
	UpH	Standard Methods 4500H+B	4.5 - 9.5	6.72
DOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	Standard Methods 2540-C	500	119
DEZ *	NTU	Standard Methods 2130-B	1	0.27

yos fuera del alcance de acreditación del SAE.
responde a los límites máximos permisibles de la Norma de referencia descrita en el presente informe.

METRO ACREDITADO	RANGO DE ACREDITACIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL MÉTODO	MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO
REAL	(5 a 4750) U Pt-Co	19%	17025-PR-CC-30-XX; Método de referencia: HACH 8025
	(4.22 a 12.44) UpH	1%	17025-PR-CC-29-XX; Método de referencia: Standard Methods Ed.24, 2023, 4500 H+B
SUELTOS TOTALES	(115 a 3 234) mg/L	4%	17025-PR-CC-25-XX; Método de referencia: Standard Methods Ed.24, 2023, 2540-C

E INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO. EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMAPA-A NO SE RESPONSABILIZA DEL
E LA MUESTRA, TRANSPORTACIÓN DE LA MISMA Y VERACIDAD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE, POR LO TANTO LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA COMO

ANTE A LOS USUARIOS EL USO DEL LOGOTIPO DEL SAE NI DE LA CONDICIÓN DE ACREDITADO (CR GA 04)
REPRODUCIR EL INFORME DE ENSAYO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD, SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.

IONES: NINGUNA

ALES RESPONSABLES:

Ing. Verónica S. Castrobamba P.
ANALISTA DE LABORATORIO

Ing. Jacqueline Ávila J.
RESPONSABLE TECNICO

PAGINA 1 DE 1

Laboratorio de Control de Calidad, EP-EMAPA-A,
Hermenegildo Noboa y Manuelita Sáenz - Ambato
Telf.: 032 585 991 - Ext. 101
E-mail: labcalidad@emapa.gob.ec

II. ANEXO 2: Diseño de tanque de almacenamiento.

Como recomendación se propone el siguiente tanque de almacenamiento de agua para uso de agua potable para el cabildo Tiliví de Pasa, provincia de Tungurahua.

Para el caso del caudal total se suman todos los caudales ya calculados:

$$Q_{Total} = 0.84 + 0.85 + 2.48 + 0.24 = 4.41\ \frac{l}{s} \approx 0.0044\ \frac{m^3}{s}$$

Se procedió a calcular el volumen de almacenamiento del tanque, se recomienda almacenar agua para una capacidad de almacenamiento entre 2 y 6 horas de captación, por lo que se considera un valor medio de 4 horas, usando la siguiente fórmula:

$$V = Q_{Total} * t = 0.0044 * (4 * 3600) = 63.446\ m^3$$

Se considera los siguientes parámetros expuestos en la TABLA LXX para el diseño del tanque.

TABLA LXX. DATOS BASE DEL DISEÑO

Parámetro	Valor
Caudal total (Q)	0.0044 m^3/s
Tiempo de almacenamiento	4 horas
Volumen requerido	63.446 m^3
Velocidad de diseño (V)	1.5 m/s
Diámetro nominal	4 m
Tipo de tanque	Cilindro vertical apoyado sobre el suelo.
Altura del tanque	5.5 m
Densidad del agua	1000 kg/m^3
Presión interna máxima (P)	Generada por la columna de agua
Esfuerzo admisible de acero (σ)	150 Mpa
Factor de seguridad (FS)	2

Cálculo de presión hidrostática máxima

$$P = \rho * g * H = 1000 * 9.81 * 5.5 = 34335\ Pa\ \rightarrow 0.0343\ MPa$$

Espesor mínimo requerido

Para un tanque cilíndrico de paredes delgadas (razonable si r/t>10,

$$t = \frac{P * r}{\sigma admisible} = \frac{0.0343 * 2.25}{150} = 0.00051\ m\ \rightarrow 0.51\ mm$$

$$\boldsymbol{Norma\ \frac{AISC}{API}}$$

$$t > 4\ mm; 0.51 > 4\ mm \rightarrow OK$$

Espesor recomendado con factor de seguridad y corrosión

Se aumenta el espesor por temas de seguridad VERTIENTE 3l y durabilidad.

$$FS\ aplicado: t_{real} = t * FS = 0.51 * 2 = 1.02\ mm$$

Margen por corrosión interna + externa

En base a normativa se adicional con mínimo 3 mm.

$$t_{final} = 1.02 + 3 = 4.02\ mm$$

Para el cálculo del tanque de almacenamiento, se considera los siguientes datos obtenidos por cálculo y en base a la normativa.

TABLA LXXI. DATOS DEL TANQUE

Datos		
Qtotal	0.00440	**m3/s**
Tiempo	14400.00	**tiempo**
Vol	63.36	**m3**
Vol ing	64.00	**m3**
Diámetro	4.00	**m**
H1	5.59	**m**
H def	5.50	**m**
CM	0.02	**Ton/m2**
CV	0.15	**Ton/m2**

$$\boldsymbol{H1 = \frac{4 * Volumen/Volumen\ Ingresado}{(\pi * d^2) + 0.5}}$$

$$H1 = \frac{4 * 63.36}{(\pi * 4^2) + 0.5)} = 5.59\ m$$

$$H1 = \frac{4 * 64}{(\pi * 4^2) + 0.5)} = 3.11\ m$$

Se escoge la altura mayor por lo tanto la altura H1 es:

$$H1 = 5.59\ m$$

Se considerará los siguientes datos geométricos expuestos en la TABLA LXXII.

TABLA LXXII. DATOS GEOMÉTRICOS DEL TANQUE

Datos geométricos		
t pared	0.20	**OK**
t losa	0.20	**m**
t cúpula	0.03	**OK**
ϒ horm	2.40	**Ton/m3**
ϒ liq	1.00	**Ton/m3**
f´c	280.00	**OK**
fy	4200.00	**kg/cm2**

El espesor de la pared y de la cúpula son correctos debido al siguiente criterio:

- Espesor de pared

$$tpared < \frac{Altura\ definida}{25}$$

$$0.2 < \frac{5.50}{25}$$

$$0.2 < \begin{matrix} 0.22 \\ 0.2 \end{matrix} \rightarrow OK$$

- Espesor de cúpula

$$tcúpula * 100 < Altura\ de\ cúpula\ (hd)$$

$$0.03 * 100 < 3$$

$$3 < 3 \rightarrow OK$$

Se considera datos sísmicos, por lo que el suelo donde se ubicará el tanque es un suelo tipo D, por lo tanto, los valores de datos sísmicos considerados son los expuesto en la TABLA LXXIII.

TABLA LXXIII. DATOS SÍSMICOS

Datos sísmicos		
n	2.48	
Z	0.40	**g**
Fa	1.20	
I	1.50	
R	2.00	

A continuación, se calcularon los pesos de pared, losa, líquido, cúpula, peso total, cortante sísmico, área de confinamiento y área de aceros en la TABLA LXXIV.

TABLA LXXIV. CÁLCULO DE PESOS

Cálculos		
Pesos		
Pared	31.52	**Ton**
Losa	4.89	**Ton**
Líquido	50.89	**Ton**
Cúpula	1.05	**Ton**
Peso total	88.35	**Ton**
Coef	0.89	
V sis	**78.88**	**Ton**
Vu	13.21	**Ton**
Acv	2000.00	**cm2**
Φ	16.00	**mm**

As Φ	2.01	**cm2**
sv	20.00	**OK**
r	0.01	**OK**
Vn	76.64	**Ton**

Los datos obtenidos se resolvieron de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Pared} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\boldsymbol{4}} * (\boldsymbol{d}^{\boldsymbol{2}} - (\boldsymbol{d} - \boldsymbol{2} * \boldsymbol{tpared})^{\boldsymbol{2}}) * \boldsymbol{Hdef} * \boldsymbol{\gamma hormig\acute{o}n}$$

$$Pared = \frac{\pi}{4} * (4^2 - (4 - 2 * 0.2)^2) * 5.50 * 2.40 = 31.52\, Ton$$

$$\boldsymbol{Losa} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\boldsymbol{4}} * (\boldsymbol{d} - \boldsymbol{2} * \boldsymbol{tpared})^{\boldsymbol{2}} * \boldsymbol{tlosa} * \boldsymbol{\gamma hormig\acute{o}n}$$

$$Losa = \frac{\pi}{4} * (4 - 2 * 0.20)^2 * 0.20 * 2.40 = 4.89\, Ton$$

$$\boldsymbol{L\acute{i}quido} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\boldsymbol{4}} * (\boldsymbol{d} - \boldsymbol{2} * \boldsymbol{tpared})^{\boldsymbol{2}} * (\boldsymbol{Hdef} - \boldsymbol{0.5}) * \boldsymbol{\gamma l\acute{i}quido}$$

$$Líquido = \frac{\pi}{4} * (4 - 2 * 0.20)^2 * (5.50 - 0.5) * 1.00 = 50.89\, Ton$$

$$\boldsymbol{C\acute{u}pula} = \frac{\boldsymbol{\pi}}{\boldsymbol{4}} * \boldsymbol{d}^{\boldsymbol{2}} * \boldsymbol{tc\acute{u}pula} * \boldsymbol{\gamma hormig\acute{o}n} * \boldsymbol{1.16}$$

$$Cúpula = \frac{\pi}{4} * 4^2 * 0.03 * 2.40 * 1.16 = 1.05\, Ton$$

$$\boldsymbol{Peso\ total} = \sum \boldsymbol{Pesos}$$

$$Peso\ total = 31.52 + 4.89 + 50.89 + 1.05 = 88.35\, Ton$$

$$\boldsymbol{Coef} = \boldsymbol{n} * \boldsymbol{Z} * \boldsymbol{Fa} * \frac{\boldsymbol{I}}{\boldsymbol{R}}$$

$$Coef = 2.48 * 0.40 * 1.20 * \frac{1.50}{2.00} = 0.89$$

$$\boldsymbol{Vsis} = \boldsymbol{Peso\ total} * \boldsymbol{Coef}$$

$$Vsis = 88.35 * 0.89 = 78.88\, Ton$$

$$\boldsymbol{Vu} = \frac{\boldsymbol{2} * \boldsymbol{Vsis}}{\boldsymbol{\pi} * (\boldsymbol{d} - \boldsymbol{tpared})}$$

$$Vu = \frac{2 * 78.88}{\pi * (4 - 0.2)} = 13.21\ Ton$$

$$\boldsymbol{Acv = 100 * tpared * 100}$$

$$Acv = 100 * 0.20 * 100 = 2000\ cm^2$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = 16\ mm}$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = \frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$As\ \emptyset = \frac{\pi * 0.16^2}{4} = 2.01\ cm^2$$

$$\boldsymbol{sv = 30\ cm}$$

$$30 > 25 \ \rightarrow OK$$

$$\boldsymbol{\rho = \frac{2 * As\ \emptyset}{sv * tpared * 100}}$$

$$\rho = \frac{2 * 2.01}{30 * 0.20 * 100} = 0.01$$

$$0.01 > 0.003 \ \rightarrow OK$$

$$\boldsymbol{Vn = 0.75 * Acv * (0.53 * 1 * \sqrt{f'c}) + (\rho * fy)}$$

$$Vn = 0.75 * 2000 * \left(0.53 * 1 * \sqrt{280}\right) + (0.01 * 4200) = 55.53\ Ton$$

Se tienen los siguientes datos de la cúpula

TABLA LXXV. CÁLCULO DE PESOS

Cúpula		
Esf tensión	6.92	**t/m2**
Esf tensión	0.69	**kg/cm2**
Esf máx H°	33.47	**kg/cm2**

Los cálculos determinados de la cúpula en base a las fórmulas de normativa son.

$$\boldsymbol{1\ Ton \rightarrow 1000\ kg}$$

$$88.35\ Ton \rightarrow 88345.81\ kg$$

$$\boldsymbol{F = m * g}$$

$$F = 88350 * 9.81 = 866672.40\ N$$

El área de la cúpula del tanque se calcula de la siguiente manera.

$$\boldsymbol{r = \frac{D}{2}}$$

$$r = \frac{4}{2} = 2\ m$$

$$\boldsymbol{A = \pi * r^2}$$

$$A = \pi * 2^2 = 12.57\ m^2$$

El esfuerzo de tensión es igual a:

$$\boldsymbol{Esf\ tensión = \frac{F}{A}}$$

$$Esf\ tensión = \frac{866672.40}{12.57} = 68967.60\ Pa$$

$$Esf\ tensión = 6.92 \frac{Ton}{m^2} \rightarrow 0.69\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$\boldsymbol{Esf\ máx\ H° = 2 * \sqrt{f´c}}$$

$$Esf\ máx\ H° = 2 * \sqrt{280} = 33.47\ \frac{kg}{cm^2}$$

Comprobación

$$\boldsymbol{Esf\ máx\ H° > Esf\ tensión}$$

$$33.47 > 0.69 \left(\frac{kg}{cm^2}\right) \rightarrow OK$$

Se comprobó el acero vertical calculado y expuesto en la TABLA LXXVI.

TABLA LXXVI. ACERO VERTICAL

As	6.00	**cm3**
Φ	14.00	**mm**
As Φ	1.54	**cm2**
Sep	51.31	**cm**
Sep máx	30.48	**cm**
Sep def	30	**cm**

$$\boldsymbol{As = 0.003 * 100 * tpared * 100}$$

$$As = 0.003 * 100 * 0.20 * 100 = 6\ cm^3$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = 16\ mm}$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = \frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$As\ \emptyset = \frac{\pi * 0.16^2}{4} = 2.01\ cm^2$$

$$\boldsymbol{Sep = \frac{100 * As\emptyset * 2}{As}}$$

$$Sep = \frac{100 * 2.01 * 2}{6} = 67.02\ cm$$

$$\boldsymbol{Sepmáx} = 12 * 2.54 = 30.48\ cm$$

Se considera un valor mínimo de separación, por lo que la separación definida es:

$$\boldsymbol{Sep\ def = 30\ cm}$$

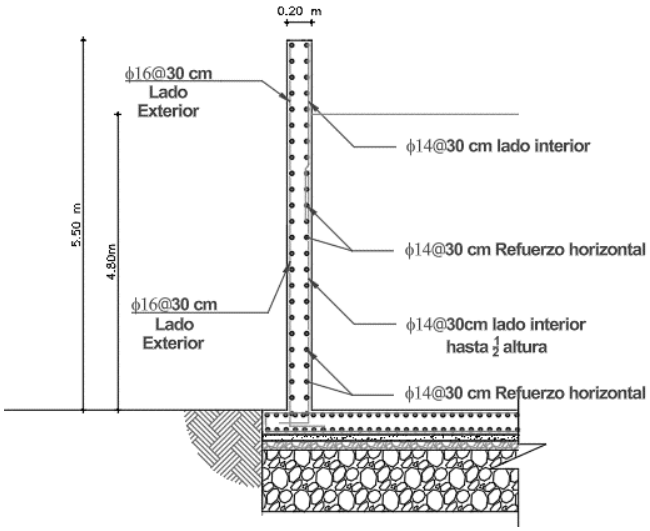


Figura 15. Detalle de acero en paredes internas y externas del tanque de almacenamiento de agua.

Fuente: *Autor.*

A continuación, se calcula para la cúpula sus respectivos datos y su acero, así como también el acero de losa de piso, en las TABLAS LXXVII, LXXVIII, LXXIX, respectivamente.

TABLA LXXVII. CÚPULA

Cúpula		
f	0.80	**m**
R	2.90	**m**
Ɵ	0.76	**rad**
Ɵ	43.60	**grados**
Pu	0.04	**kg/cm2**
Ec	210838	**kg/cm2**
hd	3	**cm**
Peso	1.05	**t**

hd	221910	**cm**

$$\boldsymbol{f = 0.2 * d}$$

$$f = 0.2 * 4 = 0.80\ m$$

$$\boldsymbol{R = \frac{d^2 + 4f^2}{8 * f}}$$

$$R = \frac{4^2 + (4 * 0.2^2)}{8 * 0.2} = 2.90\ m$$

$$\boldsymbol{\text{Á}ngulo\ de\ c\text{ú}pula = Aseno\left(\frac{d}{2 * R}\right)}$$

$$\text{Á}ngulo\ de\ c\text{ú}pula = Aseno\left(\frac{4}{2 * 2.90}\right) = 0.76\ rad = 43.60\ grados$$

$$\boldsymbol{Pu = (1.2 * (Cm + tc\text{ú}pula) * \gamma hormig\text{ó}n) + (1.6 * Cv)}$$

$$Pu = (1.2 * (0.02 + 0.03) * 2.40) + (1.6 * 0.15) = 0.04\,\frac{kg}{cm^2}$$

$$\boldsymbol{E = 12600 * \sqrt{f'c}}$$

$$E = 12600 * \sqrt{280} = 210838\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$\boldsymbol{hd = 10 * R * \sqrt{\left(\frac{1.5 * Pu}{0.7 * 0.5 * 0.53 * Ec}\right)}}$$

$$hd = 10 * 2.90 * \sqrt{\left(\frac{1.5 * 0.04}{0.7 * 0.5 * 0.53 * 210838}\right)} = 3\ cm$$

$$\boldsymbol{Peso = 2 * \pi * R * f * tc\text{ú}pula * \gamma hormig\text{ó}n}$$

$$Peso = 2 * \pi * 2.90 * 0.80 * 0.2 * 2.40 = 1.05\ Ton$$

$$\boldsymbol{hd = 10 * \theta * \sqrt{\left(\frac{1.5 * hd}{0.7 * 0.5 * 0.53 * Peso}\right)}}$$

$$hd = 10 * 0.76 * \sqrt{\left(\frac{1.5 * 3}{0.7 * 0.5 * 0.53 * 1.05}\right)} = 221910\ cm$$

TABLA LXXVIII. ACERO DE CÚPULA

Acero de Cúpula		
As	0.90	**cm3**
Φ	14.00	**mm**
As Φ	1.54	**cm2**
Sep	342.09	**cm**
Sep máx	9.00	**cm**
Sep def	9.00	**cm**

$$\boldsymbol{As = 0.003 * tcúpula}$$

$$As = 0.003 * 0.03 * (100 * 100) = 0.90\ cm^3$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = 14\ mm}$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = \frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$As\ \emptyset = \frac{\pi * 0.14^2}{4} = 1.54\ cm^2$$

$$\boldsymbol{Sep = \frac{100 * As\emptyset * 2}{As}}$$

$$Sep = \frac{100 * 1.54 * 2}{0.90} = 342.09\ cm$$

$$\boldsymbol{Sepmáx = 3 * tcúpula} = 3 * 0.03 * 100 = 9\ cm$$

Se considera la menor separación máxima, por lo que la separación definida es de 9 cm.

$$\boldsymbol{Sedef = 9\ cm}$$

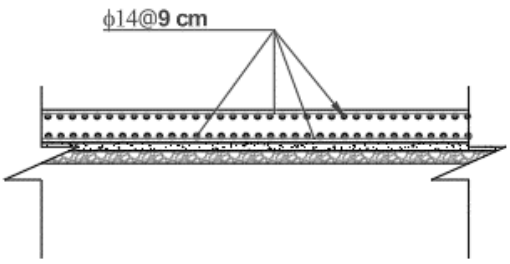


Figura 16. Detalle de acero cúpula.

Fuente: *Autor.*

TABLA LXXIX. ACERO LOSA DE PISO

Acero losa de piso		
t losa	20.00	**cm**
As	3.00	**cm2**
Φ	14.00	**mm**
As Φ	1.54	**cm2**
Sep	102.63	**cm**
Sep máx	45.00	**cm**
Sep def	45.00	**cm**

$$\boldsymbol{tlosa = tlosa * 100}$$

$$tlosa = 0.20 * 100 = 20\ cm$$

$$\boldsymbol{As = 0.0015 * tlosa}$$

$$As = 0.0015 * 0.20 * 100 = 3\ cm^2$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = 20\ mm}$$

$$\boldsymbol{As\ \emptyset = \frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$As\ \emptyset = \frac{\pi * 0.20^2}{4} = 3.14\ cm^2$$

$$\boldsymbol{Sep = \frac{100 * As\emptyset * 2}{As}}$$

$$Sep = \frac{100 * 3.14 * 2}{3.00} = 209.44\ cm$$

$$\boldsymbol{Sepmáx = 3 * tlosa} = 3 * 20 * 100 = 45\ cm$$

Se considera la menor separación máxima, por lo que la separación definida es de 9 cm.

$$\boldsymbol{Sedef = 45\ cm}$$

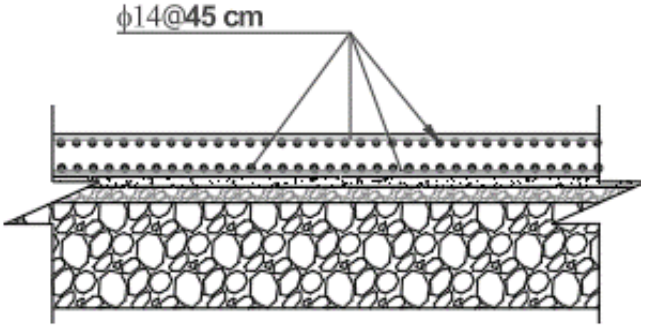


Figura 17. Detalle de acero losa de piso.

Fuente: *Autor.*

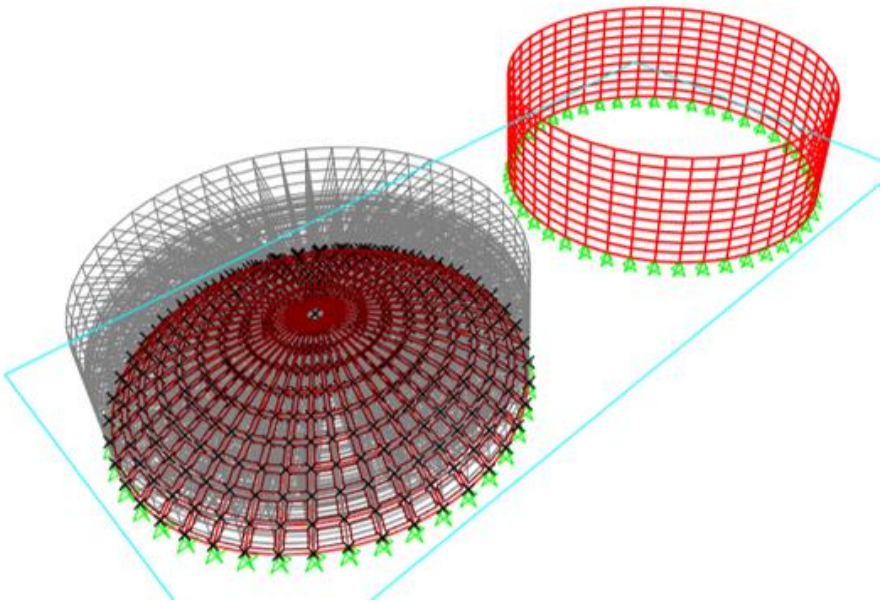


Figura 18. Diseño de tanque de almacenamiento de agua.

Fuente: *Autor.*

III. ANEXO 3: Cálculo de bomba.

Para el cálculo de la bomba se considera el caudal calculado de 4.41 L/s (0.00441 m^3/s), a continuación, se realiza el cálculo respectivo.

- Caudal

$$Q = 4.41\ L/s$$

- Volumen del tanque seleccionado según catálogo de Plastigama

$$V = 10\ m^3$$

- Cálculo de consumo máximo horario considerando que el caudal es de 4.411 l/s.
- 1 L/s.

$$Qmh = 2.6 * Q$$

$$Qmh = 2.6 * 4.41 = 11.466\ L/s$$

- Caudal de bombeo.

  Se considera que las horas de bombeo son 2.

$$Qb = \frac{24}{N} * Q$$

$$Qb = (\frac{24}{2} * 4.41)/1000 = 0.052\ \ m^3/s$$

- Línea de impulsión

$$D = 1.3 \left(\frac{N}{24}\right)^{1/4} * Qb^{1/2}$$

$$D = 1.3 \left(\frac{2}{24}\right)^{1/4} * 0.052^{\frac{1}{2}} = 0.161m = 6\ "$$

- Diámetro asumido

$$D = 81.4\ mm \rightarrow 3.20\ "$$

- Datos de succión

$$Altura\ (Hs) = 1.2\ m$$

$$Long\ tubería\ (Ls) = 1.5\ m$$

- Datos de impulsión

$$Altura\ (Hi) = 1.2\ m$$

$$Long\ tubería\ (Li) = 2\ m$$

- Velocidad

$$V = \frac{Qb}{A}$$

$$V = \frac{0.052 * 4}{\pi * \left(\frac{3.20 * 2.54\ "}{100}\right)^2} = 10.20 \frac{m}{s}$$

- Pérdida de carga

$$\text{hf} = \text{f} * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$\text{hf} = 0.02 * \frac{(2 + 1.5)}{3.20} * \frac{10.20^2}{2 * \left(\frac{3.20 * 2.54}{100}\right) * 9.81} = 4.57\ m$$

- Altura dinámica

$$HDT = Hs + Hi + hf$$

$$HDT = 1.2 + 1.2 + 4.57 = 6.97\ m$$

- Potencia teórica de la bomba

$$P = \frac{1000 * Qb * HDT}{75 * E}$$

$$P = \frac{1000 * 0.052 * 6.97}{75 * 0.6} = 8.19\ H.P.$$

- Potencia instalada

$$Pi = P + dP = P + 0.5P$$

$$Pi = 8.19 + 0.5(8.19) = 12.29\ H.P.$$

Por lo que se considera colocar una bomba de 20 H.P. que se encuentra disponible en el mercado en el catálogo HEES.



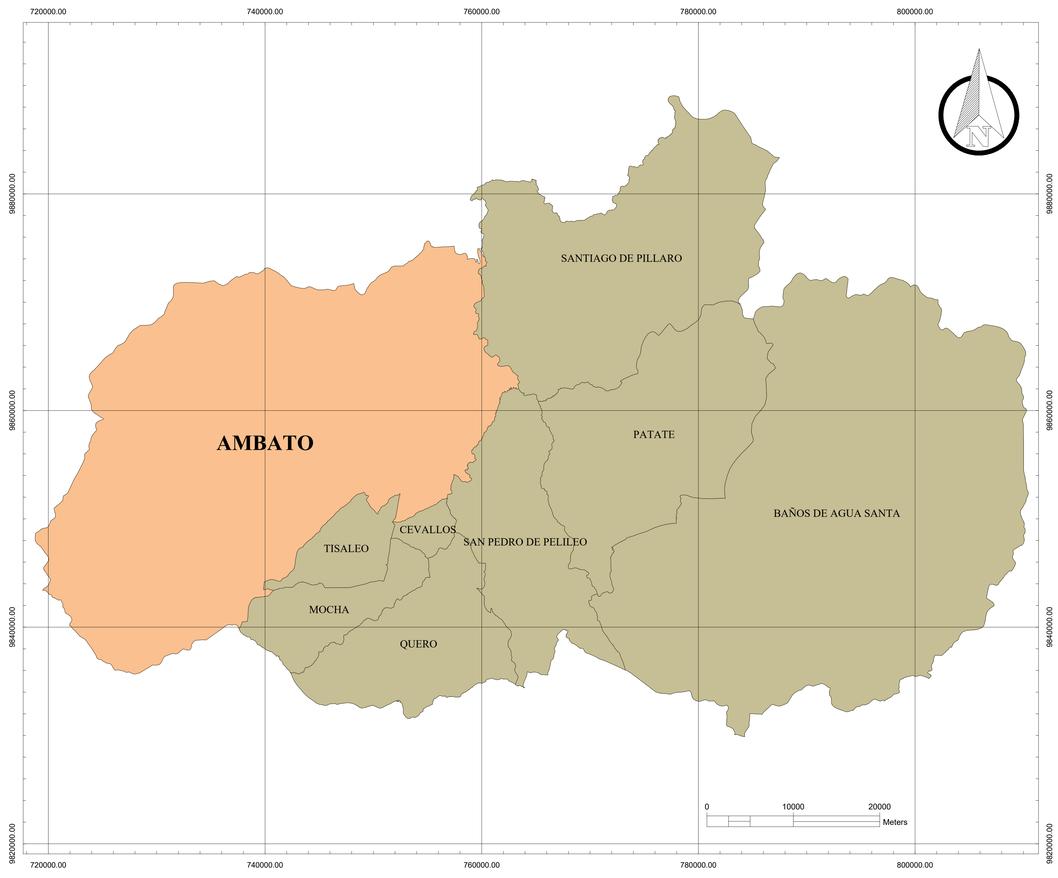
Figura 19. Bomba Multietapa Trifásica 20 HP.

IV. ANEXO 4: Planos del levantamiento topográfico georreferenciado, planos del diseño estructural de la planta, planos del diseño de tubería de almacenamiento y planos de la propuesta del tanque de almacenamiento.

LOCALIZACIÓN MACRO (ECUADOR)



LOCALIZACIÓN MESO (PROVINCIA - TUNGURAHUA)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

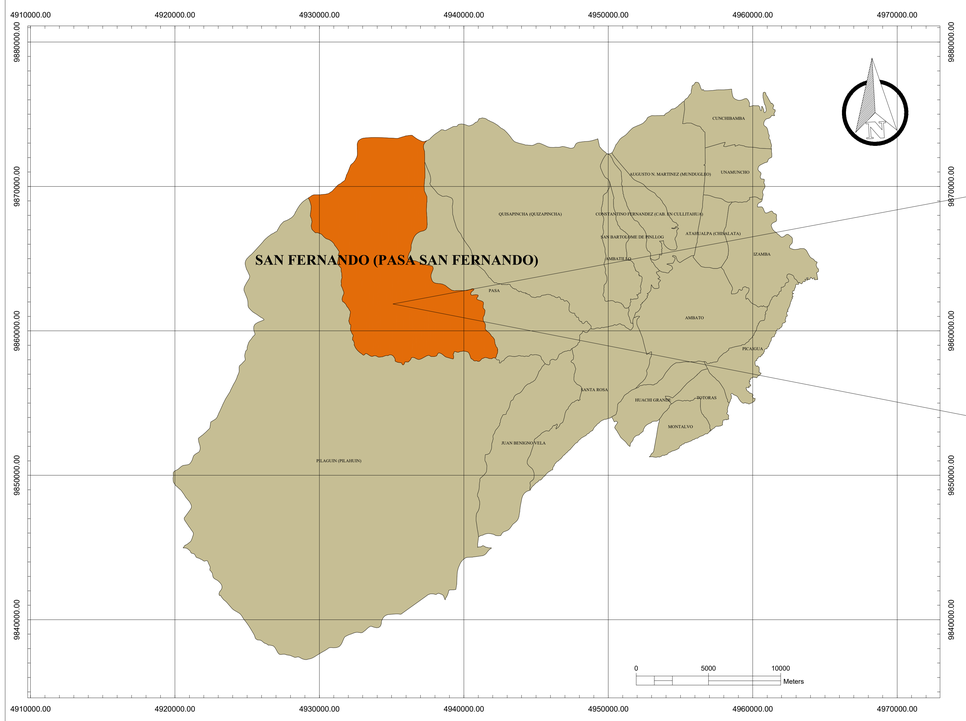
REALIZADO POR:
Valeria Pico

Firma

APROBADO POR:
Ing. Fidel Castro Mg.

Firma

LOCALIZACIÓN MICRO (CANTÓN - AMBATO)



GEOLOCALIZACIÓN SATELITAL DE AREA DEL PROYECTO



COMUNIDAD SAN FERNANDO - TILIVI

Proyecto de Dotación de Agua Potable

Área de Proyecto:	82.385 Ha
Longitud de conducción:	343.70 m
Fecha de elaboración:	Mayo - 2025

Ubicación de Proyecto
Proyecto:
"Diseñar el sistema de captación, conducción y almacenamiento de cuatro fuentes hídricas pertenecientes al cabildo Tilivi ubicado en la parroquia Pasa para aprovechamiento de la comunidad"

Provincia:	TUNGURAHUA
Canton:	AMBATO

CONTIENE:

PLANO DE ECUADOR

PLANO DEL CANTÓN AMBATO

PLANO DE LAS PARROQUIAS DEL CANTÓN AMBATO

Caracteristicas de Plano de Ubicación

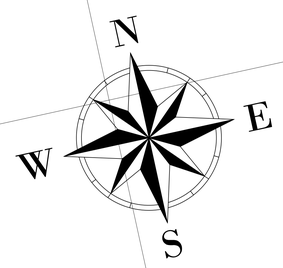
No. de Plano	01 - 01
Escala de Plano	indicada
Formato	A0

Latitud Norte: 9863151.12 S

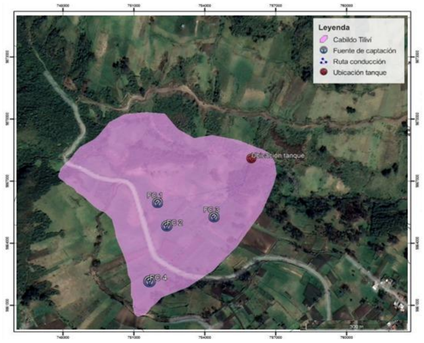
Longitud Este: 751808.06 S

Altitud: 3373 m.s.n.m.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



SIMBOLOGIA

- CAPTACIÓN CERRAMIENTO
- FUENTE DE CAPTACIÓN
- RUTA CONDUCCIÓN
- CAMINO EXISTENTE EMPEDRADO
- UBICACIÓN TANQUE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

VISTA EN PLANTA

TABLA DE RESUMEN DE TUBERÍAS

REALIZADO POR:

VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

REVISADO POR:

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
INDICADA	JUNIO 2025	01

VISTA EN PLANTA – VERTIENTE 01

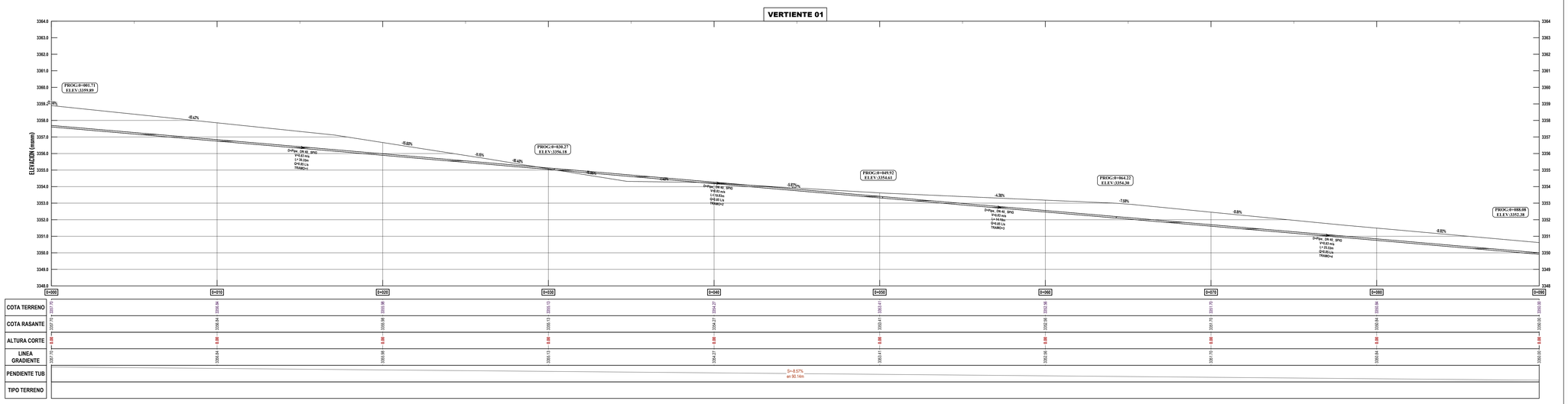
Esc: 1:1000

Tramo: 0+000 – 0+89.81 m

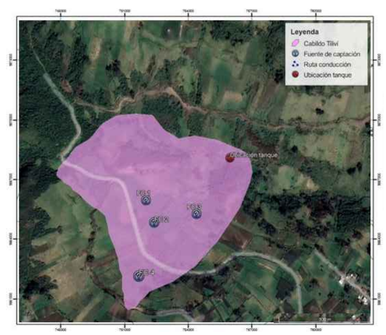


VISTA DE PERFIL – VERTIENTE 01

Esc: 1:1000



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



SIMBOLOGIA

- CAPTACIÓN CERRAMIENTO
- FUENTE DE CAPTACIÓN
- RUTA CONDUCCIÓN
- CAMINO EXISTENTE EMPEDRADO
- UBICACIÓN TANQUE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

VISTA EN PLANTA

VISTA DE PERFIL

REALIZADO POR:

VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

REVISADO POR:

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
INDICADA	JUNIO 2025	01 - 04

VISTA EN PLANTA – VERTIENTE 01

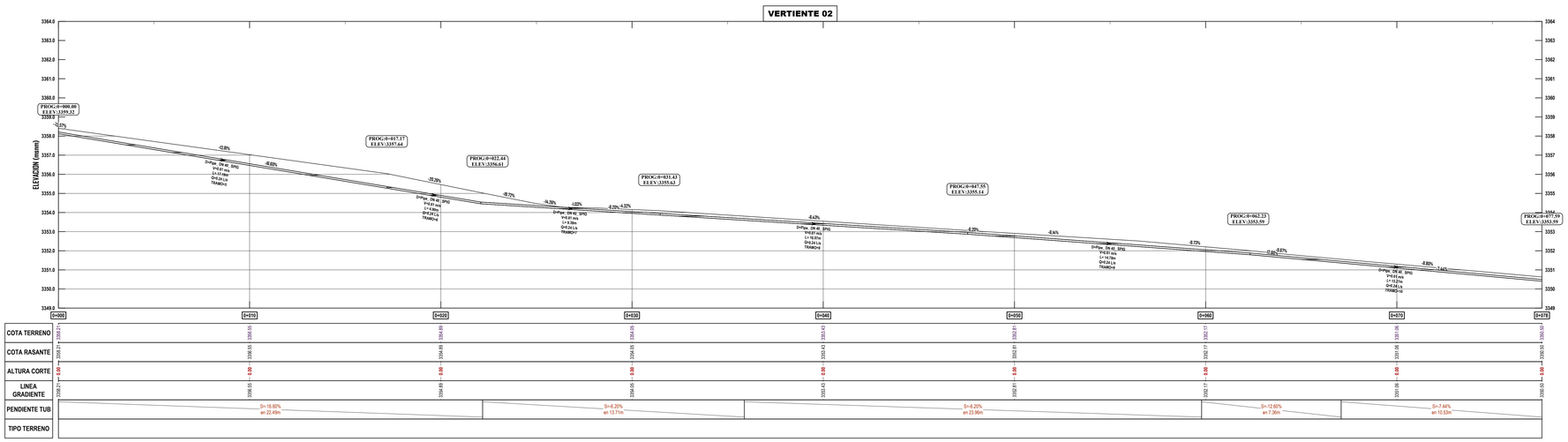
Esc: 1:1000

Tramo: 0+000 – 0+77.59 m

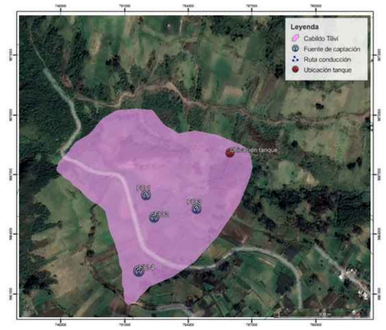


VISTA DE PERFIL – VERTIENTE 01

Esc: 1:1000



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



SIMBOLOGIA

- CAPTACIÓN CERRAMIENTO
- FUENTE DE CAPTACIÓN
- RUTA CONDUCCIÓN
- CAMINO EXISTENTE EMPEDRADO
- UBICACIÓN TANQUE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

VISTA EN PLANTA

VISTA DE PERFIL

REALIZADO POR:

VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

REVISADO POR:

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
INDICADA	JUNIO 2025	02 - 04

VISTA EN PLANTA – VERTIENTE 01

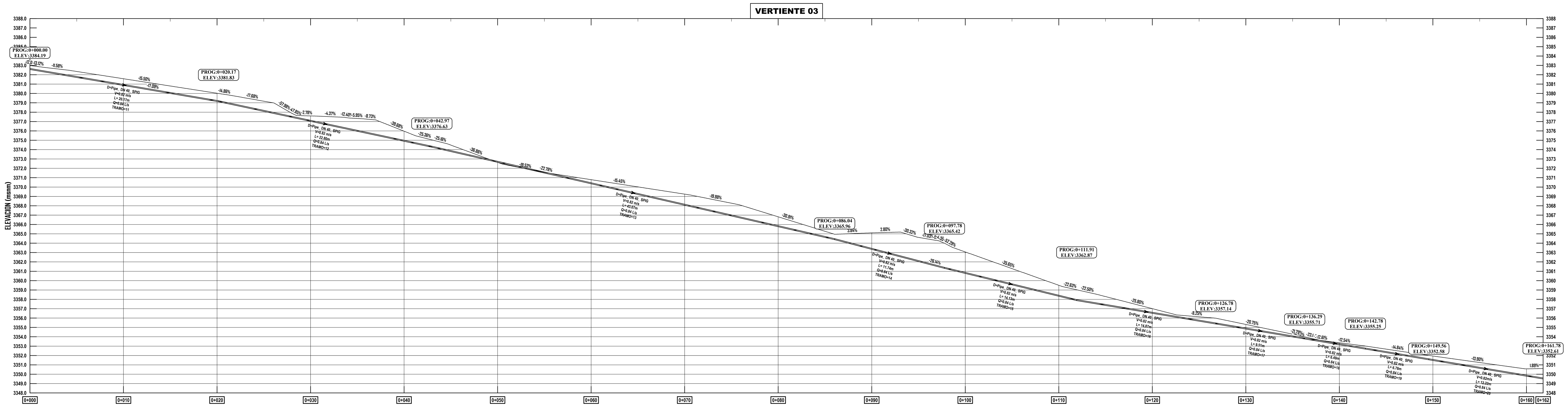
Esc: 1:1000

Tramo: 0+000 – 1+71.68 m



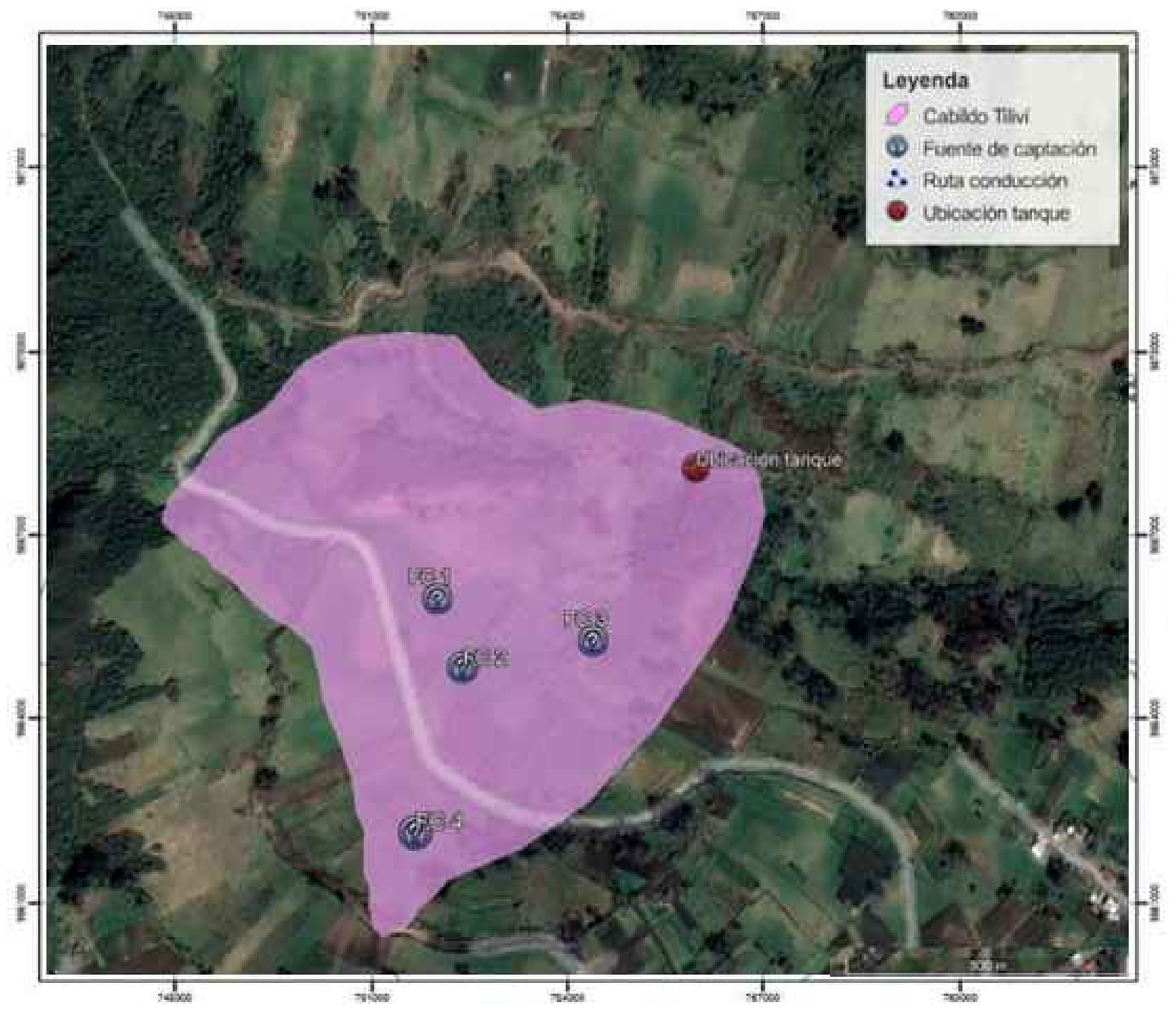
VISTA DE PERFIL – VERTIENTE 01

Esc: 1:2000



	0+000	0+010	0+020	0+030	0+040	0+050	0+060	0+070	0+080	0+090	0+100	0+110	0+120	0+130	0+140	0+150	0+160	0+162
COTA TERRENO	3382.67	3380.96	3379.25	3377.32	3375.04	3372.76	3370.49	3368.21	3365.93	3363.45	3360.84	3358.29	3356.61	3354.94	3353.26	3351.58	3349.90	3349.60
COTA RASANTE	3382.67	3380.96	3379.25	3377.32	3375.04	3372.76	3370.49	3368.21	3365.93	3363.45	3360.84	3358.29	3356.61	3354.94	3353.26	3351.58	3349.90	3349.60
ALTURA CORTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LINEA GRADIENTE	3382.67	3380.96	3379.25	3377.32	3375.04	3372.76	3370.49	3368.21	3365.93	3363.45	3360.84	3358.29	3356.61	3354.94	3353.26	3351.58	3349.90	3349.60
PENDIENTE TUB		S=-17.09% en 26.52m					S=-22.78% en 59.42m				S=-26.14% en 26.03m				S=-16.78% en 53.36m			
TIPO TERRENO																		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



SIMBOLOGIA

CAPTACIÓN CERRAMIENTO

FUENTE DE CAPTACIÓN

RUTA CONDUCCIÓN

CAMINO EXISTENTE EMPEDRADO

UBICACIÓN TANQUE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

VISTA EN PLANTA

VISTA DE PERFIL

REALIZADO POR:

VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

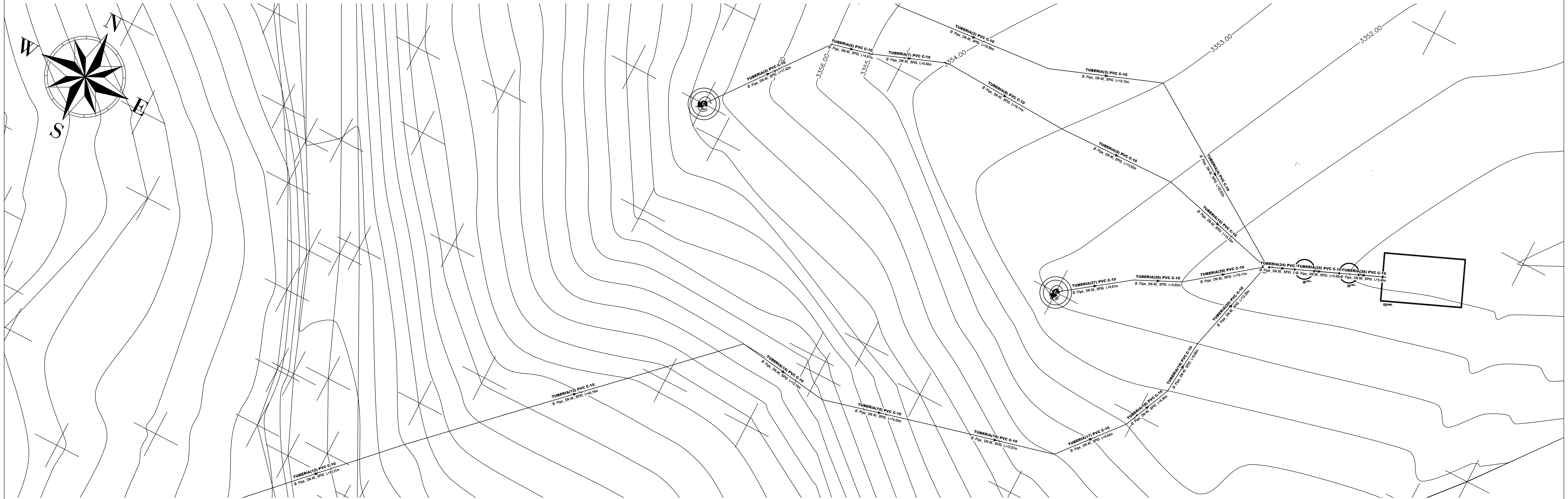
REVISADO POR:

ESCALA: INDICADA | FECHA: JUNIO 2025 | LÁMINA: 03 - 04

VISTA EN PLANTA – VERTIENTE 01

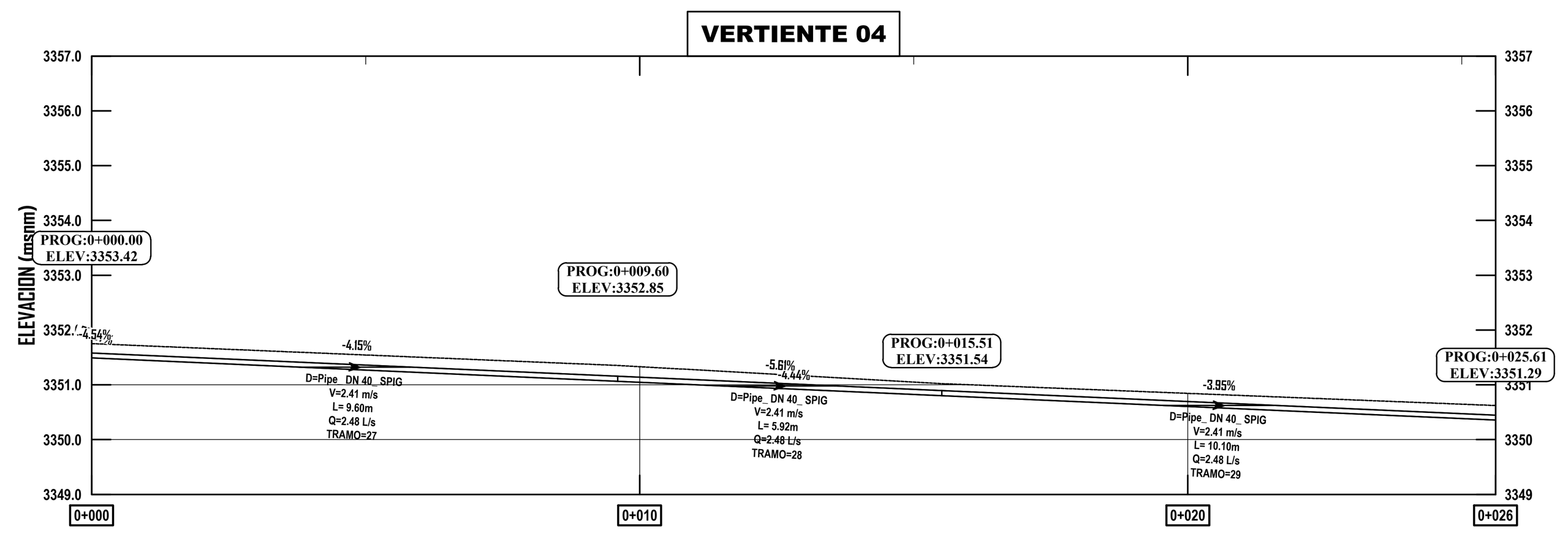
Esc: 1:1000

Tramo: 0+000 – 1+71.68 m



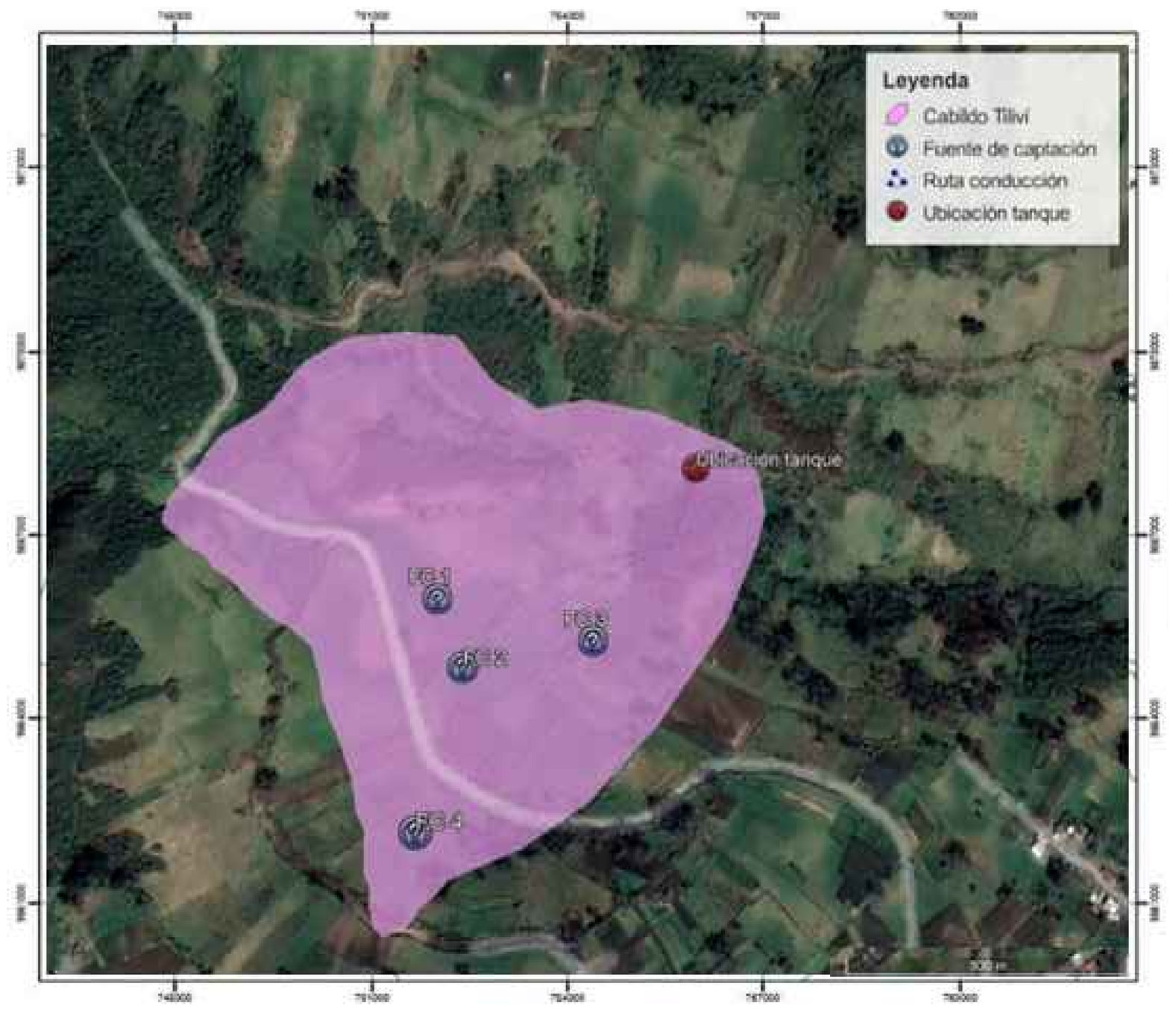
VISTA DE PERFIL – VERTIENTE 01

Esc: 1:1000



	0+000	0+010	0+020	0+026
COTA TERRENO	3351.58	3351.14	3350.69	3350.44
COTA RASANTE	3351.58	3351.14	3350.69	3350.44
ALTURA CORTE	0.00	0.00	0.00	0.00
LINEA GRADIENTE	3351.58	3351.14	3350.69	3350.44
PENDIENTE TUB	S=-4.44% en 25.64m			
TIPO TERRENO				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



SIMBOLOGIA

- CAPTACIÓN CERRAMIENTO
- FUENTE DE CAPTACIÓN
- RUTA CONDUCCIÓN
- CAMINO EXISTENTE EMPEDRADO
- UBICACIÓN TANQUE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

VISTA EN PLANTA

VISTA DE PERFIL

REALIZADO POR:

VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

REVISADO POR:

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
INDICADA	JUNIO 2025	04 - 04

VISTA EN PLANTA – GENERAL

Esc: 1:1000

Tramo: 0+000 – 1+71.68 m

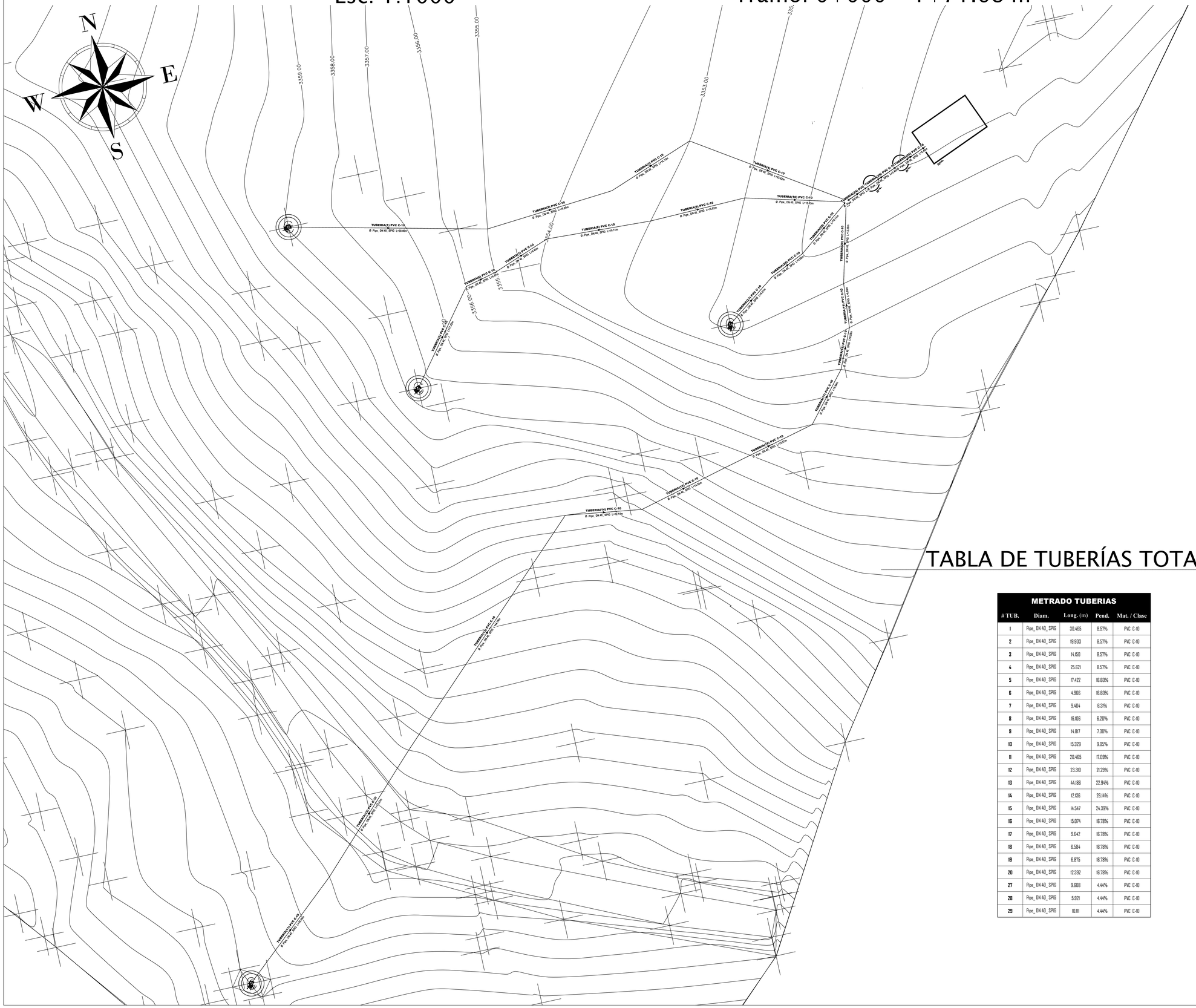
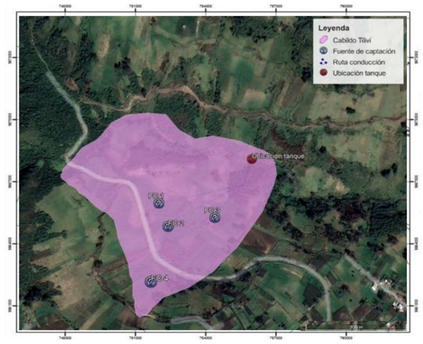


TABLA DE TUBERÍAS TOTALES

METRADO TUBERIAS				
# TUB.	Diam.	Long. (m)	Pend.	Mat. / Clase
1	Pipe_ DN 40_ SPIG	33.465	8.57%	PVC C-10
2	Pipe_ DN 40_ SPIG	19.903	8.57%	PVC C-10
3	Pipe_ DN 40_ SPIG	14.150	8.57%	PVC C-10
4	Pipe_ DN 40_ SPIG	25.821	8.57%	PVC C-10
5	Pipe_ DN 40_ SPIG	17.422	16.607%	PVC C-10
6	Pipe_ DN 40_ SPIG	4.965	16.607%	PVC C-10
7	Pipe_ DN 40_ SPIG	9.404	6.31%	PVC C-10
8	Pipe_ DN 40_ SPIG	16.105	6.210%	PVC C-10
9	Pipe_ DN 40_ SPIG	14.817	7.320%	PVC C-10
10	Pipe_ DN 40_ SPIG	15.329	9.055%	PVC C-10
11	Pipe_ DN 40_ SPIG	20.465	17.09%	PVC C-10
12	Pipe_ DN 40_ SPIG	23.310	21.29%	PVC C-10
13	Pipe_ DN 40_ SPIG	44.188	22.94%	PVC C-10
14	Pipe_ DN 40_ SPIG	12.105	29.14%	PVC C-10
15	Pipe_ DN 40_ SPIG	14.547	24.39%	PVC C-10
16	Pipe_ DN 40_ SPIG	15.074	16.78%	PVC C-10
17	Pipe_ DN 40_ SPIG	9.642	16.78%	PVC C-10
18	Pipe_ DN 40_ SPIG	6.584	16.78%	PVC C-10
19	Pipe_ DN 40_ SPIG	6.875	16.78%	PVC C-10
20	Pipe_ DN 40_ SPIG	17.392	16.78%	PVC C-10
27	Pipe_ DN 40_ SPIG	9.608	4.44%	PVC C-10
28	Pipe_ DN 40_ SPIG	5.921	4.44%	PVC C-10
29	Pipe_ DN 40_ SPIG	10.111	4.44%	PVC C-10

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



SIMBOLOGIA

- CAPTACIÓN CERRAMIENTO
- FUENTE DE CAPTACIÓN
- RUTA CONDUCCIÓN
- CAMINO EXISTENTE EMPEDRADO
- UBICACIÓN TANQUE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

VISTA EN PLANTA

TABLA DE RESUMEN DE TUBERÍAS

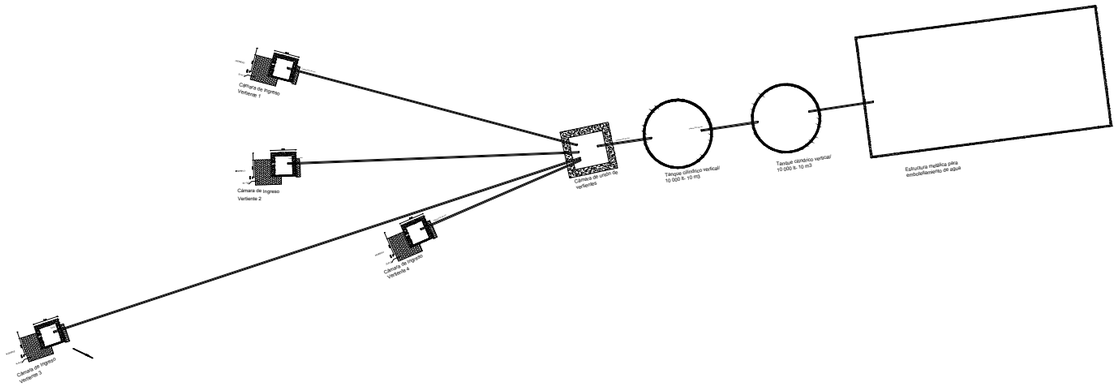
REALIZADO POR:

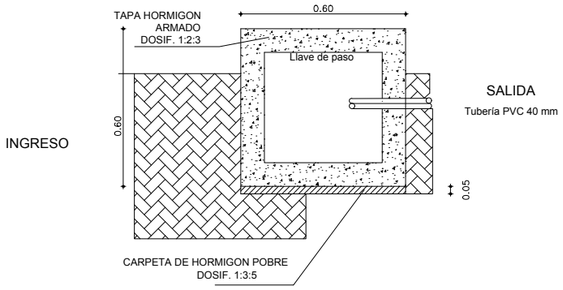
VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

REVISADO POR:

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
INDICADA	JUNIO 2025	01

SISTEMA DE CAPTACIÓN – CONDUCCIÓN – ALMACENAMIENTO

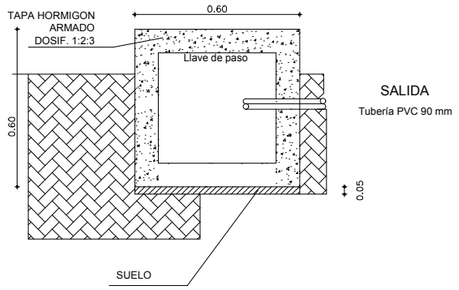




Detalle de cámara de Ingreso de las 4 Vertientes

Vista en planta

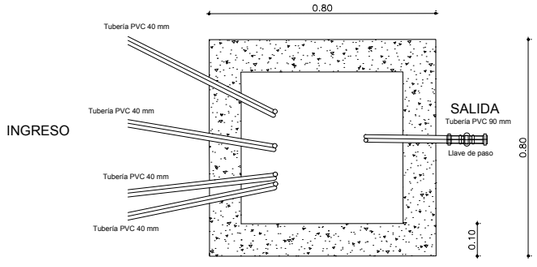
Esc: S/N en m



Detalle de cámara de Ingreso de las 4 Vertientes

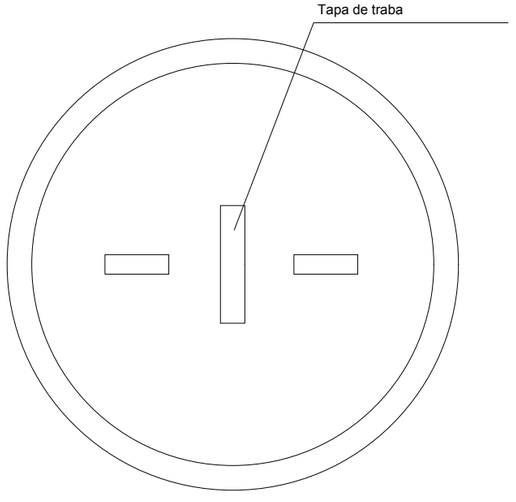
Vista en planta

Esc: S/N en m



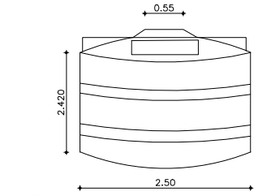
Detalle de cámara de unión de vertientes

Esc: S/N en m



Detalle de tanque cilíndrico vertical/ tipo botella 2500 lt- 2.5 m3

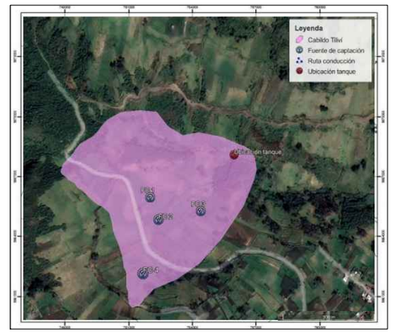
Esc: S/N en m



Detalle en vista de tanque de almacenamiento 10 000 lt- 10 m3

Esc:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Especificaciones técnicas

HORMIGÓN

- Resistencia a la compresión a los 28 días f´c= 280 kg/cm2
- Consistencia del hormigón descenso en el cono 5a10 cm.

- SUELO

Tipo de suelo B

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

DETALLE ESTRUCTURAL

CUBIERTA EN PLANTA

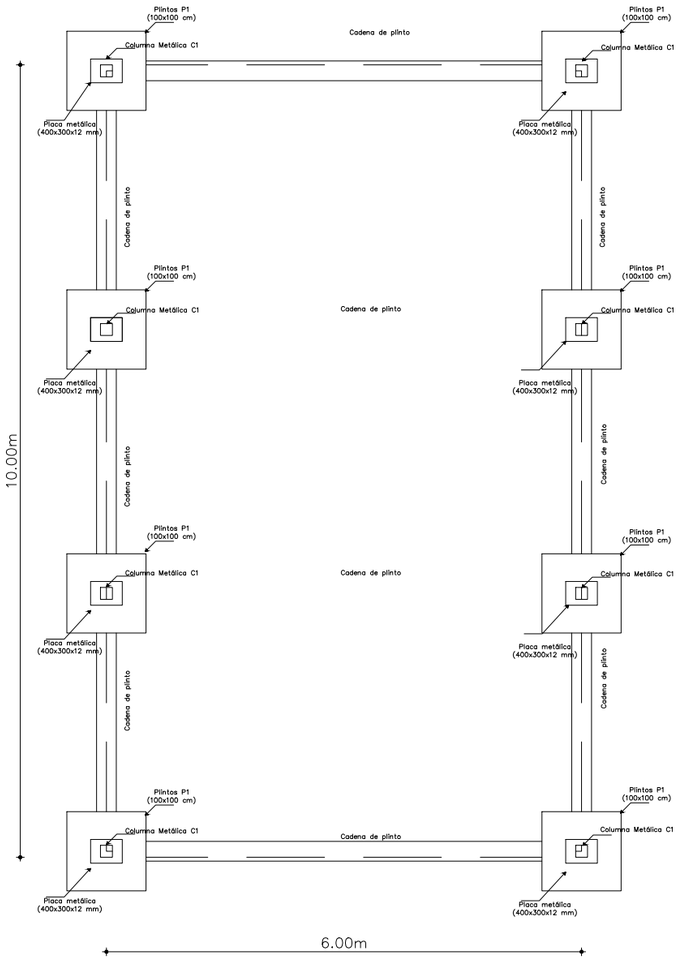
REALIZADO POR:

VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

REVISADO POR:

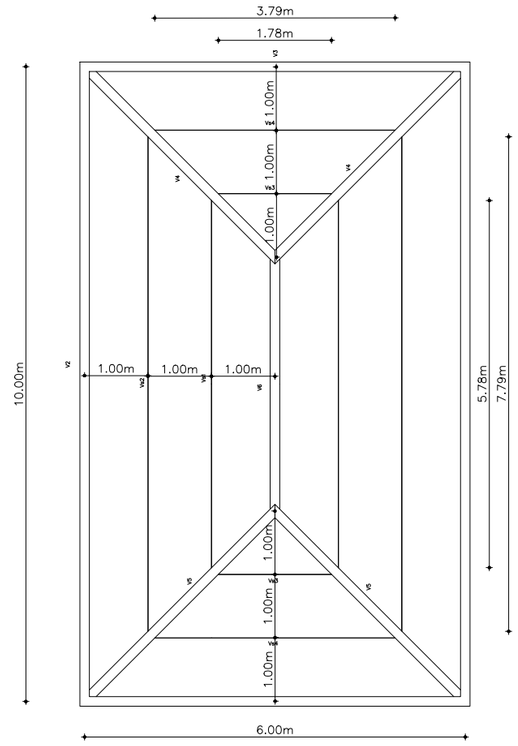
ING. FIDEL CASTRO MG.

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
INDICADA	JUNIO 2025	02 - 03



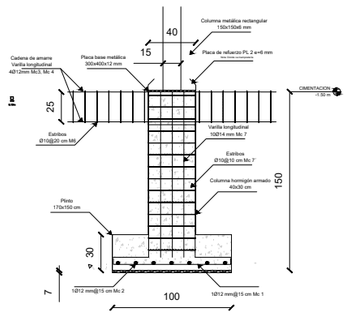
PLANTA DE PLINTOS (Nv 1)
Detalle de Plintos

Escala 1:50



CUBIERTA (Nv 1)
Detalle de Cubierta Principal

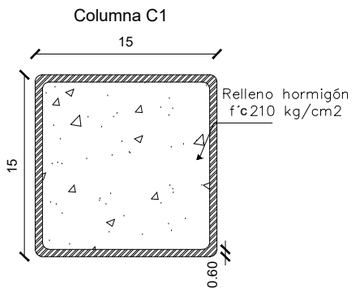
Escala 1:50



Diseño de plinto (100x100 cm), columna hormigón armado (40x30 cm), columna estructura metálica (15x15 cm)

DETALLE DE PLINTOS

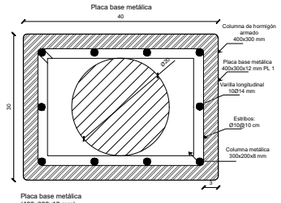
Sin escala, Cotas en cm



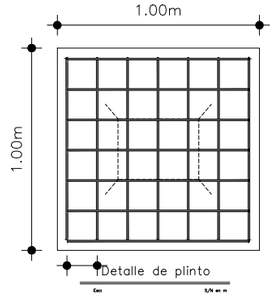
Columna Metálica Rectangular (150x150x6 mm)

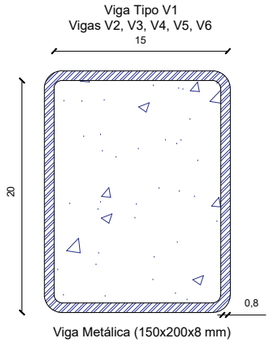
SECCIÓN DE COLUMNA METÁLICA

Sin escala, Cotas en cm

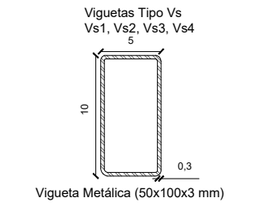


DETALLE DE PLACA BASE METÁLICA





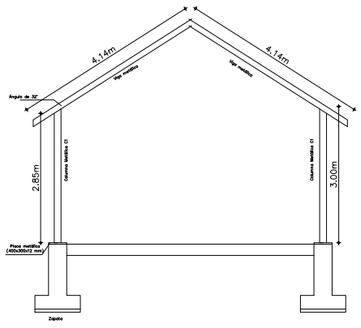
Viga Metálica (150x200x8 mm)



Vigueta Metálica (50x100x3 mm)

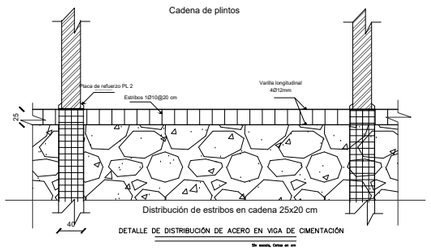
DETALLE VIGA Y VIGUETA METÁLICA CUBIERTA PRINCIPAL

Sin escala, Cotas en cm



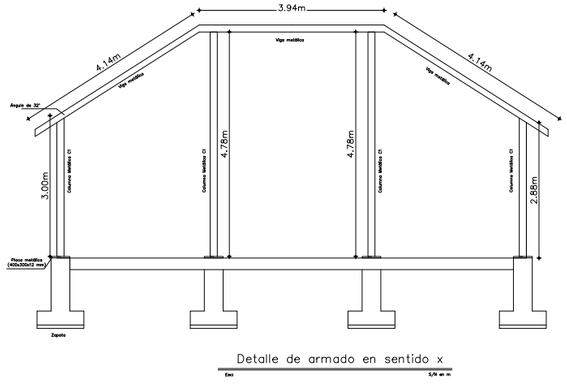
Detalle de armado en sentido y

Esc 1/N en m



DETALLE DE DISTRIBUCIÓN DE ACERO EN VIGA DE CIMENTACIÓN

Sin escala, Cotas en cm



Detalle de armado en sentido x

Esc 1/N en m

PLANILLA DE ACERO DE REFUERZO

MC	TIPO	DIAM	NUM	DIMENSIONES a	b	c	d	#	g	LONGITUDES DESARR	TOTAL	PESO KG	VARILLAS
PLINTOS													
1	C	12	112	1.00	0.14	0.14				1.29	144.26	128.10	13
CADENAS													
3	C	12	4	9.40	0.14	0.14				9.69	38.75	34.41	4
4	C	12	4	5.40	0.14	0.14				5.69	22.75	20.20	2
6	O	10	100	0.19	0.19	0.19	0.19	0.10	0.76	76.00		67.49	7
6	O	10	60	0.19	0.19	0.19	0.19	0.10	0.76	45.60		40.49	4
COLUMNAS													
7	L	14	80	1.45	0.17					1.62	129.44	156.36	11
7	O	10	80	0.34	0.34	0.34	0.34	0.10		1.36	108.80	96.68	10
											TOTAL	543.67	10.00

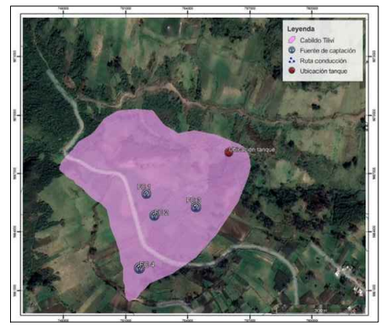
PLANILLA DE ESTRUCTURA METALICA

MC	TIPO	NUM	DIMENSIONES a	b	E	MEDIDAS DESARR	TOTAL	PESO KG	TOTAL
PLACA BASE METÁLICA									
PL 1	400X300X12 mm	8	0.40	0.30	0.012	0.0014	0.0115	7,850.00	90.432

PLANILLA DE ESTRUCTURA METALICA

MC	TIPO	NUM	DIMENSIONES a	b	E	MEDIDAS DESARR	TOTAL	PESO KG	TOTAL
COLUMNAS METÁLICAS C1									
C1	[] 150X150X6 mm	4	3.00			3.00	12.00	27.39	328.68
C1	[] 150X150X6 mm	4	4.78			4.78	19.12	27.39	523.70
VIGAS V1 Y VIGUETAS VS									
V1	[] 150x200x8 mm	4	4.14			4.14	16.56	31.10	515.02
V1	[] 150x200x8 mm	1	3.94			3.94	3.94	31.10	122.53
V1	[] 150x200x8 mm	2	10.00			10.00	20.00	31.10	622.00
V1	[] 150x200x8 mm	2	6.00			6.00	12.00	31.10	373.20
Vs	[] 50x100x3 mm	2	1.78			1.78	3.56	31.10	110.72
Vs	[] 50x100x3 mm	2	3.79			3.79	7.58	6.85	51.92
Vs	[] 50x100x3 mm	2	5.78			5.78	11.56	6.85	79.19
Vs	[] 50x100x3 mm	2	7.79			7.79	15.58	6.85	106.72
								TOTAL	2533.67

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Especificaciones técnicas

HORMIGÓN

- Resistencia a la compresión a los 28 días f'c= 280 kg/cm2
- Consistencia del hormigón descenso en el cono 5a10 cm.

- SUELO

Tipo de suelo B

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA".

UBICACIÓN

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN : AMBATO

CONTIENE

DETALLE ESTRUCTURAL

CUBIERTA EN PLANTA

REALIZADO POR:

VALERIA LISSETTE PICO RUIZ

REVISADO POR:

ING. FIDEL CASTRO MG.

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
INDICADA	JUNIO 2025	01 - 03

V. ANEXO 5: Presupuesto de l Proyecto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico

Rubros Detalle:

Rubro	Descripción	U	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
A	**Zapatas**				
1	Estructura en hormigón armado - zapata	m3	1,0	149,43	149,43
2	Hormigón simple en columnas f´c de 210 kg/cm2 incluye encofrado	m3	1,0	195,15	195,15
3	Hormigón simple en cadenas f´c de 210 kg/cm2 incluye encofrado	m3	1,0	186,46	186,46
B	**Placas**				
4	Placa PL 1	u	8,0	32,44	259,53
C	**Columnas**				
5	Instalación de la estructura metálica, columnas acero A36	u	8,0	58,82	470,54
D	**Vigas**				
6	Instalación de la estructura metálica, vigas acero A36	u	9,0	56,15	505,38

7	Instalación de la estructura metálica, vigas acero A36	u	8,0	36,38	291,00
E	**Cubierta**				
8	Instalación de techo DIPANEL DP5 GALVALUME	u	32,0	56,15	1796,90
F	**Albañilería para la estructura**				
9	Mampostería de carga e=15 cm	m2	117,36	14,26	1673,32
10	Mampostería de carga e=15 cm	m2	0,55	6,83	3,76
G	**Estructura**				
11	Cerramiento malla galvanizada 50/10 H=2m	m	60,0	613,60	36815,78
H	**Tuberías y tanques**				
12	Tubería 40 mm	U	100,0	15,25	1525,05
13	Tubería 90 mm	U	3,0	39,40	118,21
14	Tanques de almacenamiento de agua cilíndrico vertical/ tipo botella de 2500 lt	U	2,0	288,18	576,37
15	Bomba 20 HP	U	1,0	2.164,04	2164,04
					46727,16
				Costo total	46727,16

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

Son: CUARENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS VEINTISIETE CON 16/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 1
Rubro: Estructura en hormigón armado - zapata
Hoja N° 1
Unidad: m3
Rendimiento: 0,05500

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,0235
Concretera 1 saco	5,33	4,48	23,88	0,06	1,31
Vibrador de manguera	5,25	4,06	21,32	0,06	1,17
SUBTOTAL M					**2,51**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad A**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Peón	1,00	4,14	4,14	0,05500	0,23
Maestro de obrs	1,00	4,42	4,42	0,05500	0,24
SUBTOTAL N					**0,47**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Cemento fuerte tipo GU saco 50 kg- Holcim		saco	7,80	7,68	59,90
Tabla dura de encofrado de 0,30 m		Unidad	3,00	5,50	16,50
Varilla corrugada 12 mm		saco	1,00	11,40	11,40
Clavos		Unidad	2,00	1,03	2,06
Arena		m	0,65	13,50	8,78
Agua		Unidad	0,19	0,85	0,16
Alambre de amarre#18		m3	2,00	1,53	3,06
Piedra		m3	0,95	10,63	10,10
Cuartones de encofrado		m3	3,00	4,00	12,00
Tiras de encofrado		gl	1,00	1,88	1,88
SUBTOTAL O					**125,84**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**

SUBTOTAL P				**0,00**
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			128,82
	INDIRECTOS		16,00%	20,61
	UTILIDAD		%	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**149,43**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son:

DOSCIENTOS CINCUENTA Y SIETE CON 79/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 2
Hoja N° 2
Rubro: Hormigón simple en columnas f´c de 210 kg/cm2 incluye encofrado
Unidad: m3
Rendimiento: 0,10000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Conceretera 1 saco	5,33	4,48	23,88	0,10	2,39
Vibrador de manguera	5,25	4,06	21,32	0,10	2,13
SUBTOTAL M					**4,52**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad A**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,10000	0,41
Albañil (Estr. Oc. D2)	1,00	4,10	4,10	0,10000	0,41
SUBTOTAL N					**0,82**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Cemento fuerte tipo GU saco 50 kg- Holcim		saco	7,21	7,68	55,37
Estacas		Unidad	2,67	0,15	0,40
Clavos		kg	0,96	1,03	0,99
Alfajija 7x7x250		Unidad	10,33	3,00	30,99

Pingos	m	11,81	1,10	12,99
Tablero contrachapado para encofrado 4x8	Unidad	0,56	16,00	8,96
Arena	m3	0,65	13,50	8,78
Ripio	m3	0,95	18,00	17,10
Agua	m3	0,22	0,85	0,19
Aceite quemado	gl	0,62	0,44	0,27
Varilla 14 mm	saco	1,00	18,89	18,89
Varilla 10 mm	saco	1,00	7,97	7,97
SUBTOTAL O				**162,90**
TRANSPORTE				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P				**0,00**
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			168,23
	INDIRECTOS		16,00%	26,92
	UTILIDAD		%	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**195,15**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: CIENTO NOVENTA Y CINCO CON 15/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 3
Hoja N° 3
Rubro: Hormigón simple en cadenas f´c de 210 kg/cm2 incluye encofrado
Unidad: m3
Rendimiento: 0,10000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Concereteras 1 saco	5,33	4,48	23,88	0,10	2,39
Vibrador de manguera	5,25	4,06	21,32	0,10	2,13
SUBTOTAL M					**4,52**
MANO DE OBRA					

Descripción	Cantidad A	Jornal/hr	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=A*R
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,10000	0,41
Albañil (Estr. Oc. D2)	1,00	4,10	4,10	0,10000	0,41
SUBTOTAL N					**0,82**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Cemento fuerte tipo GU saco 50 kg- Holcim		saco	7,21	7,68	55,37
Estacas		Unidad	2,67	0,15	0,40
Clavos		kg	0,96	1,03	0,99
Alfajija 7x7x250		Unidad	10,33	3,00	30,99
Pingos		m	11,81	1,10	12,99
Tablero contrachapado para encofrado 4x8		Unidad	0,56	16,00	8,96
Arena		m3	0,65	13,50	8,78
Ripio		m3	0,95	18,00	17,10
Agua		m3	0,22	0,85	0,19
Aceite quemado		gl	0,62	0,44	0,27
Varilla corrugada 12 mm		saco	1,00	11,40	11,40
Varilla 10 mm		saco	1,00	7,97	7,97
SUBTOTAL O					**155,41**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			160,74
		INDIRECTOS		16,00%	25,72
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**186,46**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son:

CIENTO OCHENTA Y SEIS CON 46/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico

Código: 4 **Hoja N°** 4
Rubro: **Unidad:** u
Placa PL 1 **Rendimiento:** 0,10000
Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Amoladora eléctrica	0,11	4,30	0,47	0,10	0,05
Soldadura eléctrica 300 a	0,11	1,98	0,22	0,10	0,02
Grúa mobil	0,01	35,00	0,35	0,10	0,04
Equipo Oxicorte	0,11	1,54	0,17	0,10	0,02
SUBTOTAL M					**0,12**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad A**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,10000	0,41
Albañil (Estr. Oc. D2)	1,00	4,10	4,10	0,10000	0,41
SUBTOTAL N					**0,82**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Anticorrosivo azarcón		4000 cc	0,01	15,56	0,16
Thinner comercial		4000 cc	0,01	13,95	0,14
Disco de corte		Unidad	0,01	1,65	0,02
Acero en perfil		kg	1,05	1,05	1,10
Electrodo $7010 3/16		kg	0,05	2,34	0,12
Placa 1 400x300x12 mm		Unidad	1,00	25,50	25,50
SUBTOTAL O					**27,03**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			27,97
		INDIRECTOS		16,00%	4,47
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**32,44**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: TREINTA Y DOS CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 5
Rubro: Instalación de la estructura metálica, columnas acero A36

Hoja N° 5
Unidad: u
Rendimiento: 0,05500

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,0237
Soldadora eléctrica 300A	1,00	1,88	1,88	0,05500	0,10
Compresor de aire 250 m+CFM	0,10	15,00	1,50	0,05500	0,08
Amoladora	2,00	3,75	7,50	0,05500	0,41
SUBTOTAL M					**0,62**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad A**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Maestro soldador especializado (Estr.. Oc. C1)	1,00	4,55	4,55	0,05500	0,25
Ayudante de fierrero (Estr. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,05500	0,22
SUBTOTAL N					**0,47**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Electrodo AGA 7018 1/8"		kg	0,05	7,39	0,37
Alamabre galvanizado N° 18		kg	1,05	1,50	1,58
Thinner comercial		gal	0,01	16,52	0,17
Disco de corte metal 350x2.8x25.4 mm		u	0,05	7,50	0,38
Anticorrosivo gris mate		gal	0,01	16,45	0,16
Columna Metálica 150x150x6 mm		u	1,00	46,96	46,96
SUBTOTAL O					**49,61**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**

	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	50,70
	INDIRECTOS 16,00%	8,11
	UTILIDAD %	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	**58,82**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: CINCUENTA Y OCHO CON 82/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 6
Rubro: Instalación de la estructura metálica, vigas acero A36
Hoja N° 6
Unidad: u
Rendimiento: 0,10000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,0408
Taladro eléctrico	0,30	1,10	0,33	0,10000	0,03
SUBTOTAL M					**0,07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad A**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,10000	0,41
Albañil (Estr. Oc. D2)	1,00	4,10	4,10	0,10000	0,41
SUBTOTAL N					**0,82**
MATERIALES					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**	
Electrodo AGA 7018 1/8"	kg	0,05	7,39	0,37	
Alamabre galvanizado N° 18	kg	1,05	1,50	1,58	
Thinner comercial	gal	0,01	16,52	0,17	
Disco de corte metal 350x2.8x25.4 mm	u	0,05	7,50	0,38	
Anticorrosivo gris mate	gal	0,01	16,45	0,16	
Viga metálica 150X200X8 mm	u	1,00	44,87	44,87	

SUBTOTAL O				**47,52**
TRANSPORTE				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P				**0,00**
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			48,41
	INDIRECTOS		16,00%	7,75
	UTILIDAD		%	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**56,15**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: CINCUENTA Y SEIS CON 15/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 7
Rubro: Instalación de la estructura metálica, vigas acero A36
Hoja N° 7
Unidad: u
Rendimiento: 0,10000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,0408
Taladro eléctrico	0,30	1,10	0,33	0,10000	0,03
SUBTOTAL M					**0,07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad A**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,10000	0,41
Albañil (Estr. Oc. D2)	1,00	4,10	4,10	0,10000	0,41
SUBTOTAL N					**0,82**
MATERIALES					
Descripción	**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**	

Electrodo AGA 7018 1/8"	kg	0,05	7,39	0,37
Alamabre galvanizado N° 18	kg	1,05	1,50	1,58
Thinner comercial	gal	0,01	16,52	0,17
Disco de corte metal 350x2.8x25.4 mm	u	0,05	7,50	0,38
Anticorrosivo gris mate	gal	0,01	16,45	0,16
Viga metálica 50X100X3 mm	u	1,00	27,82	27,82
SUBTOTAL O				**30,47**
TRANSPORTE				
Descripción	**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P				**0,00**
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			31,36
	INDIRECTOS		16,00%	5,02
	UTILIDAD		%	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**36,38**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: CINCUENTA Y SEIS CON 15/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Código: 8 **Hoja N°** 8
Rubro: Instalación de techo DIPANEL DP5 GALVALUME **Unidad:** M2
Rendimiento: 0,10000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,0408
Taladro eléctrico	0,30	1,10	0,33	0,10000	0,03
SUBTOTAL M					**0,07**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad A**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=A*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,10000	0,41

Albañil (Estr. Oc. D2)	1,00	4,10	4,10	0,10000	0,41
SUBTOTAL N					**0,82**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Techo DIPANEL DP5 GALVALUME		plancha	1,00	25,00	25,00
Gancho J 3"		u	2,00	0,08	0,16
Capuchon		u	2,00	0,04	0,08
SUBTOTAL O					**25,24**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			26,13
		INDIRECTOS		16,00%	4,18
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**30,31**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: TREINTA CON 31/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 9
Rubro: Mampostería de carga e=15 cm
Hoja N° 9
Unidad: m2
Rendimiento: 0,30019

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,00
Andamio metálico	1,00	0,20	0,20	0,30019	0,06
SUBTOTAL M					**0,06**
MANO DE OBRA					

Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,30019	1,22
Albañil (Estr. Oc. D2)	2,00	4,10	8,20	0,30019	2,46
Maestro mayor en ejecucion de obras civiles (Estr.Oc.C1)	1,00	4,55	4,55	0,30019	1,37
SUBTOTAL N					**5,04**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Bloque 15x20x40		u	13,00	0,38	4,94
Pegablock		saco	0,70	2,94	2,05
Agua		Kg	0,10	2,00	0,20
SUBTOTAL O					**7,19**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			12,29
		INDIRECTOS		16,00%	1,97
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**14,26**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: CATORCE CON 26/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 10
Rubro: Mampostería de carga e=15 cm

Hoja N° 10
Unidad: m2
Rendimiento: 0,00000

Detalle:

EQUIPOS

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,00
Andamio metálico	1,00	0,20	0,20	0,00000	0,00
SUBTOTAL M					**0,00**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,00000	0,00
Albañil (Estr. Oc. D2)	2,00	4,10	8,20	0,00000	0,00
Maestro mayor en ejecucion de obras civiles (Estr.Oc.C1)	1,00	4,55	4,55	0,00000	0,00
SUBTOTAL N					**0,00**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Bloque 10x20x40		u	13,00	0,28	3,64
Pegablock		saco	0,70	2,94	2,05
Agua		Kg	0,10	2,00	0,20
SUBTOTAL O					**5,89**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			5,89
		INDIRECTOS		16,00%	0,94
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**6,83**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: CATORCE CON 26/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico

Código:	11	**Hoja N°**	11
Rubro:	Cerramiento malla galvanizada 50/10 H=2m	**Unidad:**	m
		Rendimiento:	1,00000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				1,04
Soldadora elétrica 300 A	1,00	1,88	1,88	1,00000	1,88
SUBTOTAL M					**2,92**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	3,00	4,05	12,15	1,00000	12,15
Fierrero (Estr. Oc. D2)	1,00	4,10	4,10	1,00000	4,10
Maestro mayor en ejecucion de obras civiles (Estr.Oc.C1)	1,00	4,55	4,55	1,00000	4,55
SUBTOTAL N					**20,80**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Alambre galvanizado N° 14		kg	0,10	2,38	0,24
Tubo negro L=6 m E= 2 mm D=3"		u	0,21	55,00	11,66
Electrodo Aga 6011 1/8"		kg	0,30	5,80	1,74
Platina 12x3 mm		u	0,50	2,69	1,35
Malla de cerramiento galvanizado 50/10 H=2 m		m2	2,06	237,99	490,26
SUBTOTAL O					**505,24**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			528,96
		INDIRECTOS		16,00%	84,63
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**613,60**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: SEISCIENTOS TRECE CON 60/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 12
Rubro: Tubería 40 mm

Hoja N° 12
Unidad: U
Rendimiento: 0,25000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,11
SUBTOTAL M					**0,11**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Maestro mayor	1,00	4,42	4,42	0,25000	1,11
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,14	4,14	0,25000	1,04
SUBTOTAL N					**2,14**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Tubería PVC 40 mm		u	1,00	10,90	10,90
SUBTOTAL O					**10,90**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			13,15
		INDIRECTOS		16,00%	2,10
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**15,25**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: QUINCE CON 25/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 13
Rubro: Tubería 90 mm

Hoja N° 13
Unidad: U
Rendimiento: 0,25000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,11
SUBTOTAL M					**0,11**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Maestro mayor	1,00	4,42	4,42	0,25000	1,11
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,14	4,14	0,25000	1,04
SUBTOTAL N					**2,14**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Tubería PVC 90 mm		u	1,00	24,95	24,95
Llave de paso		u	1,00	6,77	6,77
SUBTOTAL O					**31,72**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			33,97
		INDIRECTOS		16,00%	5,43
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**39,40**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: TREINTA Y NUEVE CON 40/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 14
Rubro: Tanques de almacenamiento de agua cilíndrico vertical/ tipo botella de 2500 lt
Hoja N° 14
Unidad: U
Rendimiento: 0,25000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,10
SUBTOTAL M					**0,10**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,14	4,14	0,25000	1,04
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,14	4,14	0,25000	1,04
SUBTOTAL N					**2,07**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Tanques de almacenamiento de agua cilíndrico vertical/ tipo botella de 2500 lt		u	1,00	246,26	246,26
SUBTOTAL O					**246,26**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			248,43
		INDIRECTOS		16,00%	39,75
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**288,18**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: DOSCIENTOS CUARANTA Y SEIS CON 18/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CUATRO FUENTES HÍDRICAS PERTENECIENTES A LA COMUNIDAD DE TILIVÍ UBICADO EN LA PARROQUIA PASA, PROVINCIA TUNGURAHUA"

Nombre del oferente: Valeria Pico
Código: 15
Rubro: Bomba 20 HP
Hoja N° 15
Unidad: U
Rendimiento: 0,25000

Detalle:

EQUIPOS					
Descripción	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Herramienta menor (5% M.O.)	1,00				0,11
SUBTOTAL M					**0,11**
MANO DE OBRA					
Descripción	**Cantidad**	**Jornal/hr**	**Costo hora C=A*B**	**Rendimiento R**	**Costo D=C*R**
Maestro mayor	1,00	4,42	4,42	0,25000	1,11
Peon (Estr.. Oc. E2)	1,00	4,05	4,05	0,25000	1,01
SUBTOTAL N					**2,12**
MATERIALES					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Precio unitario B**	**Costo C=A*B**
Bomba 20 HP		u	1,00	1.863,33	1.863,33
SUBTOTAL O					**1.863,33**
TRANSPORTE					
Descripción		**Unidad**	**Cantidad A**	**Tarifa B**	**Costo C=A*B**
SUBTOTAL P					**0,00**
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			1.865,55
		INDIRECTOS		16,00%	298,49
		UTILIDAD		%	
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			**2.164,04**

ESTE PRECIO NO INCLUYEN IVA.

Son: DOS MIL CIENTO SESENTA Y CUATRO CON 04/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA